

Diseño e implementación de un sistema alternativo de comunicación para niños con discapacidad del Centro de Habilitación y Capacitación ALUNA

Jessica Paola Osorio Caballero¹
jessica.osorio@uan.edu.co
Universidad Antonio Nariño

Bashir Yacub Bermúdez²
bashir.yucub@uan.edu.co
Universidad Antonio Nariño

Sergio Andrés Vargas Meléndez³
sergio.vargas@uan.edu.co
Universidad Antonio Nariño

Andrés Pérez Cantillo⁴
andres.perez@uan.edu.co
Universidad Antonio Nariño



Cómo citar este artículo: Osorio Caballero, J. P.; Yacub Bermúdez, B.; Vargas Meléndez, S. A. y Pérez Cantillo, A. (2017). Diseño e implementación de un sistema alternativo de comunicación para niños con discapacidad del Centro de Habilitación y Capacitación ALUNA. *Revista Virtu@lmente*, 5(1), 24-37.

Fecha de recepción: 05 de mayo de 2017

Fecha de aprobación: 29 de mayo de 2017

¹ Ingeniera electrónica de la Universidad Tecnológica de Bolívar. Magister en Ingeniería biomédica por la Universidad de los Andes.

² Ingeniero electrónico de la Universidad Antonio Nariño. Magister en Educación por la universidad Simón Bolívar.

³ Ingeniero electrónico de la Universidad Antonio Nariño.

⁴ Ingeniero electrónico de la Universidad Antonio Nariño.

RESUMEN

Este artículo describe el desarrollo de un dispositivo tecnológico para mejorar la relación en el proceso de enseñanza aprendizaje entre docentes y estudiantes con alguna discapacidad en la comunicación. Para el diseño del dispositivo se tuvo en cuenta los requerimientos establecidos por los docentes de ALUNA: portabilidad, fácil manejo, resistente, pictogramas programables, estéticamente atractivo para los estudiantes, pantalla de visualización, comunicación rápida entre docente y estudiante y cobertura de comunicación fuera de las aulas de clase. El dispositivo desarrollado está conformado por dos etapas enlazadas de manera inalámbrica, en modo simplex: una etapa emisor y otra receptora, todas con tecnologías microcontroladas. La etapa emisora o del estudiante está dotada de pulsadores ARCADE, para facilitar su uso a personas con algún tipo de discapacidad física o motriz e igualmente cuenta con una pantalla TFT para la visualización de pictogramas. Por otra parte, el dispositivo receptor, utilizado por el docente, cuenta con una pantalla LCD para la visualización de los mensajes transmitidos por el estudiante.

Palabras clave: procesos enseñanza aprendizaje, sistemas alternativos, sistemas aumentativos, comunicación electrónica.



Design and implementation of an alternative communication system for children with disabilities from ALUNA Training and Enabling Center

ABSTRACT

This article describes the development of a technological device that helps improve the relationship between teachers and students with a communication disability in the teaching-learning process. Characteristics in the design of the device such as portability, ease in handling, resistance, including programmable pictograms, aesthetically attractive for students, visualization screen, fast communication between teacher and student, and communication coverage outside of the classrooms were taken into account from the requirements established by the teachers in ALUNA. The developed device consists of two stages that are linked wirelessly, in simplex mode: one transmitter and one receiver stage, all with microcontrolled technologies. The transmitter stage or from the student is equipped with ARCADE buttons, in order to facilitate its use to people with some type of physical or motor disability; it also has a TFT screen for the display of pictograms. On the other hand, the receiving device, used by the teacher, has an LCD screen for viewing the messages that are transmitted by the student.

Keywords: teaching-learning processes, alternative systems, augmentative systems, electronic communication.



Conception et implémentation d'un système alternatif de communication pour enfants handicapés du Centre de Formation et Réhabilitation ALUNA

RÉSUMÉ

Cet article décrit la mise en place d'un dispositif technologique pour améliorer la relation du processus d'enseignement-apprentissage et la communication entre enseignants et étudiants handicapés. La conception du dispositif prend en compte les requêtes établies par les enseignants d'ALUNA: portabilité, facilité d'utilisation, résistance, pictogrammes programmables, esthétiquement attractif pour les étudiants, avec écran de visualisation, communication rapide entre enseignant et étudiant incluant une couverture de communication extérieure aux salles de classe. Le dispositif mis en place se conforme de deux bases reliées par un dispositif sans fil de type simplex: une base émettrice et une seconde réceptrice, fonctionnant sous technologies microcontrôlées. La base émettrice de l'étudiant est dotée d'un clavier ARCADE pour en faciliter l'utilisation aux personnes handicapées physique ou moteur et dispose également d'un écran TFT pour la visualisation des pictogrammes. Le dispositif récepteur, utilisé par l'enseignant, dispose d'un écran LCD pour la visualisation des messages transmis par l'étudiant.

Mots clés: processus d'enseignement-apprentissage, systèmes alternatifs, systèmes augmentés, communication électronique.



Desenho e implementação de um sistema alternativo de comunicação para crianças com deficiência do Centro de Capacitação e Habilitação ALUNA

RESUMO

Este artigo descreve o desenvolvimento de um dispositivo tecnológico para melhorar a relação no processo de ensino aprendizagem entre docentes e estudantes com alguma deficiência na comunicação. Para o desenho do dispositivo consideraram-se os requerimentos estabelecidos pelos docentes de ALUNA: portabilidade, fácil manejo, resistente, pictogramas programáveis, esteticamente atraente para os estudantes, tela de visualização, comunicação rápida entre docente e estudante e cobertura de comunicação fora das salas de aula. O dispositivo desenvolvido está formado por duas etapas enlaçadas de maneira inalâmbrica, em modo simples: uma etapa emissora e outra receptora, todas com tecnologias micro-controladas. A etapa emissora ou do estudante está dotada de pulsadores ARCADE, para facilitar seu uso a pessoas com algum tipo de deficiência física ou motriz e igualmente conta com uma tela TFT para a visualização de pictogramas. Por outra parte, o dispositivo receptor, utilizado pelo docente, conta com uma tela LCD para a visualização das mensagens transmitidas pelo estudante.

Palavras-chave: processos de ensino-aprendizagem, sistemas alternativos, sistemas aumentativos, comunicação eletrônica.

1. Introducción

Los sistemas alternativos y aumentativos de comunicación (SAAC) tienen como función principal incrementar la capacidad de comunicación de las personas con discapacidades del habla. En los casos donde la comunicación sea nula o muy grave, estos sistemas permiten sustituir el habla por otro método o modo de comunicación (Jambat, 2014).

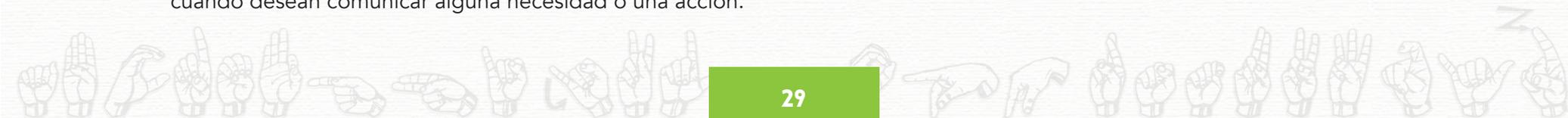
La comunicación es un proceso en el cual intervienen dos o más personas que expresan algo de sí mismos, con signos verbales o no verbales, con la intención de intercambiar mensajes o expresiones (Concepto de comunicación, sf.). En cuanto a la comunicación alternativa, es cualquier sistema de comunicación o sistema de signos y símbolos desprovisto del componente fonético del lenguaje, es decir, cualquier forma de comunicación diferente del habla. Los signos manuales, gráficos o la propia escritura son sistemas de comunicación alternativa. Por otra parte, la comunicación aumentativa es aquella que sirve de refuerzo o ayuda con el propósito de facilitar y promover los recursos del habla. La gran mayoría de los sistemas alternativos de comunicación también se consideran aumentativos, ya que estos sirven de refuerzo y facilitan habilidades intelectuales relacionadas con la adquisición del lenguaje (Martín, 2010).

Uno de los sistemas más utilizados dentro de los SAAC son los pictogramas (García, 2014), los cuales pueden transformar conceptos, ideas o acciones en una imagen y pueden expresarse con ella. En ALUNA, estos pictogramas están elaborados con imágenes recortadas y plastificadas, colocados en un cordón, y son seleccionados por niños, niñas, jóvenes y adultos cuando desean comunicar alguna necesidad o una acción.

Este método de comunicación presenta dificultad en el manejo independiente por parte del estudiante, debido a la motricidad y destreza en su uso, además este sistema es frágil por el deterioro de las imágenes. También es necesario un contacto directo con los terapeutas para establecer la comunicación terapeuta-estudiante, por lo cual se requeriría un número considerable de terapeutas para atender de manera eficiente la totalidad de la población del curso.

En relación con lo anterior, nace, como objetivo principal de este proyecto diseñar e implementar un sistema tecnológico alternativo de comunicación que facilite la interacción entre el terapeuta de lenguaje y el niño con discapacidad de habla en el Centro de Habilitación y Capacitación ALUNA.

Para el desarrollo de este proyecto, se establece la siguiente estructura que presentan de manera clara las etapas de diseño, construcción e implementación del dispositivo final. Primero, se establecen los requerimientos del sistema aumentativo y alternativo de comunicación. Segundo, se define el diseño de una etapa transmisora y receptora del SAAC. Tercero, se muestran los resultados obtenidos del dispositivo y la comunicación inalámbrica de las etapas del equipo. Y por último, se señalan las conclusiones de este proyecto.



2. Comunicación alternativa y aumentativa

La comunicación alternativa y aumentativa se lleva a cabo cuando las personas no pueden hacer uso del habla, por tanto, se utilizan métodos especializados para permitir la comunicación de manera efectiva con su entorno.

2.1 Sistemas alternativos y aumentativos de comunicación

Los SAAC tienen como función principal incrementar la capacidad de comunicación de las personas con discapacidades del habla. En los casos en que la comunicación sea nula o muy grave, estos sistemas permiten sustituir el habla por otro método o modo de comunicación. Además, se pueden dividir de manera general en dos tipos: SAAC con ayuda o sin ella (Lorenzo, 2017):

- SAAC sin ayuda: la persona con discapacidad no necesita de una persona u objeto, es decir, nada que sea externo al usuario. Dentro de los SAAC sin ayuda encontramos, por ejemplo, la dactilología, sistema que se basa en el uso de los dedos de la mano para formar el alfabeto. También se encuentra el sistema bimodal que es una combinación entre el sistema de signos y el lenguaje oral. Se suele usar en ámbitos escolares para ayudar en el desarrollo de la capacidad verbal.
- SAAC con ayuda: son aquellos sistemas en los cuales se necesita ayuda de una persona u objeto externo al emisor para poder comunicarse con el medio, también

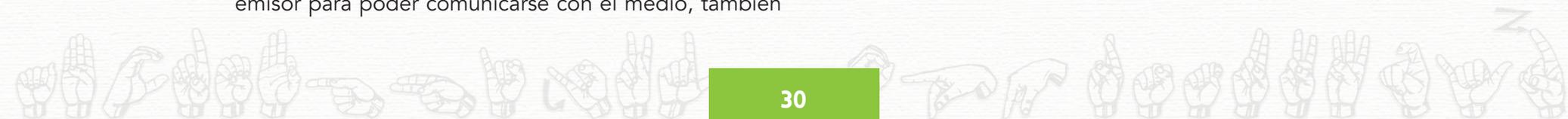
son llamados sistemas de comunicación asistida. Estos están más enfocados a personas que presentan discapacidades motrices, sin embargo, hay que tener en cuenta que suelen ser más costos.

2.2 Sistemas alternativos y aumentativos de comunicación electrónicos

Los sistemas alternativos y aumentativos de comunicación electrónicos más comunes son los tableros de comunicación con voz digitalizada o voz sintetizada y los comunicadores (Delgado, 2012), definidos como dispositivos electrónicos portátiles de comunicación que ayudan a la comunicación directa.

Los SAAC electrónicos se consideran en el campo de las tecnologías de ayuda como todos los dispositivos que nos permite incrementar y mejorar las capacidades funcionales de personas con discapacidades. Alcántud y Soto (2003) clasifican las tecnologías de ayuda en función de su finalidad en sistemas de entrenamiento y aprendizaje, sistemas alternativos y aumentativos de acceso a la información del entorno, tecnologías de acceso al ordenador, sistemas alternativos y aumentativos de comunicación, tecnologías para la movilidad personal (citado en Belloch, s. f.).

Un ejemplo de desarrollo de SAAC electrónicos en la Universidad de San Martín de Porres es RIMAY (Cieza, Yamao y León, 2014), que es un sistema de comunicación construido en dos partes: la primera es el sistema de teclado, reproducción de mensajes de voz y envío de datos por ondas de radiofrecuencia; y la segunda es el sistema de recepción, comunicación con el computador y envío de mensajes por correo electrónico.



En la Universidad Tecnológica de Panamá, establecieron un prototipo para el diseño de un entorno computacional basado en sistemas de comunicación alternativo y aumentativo bajo la premisa de que este va orientado a una población con múltiples discapacidades y con cierto grado de compromiso motor (McCalla, s. f.). Actualmente, en el mercado, existe una diversidad de SAAC electrónicos como (Belloch, s. f.): *Go Talk 20+*, *IntelliKeys Keyboard*, etc., pero estos en la localidad no son de fácil acceso para la población atendida de ALUNA.

3. Metodología

Para el diseño y la construcción del sistema alternativo de comunicación (SAC), inicialmente se realizaron varias reuniones con los docentes y terapeutas de lenguaje de ALUNA, con el propósito de identificar las distintas necesidades presentes y toda la problemática relacionada con los estudiantes con discapacidades cognitivas y motoras. De esta forma, se identificaron y se caracterizaron los requerimientos de cada estudiante. En términos generales, las características deseadas en el dispositivo por desarrollar fueron portabilidad, fácil manejo, resistencia a golpes, programable para cambiar y aumentar los pictogramas, estéticamente atractivo para los estudiantes, pantalla de visualización, comunicación rápida entre docente y estudiante y cobertura de comunicación fuera de las aulas de clase.

3.1 Diseño y selección del prototipo SAC

Se hizo un análisis con los terapeutas de ALUNA para seleccionar el tipo de dispositivo que se adecuara a las necesidades de los estudiantes. Se propusieron tres tipos de dispositivos: el primero

fue un juguete terapéutico o balón, un segundo prototipo fue un tablero de comunicación y el tercero un tablero electrónico con desplazamiento de imágenes (Figura 1).

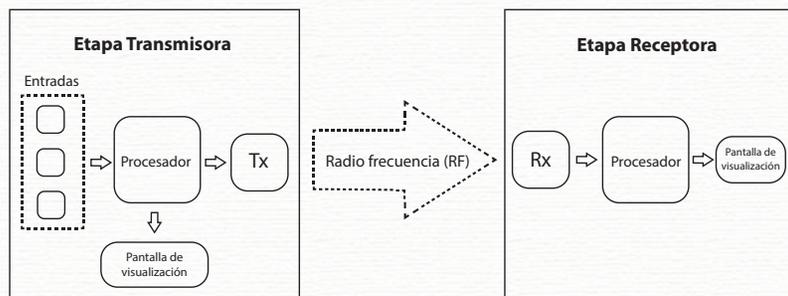
Figura 1. Prototipos propuestos.

PROTOTIPOS			
Lista de Requerimientos			
PORTABILIDAD			
LIGERO			
FÁCIL MANEJO			
COMPACTO			
RESISTENTE			
MODIFICAR ACCIONES			
REPRESENTACIÓN INDETERMINADA DE ACCIONES			
INTERACTIVO			

Fuente. Elaboración propia.

El sistema alternativo de comunicación seleccionado es el tablero electrónico con desplazamiento de imágenes, siendo este el que más se ajusta a los requerimientos solicitados. Está compuesto por dos etapas: una etapa transmisora o transmisor (Tx) y una etapa receptora o receptor (Rx) (Figura 2).

Figura 2. Diagrama general del sistema.



Fuente. Elaboración propia.

3.1.1 Etapa transmisora (Tx)

Está conformada por un procesador, periféricos de entradas y de salida (figura 3). El procesador seleccionado es de la marca Arduino, modelo Mega, compuesto por un microcontrolador ATmega2560 (Enríquez, 2009). Este microcontrolador se adapta de manera óptima, porque es una herramienta más compacta, ya que no requiere la instalación de periféricos (oscilador, condensadores, entre otros) para su funcionamiento; posee suficientes puertos de I/O, lo cual es necesario para el uso de pantallas tipo LCD, de un tamaño que satisfaga los requerimientos establecidos; y la velocidad del procesador es suficiente para el funcionamiento del proyecto.

Las entradas de la etapa transmisor (Tx) se encuentra definidas por un conjunto de pulsadores, cada uno compuesto por un *microswitch*. Un *microswitch* es un dispositivo cuya función es conmutar entre uno o varios circuitos, los cuales son muy utilizados en los controles de Arcade como joysticks o botones y pulsadores para su interacción. El *microswitch* posee tres terminales: NC (normal closed), NO (normal open) y COM (ground) (Roig, 2015).

Para el diseño e implementación de entrada de la etapa transmisora. se selecciona el uso de pulsadores de Arcade. Este presenta características físicas, como tamaño y robustez, que aportan ligereza y resistencia, así como colores llamativos que ayudan a facilitar el proceso de adaptación al dispositivo por parte de los estudiantes.

Los periféricos de salida de la etapa transmisora están compuestos por una pantalla LCD TFT 3.2", debido a tener mayor resolución en la imagen, lo cual es clave en el tipo de población que empleará el dispositivo. Además, hay que resaltar que la funcionalidad táctil no es necesaria, puesto que dentro de la población hay estudiantes con discapacidad motriz, lo cual les dificulta controlar sus movimientos ante una pantalla de carácter capacitivo.

3.1.2 Etapa receptora (Rx)

Esta etapa está compuesta por un procesador, una pantalla de visualización (LCD modelo LM016L) y la alimentación del equipo receptor. El procesador seleccionado es de características iguales a la etapa transmisora; en este caso, el microcontrolador cumple con las características físicas y técnicas para la posterior construcción que corresponde al ATmega328 de la placa Arduino Nano.

3.1.3 Etapa de comunicación

Para establecer la comunicación entre cada una de las etapas, se realizará el uso de las tecnologías inalámbricas, específicamente *ZigBee*. Esta configuración se hace con dos módulos XBee 2mW PCB Antenna: uno ubicado en el transmisor y el otro en el receptor del equipo. Estos módulos utilizan el estándar *ZigBee*, tienen un chip de antena, el cual lo hace más rápido, sencillo y económico. También, gracias a su potencia de transmisión,

puede alcanzar distancias de 120 m entre los dos dispositivos, lo cual es ideal teniendo en cuenta las cortas distancias existentes en el lugar de operación (Montoya, 2015).

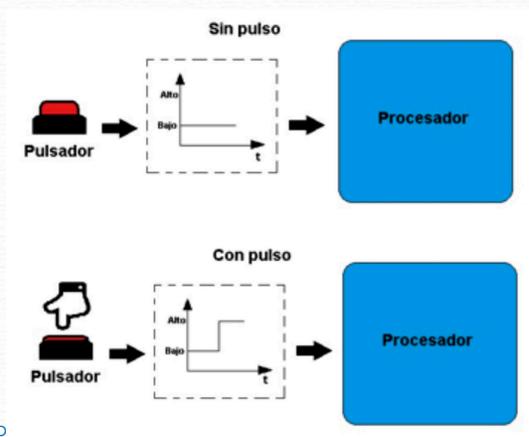
3.1.4 Alimentación de las etapas

La etapa transmisora y receptora utiliza baterías de litio recargables, con una capacidad de 3000 mA/h.

3.2 Configuración y funcionamiento de la etapa transmisora (Tx)

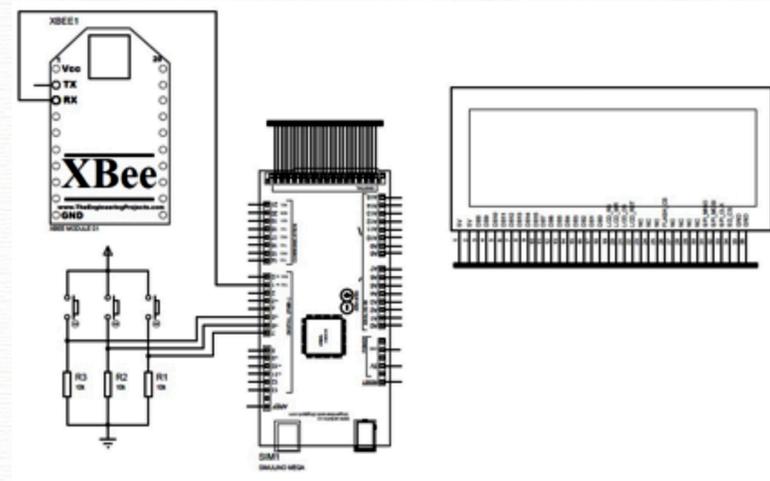
La etapa transmisora del SAC se encuentra conformada por tres pulsadores Arcade con microswitch que son conectados a los pines 5, 6 y 7 del procesador -Arduino Mega-, cada uno en su orden cumple con una función dentro del sistema, como desplazar -arriba, abajo- o seleccionar -OK- una imagen - pictograma- dentro de un menú (Figura 3).

Figura 3. Lectura de pulsadores.



Fuente. Elabo

Figura 4. Diagrama esquemático de la etapa transmisora.



Fuente. Elaboración propia.

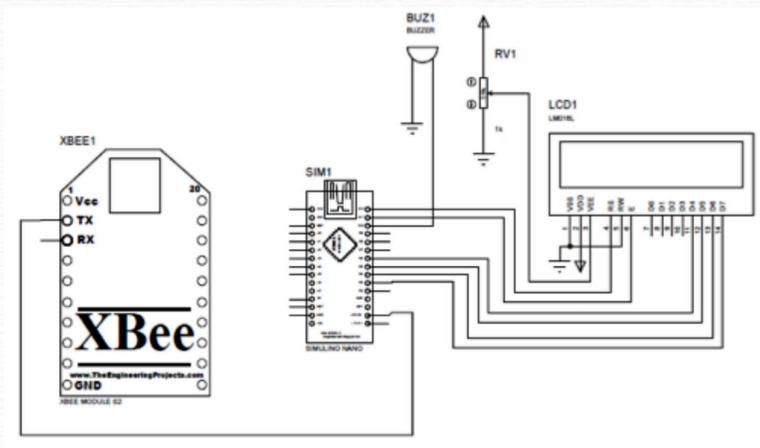
Luego de haber interpretado la acción -pictograma- que el estudiante desea expresar, el módulo XBee Serie 2, cumple con la función de recibir el mensaje del procesador por medio de comunicación serial. La conexión entre cada uno de estos dispositivos se realiza con los pines Rx del módulo XBee y Tx de la placa Arduino, no sin antes realizar la conexión punto a punto entre el emisor y el receptor. Este módulo es configurado con un software especializado llamado XCTU, en el cual se establecen ciertos parámetros, como la velocidad de transmisión de datos que equivale a 9600 baudios, el tamaño de cada uno de los paquetes de datos que corresponde a 8 bits y el enlace entre emisor y receptor que configura la dirección MAC de su opuesto con el fin de garantizar el envío y la posterior recepción de los datos.

La comunicación entre los módulos emisor y receptor se da inalámbricamente en modo *simplex*. Primero, el emisor cifra el mensaje en paquetes de datos de 8 bits y luego cada paquete es enviado con un canal por radiofrecuencia (RF) al dispositivo receptor.

3.3 Configuración y funcionamiento de la etapa receptora

La entrada de la etapa receptora está conformada por un módulo XBee Serie 2, cuya conexión con el procesador se da por los pines Tx del módulo XBee y Rx del procesador Arduino Nano. Este módulo cumple la función de recibir la información codificada en paquetes de 8 bits con un canal enviado por la etapa transmisora; al recibir esta información, este se encarga de decodificarla con el fin de comprender la información recibida y así confirmar la recepción del mensaje (Figura 5).

Figura 5. Diagrama esquemático de la etapa receptora.



Fuente. Elaboración propia.

Luego el procesador -Arduino Nano- recibe la información obtenida por el modulo receptor XBee por medio de comunicación serial. En él se almacena el mensaje ya decodificado, el cual es interpretado y luego enviado para su visualización en la pantalla LCD.

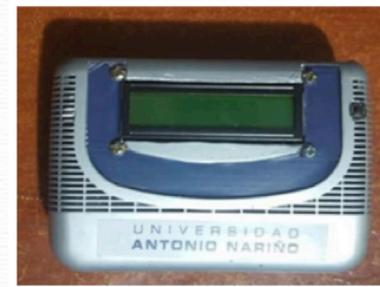
3.4 Diseño interfaz usuario

El principal requerimiento establecido es la protección de cada uno de los elementos electrónicos que conforman cada etapa de los dispositivos -transmisor y receptor- sin perder su portabilidad. Para el dispositivo Tx, se diseñó una maleta antigolpes compacta, ligera y portable, para que los estudiantes puedan tener un fácil manejo del dispositivo y el cuidado de la pantalla TFT de 3.2". Se realizó un forrado con color que llamara la atención de los niños en busca de una mejor adaptación. En el dispositivo Rx, que es utilizado por los docentes, se empleó una pequeña carcasa ligera, compacta y principalmente portable para visualizar los mensajes transmitidos por Tx (Figura 6A y 6B).

Figura 6A. Etapa transmisora Tx.



Figura 6B. Etapa receptora Rx.



Fuente. Elaboración propia.

4. Pruebas y resultados

A los dispositivos Tx y Rx se les realizaron pruebas de funcionamiento, de comunicación y operatividad con el usuario. Las pruebas de funcionamiento consistieron en la verificación de cada uno de los pulsadores de desplazamiento y selección de menús/submenús; desplazamientos entre cada uno de los pictogramas y la selección de estos para enviar el mensaje que este representa (Figura 7).

Figura 7. Pruebas de imágenes y mensajes de recepción.



Fuente. Elaboración propia.

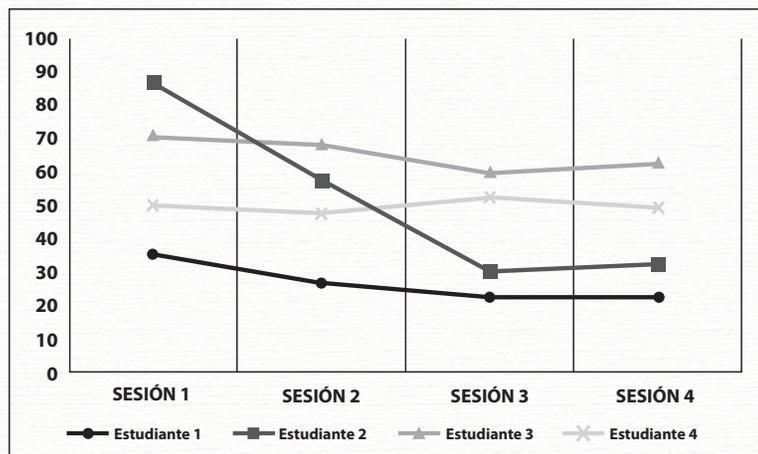
Las pruebas de comunicación entre los módulos transmisor y receptor se realizaron enviando paquetes con cada uno de los pictogramas, variando la distancia entre ellos y logrando comunicación a una distancia de 60 m con línea de vista de 35 m con obstáculos.

Por último, la realización de pruebas con el usuario final se hizo con cuatro estudiantes del Centro de Habilitación y Capacitación ALUNA. Este grupo de estudiantes fue seleccionado según los criterios de los docentes especialistas.

Estos presentaban tres tipos de discapacidad: el estudiante número uno presenta una discapacidad motora, la cual afecta su control y movimiento del cuerpo, su uso del lenguaje y su estabilización; es importante resaltar que cuenta con un nivel cognitivo normal. Durante el desarrollo de las pruebas, pudo realizar cada solicitud que le fue indicada, mostrando manejo apropiado del dispositivo, aunque presentaba dificultades en el momento de coordinar cada uno de sus movimientos para presionar el botón deseado; sin embargo, al lapso de una semana, se pudo observar mejoras en el control de sus manos. El estudiante número dos presenta microcefalia, la cual genera un déficit cognitivo; la microcefalia se caracteriza por que la circunferencia de la cabeza es más pequeña que la promedio para la edad y el sexo (Organización Mundial de la Salud, 2016). El retraso mental es común en los casos de microcefalia; sin embargo, en este caso, se podría considerar un nivel cognitivo aceptable. La dificultad presentada por este estudiante se notó en el momento de comprender las peticiones que se le hacían con relación al uso del dispositivo, viendo necesaria la repetición de las peticiones tres o cuatro veces; sin embargo, en el lapso de dos semanas, se pudo notar una gran mejoría en sus niveles de aprendizaje. Por último, los estudiantes tres y cuatro presentan síndrome de *Down*, dentro de los cuales el estudiante tres tiene un nivel intelectual mayor que el número cuatro.

En las pruebas realizadas (Belloch, s.f.), se registró el tiempo en segundos que le tomó a cada estudiante responder una petición en las primeras cuatro sesiones. Las pruebas en cada sesión se basaban en que cada estudiante debía buscar y seleccionar un pictograma de acuerdo con la petición que se le presentaba. Según los resultados obtenidos, el estudiante 1 respondió de manera más rápida a cada una de las peticiones a pesar de sus discapacidades motrices (Figura 8).

Figura 8. Tiempo de respuesta de los estudiantes.



Fuente. Elaboración propia.

Sin embargo, cada uno de los estudiantes fue mejorando el uso del dispositivo con el paso de las sesiones, como se puede en las pruebas realizadas con el estudiante 2. El tiempo que tardó cada uno en ir mejorando con el paso de las sesiones está ligado con su nivel de discapacidad cognitivo.

5. Conclusiones

Con la ejecución de este proyecto, con un SAC, conformado por un dispositivo transmisor y un dispositivo receptor, se logró mejorar la comunicación entre el cuerpo docente y los estudiantes que presentan discapacidad en el Centro de Habilitación y Capacitación ALUNA. El dispositivo transmisor (Tx) diseñado es resistente, portable y de fácil manejo, lo que

permite su uso por parte de los niños con discapacidades cognitivas y motoras. Por su parte, el dispositivo receptor (Rx) también es portátil y compacto, y es portado por el cuerpo docente para recibir las peticiones o solicitudes de los estudiantes de manera inalámbrica.

Se espera que el uso de este dispositivo, no solo se de en el salón de clases, sino que además sea utilizado por los padres de familia y permita la comunicación mientras estén haciendo sus quehaceres diarios. Para ello, su diseño hace posible un alcance óptimo hasta de 30 m con obstáculos, es decir, paredes, puertas, y sin obstáculos, hasta de 100 m.

Con relación a las pruebas realizadas en conjunto con los docentes de ALUNA, se pudo observar que el tiempo de adaptación por parte del estudiante al uso del dispositivo está ligado a su nivel de discapacidad cognitiva y a la interfaz usuario, por lo cual en un inicio para este proyecto se tomaron los pictogramas de su cordón para que puedan ser asociadas al manejo por el estudiante y usarlos sin el apoyo de un docente o terapeuta. También es importante recalcar que la interfaz usuario utilizó una programación abierta a fin de que las imágenes puedan ser modificadas o agregadas de acuerdo con el perfil del estudiante.

Finalmente, como resultado del estudio y la investigación para el desarrollo de este proyecto, se logró alcanzar los objetivos propuestos a satisfacción del Centro de Capacitación y Habilitación ALUNA, iniciando con el análisis y la definición de los requerimientos, el diseño del sistema, la construcción y las pruebas de este. Se espera en una segunda etapa la realización del estudio de la población, medir el impacto del aprendizaje, contrastar el comportamiento de los estudiantes en el seguimiento de las instrucciones y permitir la optimización de las SAAC.

Referencias

- Alcantud, F. y Soto, F. J. (coords.) (2003). *Tecnologías de ayuda en personas con trastornos de comunicación*. Valencia: Nau Llibres.
- Belloch Ortí, C. (s. f.). *Tecnologías de ayuda: sistemas alternativos de comunicación*. Recuperado de <https://www.uv.es/bellochc/pdf/pwlogo5.pdf>
- Cieza Dávila, J., Yamao, E. y León Lescano, N. (2014). *Módulo de comunicación y entrenamiento RIMAY para personas con discapacidad motora del habla*. Trabajo presentado en V Congreso Iberoamericano SOCOTE - Soporte del Conocimiento con la Tecnología, Universidad de San Martín de Porres, Lima, Perú.
- Concepto de comunicación. Recuperado de <http://www.info-ab.uclm.es/personal/juliaflores/emis/prueba-dvd/08-los%20talleres/ad/Comunica.pdf>
- Delgado Santos, C. I. (2012). *Mi comunicador de pictogramas*. Madrid: CEAPAT-IMSERSO. Recuperado de http://www.ceapat.es/InterPresent1/groups/imserso/documents/binario/mcomu_pictogramas.pdf
- Enríquez Herrador, R. (2009). *Guía de Usuario de Arduino*. Recuperado de http://www.uco.es/aulasoftwarelibre/wpcontent/uploads/2010/05/Arduino_user_manual_es.pdf
- García Campillo, R. (2014). *Pictogramas y sistemas gráficos de comunicación e información*. Trabajo presentado en Congreso Enfoques Innovadores en Accesibilidad, Huelva, España. Recuperado de http://oa.upm.es/37991/1/INVE_MEM_2014_206047.pdf
- Jambat Fábrega, A. P. (2014). *Sistemas alternativos y aumentativos de comunicación* (Tesis de grado) Universidad de Valladolid, Valladolid, España.
- Lorenzo Hernández, C. (2017). *Desarrollo e implementación de un sistema aumentativo de comunicación en una persona con síndrome de Down* (Tesis de grado) Universidad de La Laguna. Santa Cruz de Tenerife, España.
- Martín Macías, E. M. (2010). Los sistemas alternativos y aumentativos. *Pedagogía Magna*, 5, 80-88. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3391398>
- McCalla M., F. I. (s. f.). *Entorno computacional basado en sistemas de comunicación alternativa y aumentativa para personas con retos múltiples*. Recuperado de <http://www.eatis.org/eatis2010/portal/paper/memoria/html/files/sistemas/FelipeMcCalla.pdf>
- Montoya Rivera, D. A. (2015). *Diseño de un sistema de alarma inalámbrica para pequeñas empresas y hogares en Pereira y Dos Quebradas* (Tesis de grado, Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, Colombia).
- Organización Mundial de la Salud (2 marzo 2016). *Microcefalia*. Recuperado de <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/microcephaly/es/>
- Roig Coves, Á. (2015). *Diseño e implementación de una máquina Arcade con Raspberry Pi y Arduino* (Tesis de grado) Escuela Técnica Superior de Ingeniería. Informática, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España.