

# Aprendizaje del sistema de lectura y escritura Braille basado en las TIC

## *Learning the Braille reading and writing system based on ICTs*

Javier Sarango<sup>1,\*</sup>, Wilman Chamba<sup>1</sup> y Mariana Espinoza<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Carrera de Ingeniería en Sistemas/Computación - Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador; [jasarangoe@unl.edu.ec](mailto:jasarangoe@unl.edu.ec),  
[wpchamba@unl.edu.ec](mailto:wpchamba@unl.edu.ec), [mariana.espinoza@unl.edu.ec](mailto:mariana.espinoza@unl.edu.ec)

\* Autor para correspondencia: [jasarangoe@unl.edu.ec](mailto:jasarangoe@unl.edu.ec)

Fecha de recepción del manuscrito: 26/03/2022    Fecha de aceptación del manuscrito: 07/06/2022    Fecha de publicación: 30/06/2022

**Resumen**—La presente investigación consistió en el desarrollo de una aplicación móvil denominada “escribir con puntos”, para la enseñanza del Sistema de Lectura y Escritura Braille a personas con o sin discapacidad visual. Se partió examinando el estado del arte sobre la enseñanza basada en TIC del sistema Braille, se diseñó y construyó la aplicación junto a una persona con este tipo de discapacidad; para la evaluación de la aplicación se recogió recomendaciones de una experta en el campo de la psicorehabilitación. La investigación es de carácter científica, exploratoria y descriptiva, ya que hace uso del método analítico, científico, estudio de casos, entrevistas y recursos académicos como la guía didáctica para la lectoescritura Braille. Finalmente se demostró que “escribir con puntos” ayudará en la enseñanza del sistema Braille apoyando al proceso de enseñanza aprendizaje a los docentes, basado en los resultados obtenidos en la evaluación de la aplicación, siguiendo los lineamientos pedagógicos dados por la experta en psicorehabilitación.

**Palabras clave**—Braille, Aplicación, Enseñanza, Bliseo, Discapacidad visual

**Abstract**—The present research consisted in the development of a mobile application called “escribir con puntos”, for teaching Braille reading to people with or without visual impairment. We started by examining the state of the art on teaching based on ICTs of the Braille system, The application was designed and built together with a person with this type of disability and the evaluation of the application was based on the recommendations of an expert in psychorehabilitation and especial education. The research is of a scientific, exploratory and descriptive nature since it makes use of the analytical and scientific method, case studies, interviews and academic resources such as the didactic guide for Braille reading and writing. Finally, We were demonstrated that “escribir con puntos” will help in the teaching of the Braille system supporting the teaching-learning process to teachers, I was based on the results obtained in the evaluation of the application, following the pedagogical guidelines given by the expert in psychorehabilitation.

**Keywords**—Braille, Application, Teaching, Bliseo, Visual impairment.

## INTRODUCCIÓN

El alumno con discapacidad visual en general tiene más dificultades en el aprendizaje que los niños videntes, en donde, si sus necesidades no son satisfechas oportunamente con ayuda adecuada, el niño sufrirá un inevitable retraso escolar (Ferreira *et al.*, 2009). La mayoría de dificultades que presentan el alumnado con discapacidad visual es el acceso a la información escrita, saber leer es algo completamente imprescindible, no solamente para asistir a la escuela sino, también, para acceder a la información cultural que disponemos los seres humanos (Ochaita y Espinosa, 2011). El Braille se presenta como un método alternativo de lectura y escritura para las personas con discapacidad visual, en el caso del alumnado no existe posibilidad de elección, sino, que de manera inexorable el sistema Braille constituye el código por el cual se producirá la lectura y la escritura (Vallés, 2005). Sin embargo, un gran problema es la dimensión del tiempo

de aprendizaje del sistema Braille (Ahumada, 2017)(Duarte, 2014).

Las TIC en la educación de personas con discapacidad visual ha realizado grandes avances dentro de la conformación de herramientas de lectura, aumento de imagen, automatización de dictado, comunicación Braille por hardware, así como reconocedores de texto OCR y figuras físicas por medio de fotografías, sirviendo como nexo de interactividad entre los medios de enseñanza y la persona que sufre de esta discapacidad (Cevallos *et al.*, 2018). Para la enseñanza del sistema de lectura y escritura Braille, podemos denotar el uso de impresoras Braille para la elaboración de textos en este sistema, sin embargo uno de los principales problemas para la adquisición de este tipo de hardware, son los costos tan elevados que mantienen estos dispositivos en el mercado, lo que imposibilita a gran parte de las personas con discapacidad visual el acceso a este tipo de recursos (Aispuro *et al.*, 2014).

Se busca que las personas con discapacidad visual accedan a una educación que desarrolle sus potencialidades y habilidades para su integración y participación en igualdad de condiciones, parte de esta educación conlleva al aprendizaje del sistema de escritura y lectura Braille el cual por su complejidad trae consigo un proceso lento y dificultoso, es por ello que los esfuerzos se deben centrar en crear herramientas tecnológicas que minoren costos, tiempo y sobre todo sean intuitivos para el proceso de enseñanza aprendizaje de este sistema.

La revisión de la literatura en relación al tema propuesto permitió analizar las TIC aplicadas a la enseñanza del sistema de lectura y escritura Braille, así como su impacto o beneficio en la integración a la educación de las personas con discapacidad visual, denotando que el avance tecnológico ha hecho más fácil el acceso a este tipo de herramientas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación es de carácter exploratoria y descriptiva, hace uso de recursos científicos como el método analítico el cual permitió analizar y conocer el objeto de estudio, partiendo desde la generalidad de la enseñanza del sistema Braille hasta la implementación de las TIC en este proceso, el método científico fue utilizado para dar respuesta a la pregunta de investigación y conocer si el uso de una interfaz basada en software permitirá a personas con discapacidad visual acceder con facilidad a contenido (información) para el aprendizaje del sistema Braille, el estudio de casos permitió realizar un análisis exploratorio de trabajos relacionados apoyándose de una revisión sistemática de literatura y por último las entrevistas aplicadas a posibles usuarios de la aplicación; recursos académicos como la guía didáctica para la lectoescritura Braille (Martínez y Polo, 2004); recursos técnicos como la metodología de desarrollo XP con Scrum como marco de trabajo referencial utilizado para el desarrollo ágil de productos en industrias no sólo de software, debido a que el proceso de desarrollo de software para personas con discapacidad debe adaptarse a las necesidades del usuario y muchas veces cambiar por completo funcionalidades implementadas para mejorar la experiencia de usuario; y recursos éticos como el consentimiento informado para la aplicación de encuestas y políticas de privacidad para el uso de la aplicación móvil.

Los participantes de la investigación fueron el usuario con discapacidad visual miembro de la Fundación Tifológica Ecuatoriana Punto 7 y experta en la enseñanza del sistema Braille Lic. Sandra Janeth Carrera Rodríguez; la experta en Psicorehabilitación y Educación Especial Lic, Ana Cristina Arciniega Carrión docente de la Universidad Nacional de Loja; estudiantes de la carrera de Psicorrehabilitación y Educación Especial y estudiantes de la carrera de Educación Básica de la Universidad Nacional de Loja en calidad de sujetos de experimentación, el investigador, y el docente tutor.

## RESULTADOS

Los resultados obtenidos dentro de las 3 fases planteadas para el presente trabajo, los manuales, documentación y código elaborado en la presente investigación pueden ser en-

contrados en el repositorio de bitbucket <sup>1</sup>

### ***Examinar el estado del arte sobre la enseñanza basada en TIC del sistema de lectura y escritura Braille***

En esta primera fase se examinó el estado del arte sobre la enseñanza basada en TIC del sistema de lectura y escritura Braille, el cual para su correcto desarrollo se basó en una Revisión Sistemática de Literatura (RSL), siguiendo el enfoque presentado por Juan D. Velasquez (2015a, 2015b, 2015c).

Se planteó directrices (métricas y lineamientos) mismas que se muestran como preguntas de investigación validadas siguiendo la metodología PICO (Costa *et al.*, 2007), las cuales fueron contestadas al culminar todo el proceso que conlleva una RSL; la pregunta de investigación “¿Qué herramientas de TIC son aplicadas para la enseñanza del sistema de lectura-escritura Braille?” brinda un conocimiento amplio sobre las tecnologías actuales que se usan para la enseñanza del sistema Braille permitiendo conocer las tendencias, costos, funcionalidad y limitaciones que tienen; la segunda pregunta “¿Qué beneficio tiene las TIC aplicadas para la enseñanza del sistema de lectura-escritura Braille?” permitió conocer sobre el impacto psicológico, emocional, físico y social que genera el uso de TIC a la hora del aprendizaje del sistema Braille.

Así mismo, bajo los lineamientos establecidos se generaron palabras claves como: TIC, personas no videntes, blind people, Braille, enseñanza, teaching, aprendizaje, learning, discapacidad visual, visually impaired, innovación, innovation, software; con las cuales se elaboró cadenas de búsqueda adaptadas a la base de datos científicas usadas en este proceso, por último, se consideró la literatura gris de Google Scholar.

Al aplicar los criterios de inclusión y exclusión (métricas y lineamientos), trabajo realizado en el 2019, se obtuvo un total de 13 trabajos relacionados que respondieron las preguntas de investigación. En donde se observa que, en gran medida las TIC utilizadas para el aprendizaje, del sistema de lectura y escritura Braille, basan su arquitectura en hardware, el mismo que incurre en inversiones elevadas para las personas con discapacidad visual; por otro lado, se aprecia cierto auge del software en este ámbito específico, el mismo que permite a personas con discapacidad visual y sin ningún tipo de discapacidad aprender Braille de manera autónoma, cabe destacar que el software para personas con discapacidad visual se enfoca únicamente en la escritura, más no en la lectura del mismo. Es por ello que se observa la necesidad del desarrollo de un software que apoye al aprendizaje del Braille, específicamente a la lectura del mismo.

### ***Diseñar una interfaz basada en software que permita a personas videntes o no videntes aprender Braille***

Para el diseño de una interfaz basada en software que permita a personas videntes o no videntes aprender Braille, se desarrollaron una serie de actividades las cuales se tomaron de las fases principales de la metodología de desarrollo Xp con Scrum detalladas en Pedersen (2006), Sotolongo (2012), Núñez y Arteaga (2015).

<sup>1</sup><https://bitbucket.org/jase156/braille/src/master/>

## Roles

1. **Dueño del producto – Product Owner:** Lic. Sandra Janeth Carrera Rodríguez
2. **Scrum Master:** Ing. Wilman Patricio Chamba Zaragocín
3. **Equipo de desarrollo:** Javier Alexander Sarango Espinoza

## Alcance del producto

La aplicación móvil denominada “Escribir con puntos” tiene como objetivo facilitar el aprendizaje de la lectura del Sistema de Lectoescritura Braille específicamente el aprendizaje del signo generador, la primera, segunda y tercera serie del sistema Braille, basándose en la metodología de enseñanza denominada Bliseo.

## Especificación de Requerimientos

Para realizar la especificación de requerimientos se mantuvo conversaciones con la Lic. Sandra Janeth Carrera Rodríguez experta en la enseñanza del Sistema de Lectura y Escritura Braille y actual directora del Centro Tiflocultural Alfredo Mora Reyes, siguiendo el estándar IEEE 830 Std (2008); dando como resultado la Tabla 1, donde se detallan los requerimientos funcionales.

## Historias de Usuario

Las historias de usuario son una técnica utilizada en XP para detallar y especificar los requisitos del software, son tarjetas, usualmente de papel, en las que el cliente describe brevemente las características que el sistema debe poseer, sean requisitos funcionales o no funcionales. Cada historia de usuario es lo suficientemente comprensible y delimitada para que los programadores puedan implementarla en el menor tiempo posible. Se crearon un total de 29 historias de usuario junto con la Lic. Sandra Janeth Carrera Rodríguez, las cuales se apegan a los requerimientos funcionales de la aplicación.

## Pila del Producto

En la pila de producto se colocó cada una de las historias de usuario dándoles una estimación de esfuerzo y priorización para ser tomado en los Sprints.

## Pila de Sprint

En la pila del sprint se divide cada historia de usuario en tareas y se coloca en cada sprint para poder ser ejecutado tomando en cuenta la priorización de la pila del producto.

## Burn Down Chart

La figura 1 es una representación gráfica del trabajo realizado en el desarrollo de la aplicación, el cual demuestra el desfase de tiempo real frente al esperado, debido a la dificultad de adaptar el software a las necesidades de las personas con discapacidad visual.

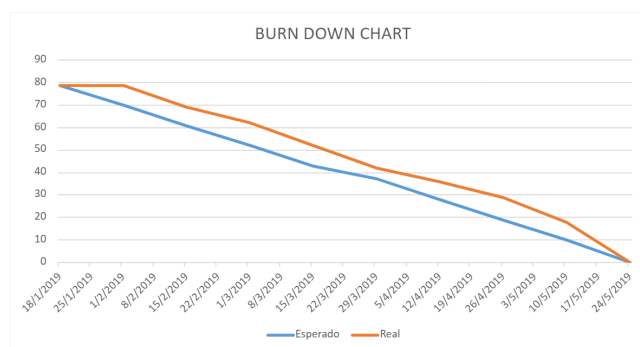


Fig. 1: Burn Down Chart

## Reuniones

Las reuniones con la dueña del producto para presentar los avances se las realizó cada 15 días desde el 18/01/2019, día en el cual se presentó el proyecto, hasta el 24/05/2019 donde se mostró el producto final y se entregó el proyecto.

## Metáfora

Debido a que la interfaz es una aplicación de fácil entendimiento tanto para el desarrollador como para el cliente, no se requirió del empleo de una metáfora.

## Tarjetas CRC

Las tarjetas CRC (Clase – Responsabilidad – Colaboración) son parte de la metodología XP para el diseño de software que brinda una funcionalidad directa al negocio. Se crearon 18 Tarjetas CRC a partir de las historias de usuario, cabe señalar que las tarjetas no fueron creadas todas al inicio de cada Sprint, ya que se les fue agregando responsabilidades, o colaboradores acordes a las necesidades del cliente.

## Estructura del Software

En el presente apartado se detalla la fase de desarrollo de la aplicación “Escribir con puntos” la cual fue desarrollada con la plataforma de desarrollo Unity 3D versión 2018.3.2.f1 y el lenguaje de programación C# en la versión 6, el desarrollo fue cargado en la herramienta de versionamiento Bitbucket para llevar un control de cada versión desarrollada. Para el desarrollo de la aplicación se mantuvo la estructura dada por Unity, la cual se presenta a continuación:

- **Assets:** En esta carpeta se encontrarán todos los recursos (Imágenes, sonidos, scripts, etc) que serán usados para el desarrollo de la aplicación.
- **Audios:** En audios encontraremos todos los recursos de sonido que son usados específicamente para cada nivel de la aplicación.
- **Imágenes:** Esta carpeta contiene todos los elementos gráficos usados en la aplicación, así como los eventos de movimiento que tendrán algunos de estos elementos gráficos.
- **Plugins:** Esta carpeta fue creada para albergar el plugin nativo para Android desarrollado con la finalidad de que la aplicación tenga la funcionalidad de hablar.

**Tabla 1:** Requerimientos funcionales

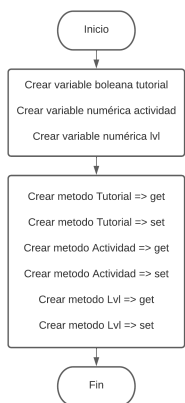
Código	Nombre	Descripción	Prioridad
RF001	Entrenar percepción espacial	La aplicación móvil debe permitir entrenar al usuario la percepción y reconocimiento del espacio (arriba, abajo, izquierda, derecha).	Alta
RF002	Entrenar signo generador	La aplicación móvil debe permitir entrenar al usuario sobre conocimientos básicos del signo generador.	Alta
RF003	Recordar conocimientos del signo generador	La aplicación móvil debe permitir al usuario recordar los conocimientos básicos del signo generador.	Media
RF004	Entrenar primera serie	La aplicación móvil debe permitir entrenar al usuario sobre conocimientos básicos de la primera serie del sistema Braille.	Alta
RF005	Recordar conocimientos del signo generador	La aplicación móvil debe permitir al usuario recordar los conocimientos básicos de la primera serie del sistema Braille.	Media
RF006	Entrenar segunda serie	La aplicación móvil debe permitir entrenar al usuario sobre conocimientos básicos de la segunda serie del sistema Braille	Alta
RF007	Recordar conocimientos segunda serie	La aplicación móvil debe permitir al usuario recordar los conocimientos básicos de la Segunda Serie del Sistema Braille.	Media
RF008	Entrenar tercera serie	La aplicación móvil debe permitir entrenar al usuario sus conocimientos básicos de la tercera serie del sistema Braille	Alta
RF009	Recordar conocimientos tercera serie	La aplicación móvil debe permitir al usuario recordar los conocimientos básicos de la tercera serie del sistema Braille	Media
RF010	Recordar conocimientos	La aplicación móvil debe permitir al usuario recordar los conocimientos básicos de las 3 series del sistema Braille	Media

- **Scenes:** En esta carpeta se guardan las escenas generadas para las 14 vistas de la aplicación.
- **Scripts:** Aquí guardamos los Scripts generados en C# necesarios para la interacción entre componentes de las escenas.
- **Packages:** Se guardan los paquetes nativos de Unity como son el de Interfaz Gráfica.

tomar en cuenta ni la forma en la que esa información va a ser mostrada ni los mecanismos que hacen que esos datos estén dentro del modelo Pantoja (2004). La Figura 2 muestra el algoritmo usado por la clase "Global" que representa a un Modelo utilizado por "Escribir con Puntos".

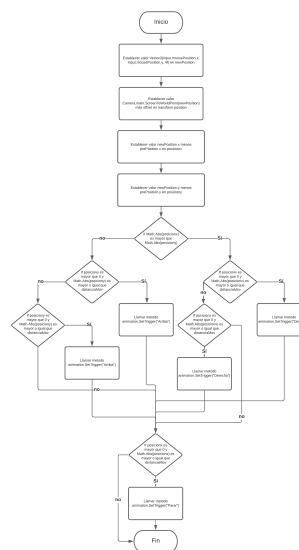
*Arquitectura de Software*

Para el desarrollo de "Escribir con puntos" se hizo uso del Patrón de Desarrollo Modelo Vista Controlador (MVC), el cual es el más popular para la construcción de aplicaciones que manejan interfaces de usuarios, centrándose en la separación de los datos o modelo, y la vista, mientras el controlador se encarga de relacionar a estos dos Espinosa *et al.* (2012).



**Fig. 2:** Clase Global - Modelo

El **modelo** es un conjunto de clases que representan la información del mundo real que el sistema debe procesar, sin



**Fig. 3:** Clase BallMove - Vista

La **vista** es la clase que se encarga de mostrar al usuario la información contenida en el modelo. Una vista está asociada a un modelo, pudiendo existir varias vistas asociadas al mismo modelo Espinosa *et al.* (2012). La Figura 3 muestra el algoritmo usado por la clase "BallMove" que representa a una Vista utilizado por "Escribir con Puntos".

El **controlador** es una clase que se encarga de dirigir el flujo de la aplicación a partir de interacciones externas, estas interacciones se encargan de modificar el modelo o de abrir y cerrar vistas Espinosa *et al.* (2012) a través del controlador.

La Figura 4 muestra el algoritmo usado por la clase "Touch" que representa a una Vista utilizada por "Escribir con Puntos".

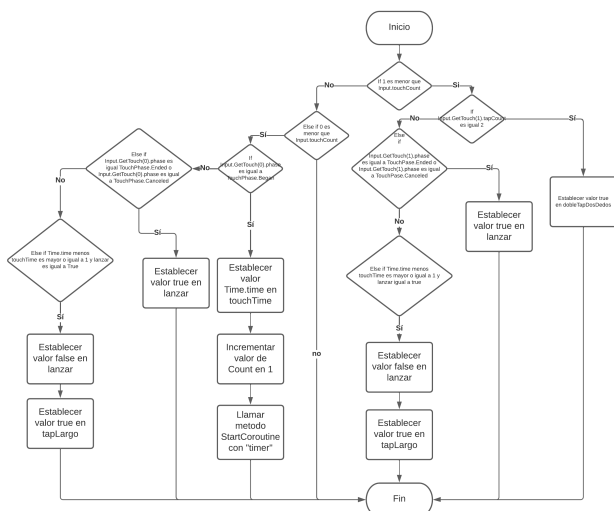


Fig. 4: Clase Touch – Controlador

### Artefactos de software

Dentro del proceso de desarrollo de software, se elaboraron varios artefactos de software de gran relevancia para el producto final y para el presente trabajo. Dichos artefactos pueden ser consultados en el repositorio de Bitbucket<sup>2</sup>. Uno de los artefactos más relevantes es el controlador **Swipe** que permite el manejo de la aplicación mediante gestos; buscando así facilitar el uso a personas con discapacidad visual. El controlador Swipe se divide en tres algoritmos principales:

- **Entrada por pantalla**, es algoritmo encargado de identificar todo contacto con pantalla que tenga el usuario, identificando con cuantos dedos a presionado la pantalla, la posición de cada uno de ellos, si existe algún movimiento de los dedos y activar el algoritmo de cálculo de distancia.
- Luego de identificar la acción de entrada por pantalla por parte del usuario y si dicha acción involucra un movimiento sobre la pantalla el algoritmo **Calcular distancia** obtiene el valor de la distancia recorrida por el o los dedos del usuario luego de un Frame. Dicha distancia es calculada de la resta entre la posición final (x,y) y posición inicial (x,y) dentro de la pantalla.
- El algoritmo **Zona Muerta** utiliza la información recopilada por el algoritmo Calcular distancia para identificar hacia donde se realizó el movimiento del usuario.

### Software

La figura 5 representa el software que se obtuvo luego de realizar el proceso de desarrollo, dando como resultado una aplicación adaptada a las necesidades de las personas con discapacidad visual, esta aplicación se maneja mediante gestos y tiene retroalimentación audible.

<sup>2</sup><https://bitbucket.org/jase156/braille/src/master/>

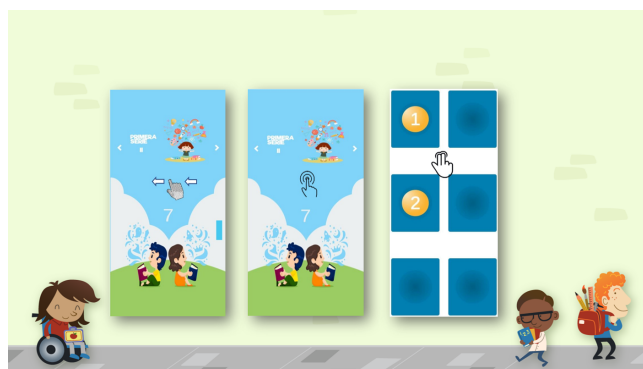


Fig. 5: Vistas de la aplicación

La aplicación Escribir con Puntos se encuentra alojada en el repositorio de control de versiones Bitbucket:

- **Repositorio:** <https://acortar.link/uqitII>
- **Aplocación móvil:** <https://acortar.link/RmiVbw>

### Evaluar la interfaz en ambientes de prueba reales o simulados para comprobar su efectividad en la enseñanza

Finalmente, para evaluar la interfaz en ambientes de pruebas reales o simulados, se tomó en consideración la última actividad de la metodología XP con Scrum, orientada a las pruebas y calidad de la aplicación, para esto se usó el trabajo de Silva Yamila Rosario (2012) en donde se detallan el conjunto de pruebas que se debe realizar a una aplicación móvil para el aseguramiento de calidad, de las cuales se ejecutaron pruebas Funcionales, de Aceptación y Adaptación.

### Pruebas funcionales

Estas pruebas fueron realizadas para asegurar que las funciones de la aplicación cumplan con las especificaciones comerciales y los requerimientos que darán solución a la necesidad del cliente. Para obtener la población que participó en estas pruebas fue necesario establecer desde qué edad se puede hacer uso de la aplicación, basándose en la "Teoría del Desarrollo Cognitivo de Piaget" descritas en Linares A (2008) la cual manifiesta que, desde los dos hasta los siete años los niños demuestran habilidades para emplear símbolos, gestos, palabras, ayudándole al niño a expresar sus ideas por medio de sus dibujos con lo relacionado al mundo, permitiéndole, a partir de los siete años de edad conocer su orientación espacial y temporal, siendo estos un requerimiento mínimo para el aprendizaje del Braille. En base a lo antes mencionado, se realizaron las pruebas con estudiantes de la Universidad Nacional de Loja, del quinto ciclo de la Carrera de Educación Básica CEB y séptimo ciclo de la Carrera de Psicorehabilitación y Educación Especial CPEE, donde se evidencia la necesidad del aprendizaje del Sistema Braille.

Para comprobar la efectividad de la aplicación "Escribir con puntos" se realizó un Pre - Test y un Post - Test de conocimientos de 13 preguntas cada uno, junto a la Mg. Sc. Ana Cristina Arciniega Carrión las cuales ayudaron a demostrar el avance en el conocimiento del Braille.

En primera instancia se aplicó el Pre - Test a 22 estudiantes de la CEB y 7 estudiantes de la CPEE dando como resultado

un 20.98 % de conocimiento de la lectura Braille. Posterior a esto, se entregó la aplicación a cada uno de los participantes para que la ocupen por un plazo de 15 días, luego del transcurso de este tiempo se aplicó el Post – Test a los mismos estudiantes, teniendo como resultado que los 29 estudiantes presentaban un 53.16 % de conocimiento de la lectura Braille posterior al uso de la aplicación. Demostrándose así, que luego del uso de la aplicación los participantes en la prueba mejoraron su conocimiento.

### *Pruebas de aceptación*

Las pruebas de aceptación fueron realizadas por la Lic. Sandra Janeth Carrera Rodríguez especialista en la enseñanza del sistema Braille y usuario participante en la construcción de la aplicación, la misma que verificó el funcionamiento y cumplimiento de los requerimientos; este proceso de verificación se realizó a través de las pantallas de aceptación que fueron generadas en cada uno de los Sprints y con la aceptación de los criterios de aceptación de cada una de las 29 historias de usuario.

Se realizó un cuestionario de 6 preguntas denominado Pruebas de Aceptación para los participantes de las pruebas funcionales. Estas pruebas dieron como resultado que “Escribir con puntos”, a criterio de los participantes, ayuda en el proceso de enseñanza aprendizaje del sistema Braille basándose en las respuestas positivas que se obtuvieron a la hora de realizar estas pruebas. De igual forma, se debe señalar que un 52.9 % de participantes informó que tuvo problemas con el uso de la aplicación luego de 15 días de uso de la misma; se pudo identificar que la mayoría de problemas están relacionados al proceso de adaptación para el manejo de la aplicación, esto en vista que “Escribir con puntos” sigue los lineamientos de una persona con discapacidad visual y las personas que no presentamos este tipo de discapacidad no estamos adaptados a el uso de aplicaciones de este tipo.

### *Pruebas de adaptación*

Para las pruebas de adaptación se hizo uso de la Herramienta Test Lab, perteneciente a Firebase de Google. Esta herramienta permite al usuario realizar tres tipos de pruebas, que son las Pruebas Robo, Prueba de Instrumentación y Bucle de Juego.

Las Pruebas Robo analizan la estructura de la interfaz de usuario (UI) de la app, explorando y simulando actividades de un usuario automáticamente, permitiendo así usar esta prueba para la identificación de errores de funcionamiento en la UI Almeida (2018).

Para realizar este test accedemos a la opción TestLab que se encuentra dentro del apartado Calidad. Dentro de TestLab seleccionamos las pruebas tipo Robo y la Herramienta nos pedirá subir un archivo .apk o .aab así como la secuencia de comandos Robo que se ha creado. Para esto subimos el archivo escribirconpuntos.aab que se generaron al lanzar la aplicación así como el archivo UnityPlayerActivity\_roboscript.json que es el archivo contenedor de la secuencia de comandos Robo de “Escribir con puntos”.

Para escoger los dispositivos que se usaron en las pruebas se basó en las tendencias de dispositivos móviles Android presentadas por IDC, donde Samsung, Huawei y Xiaomi son

las marcas que tiene más presencia en el mercado mundial, es por ello, que para realizar las pruebas se escogieron 10 dispositivos pertenecientes a dichas marcas. Al finalizar la ejecución de las pruebas se obtuvieron los siguientes resultados:

- El uso de la CPU en todos los dispositivos no supera el 40 % de CPU, Identificándose como picos altos del consumo de CPU la función de comunicación con audio hacia el usuario.
- Con respecto a la memoria gráfica, las escenas de escribir con puntos no supera los 62 fotogramas por segundo, evidenciándose así que la aplicación puede ser ejecutada por dispositivos móviles que no cuenten con procesador gráfico, si bien es cierto tendrán un leve retraso en la carga de alguna escena, esto no interferirá en el correcto funcionamiento de la misma.
- La aplicación “Escribir con Puntos” consume un máximo de 150 000 KB lo que equivale a 0.16GB, es decir cualquier dispositivo con una capacidad de memoria de 1 Gb no presentará ningún inconveniente a la hora de ejecutar la aplicación.
- El mayor flujo de información en todos los dispositivos sin importar modelo, marca o versión de API, se lleva a cabo dentro de los primeros segundos de funcionamiento del aplicativo, para ser más exactos desde el instante en que arranca la app hasta el momento que carga el menú principal.

## DISCUSIÓN

La primera fase de investigación permitió conocer el impacto de las TIC en el aprendizaje del Braille, ya que, dentro de los trabajos obtenidos por la RSL, se identifica que las personas con discapacidad visual sufren dependencia para acceder a información escrita, provocándoles desmotivación en el aprendizaje del Braille, por lo cual el presente trabajo, buscó proveer de autosuficiencia para mejorar el aprendizaje haciendo uso de las TIC, ya que sin estas acceder a información escrita demanda de la ayuda de un tercero.

Así mismo, la mayoría de TIC aplicadas a la enseñanza del Braille es hardware y pocos han sido los esfuerzos de crear software, por ello, se desarrolló un software que permite tanto a personas con discapacidad visual como a personas sin ningún tipo de discapacidad aprender Braille de manera autónoma, considerando que, las herramientas tecnológicas basadas en software presentan beneficios frente a las basadas en hardware, como el bajo costo y alta adaptabilidad.

En la segunda fase se realizó la selección de herramientas para desarrollar la aplicación denominada “Escribir con puntos”, así como el diseño y desarrollo de la misma, cabe señalarla que, dentro de los trabajos relacionados no desarrollan software y el único que lo realiza no hace uso de una metodología de desarrollo, es por ello que, fue necesario realizar una investigación para determinar la más adecuada, donde la metodología de programación XP con SCRUM fue la mejor opción entre SCRUMBAN, MOBILE-D y SCRUM, debido a la interacción más cercana con el usuario (persona con discapacidad visual) dando como resultado un software hecho a



la medida y que permita a personas con discapacidad visual interactuar con la aplicación sin dificultad.

De igual forma, como aporte técnico y tecnológico del proyecto se elaboró varios controladores que permiten que el aplicativo sea manejado mediante gestos y tenga retroalimentación audible; pudiendo ser estos controladores reutilizados en otros proyectos que requieran estas funciones. Toda la codificación del producto fue realizada con el lenguaje de programación C# y el Framework Unity, considerando que previo a un análisis se determinó que Unity se adaptaba de mejor manera a las dependencias técnicas del software y que los trabajos relacionados no aportaron otra alternativa.

En la tercera y última fase de la investigación se realizaron pruebas Funcionales, de Aceptación y de Adaptación, con el propósito de probar la efectividad de enseñanza del sistema Braille en personas con y sin discapacidad visual por medio de la aplicación móvil, tomando los porcentajes obtenidos en el Pre - Test y Post - Test así como las respuestas positivas de los participantes a la hora de realizar estas pruebas. Finalmente, se debe señalar que los otros trabajos también realizan pruebas para validar el funcionamiento de la TIC implementada, sin embargo, el presente trabajo se apoya en los conocimientos de una especialista en Psicorehabilitación y Educación Especial brindando un aporte significativo en la ejecución de pruebas.

## CONCLUSIONES

Los documentos recopilados en la RSL denotan la importancia del uso de las TIC aplicadas al Braille, ya que estas motivan y por ende mejoran los resultados del aprendizaje, dejando claro que las herramientas tecnológicas aplicadas a la enseñanza del Braille se consideran un complemento o apoyo al proceso de enseñanza y no como remplazo del Braille impreso

Las TIC aplicadas al Braille que basan su arquitectura en software presentan beneficios, como el bajo costo y alta adaptabilidad, frente a las arquitecturas basadas en hardware.

Un software para la enseñanza a personas con discapacidad visual, proporciona independencia en el proceso de enseñanza aprendizaje, ya que, no dependen de un tercero para la elaboración de material tiflológico que les permita avanzar con la adquisición de nuevos conocimientos.

El desarrollo de una aplicación móvil para personas con discapacidad visual varía mucho en comparación con otro tipo de aplicaciones, en torno a la funcionalidad y al desarrollo de la misma, necesitando para esto, una completa interacción con un usuario que presente este tipo de discapacidad, es aquí donde, se hizo uso de la metodología Xp con Scrum que permitió optimizar al máximo los recursos, tiempo y la disponibilidad de la experta, permitiendo así comprender las necesidades exactas de este tipo de usuario para plasmarlas en una aplicación completamente funcional y de fácil uso.

La aplicación “Escribir con puntos” enseña las etapas iniciales de la Lectura Braille, ya que luego del uso de la aplicación, de un 20.98 % de conocimiento inicial de este sistema, se alcanzó 53.16% de conocimiento en los 29 estudiantes que participaron en las pruebas funcionales.

## AGRADECIMIENTOS

A la Fundación Tiflológica Ecuatoriana Punto 7, la misma que apoyo para el desarrollo del presente estudio.

A la Lic. Sandra Janeth Carrera Rodríguez, experta en el Sistema Braille, quién brindó todos los conocimientos necesarios para el desarrollo y culminación del presente trabajo.

A la Lic. Ana Cristina Arciniega Carrión, como experta en Psicorehabilitación y Educación Familiar, ya que gracias a su asesoría se llevó a cabo la ejecución de las pruebas necesarias para la validación de la aplicación.

## CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES

Conceptualización: JSE; metodología: JSE y WCHZ; análisis formal: JSE; investigación: JSE; recursos: JSE; curación de datos: JSE; redacción — preparación del borrador: JSE y MEL; original: JSE; redacción — revisión y edición: JSE, WCHZ y MEL; visualización: WCHZ; supervisión: WCHZ; administración de proyecto: WCHZ; adquisición de financiamiento para la investigación: JSE. Todos los autores han leído y aceptado la versión publicada del manuscrito.

Javier Sarango-Espinoza: JSE

Wilman Chamba-Zaragocín: WCHZ

Mariana Espinoza-León: MEL

## FINANCIAMIENTO

El financiamiento del presente estudio, es de procedencia propia.

## REFERENCIAS

- Ahumada, V. (2017). Corporalidad y performance. personas de ceguera adquirida. , 5, 17-35.
- Aispuro, E., Suárez, J., Aguilar, J., y Ruíz, M. (2014). Desarrollo de un prototipo de impresora braille de bajo coste como apoyo a la discapacidad visual. , 76, 79-88.
- Almeida, A. S. L. (2018). Modelamiento con objetos 3d de los recursos lacustres de la provincia de imbabura que permita asociarlos mediante marcas para la visualización en las herramientas de realidad aumentada a través de un aplicativo móvil. Descargado de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/8749>
- Cevallos, P. S., Romero, V. H., Paola, N. S., y Sandoval, E. V. (2018). Utilización de software en la enseñanza del idioma inglés básico a personas con discapacidad visual. , IX, 1-8.
- Costa, C., Mattos, C., y Cuce, M. (2007). Estrategia pico para la construcción de la pregunta de investigación y la búsqueda de evidencias. , 15, 1-4.
- Duarte, C. A. (2014). *Módulo electrónico de enseñanza del sistema braille para niños en la federación de ciegos ecuatorianos sede quito*. Descargado de <https://dspace.uniandes.edu.ec/handle/123456789/8726>
- Espinosa, A. T., Sagredo, J. C., Reyes, M. M., y García, M. L. (2012). Automatización de la codificación del patrón modelo vista controlador (mvc) en proyectos orientados a la web. *CIENCIA ergo-sum*, 19, 239-250.

- Ferreya, J. A., Méndez, A., y Rodrigo, M. A. (2009, 8). El uso de las tic en la educación especial. descripción de un sistema informático para niños discapacitados visuales en etapa preescolar. Descargado de <http://repositoriocdpd.net:8080/handle/123456789/351>
- Linares A, R. (2008). Desarrollo Cognitivo: Las Teorías de Piaget y de Vygotsky. *Master en Paidopsiquiatría. Bienio 07-08, I*, 29.
- Martínez, I., y Polo, D. (2004). *Guía didáctica para la lectoescritura braille*.
- Núñez, N. A. P., y Arteaga, C. A. P. (2015). Desarrollo de sistemas de información, basado en xp y scrum, para mejorar los procesos de captura, edición y publicación de canales de televisión, radio emisoras y medios impresos en la empresa kybalio group s.a.c. , *151*, 10-17. doi: 10.1145/3132847.3132886
- Ochaita, E., y Espinosa, M. A. (2011, 1). Desarrollo y educación de los niños ciegos y deficientes visuales: Areas prioritarias de intervención. *Psykhē*, 4. Descargado de <http://redae.uc.cl/index.php/psykhe/article/view/20261> doi: 10.7764/PSYKHE.4.2.80
- Pantoja, E. B. (2004). El patrón de diseño modelo-vista-controlador (mvc) y su implementación en java swing. *Acta Nova*, 2, 493-507.
- Pedersen, P. N. (2006). *Scrum y xp desde las trincheras* (Vol. 5). doi: 10.1017/S1474745605002673
- Rosario, Y. S. D. (2012). Conjunto de pruebas para el aseguramiento de la calidad de las aplicaciones para dispositivos móviles desarrolladas en el centro de desarrollo de la facultad regional granma. , 1-16.
- Sotolongo, Y. J. (2012). *Sistema informático para el control de los resultados académicos de los estudiantes de preuniversitario en el municipio baracoa*. .
- Std, I. (2008). Especificación de Requisitos según el estándar de IEEE 830. Descargado de <https://www.fdi.ucm.es/profesor/gmendez/docs/is0809/ieee830.pdf>
- Vallés, A. (2005). Comprensión lectora y procesos psicológicos. *Liberabit*, 11, 49-61.
- Velásquez, J. D. (2015a). Una guía corta para escribir revisiones sistemáticas de literatura parte 1. *DYNA*, 81, 9-10. Descargado de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/article/view/46758> doi: 10.15446/dyna.v81n187.46758
- Velásquez, J. D. (2015b, 2). Una guía corta para escribir revisiones sistemáticas de literatura parte 3. *DYNA*, 82, 9-12. Descargado de <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/article/view/48931> doi: 10.15446/dyna.v82n189.48931
- Velásquez, J. D. (2015c, 5). Una guía corta para escribir revisiones sistemáticas de literatura. parte 4. *DYNA*, 82, 9-12. Descargado de <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/article/view/49511> doi: 10.15446/dyna.v82n190.49511