

# Teclado Virtual para Apoyar la Comunicación de Niños con Discapacidad Motriz

## Virtual Keyboard to Support the Communication of Children with Motor Disability

Artículo recibido: 22 de julio de 2016  
Artículo aceptado: 5 de diciembre de 2016

---

**Ligia JÁCOME AMORES**

---

Facultad de Ingeniería en Sistemas  
Universidad Tecnológica Indoamérica  
Av. Manuelita Sáenz y Agramonte,  
Ambato, Ecuador  
ligiajacome@uti.edu.ec

---

**Janio JADAN GUERRERO**

---

Programa de Doctorado en Computación e In-  
formática  
Universidad de Costa Rica,  
San José, Costa Rica  
janioguerrero@uti.edu.ec

---

**Gustavo CHANGO SAILEMA**

---

Facultad de Ingeniería en Sistemas  
Universidad Tecnológica Indoamérica  
Av. Manuelita Sáenz y Agramonte  
Ambato, Ecuador  
gustavochango@uti.edu.ec

## RESUMEN

*Este artículo presenta una propuesta tecnológica, para ayudar a niños con discapacidad motriz. Se trata de un teclado virtual (TEVI), cuya interfaz gráfica, fue diseñada apoyándose en elementos visuales y auditivos, mostrando como herramientas un teclado virtual en pantalla y un panel de pictogramas para las acciones a realizar. El sistema incorpora además las funcionalidades de texto predictivo y procesamiento de lenguaje natural, con el fin de agilizar la comunicación en niños que no pueden articular palabras debido a su discapacidad. La metodología utilizada para diseñar el primer prototipo se basa en una encuesta realizada a diez maestros de educación especial. El prototipo fue construido bajo una tecnología de código abierto y con una base de datos liviana. TEVI fue evaluado empíricamente con 75 niños de diferentes edades en dos escuelas de educación especial. Finalmente, se realizó un análisis cualitativo que permitió recoger eventos y comentarios de los maestros, los cuales manifestaron que las herramientas de ésta solución tecnológica, mejoraron notablemente la comunicación en los niños, siendo el panel de pictogramas el que agilitó más la comunicación e interacción frente al teclado virtual del sistema.*

## PALABRAS CLAVE

*Teclado virtual, discapacidades motoras, comunicación aumentada y alternativa.*

## ABSTRACT

*This article presents a proposal technology to help children with motor disabilities. This is a virtual keyboard (TEVI), whose graphical interface was designed relying on visual and listened elements, it shows tools as a virtual keyboard on screen and a panel of pictograms for actions to be taken. The system also incorporates moreover features predictive text and natural language processing, with the end to faster the communication in the children who cannot articulate words because their disability. The methodology used to design the first prototype is based on a survey of ten special education teachers. The prototype was built under a technology of open source and with a data base light. TEVI was evaluated empirically with 75 children of different age in two special education schools. Finally, a qualitative analysis allowed to collect events and commentaries from teachers which signed that the tools of this technological solution, significantly improved the communication in the children, with the panel of pictograms which did faster the communication and interaction in front of virtual keyboard of the system.*

## KEYWORDS

*Virtual Keyboard, motor disabilities, augmented and alternative communication.*

## Introducción

Las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TICs) cada día son más importantes en la vida de las personas. A través de un computador, tableta o teléfono inteligente cualquier persona puede acceder y procesar información con diferentes propósitos de su vida cotidiana. Sin embargo, este escenario a veces no es tan sencillo para personas con alguna condición de discapacidad, tal es el caso de la discapacidad física o "diversidad funcional motriz", que Brogna la define como la disminución o ausencia de las funciones motoras o físicas, que disminuyen el desenvolvimiento normal de una persona [1].

Ecuador, un país en vías de desarrollo, se ha convertido en un referente a nivel de Latinoamérica en políticas de inclusión social, ha sacado del anonimato a las personas con discapacidad, proporcionándoles ayuda para mejorar su calidad de vida, dotándoles de trabajo digno, acceso a servicios básicos, vivienda, etc.

Sin embargo en el área de inclusión educativa todavía existen barreras muy grandes.

Tales barreras pueden obedecer a factores tales como: la falta de accesibilidad tecnológica de los hogares, especialmente en sectores rurales y urbanos marginales, centros de educación sin infraestructura ni recursos para mejorar la comunicación y alfabetización en la educación especial, maestros no capacitados para trabajar con alumnos con capacidades diferentes al mismo tiempo, escaso recursos didácticos y tecnológicos, entre otros [2].

Este artículo se enfoca a la discapacidad física que es la más frecuente en el país con cerca del 50% en relación al resto de discapacidades [3]. Un niño con discapacidad motriz es aquel que presenta un déficit en motricidad física producida por alteraciones de los Sistemas Nervioso Periférico(SNP), del Sistema Nervioso Central(SNC) por enfermedades de los músculos o articulaciones, que afectan en sus actividades cotidianas; y que pueden ser causados por factores innatos o adquiridos [4].

En los Centros de Educación Especial (CEE), generalmente los niños con discapacidad motora conforman una población con problemas muy heterogéneos, que van desde espina bífida, polio-mielitis, miopatía y parálisis cerebral presentando monoplejía, hemiplejía, paraplejía y tetraplejía [4].

Al hablar de discapacidad motriz en un niño, es importante indicar que no existe mayor problema cuando se trata de una discapacidad motora por paraplejía, o hemiplejía; ya que el niño podría usar el teclado o el ratón de un computador sin mayor complejidad, no así en un niño con discapacidad física por tetraplejía; ya que necesita de herramientas e interfaces más complejas e incluso automáticas, para poder operar un computador. Estas interfaces incluyen comandos de voz o pulsadores de tamaño y ergonomía adaptados

El avance tecnológico del hardware y software, cada vez ofrece novedosos medios de interacción a las personas con discapacidad motriz. Los Sistemas Aumentativos y Alternativos de Comunicación (SAAC), les ayudan a realizar sus tareas cotidianas, supliendo su déficit motriz o de comunicación [6] [16].

Estas herramientas tecnológicas de ayuda incluyen, por un lado a sistemas de comunicación que potencian el lenguaje oral (aumentativos). Estos Sistemas Aumentativos de Comunicación pueden apoyarse en objetos, cuadernos, fotografías/imágenes, mímica natural, signos manuales con valor lingüístico o sin valor lingüístico, etc. [7]. Por otro lado, sistemas que favorecen la comunicación sin habla (alternativos). Estos Sistemas Alternativos de Comunicación hacen uso de elementos tales como: tarjetas, pictogramas, lenguaje de signos (LSE), soportes, ayudas técnicas, entre otros [6]. Muchos de los SAAC aplican complejos sistemas de sensores y electrodos [8] [9], que se encargan de interpretar señales electromiográficas (EMG), mediante la detección de los movimientos de algunos músculos faciales o bucales [9], para controlar el puntero del ratón. El número de músculos disponibles varían entre los individuos con deficiencias motoras, lo que lleva a una gran cantidad de estrategias sobre el uso de estos sistemas [10].

Otros sistemas de ayuda para personas con motricidad limitada son los que funcionan interpretando

señales electrooculografías (EOG), estos sistemas controlan el puntero del ratón por la dirección del movimiento del ojo; usan algoritmos y técnicas de detección voluntaria de características de cara Haar-like [11], color de piel [12] y emparejamiento basado en eyetracking para detección de parpadeo [13].

Muchas investigaciones utilizan sistemas y herramientas basadas en detección de señales electroencefalografías (EEG), que controlan el puntero mediante análisis de actividad cerebral usando una Interfaz Computador Cerebro (BCI) [14] [11]. La señal EEG actúa como un interruptor ON/OFF, estos sistemas proporcionan a la persona con poca o ninguna movilidad, un nuevo canal de comunicación no muscular [15]; que ayuda al individuo a controlar el ratón en la pantalla.

Los sistemas BCI procesan señales EEG espontáneas evocadas por estímulos acotadas en el tiempo, bajo distintas condiciones con el fin de controlar dispositivos externos [16]; éstos son sistemas de comunicación alternativa que permiten a los usuarios el envío de mensajes a su contexto sin realizar ningún movimiento muscular [17].

Existen también sistemas híbridos, que combinan tanto EEG y EMG para proporcionar herramientas de mayor alcance y utilidad para controlar el apuntador del ratón [15]. Sistemas diseñados para usuarios con múltiples tipos de discapacidad [18] [15], muchos de ellos utilizan elementos ápticos que ayudan en la comunicación; emitiendo un mensaje de voz a través de sistemas Text-To-Speech, que consiste en procesar una cadena de texto, a una pista de audio que suene tal y como una persona lo diría, intentando que sea de la forma más natural posible [19].

Muchas de estas herramientas resultan útiles para estudiantes con discapacidad comunicativa por medio de tableros, basados en iconos, imágenes o caracteres convencionales; que ayudan para que el estudiante pueda interactuar con su entorno y fortalecer sus aprendizajes en el aula [20]. El inconveniente de los teclados virtuales convencionales, es que en su mayoría no traen mecanismos de ayuda para personas con discapacidad ya que están diseñadas para usar las dos manos, y por consecuencia pierden su eficacia; cuando

se teclea con solo el puntero del ratón [21] [22] [34]. Además, con el apareamiento de los teléfonos inteligentes se han desarrollado novedosos algoritmos de predicción de texto y reconocimiento de voz o movimiento de los ojos para mejorar la eficiencia de los teclados virtuales [22] [33]. Sin embargo estas funcionalidades no están disponibles para los teclados virtuales que traen los sistemas operativos en los computadores convencionales.

Tecnologías y herramientas como DIGALO, HANEN, PLAPHOONS, PEAPO, Sc@UT, ABLAH, VIVOCA, OPTI II; sin lugar a duda contribuyen de manera positiva en aspectos de comunicación, rehabilitación y aprendizajes [7], [25], [26], [27], [28], [29] [24], [35]. Sin embargo, en el Ecuador poco se conoce de la aplicación específica en el ámbito educativo especial, con niños que tienen problemas de comunicación debido a su discapacidad motriz.

## Metodología

La metodología utilizada para diseñar el primer prototipo se basó en tres fases: En la primera fase se realizó una investigación preliminar, en la segunda fase se desarrolló la herramienta tecnológica y finalmente en la tercera fase se llevó a cabo una evaluación empírica en un escenario real.

En la investigación preliminar, se conformó un equipo de investigación con profesionales y estudiantes en el área de computación; así como especialistas y docentes de los Centros de Educación Especial "Ambato" y "Maximiliano Spiller" ubicados en las Provincias del Tungurahua y Napo respectivamente. Se realizaron entrevistas con los directores y especialistas de éstos centros y como resultado se pudo constatar que la discapacidad más frecuente era la motriz por parálisis cerebral y manifestada como paraplejía y tetraplejía.

El equipo de investigación, junto con los directores de los centros y maestros, fueron los encargados de seleccionar a 75 niños en los dos CEE; el 80% de los niños participantes tenían una condición de discapacidad motriz y problemas de comunicación por parálisis cerebral. El 4% tenían únicamente discapacidad motriz, y el 16% únicamente dificultades de lenguaje.

A pesar de estos porcentajes, la evaluación se llevó a cabo con el mismo procedimiento para los 75 niños participantes.

Por otro lado, el equipo de investigación fue el encargado del diseño de una encuesta que fue aplicada a 10 maestros de educación especial de las dos Instituciones participantes. Esta encuesta consta de 15 preguntas, y se llevó a cabo con el fin de conocer la metodología aplicada en el aula y los requerimientos del software a desarrollar. En la segunda fase, se desarrolló el teclado virtual (TEVI), utilizando la metodología de programación extrema o eXtreme Programming (XP) propuesta por Kent Beck [19].

La flexibilidad de ésta metodología, permite adaptar el sistema, fácilmente a las necesidades de los niños con el tipo de discapacidad.

El diseño de TEVI (Figura 1), consta de tres módulos:

El módulo de entrada, el de procesamiento, y el de salida. El módulo de entrada está compuesto de un teclado virtual, un panel de pictogramas y una cámara web. Las entradas son los clics realizados por el mouse o por el movimiento de la cabeza del usuario capturada por una cámara web en casos de discapacidad física severos.

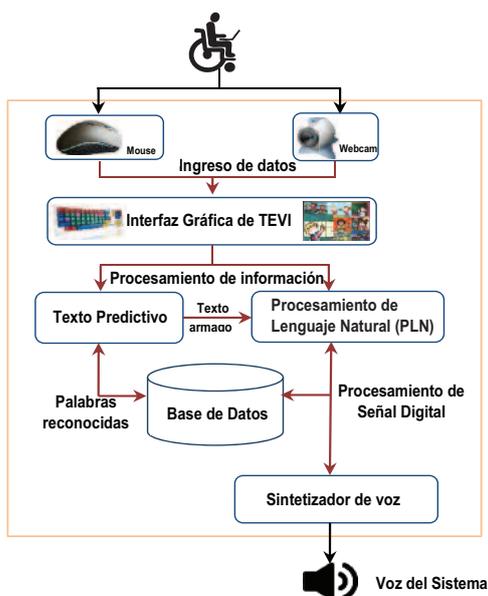


Figura 1. Diagrama de diseño de TEVI (Teclado Virtual)

El módulo de procesamiento de datos está compuesto por el Gestor de Datos y la Base de Datos (SQLite) que es embebido y muy liviano, es el encargado del almacenamiento y recuperación directamente en archivos de disco ordinarios, lo que permite la portabilidad entre sistemas de 32 y 64 bits y multiplataforma [23].

El módulo de salida está compuesto por el componente de Procesamiento de Lenguaje Natural, el componente de Generación de Lenguaje Natural y el sintetizador de voz.

El diseño de la interfaz gráfica del sistema que provee un sistema alternativo de comunicación, fue realizado para que el niño pueda usar el panel de pictogramas o el teclado virtual según su capacidad o necesidad de comunicación. La maestra puede aplicar el Panel de Pictogramas en las primeras etapas escolares del niño, cuando éste todavía no puede leer; y cuando el niño empiece a desarrollar la destreza de lectoescritura podrá la maestra introducir el teclado virtual. Las dos herramientas, cuentan con las opciones de insertar, eliminar y actualizar las palabras, frases o pictogramas en la base de datos del sistema.

La interfaz del panel de pictogramas (Figura 2), muestra emocards simples y fáciles de interpretar [20], es decir imágenes o pictogramas familiares al niño. Cada uno de ellos describe palabras o frases acerca del estado de ánimo, deseo o una acción a realizar, que son de utilidad para una comunicación más ágil; por ejemplo: "tengo hambre", "quiero bañarme", "deseo descansar", etc. El teclado virtual es similar a un teclado físico convencional QWERTY (Figura 3).

Lo que le diferencia es que se muestra en pantalla y puede ser controlado por el mismo teclado físico del computador, por el apuntador del ratón o por la cámara web.

El teclado virtual de TEVI incorpora la funcionalidad de predicción de texto. Esta característica del sistema ayuda al niño que ya puede leer, a agilizar el ingreso y búsqueda de palabras o frases. El objetivo es ayudar a los niños que presentan dificultades en su comunicación a interactuar más rápidamente con su entorno.

Generalmente los teclados virtuales de los sistemas operativos del computador no proveen esta

funcionalidad, y esto es lo que le hace a TEVI diferente.

El texto predictivo de la interfaz de usuario, anticipa la palabra o frase minimizando la cantidad de teclas que hay que presionar para formarlas. La predicción se da cuando el niño empieza a ingresar las primeras letras de lo que quiere expresar.

El algoritmo de texto predictivo (Figura 4), hace una minería de palabras o frases posibles en la base de datos, de acuerdo a la combinación de teclas presionadas, y las muestra en la interfaz gráfica de usuario, como una lista de opciones más probables; de las cuales el niño puede elegir de acuerdo a lo que desea comunicar. Pero, si lo que desea comunicar, no aparece en la interfaz gráfica, por ser una frase o palabra nueva, el niño tiene la opción de grabar en la bases de datos para su uso posterior.



Figura 2. Panel de pictogramas de TEVI



Figura 3. Teclado Virtual de TEVI

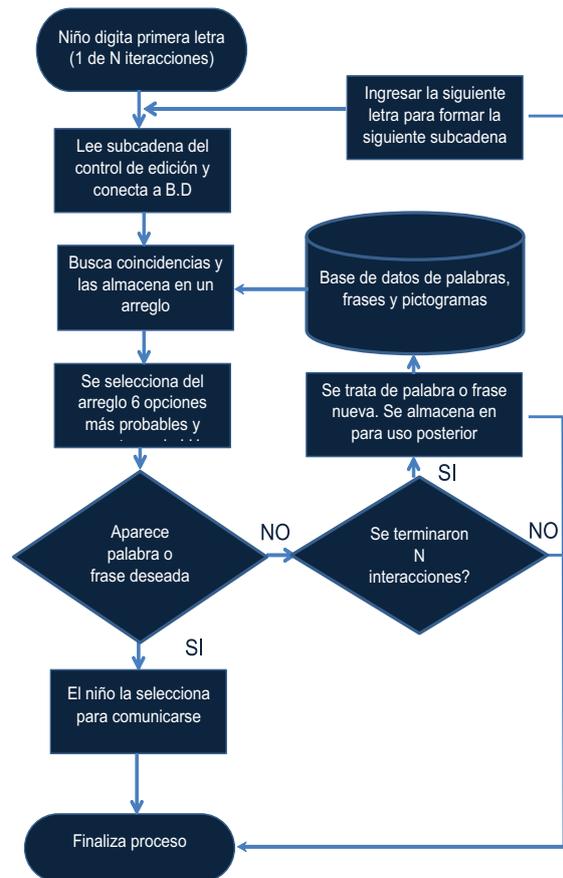
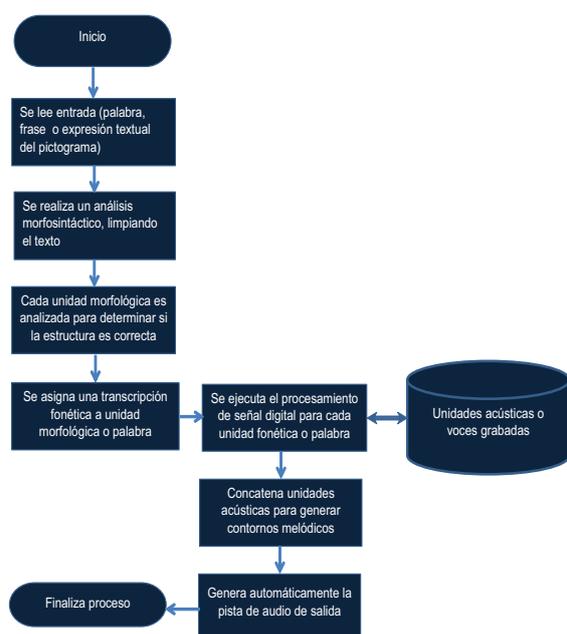


Figura 4. Algoritmo del texto predictivo de TEVI

Esto resulta de gran utilidad, ya que la maestra puede ir “entrenando” al teclado virtual cada vez que el niño lo utilice, de tal forma que éste pueda “recordar” palabras o frases utilizadas frecuentemente, haciendo que la comunicación del niño sea más rápida y eficaz.

El procesamiento de lenguaje natural fue aplicado, tanto para el teclado virtual como para el panel de pictogramas; para esto se utilizó un algoritmo de TTS (Text-To-Speech) (Figura 5) [21].

El cual recibe una cadena de texto y lo procesa junto con algunas variables adicionales como el idioma y la fonética correspondiente. El resultado es una pista de audio que suena tal y como una persona lo diría, intentando reproducir de la forma más natural posible [35].



**Figura 5.** Algoritmo del procesamiento de lenguaje natural de TEVI.

Para evaluar el primer prototipo de TEVI, se hicieron prueba con los integrantes del equipo de investigación, especialistas, maestros y una persona adulta con discapacidad motriz. Esta evaluación estaba compuesta de dos partes. En la primera parte, el participante con dificultad motriz, usó el teclado convencional para ingresar palabras y frases dadas; se registró el tiempo que tardó en cada caso mediante el cronómetro que provee el software. En la segunda parte el mismo participante usó el panel de pictogramas de TEVI para expresar las mismas entradas (palabras y frases) pero señalando el pictograma correspondiente y también se registró el tiempo.

Posteriormente se contrastaron los tiempos y se pudo observar que el participante pudo comunicar sus ideas más rápidamente con el panel de pictogramas de TEVI que con el teclado virtual.

Este pilotaje inicial fue realizado para verificar que TEVI trabaja correctamente, sirvió además para mejorar la interfaz gráfica de usuario, según las observaciones de los especialistas y maestros que colaboraron con esta prueba preliminar. Sin embargo, estos resultados preliminares no son concluyentes, por lo que se planteó realizar una

evaluación empírica, en un contexto real y con una muestra representativa de 75 niños de diferentes edades, niveles académicos y grados de discapacidad de dos CEE en las dos provincias del Ecuador anteriormente citadas.

La evaluación en un contexto real se desarrolló con niños que fueron seleccionados de la siguiente manera: 30 niños de la Escuela Especial Ambato y 45 niños de la Escuela Especial Maximiliano Spiller. Es importante recalcar, que los dos Centros de Educación Especial que participaron en este estudio; son las únicas Instituciones en las provincias de Tungurahua y Napo que cuentan con niños que padecen éste tipo de discapacidad, en toda la zona 3 del Ecuador. Para todos los participantes, se elaboró un documento para solicitar el consentimiento de los padres de familia; con la autorización de los Directores de los CEE. En conjunto con los maestros se recabaron los documentos con la autorización de los padres de familia.

Se utilizó como instrumento de evaluación, las dos herramientas de TEVI, el teclado virtual y el panel de pictogramas. Para esto se instaló el sistema en 35 computadores de escritorio de los CEE y en 3 portátiles proporcionadas por el equipo de investigación.

Es importante mencionar que para los casos de discapacidad física severos se utilizaron las portátiles y para el resto de casos se utilizaron las de escritorio.

Se capacitó a las maestras en su utilización y se realizaron actividades de acercamiento con los niños, para que conozcan de antemano el funcionamiento de TEVI. Además, se realizó un monitoreo para constatar la correcta utilización de la tecnología y del sistema en el aula.

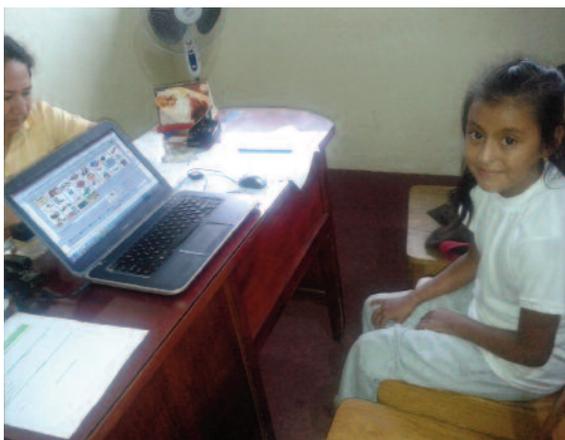
En la (Figura 6), se muestra a una niña con problemas de comunicación, usando el Panel de Pictogramas TEVI, en una computadora portátil.

Una vez que los niños conocían el funcionamiento del sistema, se llevó a cabo una tarea que permita evaluar indistintamente el efecto del uso de las herramientas (teclado virtual – panel de pictogramas) de TEVI; ésta tarea consistió en que

cada niño, ingrese la palabra y/o frase que su maestra le indicara usando el teclado virtual, o seleccionando el pictograma en el panel. La selección del pictograma hacía referencia a la misma palabra o frase que en la actividad realizada con el teclado virtual.

Los observadores del equipo de investigación registraban los eventos y observaciones durante la evaluación. Es importante mencionar que el orden en que el niño utilizaba las herramientas de TEVI no siempre era la misma.

A simple vista, el equipo de investigación pudo evidenciar que, aunque las dos herramientas del sistema agilitaban la comunicación de los participantes y mejoraban la interacción en el aula; con el panel de pictogramas de TEVI, el niño tardaba menos tiempo en transmitir sus ideas que con el teclado virtual.



**Figura 6.** Niña con discapacidad motriz usando el panel de pictogramas de TEVI

## Resultados

En la investigación preliminar, como resultado de las entrevistas y encuestas aplicadas a directores y maestras se pudo conocer los siguientes datos importantes:

En los CEE, existía escaso recurso tecnológico, con el que los niños pueden interactuar en los laboratorios, y en pocas horas a la semana. Los recursos y materiales didácticos no eran suficientes para ayudar a la labor de las maestras en el aula

y la producción de éstos, les resultaba complejo. Las maestras tenían a su cargo a niños con diferentes tipos de discapacidad, lo que dificulta un acompañamiento personalizado. Les hacía falta capacitación en cómo adaptar la tecnológica al programa curricular y a las necesidades individuales de cada niño.

Finalmente las maestras indicaron que el padre de familia tampoco sabe cómo introducir tecnología de ayuda para su hijo en el hogar.

Por otro lado, se realizaron entrevistas estructuradas a especialistas. Ellos manifiestan que los niños con discapacidad motriz a causa de la parálisis cerebral, piensan, sienten, y razonan como cualquier otro niño con capacidades regulares, solo que les cuesta más expresarse o desenvolverse. Indicaron que este tipo de discapacidad, muchas veces trae consigo problemas de lenguaje en los niños ya que les cuesta articular palabras; ellos necesitan de herramientas tecnológicas que les ayuden a comunicarse e interactuar con su entorno familiar, social y educativo.

El equipo de investigación pudo evidenciar que existen muchas herramientas de asistencia en la comunicación y los aprendizajes para personas con discapacidades. Sin embargo TEVI es una solución tecnológica que incorpora elementos que la mayoría de las herramientas analizadas carecen.

El sistema trae dos herramientas que pueden ser insertadas con los niños de manera progresiva de acuerdo a las necesidades y requerimientos evolutivos de éstos.

Esta herramienta por su flexibilidad, permite empezar con un número reducido de pictogramas, a los que se puede ir incrementando otros, de acuerdo a la necesidad particular del niño o a la estrategia comunicativa de las maestras, terapeutas o padres de familia. Esto gracias a que la base de datos de TEVI puede almacenar cualquier número de pictogramas.

Por otro lado, cada pictograma puede ser almacenado junto con un audio que pronuncia su significado de forma como una persona lo diría, sonido que también puede ser grabado con una

voz familiar al niño. Esto con la finalidad de fortalecer en el niño la verbalización de palabras.

Estás son ventajas que otras herramientas similares no cuentan, pues de todas las herramientas analizadas por el equipo de investigación, muchas de ellas trabajan con un número limitado de pictogramas; lo cual hace que éstas al poco tiempo, lleguen a ser insuficientes o poco útiles; otras herramientas no acompañan a los pictogramas audios que ayuden a la interacción o comunicación del niño. Son herramientas rígidas, que no pueden ser personalizadas de acuerdo a las necesidades individuales del niño pues carecen de opciones para alimentar y actualizar el repositorio de objetos.

Por otro lado, para niños que se están iniciando en la destreza de lectoescritura, la maestra podrá usar el teclado virtual del sistema. Esta herramienta, al igual que el panel de pictogramas, cada palabra o frase que el niño vaya armando podrá ser almacenada en la base de datos para cuando el niño quiera volver a usarla.

La característica de predicción del texto que incorpora ésta herramienta, le ayuda al niño a comunicarse más rápidamente; evitando presionar todas las teclas.

Por otro lado, cada palabra o frase almacenada también es acompañada por el correspondiente audio que las reproduce; ayudando a los niños a comunicarse y a fortalecer la destreza de lectoescritura.

Según las observaciones realizadas por los investigadores, el trabajar con niños que presentan una discapacidad motriz severa, inicialmente resultó muy complicado, por lo que fue necesario incorporar la webcam, facilitando de este modo su interacción y comunicación.

Luego de la evaluación de TEVI en el escenario real, en las entrevistas no estructuradas realizadas con las maestras de los dos CEE, el 100% de ellas concuerdan que el sistema puede ser muy útil para facilitar la comunicación, e incluso podría ser útil para desarrollar las habilidades de lenguaje, ya que promueve la verbalización de palabras por los audios asociados a cada pictograma

seleccionado, o a cada palabra o frase armada. Además ellos manifestaron que, este sistema es muy sencillo de manejar y que se podría utilizar con niños y adultos con algún otro tipo de discapacidad o con niños sin discapacidad de la etapa escolar inicial.

Las maestras mencionaron que la característica de cambiar los pictogramas facilita la adaptación del software a las necesidades particulares de cada niño, e incluso podría ser utilizado por padres de familia en el hogar.

Ellas manifestaron que los niños mostraban interés y ponían atención a las indicaciones que ellas les daban, pues mostraban curiosidad y motivación por utilizar las herramientas de TEVI. Les llamaba también la atención, el hecho de que cada pictograma tenga un sonido que reproducía su significado.

Además se pudo observar que la interacción y los mensajes de sus pequeños logros al armar las palabras, frases y la selección del pictograma correcto; los alentaban, esto se notaba en su expresión de alegría y el estado de concentración que ponían los pequeños en cada actividad.

Las observaciones realizadas por el equipo de investigación, permitieron descubrir que los niños con problemas de movilidad leves, pudieron usar el mouse para señalar las teclas o pictogramas. Siendo la interacción con los pictogramas más fluida que con el teclado virtual. Sin embargo, a los niños con problemas de motricidad severos les resultaban difícil y hasta imposible manejar el mouse; en estos casos fue necesario trabajar con la webcam para que el niño pueda seleccionar las teclas o pictogramas con simples movimientos de la cabeza; esto facilitó la comunicación e interacción.

La predicción de textos, la flexibilidad, el procesamiento de lenguaje natural y la parametrización de TEVI también constituyen ventajas frente a herramientas similares. Esta característica facilita que los maestros, especialistas y padres de familia puedan crear estrategias de comunicación personalizadas. Este tipo de estrategias pueden fortalecer también el desarrollo de otro tipo de habilidades tales como, atención, concentración, memoria y motivación.

## Discusión

Inicialmente, las entrevistas y encuestas realizadas dieron indicios de la importancia de aplicar la tecnología para comunicación de los niños con capacidades especiales diferentes. Expertos en el ámbito de la educación especial manifestaron que TEVI como herramienta tecnológica de ayuda, permitirá apoyar la inclusión educativa de niños con discapacidad motriz, pero también servirá para dar soporte la labor del maestro en el aula y la interacción de los niños con su familia y el contexto.

La herramienta tecnológica TEVI fue diseñada con una interfaz amigable y accesible, apoyada en elementos visuales y auditivos para fortalecer la estimulación sensorial perceptiva. Se tomó en cuenta la portabilidad, y por eso se estructuró la información con un gestor de base de datos liviano. Para el procesamiento de la información se implementaron algoritmos de texto predictivo y procesamiento de lenguaje natural.

La evaluación de TEVI en un contexto real, permitió identificar la utilidad en aspectos de comunicación. Sin embargo, no se puede concluir que mejoró significativamente el desarrollo de aprendizajes en el aula. Para poder determinar una contribución en éstas áreas se requiere una investigación longitudinal, que queda abierta para un trabajo futuro.

Esta experiencia ha permitido identificar otras necesidades latentes en el área de aprendizajes, para fortalecer la inclusión tecnológica en niños y niñas con algún otro tipo de discapacidad. Tal es el caso de la discapacidad intelectual, ya que en los centros de educación especial donde se realizó esta investigación, existen muchos niños y niñas con Síndrome de Down que requieren de herramientas que fortalezcan el desarrollo de sus destrezas cognitivas, por lo que se pretende ampliar el software con actividades de aprendizaje y retroalimentación que fortalezcan el desarrollo de sus destrezas cognitivas.

## Agradecimientos

Un reconocimiento a la Universidad Tecnológica Indoamerica por el apoyo financiero otorgado. Un

agradecimiento especial a los Centros de Educación Especial "Ambato" y "Maximiliano Spiller", por la apertura y participación en el desarrollo de esta investigación.

## Referencias

- [1] Brogna, P., "Visiones y revisiones de la discapacidad", Fondo de la Cultura Económica, México, p.34, 2009.
- [2] Richmond, M., et al., "El desafío de la alfabetización en el mundo", UNESCO, 2008.
- [3] CONADIS, "Estudio de discapacidades", Quito, Ecuador, 2009.
- [4] Fontiveros, M., (febrero de 2010). Niños con discapacidad motora dentro del terreno educativo. Cuáles son sus características dentro del área del lenguaje, sus necesidades educativas especiales y la identificación de las mismas. CSIF(45).
- [5] Prabhu, V., and G. Prasad, "Designing a virtual keyboard with multi-modal access for people with disabilities", IEEE Xplore, 2009, Information and Communication Technologies (WICT), 2011 World Congress on, Mumbai, 2011, pp. 1133-1138. <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6141407&isnumber=6141189>
- [6] Quintinela, M., et al., Augmentative and alternative Communication: Vox4all; presentation. In: Information Systems and Technologies (CISTI), 2013 8th Iberian Conference on. [S.l.: s.n.], 2013. p. 1-6.
- [7] Robles Bello, M., Sánchez Teruel, D., 2014. Evaluación e intervención en atención infantil temprana: hallazgos recientes y casos prácticos. España: Universidad de Jaén.
- [8] Barreto, A., et al., "A practical EMG-based human-computer interface for users with motor disabilities", Journal of Rehabilitation Research and Development, Vol. 37, pp: 53-64, 2000.
- [9] Bradski, G., et al., "Learning-based computer vision with intel's open source computer vision library", Intel Technol. J. 9(2), 119-130, 2005.

- [10] Pinheiro, C., et al., "Alternative communication systems for people with severe motor disabilities": a survey. Publicado en Pinheiro et al. *BioMedical Engineering OnLine*, 10:31. Disponible en <http://www.biomedical-engineering-online.com/content/10/1/31>, 2011.
- [11] Kumaran, RS., et al., "Myoelectric signals for multimodal speech recognition", *Proc Interspeech'25 -Eurospeech*; September 4-8, Lisbon, Portugal, pp. 1189-1192, 2005.
- [12] Królak, A., and Strumillo, P., "Eye-blink controlled human-computer interface for the disabled", *Advances Intell Soft Comput.* 60, pp. 133-144, 2009.
- [13] Królak, A., and Strumillo, P., "Eye-blink detection system for human-computer interaction", *Univers. Access Inf. Soc.*, 2011, Vol.10.
- [14] Wolpaw, J.R., et al., "Brain computer interfaces for communication and control", *Clin Neurophysiol*, vol. 113, pp. 767-791, 2002.
- [15] Naves, E., et al., Alternative communication system for people with severe motor disabilities using myoelectric signal control. In: *Biosignals and Bio robotics Conference (BRC)*, 2012 ISSNIP. [S.l.: s.n.], 2012. p. 1-4.
- [16] Vidal, J.J., "Tooward direct Brian-computer communication", Vol. 2, pp.157-80, 1973.
- [17] Klever, B., and Birbaumer, N., "Direct Brain communication: neuroelectric and metabolic approaches at Tübingen. *Cognitiving processing*", vol. 6, no.1, pp. 65-74, 2005.
- [18] Junker, A., et al., "Hands-free computer access for severely disabled. *Yellow Springs Brain Actuated Technologies Inc*", 2001.
- [19] Beck, K., *Extreme Programming Explained: Embracing Change*, Second Edition, Addison Wesley, 2004.
- [20] PMA. Desmet, et al., "Development and application of a pictorial mood-reporting instrument", In: J. Brassett, P. Hekkert, G. Ludden, M. Malpass, & J.McDonnell (Eds.), *Proceedings of the 8th International Design and Emotion Conference*, Central Saint Martin College of Art & Design, London (UK), pp.11-14 September 2012.
- [21] Asterisk Text-To-Speech (TTS) y Automatic Speech Recognition (ASR). Accedido el 19 de junio, 2014, desde [http://www.wikiasterisk.com/index.php?title=TTS\\_y\\_ASR](http://www.wikiasterisk.com/index.php?title=TTS_y_ASR).
- [22] Hawley, M., et al. A voice-input voice-output communication aid for people with severe speech impairment. *IEEE transactions on neural systems and rehabilitation engineering: a publication of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, v. 21, n. 1, p. 23-31, jan, 2013. ISSN 1558-0210. <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22875259>>
- [23] SQLite Copyright. SQLite. Accedido el 23 de junio2014, desde <https://system.data.sqlite.org/index.html/doc/trunk/www/index.wiki>
- [24] Estévez, R., "Análisis estadístico, demográfico y epidemiológico de las discapacidades el Ecuador", *Universidad Técnica Particular de Loja. Loja-Ecuador*, 2013.
- [25] Leoni de Leó J, 2011. "DIGALO: Herramienta de apoyo básico para estudiantes de L2\*\*". En: *Revista Káñina, Rev. Artes y letras. Univ. Costa Rica*.
- [26] Maggio, M. 2004. "II Jornada sobre TEL. Asociación Valenciana de Padres de Niños con TEL (AVATEL)". *Valencia-España*.
- [27] Pérez de la Maza, L., 2002. *Programa de Estructuración Ambiental Por Ordenador para personas con Trastornos del Espectro autista: PEAPO*. Madrid España: Centro PAUTA.
- [28] Espejo Cárdenas, S., et al. 2009. *Estudio sobre el uso del sistema de comunicación aumentativo y aumentativo y alternative SC@UT*. España: Editorial de la Universidad de Granada.
- [29] Fatim, M., et al. TICTAC: Information and communication technologies for augmentative communication boards. *IEEE EDUCON 2010 Conference*, p.1783-1787, 2010.<http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=5492419>>

[30] González, G., et al., "Evaluación de técnicas para la introducción de texto en Entornos Virtuales Inmersivos ", In VIII Congreso de Interacción Persona-Ordenador, Interacción, España, Vol. 5, pp. 313-321, 2013.

[31] Sarcar, S., et al., "Virtual Keyboard Design: State of the Arts and Research Issues", Proceedings of the IEEE Students' Technology Symposium, 2010.

[32] Vella, F., et al., "Design and Evaluation of Multi-function Scanning System: A Case Study", 2014, En 14th International Conference, ICCHP 2014, Paris, France, July 9-11, 2014, Proceedings, Part II.

[33] Perrinet, J., et al., "Adaptación de una aplicación de e-Learning a t-Learning", V Congreso Iberoamericano de Telemática, España, pp. 38-44, CITA, 2009.

[34] Zhai, S., et al., "The Metropolis Keyboard – An Exploration of Quantitative Techniques for Virtual Keyboard Design", in Proc. of the 13th annual ACM symposium on User interface software and technology, 2000.