

Dispositivo interactivo para apoyar el desarrollo de la comunicación oral en personas con discapacidad auditiva en el Benemérito Comité Pro Ciegos y Sordos de Guatemala sede Quetzaltenango año 2018

Interactive device to support the development of oral communication in people with hearing disabilities in the Benemérito Comité Pro Ciegos y Sordos de Guatemala, Quetzaltenango, 2018

Carlos Eduardo Leonel Rodas Sánchez, Crystian Rafael Lopez Santay, Daniel Alberto Gonzalez Gonzalez,
Edvin Teodoro González Rafael, Oliver Ernesto Sierra Pac
Universidad de San Carlos de Guatemala
Centro Universitario de Occidente
Ingeniería en Ciencias y Sistemas
Quetzaltenango, Guatemala

carlosetuado-rodasanchez@cunoc.edu.gt
crystianrafael-lopezsantay@cunoc.edu.gt
danielalberto-gonzalezgonzalez@cunoc.edu.gt
edvinteodoro-gonzalezrafael@cunoc.edu.gt
sierra.oe@usac.edu.gt

Resumen — Varios dispositivos han sido creados para el apoyo del desarrollo de la comunicación oral en personas con discapacidad auditiva, sin embargo, la mayor parte de la población con esta discapacidad no suele contar con un nivel económico favorable para la adquisición de uno de estos aparatos. El objetivo de la investigación es crear un dispositivo al alcance económico de las personas para apoyar al desarrollo de la lengua oral. Se creó un dispositivo el cual se elaboró con un previo conocimiento sobre electrónica y programación, con el que se hicieron pruebas para verificar su funcionamiento y eficacia por parte de niños y adultos del Benemérito Comité Pro Ciegos y Sordos de Guatemala sede Quetzaltenango. Los resultados de esta prueba fueron exitosos por los comentarios de los usuarios.

Palabras clave; dispositivo; desarrollo; comunicación, discapacidad auditiva, interactivo

Abstract — Several devices have been created to support the development of oral communication in people with hearing impairment, however, most of the population with this disability does not usually have a favorable economic level for the acquisition of one of these devices. Therefore, the objective of the research is to create a device available to people to support the development of oral language using affordable technology. A prototype of the device was created, which was developed with prior knowledge on electronics and programming, with which tests were made to verify its operation and effectiveness by children and adults of the Benemérito Comité Pro Ciegos y Sordos de Guatemala headquarters Quetzaltenango for a period One week. The results of this test were successful.

Keywords; device, development, communication, hearing disabilities, Interactive.

I. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación describe la creación de un dispositivo para apoyar a la comunidad de personas con discapacidad auditiva de la comunidad descrita. Para tal fin se abarcaron varias temáticas relacionadas con el fin de comprender de manera exhaustiva la necesidad y la importancia de contar con el dispositivo, así como las funciones específicas que debe de tener.

En la parte inicial se aborda de manera general los antecedentes de herramientas existentes con fines similares; asimismo se evaluaron los impactos que han causado y el proceso de desarrollo que implicaron. De esta manera, se pudieron definir los objetivos claros del nuevo dispositivo.

En base a esto, se concibe la estructura del dispositivo y las funciones a considerar. Se definieron las herramientas específicas a utilizarse, concretamente: la plataforma electrónica Arduino y el sensor de sonido. Seguidamente se define la metodología y las fases que la constituyen para tener una perspectiva más amplia de lo que implica la construcción paso a paso del dispositivo y el desarrollo de éste.

Para finalizar la presente investigación se analizarán los resultados preliminares obtenidos al entregar un prototipo del dispositivo al comité pro ciegos y sordos de Guatemala sede Quetzaltenango para que la comunidad pueda utilizarlo y comprobar su eficiencia, y el análisis de su utilidad.

II. JUSTIFICACIÓN

Las personas con discapacidad auditiva son comúnmente excluidas de muchas actividades cotidianas de la sociedad que involucran el sentido auditivo, como la música. Los niños en su edad temprana no comprenden de forma clara lo que es el sonido y en general están limitados en su interactuar con gran parte de la sociedad. Evidentemente dicha exclusión genera alienación y poca integración en la sociedad, lo que redundará en un desarrollo limitado. Por otro lado, las personas con discapacidad auditiva generalmente poseen la capacidad de emitir sonidos, pero no lo desarrollan. El desarrollo de algunas capacidades de comunicación oral podría presentar beneficios, como el poder llamar a personas por su nombre, en situaciones de emergencia, y para tener una mejor integración con personas sin discapacidad.

A través de reuniones con el Benemérito Comité Pro Ciegos y Sordos de Guatemala sede Quetzaltenango se determinó la necesidad de implementar un dispositivo que permita a las personas con discapacidad auditiva mejorar su capacidad interactiva a través de comunicación oral.

Se realizó la propuesta de diseñar un dispositivo que permitiese visualizar mediante la iluminación de focos LED la intensidad con la que hablan o gritan, y también poder entender el concepto de los tiempos en la música, esto también mediante luces que indican los distintos tiempos que puedan ser empleados. Por tanto, el dispositivo tendría funciones para conciencia auditiva y comprensión de la música. , y mediante el dispositivo se darían cuenta que al realizar ciertas acciones pueden generar un sonido, tal vez mediante un grito u otra acción, y poder identificar la intensidad con la que lo hacen.

Dado que las herramientas que actualmente existen son de un costo elevado y requieren conocimientos técnicos avanzados de la tecnología para su manejo se adiciona a la necesidad de ayudar e integrar a las personas con discapacidades auditivas que el dispositivo sea de costo reducido y fácil de usar.

III. OBJETIVOS:

Los objetivos de la investigación son:

A. Objetivo general

- Implementar tecnología asequible para apoyar en el desarrollo de la comunicación oral en personas con discapacidad auditiva del Benemérito Comité Pro Ciegos y Sordos de Guatemala sede Quetzaltenango

B. Objetivos específicos:

- Identificar los métodos para el desarrollo de la lengua oral en personas con discapacidad auditiva.
- Conocer el funcionamiento y características de los dispositivos utilizados en el Benemérito Comité Pro Ciegos y Sordos de Guatemala sede Quetzaltenango para el desarrollo de la lengua oral en personas con discapacidad auditiva.
- Diseñar un dispositivo fácil de utilizar que ayude a desarrollar la lengua oral en personas con discapacidad auditiva.
- Elaborar un dispositivo para el desarrollo de la lengua oral para personas con discapacidad auditiva que sea económicamente accesible.

IV. ANTECEDENTES

El desarrollo de nuevas tecnologías contribuye a mejorar las condiciones de vida de la sociedad en general. En el caso específico de la aplicación de tecnologías en escuelas para personas con discapacidad auditiva, la variedad y disponibilidad son limitada, y las alternativas existentes suelen tener costos elevado. Es entonces posible decir que la incidencia de la tecnología en dicha comunidad no ha sido la esperada y existe mucho por trabajar en esa área.

A continuación, se describen 5 softwares que son empleados comúnmente en escuelas para que las personas con discapacidades auditivas puedan aprender a hablar y poder obtener la habilidad para expresarse de una forma verbal y no solo mediante señas o letras. Estos son los softwares más comunes: Según: (Universitat de Valencia, 2013).

- Discriminación de fonema: el principal objetivo del software es ayudar a la persona con deficiencia auditiva para que pueda discriminar y realizar articulación correcta. El software promueve la enseñanza mediante ejercicios y juegos dependiendo de requerimiento del estudiante o paciente.
- Globus: tiene como propósito estimular la articulación del habla muestra gráficamente los rasgos de la voz en la pantalla, y mediante las gráficas los pacientes pueden visualizar sus producciones vocálicas.
- Speech Viewer: este software es perteneciente a la empresa IBM. Contiene un conjunto de ejercicios que pueden utilizarse con pacientes que tengan trastornos de audición, del lenguaje y del habla. Es especialmente útil para personas que deseen modificar su inflexión, pronunciación y calidad vocal.
- Onomatopeyas: Es una herramienta empleada para afrontar la estimulación del desarrollo fonológico del niño. Sus autores José Sánchez Rodríguez, Miguel Ángel Aragüez Rey, Santiago Torres Monreal y María José Ruiz Casas señalan entre los objetivos del programa: 1. Desarrollo de la fonología en sujetos con retraso perceptivo y/o articulatorio. 2. Desarrollo de destrezas psicomotrices en sujetos con dificultades en manipulación, encaje, asociación, etc. 3. Desarrollo de destrezas viso-espaciales. 4. Apoyar el desarrollo fonológico en caso de sordera o de retrasos de habla y/o lenguaje.

A. Tecnología utilizada en el Benemérito Comité Pro Ciegos y Sordos de Guatemala sede Quetzaltenango

Una de las tecnologías empleadas por las escuelas en Quetzaltenango es el software Complete Speech. Dicho software tiene como finalidad indicar la forma de pronunciar los distintos sonidos de las letras del abecedario mediante una extensión que se coloca en la boca del estudiante. El software interpreta y determina si la manera en la que el estudiante está vocalizando es correcta o no, y puede utilizarse como ayuda para indicar como generar los distintos sonidos con la boca. De esta manera, permite que el estudiante aprenda y practique la manera en cómo se pronuncian las letras que él ya conoce mediante señas.

Sin embargo, una de las mayores desventajas de esta herramienta es la complejidad de su manejo, ya que para cada estudiante se tiene que hacer un tipo de calibración especial, debido que la boca de cada estudiante tiene distintas características y distintos tamaños. Según comentarios de una maestra involucrada en la aplicación del software, menos de un diez por ciento de los niños tiene acceso a utilizar esta tecnología por su alto costo.

V. MARCO TEÓRICO

A. Pérdida de audición

“La pérdida de audición, o los **impedimentos auditivos**, ocurren cuando hay un problema con una o más partes del oído o los oídos (cuando hay un "impedimento" significa que algo no funciona correctamente o como debería)” (Morlet, 2012).

La pérdida de audición puede clasificarse según su nivel desde pérdida que se tiene ya que si bien conocemos una persona muchas veces es catalogada sorda pero no tiene pérdida completamente la audición ya que esta se puede perder total o parcialmente sin embargo al perder un poco de este sentido primordial ya se es necesario una atención particular ya sea porque se haya perdido desde nacimiento (siendo hereditario) o en el transcurso del nacimiento a la vejez (por causas naturales, accidentes, etc.), algunas otras de las causas que podrían causar la pérdida de la audición podrían ser tener líquido en el oído medio, sufrir lesiones graves, tener infecciones en el oído, escuchar música muy fuerte, entre otros.

1) Función de la audición

Si lo que deseamos es comprender como o porque se da la pérdida de audición lo primero que necesitamos es saber cómo funciona y cómo el oído está estructurado. El oído es un sistema enorme que está formado por varios subsistemas de los cuales cada uno cumple una función el oído está dividido en tres partes fundamentales que son el oído externo, el oído medio y el oído interno (Morlet, 2012). El oído básicamente funciona como un captador de ondas sonoras y estas viajan a través de él hasta llegar al cerebro donde son leídas e interpretadas.

2) Tratamiento para la pérdida de audición

El tratamiento está muy relacionado con el motivo de la pérdida de audición ya que uno depende del otro ya que un tratamiento para una persona que sea sorda profunda no será el mismo con una persona que tenga una pérdida de audición leve, además el tratamiento también dependerá mucho de la persona a la que se le dará el tratamiento ya que si es una persona que perdió la audición desde nacimiento es muy diferente ya que esta persona nunca aprendió a hablar por lo tanto se necesitara de la enseñanza del lenguaje oral ya que esta persona nunca perdió el habla sin embargo no pudo aprender a hablar ya que perdió la audición antes de hacerlo y es ahí donde entra la ayuda de la tecnología. En cambio, si esta persona ya sabía hablar cuando perdió la audición será otro proceso el que se seguirá para su tratamiento y así quizá dependiendo de cómo se den los casos se pueda llegar a recuperar la audición ya sea levemente o totalmente.

Algunos tipos de tratamientos más comunes son los audífonos que son como un tipo de altavoz que ayuda a los sordos no profundos a amplificar las ondas del sonido para que las puedan captar mucho mejor utilizando este tipo de tecnología sin embargo esto no es aplicable a todas las personas. “Para algunos niños que no pueden oír ni entender las palabras incluso con la ayuda de audífonos, existe un dispositivo llamado **implante coclear**. Se trata de una pieza de equipo electrónico muy diminuta que se coloca en la cóclea durante un procedimiento quirúrgico. Hace el trabajo de las células ciliadas dañadas o destruidas en la cóclea al convertir los sonidos en señales eléctricas que estimulan directamente el nervio auditivo” (Morlet, 2012).

3) Aprendizaje y comunicación

“Un niño con pérdida de audición puede asistir a una escuela especial, tomar clases especiales en una escuela común o estar en una clase común. En función de la gravedad de su pérdida de audición, algunos niños pueden trabajar con audiólogos o patólogos del habla y del lenguaje para desarrollar sus capacidades auditivas y del habla” (Morlet, 2012).

Obviamente como las personas sordas no pueden entendernos a la hora que hablamos más sin embargo necesitan comunicarse con nosotros y con otras personas necesitan usar técnicas especiales como las siguientes:

- Lectura del habla, esta técnica consiste en mirar atentamente los labios de una persona y gestos para entender lo que nos está diciendo es algo así como la lectura de labios.
- Lenguaje de señas americano (ASL), es uno de los más conocidos y de las más utilizadas gracias que es simple y mucho más fácil de aprender consiste en utilizar los movimientos de las manos para permitir que las personas sordas se comuniquen sin hablar

- Palabra complementada e inglés por señas exactas, que utilizan figuras con las manos para traducir lo que se está diciendo; estas técnicas están pensadas para ser usadas con el lenguaje hablado para ayudar a las personas a entender cualquier cosa que no puedan comprender a través de la lectura de los labios (Morlet, 2012)

En cuanto a lo que nos interesa con el proyecto la ayuda para el desarrollo de la lengua oral en personas con discapacidad auditiva para esto se desarrollan los siguientes temas que fueron tomados de una página web de internet para apoyarnos (Castro, 2003) tomando en cuenta que con las siglas LS se refiere al lenguaje de señas.

4) Similitudes y diferencias en el desarrollo lingüístico ante Input Oral o signado.

(Castro, 2003) El desarrollo de los lenguajes orales. Las que indican que el LS es útil como modo efectivo de comunicación para los infantes sordos, siendo el proceso de adquisición del lenguaje como el de cualquier lenguaje aprendido de forma natural como primera lengua (Marschark & Lukomski, 2001). “Los hablantes nativos de LS producen sus primeras señas a los 12 meses (ej. leche) (Drasgow, 1998) y los resultados de sus producciones lingüísticas en la respuesta social de otros, son exactamente los mismos que los producidos por las primeras palabras de los oyentes. Niños sordos y oyentes producen similares vocalizaciones prelingüísticas, sin embargo, su aparición es más tardía en los infantes sordos. Esta producción, que es una repetición de componentes de señas, es similar en todos los niños sordos hijos de padres sordos. Se plantea que el balbuceo manual es pasado por alto por padres oyentes e investigadores (Marschark, 2001).

Posteriormente, los gestos son un componente importante de la comunicación en los primeros años de vida y hasta la adultez. Existiendo similitud en los gestos y usados por los niños sordos y oyentes, siendo luego reemplazados por el lenguaje adquirido (señas u oral). Sin embargo, estos gestos tempranos en niños oyentes son menos usados para comunicarse realmente, como lo hacen los niños sordos (Gregory & Hindley, citados en Marschark, 2001).

La importancia del estudio de los gestos está dada por constituir los precursores de las señas. Los gestos acompañan las señas de la misma manera que acompañan el habla. De ahí que importe investigar la relación entre gestos tempranos, palabras o señas tempranas y el conocimiento que alcanzan los niños de las cosas a las cuales refieren. En los oyentes se los puede distinguir de las palabras, sin embargo, en los sordos es más difícil distinguirlos, pero son importantes para estudiar su desarrollo lingüístico y cognitivo. Así, el rol de la gesticulación es sin duda más importante en los niños sordos no sólo para la comunicación con el entorno, sino con ellos mismos. Al respecto, se ha estudiado la relación entre la gesticulación en niños sordos como manifestación de lenguaje egocéntrico, viéndose así estas manifestaciones como un importante elemento de su desarrollo cognitivo (Kelman, 2001). Siendo esto, desde una perspectiva vigotskiana, un indicador de internalización del medio social, conducente a constituir el lenguaje interno y el pensamiento del niño.

En síntesis, las particularidades del uso de los gestos en los niños sordos ameritan mayor investigación, ya que estos movimientos manuales hechos por niños sordos son la transición entre el balbuceo y el uso de signos. Durante la edad preescolar, los niños expuestos naturalmente a LS incrementan rápidamente la frecuencia con la que usan signos convencionales para comunicarse acerca de objetos y acciones. Los signos a esta edad se acumulan y modifican lo que mejora la comunicación con otros. A los 3 años modifican signos, como, por ejemplo:

- Inflexiones, a los 5 años de edad ya su producción cumple con las reglas del *American Sign Language* (ASL)
- A los 3 ó 4 años no saben que los signos pueden ser modificados para alterar su significado.

El proceso de modificaciones es similar a los que realizan los niños oyentes con las palabras. El orden en que adquieren los nuevos aspectos del lenguaje niños sordos hijos de padres oyentes, niños oyentes de padres oyentes y niños sordos hijos de padres sordos, es el mismo, eso sí con retraso en los primeros. Los niños sordos entre los 3 y 4 años sobre-generalizan algunos signos (ej. verbos irregulares) de la misma manera que lo hacen los oyentes con las primeras palabras (uso de reglas generales), por ejemplo, agregando dirección a verbos no direccionales (ej. TOCAR o BEBER).

Durante la segunda mitad de sus 4 años usan las primeras inflexiones para comunicar lugar y dirección (indicaciones como grande, bueno o malo) Además, comienzan a agregar expresión facial para modificar signos convencionales, y así lograr significado subjetivo. Así a los 4 años, pueden describir cómo y por qué las cosas ocurren, expresar sus objetivos, intenciones y gustos, entonces están preparados para aprender las reglas gramaticales y del discurso del LS (5)” (Castro, 2003).

5) Adquisición del lenguaje e importancia de la comunicación temprana entre padres e hijos sordos

El adquirir un lenguaje, es sin duda un fenómeno que nos parece natural a las personas comunes y casi automático. De hecho, usualmente los términos desarrollo del lenguaje o aprendizaje del lenguaje son usados indistintamente al considerar niños oyentes, ya que a través de la audición es que comienza el proceso de aprendizaje para el lenguaje, sin embargo, en el caso de los niños sordos, esto no es posible, se hace necesaria realizar una distinción (Castro, 2003). “Desarrollo de lenguaje, supone el seguimiento de un patrón de forma natural o más o menos automática. Aprendizaje del lenguaje, en cambio, da cuenta de un esfuerzo requerido, con la ocurrencia de actividades intencionales que involucran al niño como aprendiz y a un adulto como profesor, siendo así el término que resulta más apropiado para describir el proceso de adquisición lingüística en los niños sordos (Marschark, en prensa).

La disponibilidad y accesibilidad de la comunicación padres-hijos es quizás la variable individual más importante en el desarrollo de los niños sordos. Un temprano establecimiento de lenguaje fundamenta la adquisición de la lecto escritura y de herramientas cognitivas y sociales durante la escuela, y puede ser el mejor predictor individual del éxito académico (Drasgow, 1998). Sin embargo, los niños sordos hijos de padres oyentes están en desventaja frente a esto. Entonces, es importante prestar atención a las interacciones tempranas de los hijos sordos con sus padres oyentes. En particular a las estrategias de aprendizaje y a las capacidades de los padres y las implicancias de estas para el aprendizaje de los niños y su futura interacción social.

Es sabido, que cuando los padres oyentes conocen la condición de sordera de sus hijos, comienzan a percibir la aparente “inutilidad” de la emisión de sonidos en la comunicación con ellos. Lo que redundaría en que los padres pierden espontaneidad en la comunicación con sus hijos. No obstante, existe la posibilidad de que la comunicación madre-hijo sordo, se soporte sobre el desarrollo de otras modalidades de reconocimiento afectivo (Marschark, 2001). Al respecto, se ha descrito cómo las madres sordas y oyentes de niños sordos utilizan una gran variedad de modalidades de interacción con sus hijos, existiendo una relación entre la expresión facial y emociones básicas, lograda eficientemente por los niños sordos y oyentes a partir de los 12 meses. Las madres sordas de preescolares sordos, que se comunican en LS son sensibles a la necesidad de claridad en la comunicación hacia sus hijos, recurriendo a un uso de lenguaje no gramatical.

También es posible que los padres oyentes, al conocer de la pérdida auditiva de sus hijos, desarrollen intuitivamente estrategias no auditivas, tales como el contacto táctil, al igual que las madres sordas de niños sordos. Estas interacciones probablemente permiten el crecimiento de la relación entre padres e hijos y promueven el desarrollo de un lenguaje efectivo, sobretodo en el primer año de vida, ya que servirían de soporte para el desarrollo de herramientas comunicativas, manteniendo la atención necesaria para que el niño aprenda a comunicarse en una modalidad viso-gestual (Koester, Brooks & Traici, 2000).

Aún cuando para algunos niños sordos puede ser suficiente el input oral-auditivo, para la mayoría, el adquirir lenguaje requiere que integren la información de los labios, rostro y/o manos de sus padres. Los niños oyentes relacionan simultáneamente (implícitamente o explícitamente) lo que sus padres dicen y la exploración que hacen de los objetos y del entorno, es decir, el lenguaje hablado de los padres y la información visual. En cambio, los niños sordos, dependientes de la modalidad visual, reciben ambos inputs de manera secuencial, haciendo que la relación entre lenguaje y significado les sea menos obvia. Así, la introducción de LS o un habla con soporte visual es insuficiente, si otros aspectos del ambiente lingüístico no son modificados, por ejemplo, asegurándose que las señas sean mostradas con los objetos cerca de su campo visual. Al respecto, se ha descrito cómo las madres sordas de niños sordos son más efectivas en la comunicación con sus hijos, en comparación con las madres oyentes de niños sordos. No obstante, esto no sería porque las madres oyentes de niños sordos les hablen menos a sus hijos, en comparación a madres oyentes de niños oyentes, sino porque las madres oyentes de niños sordos no adaptan su lenguaje a las necesidades de la adquisición de lenguaje a través de la visión, donde se requieren estrategias cualitativamente diferentes (Lederberg & Everhart, 2000).

Por ejemplo, en una reciente investigación, Harris (2001) muestra cómo las madres sordas de niños sordos al utilizar señas con ellos, se preocupan que sean referidas a objetos visibles y en contextos relevantes para sus hijos. Por tanto, la calidad de la interacción temprana padres-hijos es altamente dependiente de las estrategias de comunicación que se posean. Las madres oyentes de niños sordos cuando quieren capturar la atención de sus hijos muchas veces lo hacen en forma disruptiva e intrusiva (ej. moviéndoles la cabeza hacia ellas). Tienen pocas estrategias de orientación visual. Padres oyentes de niños sordos en general son más controladores, enfatizando el control físico y utilizando más comunicación directiva, no comprendiendo que si utilizaran canales más efectivos de comunicación requerirían menos del control. (Lederberg, & Everhart, 2000).

Pueden aprender a usar estrategias visuales, como las que usan las madres de niños sordos, sin embargo, frecuentemente deben recordar que sus niños dependen de señales visuales. Se sabe, además, que padres oyentes de niños sordos compensan sus anhelos de una comunicación efectiva en LS con consideraciones emocionales inadecuadas. Lo que significa que la efectividad de la comunicación decrece. Por lo que la pérdida de flexibilidad y fluidez del lenguaje utilizado por los padres oyentes reduce la calidad de sus interacciones sociales y educativas con sus hijos sordos. Finalizamos este apartado concluyendo que el establecimiento de

estrategias efectivas de comunicación padres-hijos, no sólo mejora las interacciones tempranas en el niño sordo, sino que además tiene beneficios a largo plazo en su aprendizaje del lenguaje y en su desarrollo social y cognitivo” (Castro, 2003).

6) Incorporación temprana del lenguaje de señas como predictor de un lenguaje efectivo en niños sordos

La importancia de la entrada temprana del LS en los niños sordos, puede ser avalada hoy en día desde distintas realidades ya que según investigadores es mucho mejor que los niños inicien con el lenguaje de señas, desde su reconocimiento como lenguaje natural (el cual en este caso sería el lenguaje de señas) y las implicancias socioculturales de ello, por las evidencias de los logros alcanzados por los niños sordos, hijos de madres sordas, al adquirirlo naturalmente, por la evidencia de que las etapas de adquisición del lenguaje de señas son similares a las del lenguaje oral (Marschark & Lukomski, 2001) y recientemente además, desde la neurociencia al aportar evidencia que muestra que la organización neural del cerebro que participa a la base del lenguaje de un hablante nativo de lenguaje de señas, es similar a la de un hablante de lenguaje oral, a pesar de tener un componente viso-espacial (Hickok et al., 2001).”No obstante, las ventajas del aprendizaje temprano del LS, es importante considerar que los niños sordos interactúan en otros contextos además del de su hogar, lo que los expone a más experiencia de lenguaje y más patrones, por lo que el aprendizaje del lenguaje contextual es complejo.

Por ejemplo, cuando los padres oyentes de niños sordos están aprendiendo LS, sus hijos lo aprenden más rápido porque en la educación preescolar están más expuestos a LS y porque son más dependientes de él, es decir, les resulta más eficiente. Con los profesores sucede lo mismo, del 25% al 50% de la información es omitida en su LS, al usar ellos simultáneamente LS y lenguaje oral. Además del caso de uso erróneo de los signos por oyentes (Marschark, 2001).

Estudios con pruebas estandarizadas de desarrollo del lenguaje muestran disparidad entre niños sordos y no sordos (semántica, sintaxis y aspectos pragmáticos). Por ejemplo, Jeanes, Nienhuys y Rickards (2000), encontraron dificultades consistentes en sordos profundos en el uso de herramientas pragmáticas en las interacciones cara a cara (Castro, 2003).

Sin embargo, se plantea si estos resultados son, porque los sordos tendrían desconocimiento de las reglas del discurso conversacional o por problemas atribuibles al tipo de evaluación. Al respecto, es importante considerar que las reglas del discurso conversacional presentan diferencias al comparar comunicación oral con comunicación por señas en hablantes nativos (M^a. R. Lissi, comunicación personal, Julio, 2002). Al respecto, un estudio en que se utilizó un análisis basado en la comprensión del significado de historias, muestra equivalencia en el uso de reglas discursivas por parte de niños sordos y oyentes, de entre 7 y 15 años. Estando así, la dificultad de los sordos en el menor dominio mostrado de la gramática y el vocabulario del lenguaje oral y no en la estructuración semántica de sus producciones (escritas y signadas).

De esta forma, se concluye que la carencia de fluidez de los niños sordos, puede esconder la presencia de una coherencia temática correcta en la escritura de los niños sordos en la escuela, lo que llevaría a suponer que estos niños tendrían déficit de herramientas discursivas. Entonces se afirma que los sordos conocen las reglas del discurso necesarias para la escritura y para una conversación normal. Se demuestra así, que las habilidades lingüísticas generales son independientes de las sub-herramientas específicas del inglés (idioma estudiado) y comparables a las de los compañeros oyentes de su misma edad. (Marschark, Mouradian & Halas, citados en Marschark, 2001). Estudios como estos permiten superar la visión que entregaban las primeras investigaciones en que se confundían las habilidades cognitivas de los niños sordos (entre ellas las lingüísticas) con habilidades relativas al idioma de la respectiva comunidad oyente (Marschark & Lukomski, 2001)” (Castro, 2003).

7) Lenguaje efectivo

“La denominación lenguaje efectivo hace referencia a la necesidad de los niños sordos de interactuar con la mayoría de la comunidad oyente, no obstante, los beneficios del lenguaje de señas, incluso para alcanzar esta meta” (Castro, 2003). “Sin embargo, los niños sordos tienen dificultad para alcanzar un lenguaje oral inteligible y más aún quienes tienen pérdida auditiva congénita, alcanzando difícilmente un habla completamente comprensible (Serry & Blamey, 1999). La efectividad del lenguaje pasa también por el nivel de competencia alcanzado por los sordos en la lecto-escritura, referente a esto las recientes investigaciones ha demostrado la ventaja que obtienen en esta habilidad quienes han sido incorporados tempranamente a LS.

La importancia de esto lo muestra un estudio que refiere que los niños sordos más avanzados en sus herramientas de lecto-escritura, hacen un mayor uso de un lenguaje de señas privado en la casa y en la escuela, uso que supone un aprendizaje temprano o natural (en el caso de niños sordos hijos de sordos) de este lenguaje (Cook & Harrison, citados en Marschark, 2001).

Respecto a los beneficios globales alcanzados en el lenguaje por los niños sordos al ser hijos de padres sordos, es necesario tomar en cuenta que estas ventajas se deben probablemente más al ambiente de aprendizaje que a una propiedad per se del LS. Así, la vía

por la cual el conocimiento y significación temprana del lenguaje es organizada depende de la calidad y cantidad de interacciones lingüísticas, siendo importante para las posteriores herramientas de lecto escritura (Risley & Hart, citados en Marschark, 2001).

Se concluye, de esta manera, que existe una estrecha relación entre la sensibilidad maternal a las interacciones y las herramientas efectivas de lenguaje expresivo de los niños sordos. Esto indica la necesaria flexibilidad y motivación de las madres oyentes, como características para compensar las necesidades de sus hijos sordos (Pressman, Pipp-Siegel, Yoshinaga-Itano & Deas, 1999)” (Castro, 2003) para finalizar se resalta que para lograr un buen dominio de la lengua oral en personas sordas es necesaria demasiada ayuda de algunas otras herramientas estas pueden ser tanto de la tecnología como de simples formas empíricas pero estas últimas pueden ser un tanto complicadas en su uso y son un poco recomendables.

B. Arduino

Según la página (Arduino.cl, 2018) “Arduino es una plataforma de prototipos electrónicos de código abierto (open-source) basada en hardware y software flexibles y fáciles de usar. Está pensado para artistas, diseñadores, como hobby y para cualquiera interesado en crear objetos o entornos interactivos. Arduino puede sentir el entorno mediante la recepción de entradas desde una variedad de sensores y puede afectar a su alrededor mediante el control de luces, motores y otros artefactos.”

(Arduino.cl, 2018) Nos proporciona las siguientes características de Arduino.

- Económico: Las placas Arduino son relativamente económicas en comparación con otras plataformas de microcontroladores. La versión menos costosa del módulo Arduino se puede ensamblar a mano, e incluso los módulos Arduino pre montados cuestan menos de \$ 50.
- Multiplataforma: El software de Arduino (IDE) se ejecuta en Windows, Macintosh OS X, y Linux. Disponible su descarga desde (Arduino.cc, <https://www.arduino.cc/en/Main/Software#>, 2018)
- Programación sencilla y clara: El software Arduino (IDE) es fácil de usar para principiantes, pero lo suficientemente flexible como para que los usuarios avanzados puedan aprovecharlo también.
- Software de código abierto y extensible: El software Arduino se publica como herramientas de código abierto, disponibles para extensión por programadores experimentados. El lenguaje puede expandirse a través de bibliotecas C ++, y las personas que quieran comprender los detalles técnicos pueden dar el salto de Arduino al lenguaje de programación AVR C en el que se basa.
- Hardware de código abierto y extensible: Los planos de las placas Arduino se publican bajo una licencia de Creative Commons, por lo que los diseñadores de circuitos experimentados pueden crear su propia versión del módulo, ampliarlo y mejorarlo.

1) Algunas placas Arduino:

- Arduino YUN
- Arduino Pro Mini 328 5V/16MHZ
- Arduino Pro Mini 328 3.3V/8MHZ
- Arduino Pro 328 3.3V/8MHZ
- Arduino Nano
- Arduino FIO FUNNEL I/O
- Arduino LILYPAD 328
- Arduino Industrial 101
- Arduino PRIMO
- Arduino MEGA ADK
- Arduino LEONARDO ETHERNET CON ETHERNET
- Arduino UNO R3
- Arduino MEGA 2560 R3
- Arduino LEONARDO (PERIFERICO USB)

- Arduino DUE

Decididos a utilizar hardware económicamente accesible para el desarrollo del dispositivo, y de poseer un conocimiento básico en programación en lenguaje C++ decidimos que utilizaríamos una placa Arduino, específicamente una placa Arduino Nano, la cual nos brinda el hardware suficiente para la realización del dispositivo.

2) Arduino Nano

Según la página (Arduino.cc, <https://store.arduino.cc/arduino-nano>, 2018) “El Arduino Nano puede alimentarse a través de la conexión USB Mini-B, utilizando una fuente de alimentación externa regulada de 5V (pin 27). Posee 14 patillas digitales las cuales se pueden usar como entrada o salida, usando las funciones `pinMode ()`, `digitalWrite ()` y `digitalRead ()`. Las cuales operan a 5 voltios. Además el Arduino Nano tiene 8 entradas analógicas, cada una de las cuales proporciona 10 bits de resolución (es decir, 1024 valores diferentes). Por defecto, miden desde tierra a 5 voltios, aunque es posible cambiar el extremo superior de su rango utilizando la función `analogReference ()`.”

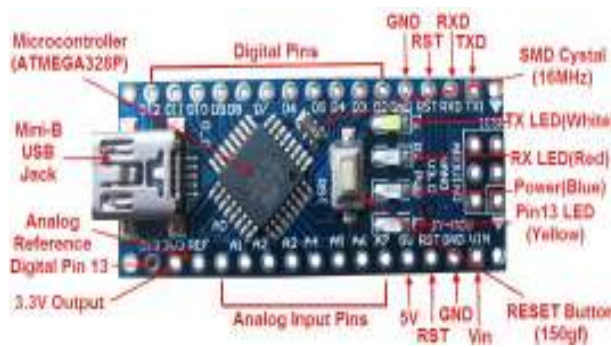


Figura 1 - Arduino Nano - Fuente (Patagoniatec, 2018)

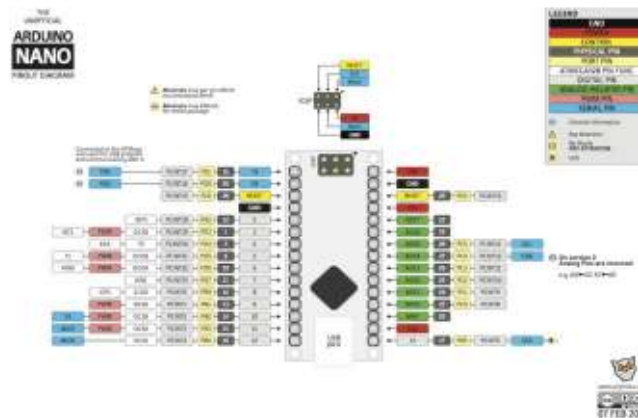


Figura 2 - Diagrama de Pines Arduino Nano – Fuente (Patagoniatec, 2018)

C. Sensor de Sonido KY-038

La página (T-Bem, 2018) describe el sensor de sonido KY-038 como: “Sensor analógico y/o digital de sonido, diseñado para proyectos y circuitos elaborados con Arduino. Cuenta con un micrófono de condensador omnidireccional de alta sensibilidad, que permite detectar con precisión hasta sonidos de muy baja intensidad.”

(T-Bem, 2018) Nos indica que “El sensor KY-038 cuenta con 2 salidas diferentes, una salida analógica y una salida digital para escoger cada una de acuerdo al uso o proyecto que se requiera. La salida analógica varía su nivel de voltaje (0-5 V) de acuerdo a la

intensidad del sonido. El nivel de activación de la salida digital puede ajustarse mediante el potenciómetro ubicado en la tarjeta del sensor de acuerdo al nivel de sonido necesario para su activación.”



Figura 3 – Sensor KY-038 - Fuente (Patagoniatec, 2018)

La placa Arduino Nano al tener un puerto USB mini-B nos permite utilizar como fuente de alimentación un cargador de celular, los cuales comúnmente brindan 5V. Además, dado que la placa Arduino Nano cuenta con puertos análogos y digitales, al conectar el sensor de sonido KY-038 facilita la conversión del sonido pasando de una señal análoga a una señal digital.

VI. METODOLOGÍA

La metodología que se utilizó fue el desarrollo rápido de aplicaciones (RAD). Esta metodología busca acortar el tiempo entre el diseño y la implementación. Al involucrar a los usuarios se busca entender de mejor manera los requerimientos del dispositivo. Se pueden tener retroalimentaciones mientras se avanza con el diseño para que este sea funcional para los usuarios. (Kendall & Kendall, 2011, pág. 163)

Según (Kendall & Kendall, 2011, pág. 165) la metodología de desarrollo rápido se compone en tres fases que se describen a continuación:

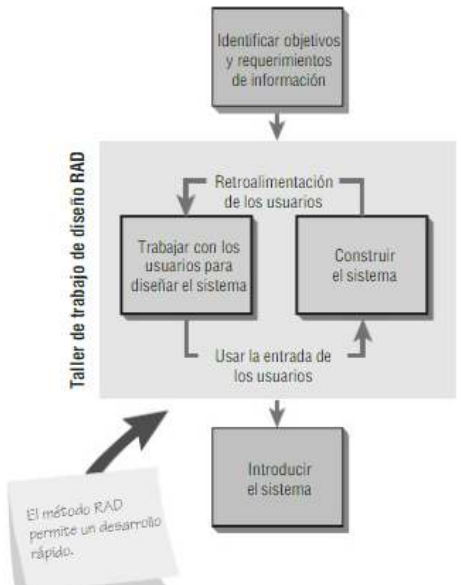


Figura 4. Metodología de desarrollo rápido (RAD) Fuente: (Kendall & Kendall, 2011, pág. 165)

A continuación, se define cada fase del desarrollo del dispositivo:

A. Fase de identificación de objetivos y requerimientos de información:

En esta fase los usuarios se reúnen con los analistas para poder definir objetivos y requerimientos del dispositivo que se busca crear (Kendall & Kendall, 2011, pág. 164). Por lo que se tuvo una reunión con el Benemérito Comité Pro Ciegos y Sordos de Guatemala sede Quetzaltenango con la directora, terapistas del habla y maestras del centro donde se expuso la idea y los objetivos que se tenían para el desarrollo del dispositivo. De esta reunión se logró definir el objetivo final del dispositivo.

B. Taller de trabajo de diseño RAD

Esta fase (Kendall & Kendall, 2011, pág. 164) la caracteriza como un taller ya que se busca diseñar y refinar los objetivos y requerimientos del desarrollo del dispositivo que se está realizando. Es importante que los usuarios puedan interactuar con los prototipos funcionales para tener retroalimentación del funcionamiento y de los requerimientos del dispositivo. Esta fase se compone en dos partes que se repiten hasta que se termine el desarrollo del sistema. Las dos fases son:

1. Construcción del sistema: para esta parte se utilizó el prototipo de características selectas ya que este crea un modelo operacional que incluye algunas características seleccionadas que deberá tener el dispositivo final. (Kendall & Kendall, 2011, pág. 157).
2. Trabajar con los usuarios para diseñar el sistema: en esta parte se debe de tener reuniones con los usuarios para que prueben el prototipo y proporcionen la retroalimentación sobre el funcionamiento del sistema, además pueden surgir nuevos requerimientos y funcionalidades de este.

Durante el proceso de desarrollo del dispositivo se tuvieron varias reuniones con los usuarios del sistema para ir refinando los objetivos y requerimientos del dispositivo mientras ellos probaban los prototipos diseñados.

C. Fase de introducción del sistema.

Para esta fase se debe desarrollar el dispositivo que cumpla con todos los requerimientos y objetivos planteados para que sea usado por los usuarios finales. (Kendall & Kendall, 2011, pág. 164)

VII. DESARROLLO DEL DISPOSITIVO

A continuación, se describe el trabajo realizado en cada una de las fases según la metodología RAD:

A. Fase de identificación de objetivos y requerimientos de información:

Para esta fase primero se tuvo una reunión con especialistas del Benemérito Comité Pro Ciegos y Sordos de Guatemala, el día 23 de enero del 2018, en la cual se presentó la propuesta que se había creado del proyecto. La propuesta inicial era desarrollar un dispositivo que permitiera a los niños con discapacidad auditiva poder ejecutar un tambor. Se escuchó las críticas de la directora y de las maestras.

De esta reunión se definieron los siguientes objetivos para el dispositivo:

- Desarrollar un dispositivo para que niños con discapacidad auditiva pudieran ejecutar un tambor.
- Desarrollar un dispositivo que fuera económicamente accesible.

B. Fase II. Taller de trabajo de diseño RAD

De acuerdo con los objetivos definidos en la primera reunión se trabajó en el diseño de la solución. Para lo cual se empezó a desarrollar el primer prototipo.

1) Primer prototipo – Construir el sistema

Tomando en cuenta los objetivos del dispositivo se diseñó y desarrollo el primer prototipo. Se definieron las siguientes líneas para el desarrollo:

- Utilizar leds como indicadores de sonido. Para lo cual se utilizaron 12 leds. De lo cual ningún led encendido significara ningún sonido y 12 leds encendidos el sonido más alto.
- Se necesitaba un módulo sensor de sonido.
- La primera propuesta para el dispositivo para controlar el sistema fue Raspberry Pi. Esta tiene el inconveniente que el precio no es bajo y que no tiene un conversor análogo digital incluido, que se necesita para interpretar la salida del sensor. Por lo que se investigó y se utilizó un Arduino -Leonardo por el rendimiento y el bajo costo. Este dispositivo brinda el procesamiento necesario para interpretar el sensor de sonido y dar la funcionalidad al sistema.



Figura 5. Primera prueba de diseño.



Figura 6. Primer prototipo

2) Reunión 9 de febrero de 2018 - Trabajo con Usuarios

Se presento el primer prototipo en el Benemérito Comité Pro Ciegos y Sordos de Guatemala. De esta reunión y con la retroalimentación de la terapeuta de lenguaje se enfocó el proyecto a apoyar en el desarrollo de la lengua oral para las personas con discapacidad auditiva. Surge la necesidad de agregarle al dispositivo un indicador de ritmo, para poder ayudar a la enseñanza de ritmo a las personas con discapacidad auditiva. En este momento cambio el objetivo porque es de más importante el desarrollo de la lengua que la ejecución de un instrumento musical.



Figura 7. Presentación y prueba del primer prototipo.



Figura 8. Equipo de trabajo en la reunión

3) Segundo prototipo – Construir el sistema

Con la información de la reunión del 9 de febrero del 2018 se incorporaron los requerimientos que se solicitaron. Se desarrollo un prototipo que se utilizó para realizar pruebas únicamente con el equipo de investigación.

El primer prototipo fue realizado con un Arduino Leonardo pero el Arduino Nano es de un costo menor y el rendimiento cumple las necesidades del sistema. Dado que el objetivo es que sea un producto de costo bajo se utilizó el Arduino Nano para los siguientes prototipos y para la versión final.

Como se requirió tener un indicador de ritmo se acordó que se representarían únicamente los ritmos más comunes que son $2/4$, $3/4$ y $4/4$. Estos van a ser representados por cuatro leds que estarán ubicados en forma de rombo tratando de imitar los movimientos que se utilizan para marcar dichos ritmos.

Se utilizan placas perforadas para soldar los leds para el ritmo como para el indicador de la intensidad de sonido.

Esto se ubicó en una caja para realizar pruebas con el prototipo.

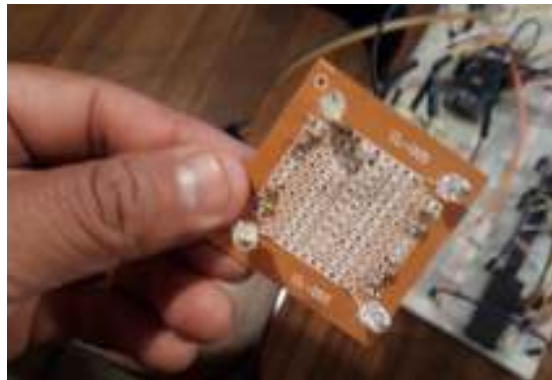


Figura 9. Desarrollo del segundo prototipo.



Figura 10. Desarrollo del segundo prototipo.



Figura 11. Desarrollo del segundo prototipo.

4) Pruebas por los desarrolladores

Se realizaron pruebas del prototipo que se había creado con la caja, se centraron las pruebas en los usuarios que son niños y en el rendimiento que este tendría. Por lo que se concluyó:

- La parte externa debe ser hecha de un material resistente para que pueda aguantar la curiosidad de los niños.
- El cable del micrófono debe tener un tamaño de aproximadamente 20 centímetros para que pueda utilizarse de manera adecuada.
- El micrófono debe de estar sostenido por un alambre que permita establecer la posición en la que se necesita el sensor.
- Debe de indicarse la numeración para el indicador de ritmo para facilitar su comprensión.

5) Tercer Prototipo – Construir el sistema

Después de realizar pruebas con el segundo prototipo se desarrolló un prototipo que se enfocó en los requerimientos que plantearon los usuarios del Benemérito Comité Pro Ciegos y Sordos de Guatemala y se refinó el diseño con las conclusiones que se tuvieron de la prueba del prototipo anterior. Las mejoras que se implementaron son:

1. Se diseñó de manera que este fuera resistente y que lo pudieran usar niños sin destruirlo.
2. Se hizo una pirámide con leds, en la que mientras más fuerte hablarán los niños más focos se encenderían para que fuera fácil interpretar la fuerza del sonido por los niños con sordera.
3. Se incorporó un control para la velocidad en la parte del ritmo. Se definieron 10 velocidades.
4. Se incorporó un control para el tipo de ritmo que se le enseñaría al niño con problemas de sordera. Para lo cual se utilizaron los ritmos más comunes: 2/4, 3/4 y 4/4.
5. Se buscó hacer un diseño de las figuras agradables.



Figura 12. Desarrollo del dispositivo final.



Figura 13. Desarrollo del dispositivo final.



Figura 14. Desarrollo del dispositivo final.



Figura 15. Desarrollo del dispositivo final.



Figura 16. Desarrollo del dispositivo final.



Figura 17. Desarrollo del dispositivo final.



Figura 18. Desarrollo del dispositivo final.



Figura 19. Desarrollo del dispositivo final.



Figura 20. Dispositivo final.

C. Presentación del dispositivo– Introducción del sistema

El 9 de marzo del 2018 el prototipo se llevó al comité para que este fuera usado por las terapistas y pudieran observar la funcionalidad con las personas con discapacidad auditiva. En esa reunión se probó el dispositivo. Los resultados en cuanto al interés de los niños y su funcionalidad fueron satisfactorios.



Figura 21. Introducción del dispositivo.



Figura 22. Introducción del dispositivo.



Figura 23. Introducción del dispositivo.



Figura 24. Introducción del dispositivo.



Figura 25. Terapeuta de lenguaje y equipo de desarrollo.

D. Materiales

Los materiales que se utilizaron para el desarrollo del dispositivo son:

- Arduino Nano ATmega 328
- Sensor de sonido KY-038
- Leds
- Resistencias
- Cables
- Placas perforadas.
- Equipo para soldadura.
- Cable USB
- Alambre de amarre
- Impresión
- Recipiente de plástico
- Papelería y otros materiales.

El costo de realizar el dispositivo se detalla a continuación

TABLA I		Costo de producción			
Dispositivo	Costo Unidad (Q.)	Cantidad	Total (Q.)	Total (US \$)	
Arduino Nano ATmega 328	90	1	Q 90.00	\$ 12.00	
Sensor de sonido KY-038	30	1	Q 30.00	\$ 4.00	
Leds	2	33	Q 66.00	\$ 8.80	
Resistencias	0.5	33	Q 16.50	\$ 2.20	

Cables	30	1	Q	30.00	\$	4.00
Placas perforadas.	7	2	Q	14.00	\$	1.87
Equipo para soldadura.	20	1	Q	20.00	\$	2.67
Cable USB	30	1	Q	30.00	\$	4.00
Alambre de amarre	10	1	Q	10.00	\$	1.33
Impresión	10	1	Q	10.00	\$	1.33
Recipiente de plástico	20	1	Q	20.00	\$	2.67
Papelería y otros materiales	30	1	Q	30.00	\$	4.00
				Q 366.50	\$	48.87

Fuente: elaboración propia con datos de precios de mercado en Quetzaltenango.

El costo en materiales para poder realizar el dispositivo es de \$ 48.87.

VIII. RESULTADOS

En los estudios preliminares no se pudieron cuantificar los resultados, dado que el aprendizaje de la lengua es un proceso que toma períodos largos de tiempo.

Sin embargo, se cuenta con comentarios de maestras del Benemérito Comité Pro Ciegos y Sordos de Guatemala sede Quetzaltenango:

- Maestra de señas y sorda profunda Sandra Alvarado el día 9 de marzo del 2018 expreso “Es importante que los niños desde pequeños es importante que reciban terapia de lenguaje, pero les duele porque no lo utilizan, y junto a la lengua de señas es importante que ellos puedan practicar, y gracias a ustedes por el apoyo por estar investigando junto a terapia de lenguaje, y ayudar a los niños a desarrollar la voz, que emoción ver esto y que emoción ver a los niños utilizándolo y muchas gracias por el esfuerzo”.
- La terapeuta del habla y licenciada en psicología Mayra Mejía el día 15 de marzo de 2018 expreso “He utilizado el dispositivo y para los niños sordos es importante que sepan que tienen voz, cuando ven las luces ellos interpretan que están emitiendo un sonido. Para los niños sordos es un miedo hablar porque no saben si están gritando o hablando muy bajo. El dispositivo los ayudo a poder modular la voz. Además, las luces del ritmo sirven para que ellos practiquen siguiendo las luces mientras hablan. El aprendizaje de la lengua lleva mucho trabajo, pero el prototipo está ayudando”.

IX. CONCLUSIONES

Las conclusiones de la investigación son:

- Hay varios métodos para el desarrollo de la lengua oral y muchos de estos no necesitan un dispositivo electrónico para cumplir sus objetivos. Sin embargo, el dispositivo propuesto ayuda a que la enseñanza de la lengua oral sea más fácil.
- El comité tiene un dispositivo que lo utilizan para enseñarles a los niños a articular bien, el inconveniente es el costo elevado y no hay suficientes recursos para atender a todos los niños con discapacidad auditiva. En la sede de Quetzaltenango solo atienden a 7 niños con este dispositivo.
- El dispositivo que se desarrolló está siendo utilizado por las maestras del Benemérito Comité Pro Ciegos y Sordos de Guatemala sede Quetzaltenango y les ha resultado sencillo en su uso, pero funcional.
- El dispositivo es económica mente accesible para las necesidades del comité porque con un dispositivo desarrollado se pueden atender a muchos niños.

X. RECOMENDACIONES

Una vez concluido el proyecto, se considera interesante investigar sobre otros aspectos relacionados con la discapacidad auditiva y cómo apoyar el desarrollo de la lengua oral y se propone:

- Trabajar en el mejoramiento del dispositivo para facilitar el uso y la percepción visual de éste.
- Extender los estudios expuestos en esta investigación al Entrenamiento Musical. La Educación Musical involucra lo sensorial, lo intelectual, lo social, lo emocional, lo afectivo y lo estético, desencadenando mecanismos que permiten desarrollar distintas y complejas capacidades con una proyección educativa que influye directamente en la formación integral del alumnado, ya que favorece el desarrollo de la atención, estimula la percepción, la inteligencia y la memoria a corto y largo plazo, motiva la imaginación y la creatividad.
- Analizar con mayor detenimiento los resultados posteriores a las primeras pruebas para comprobar la eficiencia del dispositivo.

XI. AGRADECIMIENTOS

La realización de este dispositivo e investigación fue posible, en primer lugar, a la cooperación brindada por el Ingeniero Oliver Ernesto Sierra Pac, Coordinador de la carrera de Ingeniería en Ciencias y Sistemas del Centro Universitario de Occidente, Universidad de San Carlos de Guatemala, quien procuró por la participación de la facultad y de los estudiantes para llevar a cabo el dispositivo y la investigación. De igual modo se agradece a los estudiantes colaboradores por su disposición y confianza, que sin ellos no se hubiera podido recoger los datos necesarios para la creación de este dispositivo.

Se agradece al Comité Prociegos y Sordos de Guatemala sede Quetzaltenango, particularmente a la Licda. Mayra Ortíz Mejía por su ayuda constante, en especial por su orientación metodológica y por su continuo estímulo durante todo el proceso hasta al final de este.

Agradecimientos especiales al Doctor Sebastian Charchalac que se ofreció a revisar la investigación y dar sus críticas respecto a la mejora de este.

Cabe también agradecer al Director General de la División de Ciencias de la Ingeniería del Centro Universitario de Occidente, Universidad de San Carlos de Guatemala, el Ingeniero Víctor Carol Hernández por su gentileza y cooperación al servir de lectores y por su apoyo en esta investigación.

Se agradece a todas aquellas personas que en forma directa o indirecta contribuyeron a que este trabajo de investigación pudiera llevarse a cabo.

XII. FUENTES DE INFORMACIÓN:

1. Arduino.cc. (12 de Marzo de 2018). <https://store.arduino.cc/arduino-nano>. Obtenido de Arduino.cc: <https://store.arduino.cc>
2. Arduino.cc. (12 de Marzo de 2018). <https://www.arduino.cc/en/Main/Software#>. Obtenido de Arduino: <https://www.arduino.cc>
3. Arduino.cl. (12 de Marzo de 2018). <http://arduino.cl/que-es-arduino/>. Obtenido de Arduino.cl: <http://arduino.cl>
4. Castro, P. (5 de Noviembre de 2003). Revista Psicología Científica. Obtenido de Revista Psicología Científica: <http://www.psicologiacientifica.com/LENGUAJE-DE-SENAS-APRENDIZAJE/>
5. Kendall, K., & Kendall, J. (2011). Análisis y Diseño de Sistemas (8 ed.). México: Prentice Hall.
6. Morlet, T. (Mayo de 2012). Kids Health. Obtenido de Kids Health: <https://kidshealth.org/es/kids/hearing-impairment-esp.html>
7. Patagoniatec. (12 de Marzo de 2018). <http://saber.patagoniatec.com/arduino-nano-328-arduino-atmega-clon-compatible-arduino-argentina-ptec/>. Obtenido de <http://saber.patagoniatec.com>

8. Tbem. (14 de 03 de 2018). Tbem. Obtenido de <http://teslabem.com>
9. T-Bem. (12 de Marzo de 2018). teslabem.com/modulo-sensor-de-sonido-ar-sound.html. Obtenido de <http://teslabem.com>
10. Universitat de Valencia. (08 de 10 de 2013). Las TICs en Logopedia: Audición y Lenguaje. Obtenido de Las TICs en Logopedia: Audición y Lenguaje: <https://www.uv.es/bellochc/logopedia/NRTLogo5.wiki?3>
11. Castro, P. (5 de Noviembre de 2003). *Revista Psicología Científica*. Obtenido de Revista Psicología Científica: <http://www.psicologiacentifica.com/LENGUAJE-DE-SENAS-APRENDIZAJE/>
12. Morlet, T. (Mayo de 2012). *Kids Health*. Obtenido de Kids Health: <https://kidshealth.org/es/kids/hearing-impairment-esp.html>
13. Bruner, J. (1990). *El habla del niño*. Barcelona: Paidós.
14. Calderon, R. (2000). Parental involvement in deaf children's programs as a predictor of child's language, early reading, and social-emotional development. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 5, 140-155.
15. Ciocci, S.R. & Baran, J.A. (1998). The use of conversational repair strategies for children who are deaf. *American Annals of the Deaf*, 143, 235-245.
16. Drasgow, E. (1998). American sign language as a pathway to linguistic competence. *Exceptional Children*, 64, 329-342.
17. Harris, M. (2001). It's all matter of timing: sign visibility and sign reference in deaf and hearing mothers of 18-month-old children. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 6, 177-185.
18. Hickok, G., Bellugi, U. & Klima, E. (2001, Junio). *Sign language in the brain*. Scientific American.
19. Jackson, A. (2001). Language facility and theory of mind development in deaf children. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 6, 161-176.
20. Jeanes, R., Nienhuys, T. & Rickards, F. (2000). The pragmatic skills of profoundly deaf children. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 5, 237-247.
21. Kelman, C. (2001). Egocentric language in deaf children. *American Annals of The Deaf*, 146, 276-286.
22. Koester, L.S., Brooks, L., & Traici, M.A. (2000). Tactile contact by deaf and hearing mothers during face-to-face interactions with their infants. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 5, 127-139.
23. Lederberg, A. & Everhart, V. (2000). Conversations between deaf children and their hearing mothers: pragmatic and dialogic characteristics. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 5, 303-321.
24. Lederberg, A. & Spencer, P.E. (2001). Vocabulary development of deaf and hard-of-hearing children. En: M.D. Clark, M. Marschark & M. Karchmer. (Eds.). *Context, cognition and deafness*. Washington, D.C.: Gallaudet University.
25. Marschark, M. (2001). *Language development in children who are deaf: A research synthesis [Versión electrónica]*. Project FORUM. National association of state director of special education.
26. Marschark, M. (en prensa). Foundations of communication and emergence of language in deaf children. En G. Morgan & B. Woll (Eds.) *Current developments in child signed language research*. Amsterdam: John Benjamins.
27. Marschark, M., Green, V., Hindmarsh, G. & Walker, S. (2000). Understanding theory of mind in children who are deaf. *J. Child Psychol. Psychiat.*, 41, 1067- 1073.
28. Marschark, M. & Lukomski, J. (2001). Understanding language and learning in deaf children. En M.D. Clark, M. Marschark & M. Karchmer. (Eds.) *Context, cognition and deafness*. Washington, D.C.: Gallaudet University.
29. Myers, D. (2000). La sensación. En: Myers, D. *Psicología*. España: Editorial Médica Panamericana.
30. Pressman, L.J., Pipp-Siegel, S., Yoshinaga-Itano, C. & Deas, A. (1999). Maternal sensitivity predicts language gained in preschool children who are deaf and hard hearing. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 4, 294-304.
31. Serry, T. & Blamey, P. (1999). A 4-year investigation into phonetic inventory development in young cochlear implant users. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 42, 141-154.
32. Singleton, J.L., Supalla, S., Litchfield, S. & Schley, S. (1998). From sign to word: Considering modality constraints in ASL/English bilingual education. *Topics in Language Disorders*, 18, 16-29.

XIII. BIOGRAFÍAS



Carlos Eduardo Rodas Sánchez nació en Guatemala en el departamento de Quetzaltenango, el 17 de agosto de 1998. En el año 2015 se graduó de Bachiller en Ciencias y Letras con orientación en computación en el Instituto de Estudios Avanzados de Occidente(I.E.A.) sede Cuesta Blanca.

Actualmente cursa el quinto semestre de la carrera de Ingeniería en Ciencias y Sistemas en el Centro Universitario de Occidente de la Universidad de San Carlos de Guatemala.



Crystian Rafael Lopez Santay nació en el departamento de Guatemala, el 26 de noviembre de 1995. Se graduó del Instituto de Estudios Avanzados de Occidente en su sede Cuesta Blanca.

Actualmente cursa el quinto semestre de la carrera de Ingeniería en Ciencias y Sistemas en el Centro Universitario de Occidente de la Universidad de San Carlos de Guatemala.



Daniel Alberto Gonzalez Gonzalez, nació el 28 de septiembre de 1998 en el municipio de San Pedro Sacatepequez del departamento de San Marcos Guatemala. Se graduó del nivel diversificado en el año 2015 de un bachillerato en ciencias y letras con orientación en computación.

Es un atleta destacado en el deporte de voleibol llegando a representar al departamento de San Marcos y al país de Guatemala a nivel Centro Americano obteniendo reconocimientos a lo largo de su carrera.

Actualmente cuenta con una edad de 19 años, es estudiante de la carrera de ingeniería en ciencias y sistemas de la universidad San Carlos de Guatemala del departamento de Quetzaltenango y cursa el quinto semestre.



Edvin Teodoro González Rafael Nacido en el Municipio de San Juan Ixcoy, Departamento de Huehuetenango de Guatemala, el 26 de abril de 1997, Actualmente estudiante de la Universidad San Carlos de Guatemala en Quetzaltenango, en la carrera de Ingeniería en ciencias y sistemas, cursando el quinto semestre de la carrera.

González tiene participo en el congreso Compdes del año 2017, realizado en Guatemala, también posee reconocimientos en el ámbito tecnológico en las instituciones en donde se formó académicamente. Posee conocimientos sobre música, y ha participado en varias actividades relacionadas con la música, llegando a ganar reconocimientos.



Oliver Ernesto Sierra Pac nació en la ciudad de Quetzaltenango, Guatemala, el 20 de agosto de 1987. Se graduó de Ingeniero en Ciencias y Sistemas de la Universidad de San Carlos de Guatemala en el año 2014.

Su experiencia laboral se ha desarrollado en la Universidad de San Carlos de Guatemala como encargado de laboratorio de computación para la Biblioteca Central, posteriormente como Programador en Computación III en el Plan de Prestaciones de dicha universidad. Actualmente es catedrático y coordinador en la carrera de Ingeniería en Ciencias y Sistemas del Centro Universitario de Occidente de la Universidad de San Carlos.

Ingeniero en Ciencias y Sistemas Sierra es parte del Colegio de Ingenieros de Guatemala.