

APLICACIÓN MÓVIL QUE TRADUCE ECUACIONES MATEMÁTICAS A VOZ MEDIANTE OCR

MOBILE APP THAT TRANSLATES MATH EQUATIONS BY VOICE USING OCR

Liliana Elena Olguín Gil

Tecnológico Nacional de México / IT de Tehuacán, México
lilianaelena.og@tehuacan.tecnm.mx

Eduardo Vázquez Zayas

Tecnológico Nacional de México / IT de Tehuacán, México
eduardo.vz@tehuacan.tecnm.mx

Francisco Vázquez Guzmán

Tecnológico Nacional de México / IT de Tehuacán, México
francisco.vg@tehuacan.tecnm.mx

Irene García Ortega

Tecnológico Nacional de México / IT de Tehuacán, México
irene.go@tehuacan.tecnm.mx

Felipe Rodríguez Ramírez

Tecnológico Nacional de México / IT de Tehuacán, México
felipe.rr@tehuacan.tecnm.mx

Saira Antonieta Vásquez Gamboa

Tecnológico Nacional de México / IT de Tehuacán, México
sairaantonieta.vg@tehuacan.tecnm.mx

Juan Rodríguez Reyes

Tecnológico Nacional de México / IT de Tehuacán, México
L13360570@tehuacan.tecnm.mx

Recepción: 23/noviembre/2020

Aceptación: /diciembre/2020

Resumen

En el presente artículo se realizó el diseño y desarrollo de una aplicación para dispositivos móviles que permita el acercamiento, principalmente, de las personas con discapacidad visual al uso de las tecnologías de la información como una herramienta de apoyo en el aprendizaje de las matemáticas a cualquier nivel educativo.

El cuerpo académico ITTEH-CA-09 se ha dedicado en los últimos tres años a investigar y desarrollar software orientado a promover la inclusión de las personas con discapacidad visual y auditiva.

Como resultado de las investigaciones realizadas se ha concluido que no se encuentran herramientas suficientes en el mercado enfocadas a personas con discapacidad visual. Debido a esto y al acercamiento con las asociaciones que apoyan a este grupo de personas se detectó que existe la dificultad de explicar en aula la terminología matemática a este grupo vulnerable. Por lo cual se realizó una aplicación utilizando las tecnologías que se encuentran al alcance como los dispositivos móviles, para la captura y procesamiento de la imagen, permitiendo el acercamiento de las personas con discapacidad visual a un entorno educativo para comprender los textos con nomenclatura matemática.

Palabras Clave: Aplicación móvil, OCR, Notación Matemática, Discapacidad Visual, Inclusión

Abstract

In this article, the design and development of an application for mobile devices was carried out that allows the approach, mainly, of people with visual disabilities to the use of information technologies as a support tool in the learning of mathematics at any education level.

The ITTEH-CA-09 academic body has been dedicated in the last three years to research and develop software aimed at promoting the inclusion of people with visual and hearing disabilities.

As a result of the investigations carried out, it has been concluded that there are not enough tools in the market focused on people with visual disabilities. Due to this and the approach with the associations that support this group of people, it was detected that there is difficulty in explaining mathematical terminology in the classroom to this vulnerable group. Therefore, an application was made using the technologies that are available such as mobile devices, for the capture and processing of the image, allowing the approach of people with visual disabilities to an educational environment to understand texts with mathematical nomenclature.

Keywords: *Mobile App, OCR, Math Notation, Visual Impairment, Inclusion*

1. Introducción

Con el uso de las tecnologías de la información se ha buscado generar software y hardware que permitan a las personas con discapacidad incluirse en el mundo. Desgraciadamente el acercarse a las personas con discapacidad visual al uso de las tecnologías no siempre resulta fácil, provocando con esto una fractura digital caracterizada por la inaccesibilidad a la tecnología por no estar diseñada pensando en todos.

[Hernández, 2011] menciona que la inquietud por educar a las personas con discapacidad visual data desde mucho antes del siglo XVIII, cuando se creó la primera escuela para niños y adolescentes ciegos en Francia, que dio inicio al desarrollo de la pedagogía especial para ciegos o tiflopedagogía. Tiflo proviene de la palabra griega Tiflus, que significa ciego.

La Tiflotecnología, que se define como la tecnología aplicada a la deficiencia visual abarcando el conjunto de conocimientos, técnicas y recursos de que se valen las personas con discapacidad visual para poder utilizar las herramientas informáticas estándar. Estas se dividen en: Tiflohardware, conjunto de dispositivos tecnológicos de entrada y salida de datos en el entorno de las computadoras personales (impresoras Braille, líneas Braille, SonoBraille, calculadoras parlantes, telelupas, entre otros) y Tiflosoftware, conjunto de programas informáticos (JAWS, OCRs, Mobil Color Recognizer, Mobile Magnifier, Mobile Speak, entre otros) los cuales realizan tareas inteligentes y lógicas, haciendo posible el nexo entre el Tiflohardware y el individuo con discapacidad visual [Morales y Berrocal, 2002], además de las posibilidades de acercamiento al conocimiento, que según [Gastón, 2005] se logra mediante el acceso a todo tipo de documentación de modo que sea posible editar en tinta, braille o en audio sus propios apuntes y su propio material de trabajo.

En la actualidad, el tema de la inclusión de personas con discapacidad ha tenido mayor influencia, prueba de ello es la creación de centros o asociaciones que se han constituido para el desarrollo e igualdad de condiciones de las personas con discapacidad. A pesar de los esfuerzos por lograr su inclusión en la educación,

todavía hay problemas en cuanto al concepto de discapacidad por parte de los familiares, docentes y la sociedad en general.

Hablando específicamente de la discapacidad visual, se enfrentan con el problema ideológico social que constituye a la visión como un sentido fundamental, pero también con la falta de conocimiento sobre las herramientas y métodos tecnológicos que sirven como apoyo para la educación de las personas ciegas y débiles visuales. Además, se desconocen las legislaciones internacionales y nacionales que protegen sus derechos.

Actualmente la inclusión educativa es un término que ha tomado importancia, evitando la exclusión de personas con dificultades específicas de aprendizaje, sin embargo, aún hay conocimientos escasos para la enseñanza y así poder cubrir las necesidades de los estudiantes con discapacidad visual que buscan los mecanismos necesarios para instruirse en los diferentes planes de estudio que existen dentro de las instituciones educativas. Por ello resulta necesario incorporar las tecnologías de la información para desarrollar aplicaciones o prototipos de hardware y software como apoyo a las personas con discapacidad para ser incluidas en la sociedad.

En este artículo se describe el proceso que ha llevado el implementar una aplicación que utilizando la cámara del dispositivo móvil tome una foto del texto que contenga notación matemática específica tal como ecuaciones, fórmulas, quebrados, etc., y mediante OCR digitalizar los caracteres contenidos en la imagen para posteriormente reproducirlos con voz con el objetivo de que las personas con discapacidad visual tengan una herramienta para facilitar el aprendizaje de las matemáticas a cualquier nivel educativo.

El software desarrollado por alumnos de la carrera de Ingeniería en Sistemas computacionales del Tecnológico Nacional de México / IT de Tehuacán, tiene como objetivo proporcionar una herramienta que a través de la voz las personas con discapacidad tengan acceso a materiales escritos, que no existen en Braille.

La implicación que se pretende en la sociedad es aumentar la matrícula de alumnos con discapacidad visual en las aulas coexistiendo con alumnos regulares y lograr el alcance de las competencias.

Finalmente, el propósito de esta investigación es presentar la aplicación como una opción de tflotecnología para ser utilizada a nivel nacional como herramienta de aprendizaje, y no solo para personas con discapacidad visual sino para todo aquel que desee digitalizar este tipo de notación y almacenarlo como archivo de audio. Esta investigación que inició hace más de 2 años ha ido evolucionado, en función de los resultados que se han presentado en cada una de las etapas. Inicialmente se pensó como un software de escritorio, que tradujera a voz documentos escritos en LaTeX, lo cual en principio parecía una buena idea, pero conforme la investigación fue avanzando y observando las pruebas de las primeras versiones, se buscó que el usuario final (persona con discapacidad) fuera más autónomo en el uso del software, derivando en la aplicación que en este artículo se presenta.

2. Métodos

Al alumnado con ceguera o discapacidad visual le urge adquirir conocimientos y destrezas que le permitan disponer de autonomía personal y poder dar funcionalidad a las herramientas básicas de acceso al conocimiento, adquiriendo un ritmo de aprendizaje que favorezca su inclusión en el entorno escolar y social.

La accesibilidad tecnológica implica que una aplicación pueda ser manejada por cualquier alumno. Las tecnologías digitales generan herramientas muy potentes que pueden facilitar la inclusión o la exclusión de los alumnos con discapacidad visual y que, como docentes, debemos conocer [Corbella Roqueta y Boix Hernández, 2005]. Por ello hay que considerar:

- La disponibilidad de herramientas tecnológicas que posibiliten el manejo de una computadora o dispositivo móvil al estudiante con discapacidad visual.
- La posibilidad y disponibilidad de software propiamente educativo, es decir, programas de aprendizaje de contenido curricular, realmente accesible a estos alumnos, en condiciones didácticamente equiparables a las de sus compañeros [Serrano Marugán, Palomares Ruiz y Garrote Rojas, 2013]

El papel de las TIC en relación con las personas con discapacidad es fundamental, en el sentido de que les va a posibilitar la comunicación con otras personas y con

su entorno, pueden facilitar su aprendizaje o para integrarse en el mundo laboral. El acceso de las personas con discapacidad a la denominada Sociedad del Conocimiento es un eslabón clave para su integración, desarrollo y participación en la sociedad. Muchas de las personas con discapacidad no podrían acceder a la información o comunicarse con otras personas si no es gracias a determinadas tecnologías.

Entre las posibilidades y ventajas que nos ofrecen las TIC en el ámbito de la diversidad, podemos destacar las siguientes:

- Ayudan a superar las limitaciones que se derivan de las discapacidades cognitivas, sensoriales y motrices del alumnado.
- Favorecen la autonomía de los estudiantes, pudiéndose adaptar a las necesidades y demandas de cada alumno de forma personalizada.
- Favorecen la comunicación sincrónica y asincrónica de estos estudiantes con el resto de los compañeros y el profesorado.
- Propician una formación individualizada, y el que los alumnos puedan avanzar a su propio ritmo, lo cual es de extrema importancia para los sujetos con algún tipo de discapacidad [Cabrero Almenara, Córdoba Pérez, 2009].

Considerando lo anteriormente expuesto, un grupo de alumnos del Tecnológico Nacional de México / IT de Tehuacán de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales se dieron a la tarea de investigar y probar las herramientas actuales en el mercado que sirvieran como apoyo a las personas con discapacidad visual.

En esta investigación se observó que existen herramientas conocidas como lectores de pantalla, que constituyen programas informáticos que muestran el contenido de la pantalla de la computadora mediante sintetizadores de voz. Los lectores de pantalla como medios didáctico-tecnológicos fortalecen el aprendizaje de las personas con discapacidad visual al eliminar las barreras cognitivas-tecnológicas, generan mayores oportunidades de acceso a las diversas fuentes de información fomentando el aprendizaje inclusivo y colaborativo. Desafortunadamente al intentar traducir un documento con notación matemática, el algoritmo con el que fueron

desarrolladas estas aplicaciones no reconoció simbología muy específica matemática y por lo tanto no fue posible su traducción.

Por esta razón se desarrolló un software que tuviera las funcionalidades de un lector de pantalla más la capacidad de traducción de símbolos matemáticos, dando como resultado Lectomate (o también conocido como Lector de Notación Matemática).

Esta primera versión fue probada por alumnos de diferentes grados escolares en la asociación para ciegos “Sentir con los ojos del Corazón”, y fue recibida con agrado tanto por los docentes como por los estudiantes. Actualmente se encuentra en una fase de prueba en la Facultad de Ciencias Exactas de la Universidad Nacional de la Plata, Argentina. El inconveniente que se encontró con esta versión es que los documentos debían estar previamente digitalizados en LaTeX, restando autonomía al usuario.

Buscando que el software fuera más versátil, se propone una nueva versión del software dando como resultado la aplicación móvil que se describe en este artículo.

Metodología utilizada

El proyecto se ha dividido en seis fases para su consecución; a continuación, se describe el procedimiento llevado en cada fase:

- En la primera fase, se lleva a cabo una investigación del funcionamiento de OCR y de su implementación en dispositivos móviles y con ello definir el estado del arte de la investigación.
- En la segunda fase se procede a levantar los requerimientos para el diseño de la aplicación.
- En la tercera fase se realizan pruebas para reproducir los caracteres digitalizados por OCR a voz
- En la cuarta fase se desarrolla un algoritmo utilizando entre otras cosas, gramáticas y expresiones regulares para la interpretación de los caracteres específicos de notación matemática.
- En la quinta fase, se desea probar la nueva aplicación con personas con discapacidad visual que se encuentren aprendiendo algún tema de matemáticas a cualquier nivel escolar (por cuestiones de la pandemia de

covid19 este paso se ha visto aplazado hasta que el semáforo epidemiológico lo permita).

- En la sexta fase quedaría terminada la investigación y se concluye si los objetivos planteados al inicio fueron alcanzados o no.

Metodología de desarrollo

La metodología usada fue la de Sistemas Suaves de Checkland (1990). La metodología de sistemas suaves (MSS) tiene como objetivo el estudio de los llamados sistemas blandos a partir de los cuales es posible observar procesos, interacciones e interpretaciones de orden humano y social. “El mundo humano es aquel en el cual nada pasa igual dos veces de la manera exacta” [Checkland & Poulter, 2010].

Los problemas suaves son difíciles de definir, y más que plantear un problema se plantea una situación problema. En este proyecto la situación problema es el uso de la tiftotecnología para que las personas con discapacidad visual puedan tener acceso a elementos matemáticos para los que no exista una representación en braille.

La idea original de Peter Checkland es describir en forma de lista los seis elementos que se deben investigar para llegar a una conclusión satisfactoria: clientes, actores, proceso de transformación, visión global, propietario, y requisitos ambientales. CATWOE son las iniciales de los términos equivalentes en inglés: customers, actors, transformation process, world view, owner, environmental constraints [Checkland & Poulter, 2010], figura 1.

Definición de raíz: Personas con discapacidad visual que no tienen acceso a material que incluya formulas, ecuaciones y cualquier otro tipo de notación matemática. Posteriormente viene el análisis de las respuestas del CATWOE, que nos lleva a identificar problemas subyacentes que pueden tener impacto en la investigación (tales como la resistencia del usuario a utilizar la app, por temor a que sea más complicado que la forma tradicional).

Finalmente, una vez desarrollada la aplicación se plantea un plan de pruebas con el usuario final (personas con discapacidad visual) para lograr una retroalimentación

y un proceso de mejora a detalles que no fueron considerados en la etapa inicial del desarrollo y la investigación. Esta es una de las principales razones por las que se eligió el uso de MSS, ya que esta metodología es recursiva y permite replantear elementos que inicialmente no fueron considerados.

CATWOE

- ▶ **CLIENTES:** Personas con discapacidad visual que necesiten tener acceso a material escrito con fórmulas y ecuaciones matemáticas.
- ▶ **ACTORES:** Desarrolladores de la app
- ▶ **PROCESO DE TRANSFORMACIÓN:** Tomar una foto utilizando la cámara del dispositivo móvil, digitalizar utilizando OCR los caracteres incluidos en la imagen capturada, reproducir con el sintetizador de voz del dispositivo.
- ▶ **OPINION DEL MUNDO:** Lograr el acercamiento de las personas con discapacidad visual en el uso de las TICs y la inclusión en un entorno educativo regular
- ▶ **DUÑO:** Instituciones educativas
- ▶ **APREMIOS AMBIENTALES:** Promover el uso de la App en las instituciones educativas

Fuente: elaboración propia

Figura 1 Análisis CATWOE de la problemática planteada.

3. Resultados

Este artículo propone la aplicación de la función de OCR sobre imágenes en las que se puede capturar texto y expresiones matemáticas mediante una aplicación móvil para reproducir en forma audible dicha información, como ayuda a personas con discapacidad visual.

Para que la aplicación funcione correctamente se requiere lo siguiente:

- Especificaciones de software: Sistema operativo Android 7 como mínimo, con un espacio disponible para la aplicación de 20 MB para su instalación.
- Especificaciones de hardware: Dispositivo móvil con cámara y bocina, así como tener activado el sensor de reconocimiento de voz.

Es importante mencionar que la prueba se realizó con un celular con sistema operativo Android 10. En la fase de diseño de la aplicación, los elementos se distribuyeron de la siguiente manera, figura 2.

- En la sección superior de la pantalla se muestra el texto obtenido, como resultado del procesamiento por OCR.

- En esta sección central se muestra la imagen obtenida por la cámara.
- El botón inferior izquierdo accede a la cámara, en el cual se tomará la fotografía.
- El botón inferior central reproduce el contenido.
- El botón inferior derecho accede a una galería de imágenes previamente cargadas.

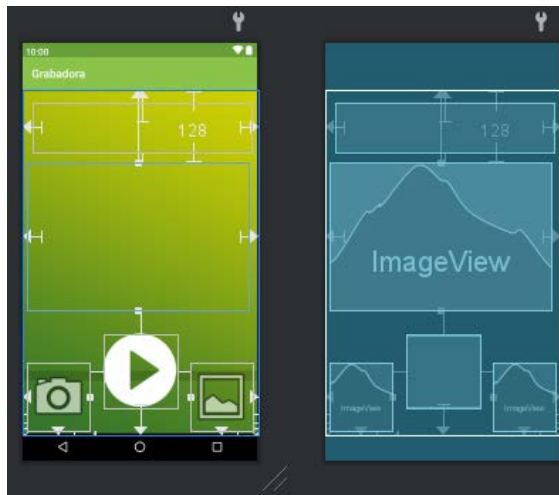


Figura 2 Diseño de la aplicación.

Al procesar una ecuación simple tomada de un documento con notación matemática, se ejecuta la cámara y se toma una foto para obtener la siguiente imagen, figura 3.



Figura 3 Resultado de la captura por foto de una expresión matemática.

Al capturar la foto se activará el procesador de análisis, mostrando el texto obtenido y la imagen procesada. Posteriormente se reproducirá con el sintetizador de voz el contenido del texto automáticamente, figura 4.

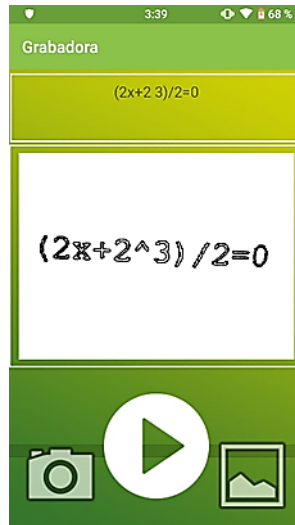


Figura 4 Procesamiento de la imagen a voz.

La aplicación no solo se probó con imágenes con contenido matemático, también con imágenes que contienen texto capturado de documentos como libros, revistas o periódicos para su posterior reproducción a voz obteniendo resultados favorables. La figura 5 muestra la captura por foto de un párrafo de un libro.

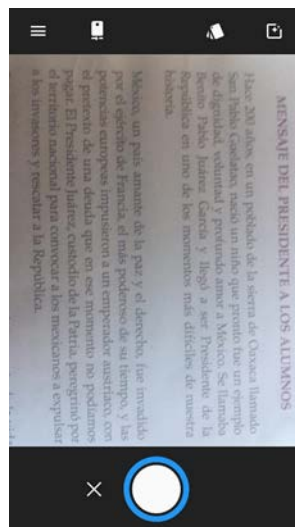


Figura 5 Resultado de la captura por foto de un libro.

Para la captura de imágenes de texto se recomienda que deben existir buenas condiciones de luz, y que la página tratada se encuentre en buenas condiciones (sin ralladuras ni textura rugosa). Aun así, el OCR será capaz de detectar el texto, procesarlo, y reproducirlo sin complicaciones.

La figura 6 muestra el resultado de la detección del texto. Aun cuando pueda haber poca iluminación, se pueden presentar áreas de color blanco, lo cual no afectará el resultado. De manera similar, se realizaron pruebas con texto escrito a mano. Para esto también es funcional la aplicación, figura 7.

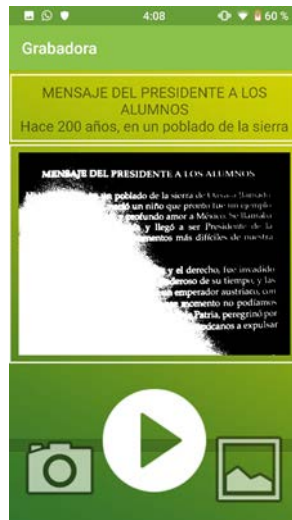


Figura 6 Resultado del procesamiento de un texto.

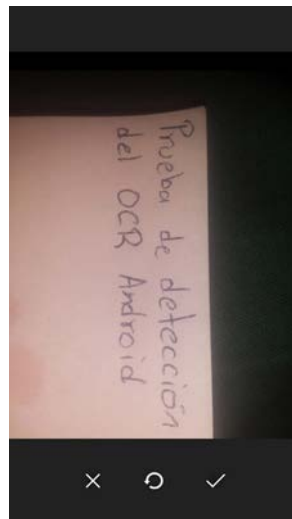


Figura 7 Resultado de la detección de un texto hecho a mano.

Como se muestra en la figura 8, la detección se realizó de manera correcta, siempre y cuando la caligrafía sea buena. El traductor de texto puede presentar errores al no detectar algunos caracteres. Cuando el texto se escriba con buena caligrafía, es más probable que el resultado de la reproducción sea correcto.

En cualquiera de los casos, una vez capturada la fotografía, la aplicación interpretará la expresión matemática o el texto de la imagen y la convertirá en voz para reproducirlo automáticamente.



Figura 8 Resultado del procesamiento de un texto hecho a mano.

4. Discusión

Unas de las limitantes de las personas con deficiencias visuales es leer la información impresa, que proviene de libros, revistas, periódicos, señales en la calle, descripción de productos, que son actividades comunes en su vida diaria, y que solo el 10% de niños invidentes aprenden Braille, ya que la mayoría de los documentos no están disponibles en este formato, por lo cual es indispensable desarrollar dispositivos que permitan leer información impresa [Salinas, Salas, and Raducanu, 2013]. El incremento en el uso de las tecnologías de la información y los recursos con que cuentan los dispositivos móviles permiten desarrollar aplicaciones que se encuentran más al alcance de las personas con discapacidad visual para utilizar en su vida diaria.

Aunque esta investigación está enfocada para personas con discapacidad visual también permite a cualquier persona que no sepa leer y requieran conocer los textos matemáticos en un formato de audio y la oportunidad para el desarrollo de aplicaciones en diferentes plataformas y diversidad de dispositivos móviles [Sánchez Orea et al., 2015].

Hoy en día con el surgimiento de teléfonos inteligentes con cámara, permite a las personas invidentes realizar tareas cotidianas como hallar obstáculos al caminar, leer material impreso, reconocer objetos, situarse en interiores o exteriores e interrelacionarse socialmente.

Una ventaja que tienen las personas ciegas o de baja visión que han cursado algún proceso educativo y manejan herramientas básicas les permite ser más independientes para acceder a una escuela regular y se le facilita el poder utilizar este tipo de aplicaciones que traduce documentos matemáticos a voz, con respecto a las que no están familiarizados con este tipo de herramientas.

Es por esto que [Aquino Zúñiga, García Martínez & Izquierdo, 2014] afirman:

En una institución escolar se requiere formación de profesores, sensibilización de todo el personal y sociedad en general, adaptar y proveer la infraestructura física y tecnológica necesaria para proporcionar los servicios y realizar las adaptaciones de materiales educativos que específicamente necesitan los estudiantes con discapacidad visual (p 44).

Debido a las dificultades de poder enfocar algún texto y que no exista algún asistente virtual que permita retroalimentar al usuario para poder realizar correctamente la captura de la imagen, se enfocó más al uso del OCR para el reconocimiento de imágenes. Una de las limitantes del proyecto propuesto es que se requiere que una persona instale y explique previamente el funcionamiento para poder utilizar la aplicación móvil [Vejarano et al. 2020].

Esta investigación permite complementar a otras aplicaciones existentes en el mercado como lectores de pantalla.

Hoy en día [Luque Colmenero, Soler Gallego, & Rodríguez Posadas, 2015] afirman:

La inclusión es un modelo de apoyo centrado en la escuela y en el entorno. Ahora es la escuela quien debe adaptarse al alumno (y no el alumno a la escuela), y proporcionarle los recursos necesarios que posibiliten su plena inclusión educativa y social, para conseguir después la inclusión e integración plena en la sociedad, la inserción social y laboral futuras. (p. 164).

5. Conclusiones

La aplicación móvil desarrollada en conjunto con otras herramientas orientadas para personas con discapacidad visual fortalecen el apoyo para la lectura de documentos, los cuales en el área educativa se carece de documentos traducidos a voz o en archivos audibles, lo cual limita a una persona que desee continuar sus estudios, más en materias enfocadas al área de matemáticas.

Encontrándose diferentes aplicaciones que traducen cualquier documento a voz, pero en el caso de documentos con notación matemática existe la dificultad de poder traducir este tipo de documentos por la diversidad de expresiones matemáticas. También permite a las personas débiles visuales o de baja visión que se encuentran estudiando en algún nivel familiarizarse más rápidamente con la utilización de este tipo de herramientas por la habilidad de utilizar herramientas similares en otras actividades de su vida diaria mediante el uso del teléfono celular. Se requiere que la captura de la imagen sea nítida para poder lograr una digitalización correcta de los caracteres.

Algunas de las limitantes del proyecto son, que el usuario no cuente con un dispositivo con los requerimientos que necesita la aplicación, no contar con los recursos económicos para adquirir un dispositivo inteligente, además de requerir de un acompañante que ayude a la persona con discapacidad visual en la descarga, configuración y utilización de la aplicación.

Con base en lo anterior, se propone que las instituciones educativas o asociaciones permitan la inclusión de este tipo de estudiantes proporcionando las herramientas tecnológicas necesarias para el uso de la aplicación, tal es el caso del Tecnológico Nacional de México / IT de Tehuacán, que apoyó a dos alumnos con discapacidad

auditiva proporcionándoles en calidad de préstamo, tabletas para el uso software de apoyo especializado.

La aplicación es una versión inicial en fase de prueba por lo cual se pretende seguir la investigación hasta lograr que al ser utilizada por las personas débiles visuales o ciegas no dependan de asistencia adicional para el funcionamiento correcto de la aplicación, y con esto lograr una independencia real para las personas con discapacidad visual.

6. Bibliografía y Referencias

- [1] Aquino Zúñiga, Silvia, Verónica García Martínez, and Jesús Izquierdo. 2014. "Tiflotecnología y Educación a Distancia: Propuesta Para Apoyar La Inclusión de Estudiantes Universitarios Con Discapacidad Visual En Asignaturas En Línea." *Apertura. Revista de Innovación Educativa* 6(1): 32–45: <https://www.redalyc.org/pdf/688/68831999004.pdf>.
- [2] Basantes, Andrea V., Guerra, Frank E., Naranjo, Miguel E., & Ibadango, Daniela K. (2018). Los Lectores de Pantalla: Herramientas Tecnológicas para la Inclusión Educativa de Personas no Videntes. *Información tecnológica*, 29(5), 81-90. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642018000500081>.
- [3] Cabero Almenara, J., Córdoba Pérez, M.: "Inclusión educativa: inclusión digital". *Revista de Educación Inclusiva*. Vol. 2, n. 1, págs. 61-77, (2009). ISSN 1889-4208.
- [4] Checkland, P., & Poulter, J. (2010). *Soft systems methodology*. In *Systems approaches to managing change: A practical guide*. (pp. 191-242). London: Springer.
- [5] Gastón, E. (2005). La discapacidad visual y las TIC en la etapa escolar: <http://observatorio.cnice.mec.es/modules.php?op=modload&name=News&file=article&sid=322>.
- [6] Corbella, M.T. Y Boix, S. (2005). Recursos para la aplicación de las nuevas tecnologías en la educación del alumnado con necesidades educativas derivadas de discapacidad visual en edades tempranas. *Revista Integración*, Nº 46, 13-22.

- [7] Hernández, C. (2011). Desarrollo de las concepciones educativas de las personas con discapacidad visual. La Habana: Pueblo y Educación.
- [8] Luque Colmenero, Olalla, Silvia Soler Gallego, and Gala Rodríguez Posadas. 2015. "Universidad Inclusiva y Discapacidad Visual. El Acceso de Los Estudiantes Con Discapacidad Visual En La Universidad de Granada." *Revista Científica sobre Accesibilidad Universal La Ciudad Accesible* 7(5). 163–73: <http://hdl.handle.net/11181/5500%0A>.
- [9] Morales, M.; Berrocal A. (2002). Tiflotecnología y material tiflotécnico. Organización Nacional de Ciegos. España, Málaga.
- [10] Salinas, J. R. T., J. Salas, and B. Raducanu. 2013. "Estado Del Arte En Sistemas de Visión Artificial Para Personas Invidentes." *cómputo consciente del comportamiento: la tercera ola del cómputo ubicuo*: 16–21. https://www.researchgate.net/profile/Anabel_Pineda-Briseno/publication/296195590_iCare_Sistema_ubicuo_de_monitoreo_y_cuidado_personal/links/5e8bb14aa6fdcca789fdbc2b/iCare-Sistema-ubicuo-de-monitoreo-y-cuidado-personal.pdf#page=18.
- [11] Sánchez Orea, Alfonso, María D. García Gaona, Alma Rosa Vargas Cerdán, J. R. Rojano Cáceres, and F. J. Álvarez Rodríguez. 2015. "Asistente Móvil Basado En Audio Para La Lectura de Textos Como Apoyo a Personas Con Discapacidad Visual." *Tecnología Educativa – Revista CONAIC* 2: 43–47. <https://conaic.net/revista/publicaciones/ANIEI2015Articulo7.pdf>.
- [12] Serrano Marugán, I., Palomares Ruiz, A. Y Garrote Rojas, D. (2013). Propuestas innovadoras para favorecer el uso de las TIC y propiciar la inclusión educativa del alumnado con discapacidad visual, en *ENSAYOS, Revista de la Facultad de Educación de Albacete*, Nº 28, 2013.
- [13] Vejarano, R., A. Pitty, G. Gómez, and L. Alain. 2020. "Eye QR-Aplicación Identificadora de Objetos Para Personas Con Discapacidad Visual." *Revista De Iniciación Científica* 5(2): 77–82.