

APOYO MÓVIL HACIENDO USO DE REALIDAD AUMENTADA PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD VISUAL: APLICACIÓN Y RESULTADOS

Teresita de Jesús Álvarez Robles
Facultad de Estadística e Informática, Universidad Veracruzana, Av. Xalapa
esq. Manuel Ávila Camacho s/n, Col. Obrero Campesina, Xalapa, Ver., 91020.
Xalapa, Veracruz, México.

Francisco Javier Álvarez Rodríguez
Universidad Autónoma de Aguascalientes, Av. Universidad, Col.,
Aguascalientes, Ags.. Aguascalientes, Aguascalientes, México.

Edgard Benítez-Guerrero
Facultad de Estadística e Informática, Universidad Veracruzana, Av. Xalapa
esq. Manuel Ávila Camacho s/n, Col. Obrero Campesina, Xalapa, Ver., 91020.
Xalapa, Veracruz, México.

Resumen. En la actualidad existen trabajos que apoyan a los usuarios con discapacidad en algún ámbito de su vida diaria; sin embargo, la mayoría de estos están enfocados en usuarios con discapacidad motriz o baja visión y en algunos casos los mismos no incluyen al usuario en el proceso de desarrollo y evaluación. Este trabajo se centra en la aplicación y los resultados obtenidos al momento en que un usuario con discapacidad visual hace uso de una aplicación móvil con realidad aumentada (RA) para poder trasladarse dentro de una institución sin necesidad de ser acompañado por una persona normovisual, con el fin de evaluar principalmente que los contenidos de los mensajes que el usuario recibe son fáciles de seguir y de recordar para lograr un apoyo óptimo al momento de realizar recorridos en interiores de manera autónoma. Se realizó la evaluación de las tareas realizadas por los usuarios con el objetivo de saber si la aplicación es usable o no y de esta manera y con el apoyo del usuario con discapacidad visual obtener una serie de recomendaciones las cuales puedan seguirse en el desarrollo de aplicaciones que involucren a usuarios con discapacidad visual.

Palabras clave: Interfaz Móvil, Realidad Aumentada, O&M, Diseño centrado en el usuario, IHC.

1 Introducción

La interacción entre una persona con discapacidad visual y el entorno que los rodea debería ser simple. Para conocer si este objetivo es válido o no, se deben conocer los modelos de orientación y movilidad (O&M) que usan las personas con discapacidad visual para poder realizar un recorrido en un entorno cerrado (*indoor*) desconocido y qué es lo que hacen o a qué apoyos recurren cuando se encuentran en el mismo.

Existen algunas aplicaciones conocidas como "Aplicaciones de Asistencia" las cuales le regresan información "*in situ*" al usuario con discapacidad visual, es decir, la información se les regresa en tiempo real al hacer uso de un dispositivo para su apoyo en la O&M. Como se menciona en (ÁLVAREZ, GARCÍA e SANCHÉZ, 2016) la característica de estas aplicaciones es que recolectan datos del entorno en tiempo real para procesarlos y así poder entregar la información.

La Realidad Aumentada (RA) es una de las tecnologías que en la actualidad se unen con ciertos dispositivos para lograr un apoyo cuando se habla de usuarios con discapacidad visual. La RA se utiliza en los dispositivos móviles con el objetivo de reconocer marcadores los cuales al ser detectados proporcionan información al usuario del entorno que los rodea.

En este artículo se presentan el aporte y los resultados obtenidos en la interacción entre los usuarios ciegos y el entorno aumentado a través del uso de marcadores y el dispositivo móvil de manera que la información recibida sea útil, simple y fácil de aprender.

Se debe considerar que la información aumentada en el mundo real se provee al usuario a través del uso del *Text-to-Speech* (TTS) el cual por medio de voz proporciona la información correspondiente al usuario ciego en el entorno en el que se encuentre.

El objetivo fue desarrollar una aplicación móvil la cual fuera fácil de usar por el usuario y que al momento de retroalimentarlo la información fuera adecuada, sin saturarlo de instrucciones, es decir, fácil de aprender y de usar. Para lograr este objetivo el usuario fue participe en cada una de las fases del proyecto.

Cabe mencionar que la mayoría de las aplicaciones de asistencia que identifican algún objeto adaptadas a usuarios ciegos han sido realizadas en dispositivos especiales; por ejemplo, lectores de códigos de barra, reconocimiento de caracteres ópticos, identificadores de color, detectores de obstáculos basados en laser-sonar, entre otros, (ROENTGEN, GELDERBLOM,

et al., 2008). En varios casos, estos dispositivos tienen un precio alto y solo resuelven algunos problemas (GIUDICE e LEGGE, 2008). También son dispositivos que requieren de equipo adicional, y en la mayoría de los casos no suelen ser efectivos en entornos *indoor*.

Hoy en día, los sistemas móviles para identificar algún objeto hacen uso de RFID y códigos quick response (QR), (VAZQUEZ-BRISENO, HIRATA FI, *et al.*, 2012).

Por este motivo, para la realización de esta aplicación móvil se usan códigos QR los cuales son detectados haciendo uso de RA. El objetivo de esta investigación es desarrollar y evaluar una aplicación móvil que haga uso de RA, que sea usable y fácil de aprender por el usuario ciego la cual le proporcione información de su entorno por medio de voz.

Esta contribución busca cumplir los siguientes compromisos:

- Desarrollar un prototipo de la aplicación móvil haciendo uso de los códigos QR, RA y el diseño centrado en el usuario (UCD por sus siglas en inglés).
- Realizar las pruebas pre-test y post-test correspondientes con base en la experiencia del usuario (UX por sus siglas en inglés) y el uso de la aplicación.

El resto del artículo está estructurado de la siguiente manera. En la sección 2 se presenta la problemática del trabajo. En la sección 3 y 4 se describe el método que se siguió para la elaboración de la propuesta y cómo fue que se aplicó la misma a los usuarios con discapacidad visual, se describen a los participantes, así como los análisis pre-test y post-test. Los resultados son presentados en la sección 5 y, finalmente, en la sección 6 se concluye el tema.

2 Problemática

En la actualidad se ha presentado la tendencia de combinar las tecnologías móviles con la RA, esto con el objetivo de crear aplicaciones que se beneficien de las características de portabilidad y acceso inmediato a la información que se logran con los dispositivos móviles (PAPAGIANNAKIS, SINGH e MAGNENAT-THALMANN, 2008).

Esta combinación y su aplicación en escenarios de O&M para personas ciegas sigue siendo un área abierta de investigación. Algunos de los retos principales en el área de RA son el seguimiento de marcadores y la localización en tiempo real.

A pesar de existir trabajos realizados en estas áreas, en algunos casos, estos trabajos se han llevado a cabo en exteriores (LAYAR, 2009), (WIKITUDE, 2009), han sido desarrollados para personas con otro tipo de discapacidad (ORCAM, 2010), no hacen uso de metodologías en las que incluyan al usuario o siguen guías de diseño generales (ANDROID, 2009), (APPLE, 2016), (GONG e TARASEWICH, 2004).

Como se sabe, el mundo en el que vivimos está pensado en personas que ven y las personas con discapacidad visual están en desventaja ante esto, ya que deben realizar en su vida cotidiana actividades que requieren del sentido de la vista.

Para que una aplicación de ubicación sea útil para una persona ciega se debe tener en cuenta la recopilación de información del lugar en el que se encuentra y al cual quiere llegar y con esto ir tomando decisiones para que el recorrido sea óptimo.

Por lo tanto, a modo de apoyo para una persona ciega, se puede hacer la pregunta de cómo es posible brindar información concreta de manera eficiente a un usuario ciego para efectos de su desplazamiento en un lugar determinado mediante herramientas multimedia y con esto poder proporcionarle información de su entorno.

3 Método de desarrollo

Es importante que todo desarrollo que apunte a considerar a las personas ciegas como usuarios finales, los involucre durante todo el proceso de diseño e implementación. Es por esto que se debe adoptar un UCD (JOKELA, IIVARI, *et al.*, 2003), en que las limitaciones de los mismos sean consideradas, logrando un producto que sea útil y funcional a sus necesidades.

Después de realizar un análisis de diversos modelos, se llegó a la conclusión de utilizar el modelo de desarrollo de aplicaciones móviles en contextos de desarrollo de habilidades de O&M en usuarios con discapacidad visual (SÁNCHEZ, GUERRERO, *et al.*, 2009), el modelo en sí está conformado por tres procesos que deben seguirse para desarrollar una aplicación centrada en el usuario, como se menciona en (ÁLVAREZ, GARCÍA e SANCHÉZ, 2016) los procesos son: (1) Definición de las habilidades cognitivas de navegación, (2) El proceso de ingeniería de software para el diseño y desarrollo de las aplicaciones y (3) Un proceso de evaluación de la herramienta desarrollada, ver Figura 3.1. A continuación se describen los tres procesos.

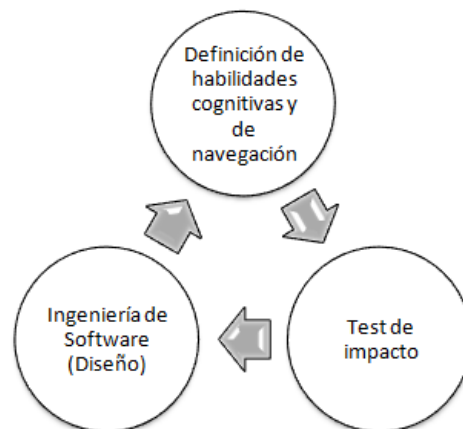


Figura 3.1: Proceso global iterativo. Fuente: (SÁNCHEZ, GUERRERO, *et al.*, 2009).

Habilidades cognitivas de navegación

En esta etapa se determinan las habilidades de O&M que se requieren apoyar: desarrollo perceptual, orientación espacial, motricidad, comunicación, conceptos básicos y técnicas de protección (GONZÁLEZ, MILLÁN e

RODRÍGUEZ, 2003). Esta etapa es fundamental para poder iniciar el proceso de desarrollo de las herramientas tecnológicas.

3.2 Evaluación de Impacto

Dada la naturaleza de los usuarios, es complejo trabajar con muestras muy grandes de usuarios ciegos; aún con un estudio de casos, lo que interesa es conocer la ganancia en términos de aprendizaje, es decir, en habilidades de O&M como resultado del uso de la aplicación (CAMPBELL e STANLEY, 2015).

Con base en esto, se siguen tres pasos: (1) Aplicación de un pre-test, midiendo el comportamiento del usuario previo a la intervención; (2) Aplicación de la intervención, esto es, haciendo uso del Sw para O&M; y (3) Aplicación de un pos-test, midiendo el comportamiento del usuario después de la intervención.

3.3 Ingeniería de Software

Esta etapa consta de cinco fases en las cuales se desarrolla el proyecto para la evaluación del producto final, ver Figura 3.2

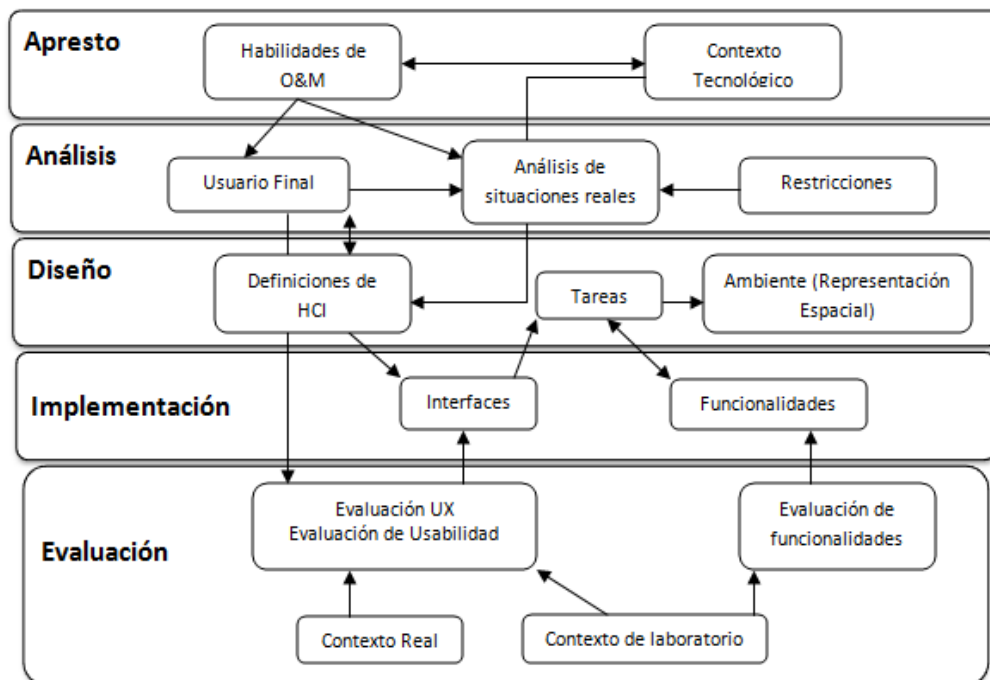


Figura 3.2: Modelo de desarrollo. Fuente: (SÁNCHEZ, GUERRERO, *et al.*, 2009).

En la fase de apresto se determina la factibilidad del desarrollo de la aplicación. La información relevante se obtiene en la etapa de Habilidades Cognitivas de

Navegación. En la segunda fase (fase de análisis) se realiza un análisis de los usuarios finales y se debe realizar una descripción del contexto físico en el cual el usuario utilizará el sistema.

Con base en la información recabada se procede a realizar la fase de diseño con la mejor solución al problema identificado. Una vez realizado el diseño se continua con la fase de implementación la cual consiste en desarrollar la solución diseñada en la fase anterior. Por último, se realiza la fase de evaluación, donde se valora la herramienta para solucionar posibles errores y modificar o mejorar el sistema.

Aplicación del método

4.1 Requerimientos

Los requerimientos del sistema están basados en las necesidades y experiencias de los usuarios ciegos y en las experiencias de los profesionales. Los requerimientos, relacionados con el diseño y la implementación de la guía propuesta son las siguientes:

1. Diseño Centrado en el usuario: la interfaz del usuario, así como la retroalimentación de la misma para con el usuario, deben ser adecuadas a las necesidades de los usuarios con discapacidad visual. Para esto se hace uso del diseño centrado en el usuario, basado en el estándar ISO 9241-210:2010.
2. Tecnología invisible: con esto se refiere a que el usuario debe poder trabajar con el sistema, sin necesidad de tener que aprender por largos periodos o tener experiencia en nuevas tecnologías.
3. Disponibilidad: el sistema debe poder estar disponible para los usuarios en cualquier momento y en cualquier lugar.
4. Usabilidad: el sistema al hacer uso de la guía debe ser simple y natural en lo posible.
5. Utilidad: el sistema debe apoyar a los usuarios con discapacidad visual al momento de trasladarse dentro de un entorno en específico.

Un dispositivo usable es fácil, conveniente, satisfactorio e invisible ya que permite que sea usado para el propósito para el cual fue diseñado utilizando la guía por parte de los desarrolladores.

De esta manera se permite que los usuarios finales interactúen con aplicaciones diseñadas específicamente para ellos haciendo uso de su dispositivo móvil y la realidad aumentada.

Caso de Estudio

Con base en los resultados obtenidos en la fase de apresto, se logró observar que al momento de desplazarse los usuarios suelen tener dificultades cuando se interponen ante ellos ciertos objetos o cuando deben tomar un nuevo camino debido a que la ruta que normalmente transitan se encuentra bloqueada.

Estas dificultades suelen darse debido a que los usuarios realizan sus recorridos haciendo uso principalmente de su exploración perimetral, es decir, que el usuario se mueve a través del contorno más cercano para poder llegar a un punto en específico, (LAHAV e MIODUSER, 2005). Los problemas que enfrentan los usuarios ciegos en un contexto móvil son diversos y dinámicos, lo que hace difícil tomar decisiones de rutas en un entorno cerrado principalmente.

Un modo de resolver este problema es que el usuario se logre desenvolver en un entorno cerrado haciendo uso de las técnicas de reloj, (KULYUKIN, GHARPURE, *et al.*, 2004).

Diseño

Se realizó el estudio de diferentes alternativas de *hardware*, *Sw* y metodologías para presentar la información.

Al iniciar con la realización de la aplicación, se utilizó una *tablet*, sin embargo, en el entorno real se utilizó un *Phablet* debido a su facilidad de manejo. Para validar esto, se tomaron en cuenta los comentarios de los usuarios siendo este

el más adecuado al ser un dispositivo no tan grande e invasivo, el cual pueden manipular libremente.

Para poder retroalimentar al usuario, se hizo uso de marcadores debido a su versatilidad de uso y portabilidad, los cuales son interpretados por el dispositivo móvil, proporcionando información al usuario a través del uso de TTS.

En la parte superior derecha de la Figura 4.1 se muestra el lugar donde se ubica el primer audio dentro de la UAA, el cual emite un mensaje de bienvenida y las instrucciones correspondientes para que el usuario pueda localizar el segundo marcador y así sucesivamente hasta llegar a su destino.



Figura 4.1: Imagen de recorrido desde la entrada norte y algunos marcadores QR

El proceso de entrega de direcciones está basado en un sistema horario al cual también se le conoce como técnicas de reloj, éste es usado para informar a los usuarios sobre direcciones específicas.

En este sistema, el usuario siempre está ubicado en dirección a las doce en punto (ver Figura 4.2). El sistema horario es una metáfora que se utiliza para indicar una cierta dirección y consiste básicamente en situar al usuario en el centro del reloj análogo o haciendo uso de uno de mesa con las características de un reloj para usuarios ciegos.

En cualquier caso, el usuario siempre está en dirección a las doce, de modo que si se quiere que el usuario vaya a la derecha, se le envía el mensaje "ve a

las tres"; para ir a la izquierda, "ve a las nueve" y para retroceder, "ve a las seis".



Figura 4.2: Se logra visualizar a un usuario realizando pruebas con la técnica de reloj

Con base en el estudio de distintas opciones como (1) el sistema de puntos cardinales y (2) el sistema de indicaciones rígidas (\uparrow , \downarrow , \rightarrow y \leftarrow) para orientar a los usuarios con discapacidad visual se llegó a la conclusión de hacer uso de la técnica de reloj debido a su capacidad de enviar mensajes adecuados a las necesidades de los usuarios, teniendo la libertad de poder realizar más movimientos en diagonal de manera que para el usuario sea fácil seguir la instrucción.

Desarrollo

El Sw fue implementado usando Android. Los marcadores utilizados fueron creados específicamente para el caso de estudio del proyecto utilizando el QR Code KAYWA. El dispositivo móvil usado fue un SAMSUNG GALAXY GT-N5110 con sistema operativo Android 4.2.22

El desarrollo del Sw involucró la creación de una interfaz de entrada (cámara), interfaz de salida (TTS) y el desarrollo de los marcadores.

La información que llega a través de la cámara del dispositivo es recibida a manera de asociar ésta con una cadena específica, ésta al ser identificada proporciona al usuario la distancia aproximada que deberá caminar hasta un punto específico, la dirección que debe seguir y los obstáculos fijos si es que

existen en su recorrido, todo esto en tiempo real sin necesidad de hacer uso de los datos del equipo móvil o la red Wi-Fi de la institución.

La interfaz de salida está compuesta principalmente por el TTS. El TTS responde a lo que detecta el dispositivo móvil, de modo que la única salida entregada al usuario consiste en distancias aproximadas, direcciones al punto de destino y los nombres de los puntos de destino, así como información necesaria para dirigirse a un encargado de algún sitio en particular.

Esta aplicación no le entrega al usuario una ruta en específico sino que el usuario debe decidir qué camino tomar para llegar al punto de destino. Esto se logra con base en la información recibida del primer marcador detectado en la entrada de la institución, éste proporciona información relevante de cómo está conformada la institución y los puntos específicos para iniciar el recorrido.

Impacto Cognitivo

4.5.1 Participantes

Para llevar a cabo las pruebas necesarias, es importante tomar en cuenta las características del usuario, de lo contrario los resultados podrían no ser favorables para las pruebas.

Los puntos más importantes a tomar en cuenta para el usuario son:

- Conocimientos básicos de O&M.
- Tener conocimiento de las técnicas de reloj.
- Hacer uso del bastón blanco.

Para las pruebas se utilizaron dos grupos experimentales, en donde el total de la muestra estaba constituido por trece personas; cabe mencionar que todos los participantes son ciegos (ver Tabla 4.1 y 4.2).

En la realización del proyecto, no se requirió un número mayor de participantes ya que se trató de un estudio exploratorio de factibilidad inicial de la aplicación de la guía propuesta para la interfaz.

Tabla 4.1 Datos generales de los participantes que forman parte del primer grupo experimental

Caso	Sexo	Edad	Grado de visión
1	Masculino	30	Ciego Total. Adquirido
2	Masculino	20	Ciego Total. Adquirido
3	Femenino	22	Ciego Total. Congénito
4	Masculino	44	Ciego Total. Congénito
5	Femenino	43	Ciego Total. Congénito

Tabla 4.2 Datos generales de los participantes que forman parte del segundo grupo experimental

Caso	Sexo	Edad	Grado de visión
6	Femenino	36	Ciego Total. Congénito
7	Masculino	57	Ciego Total. Adquirido
8	Masculino	48	Ciego Total. Congénito
9	Masculino	47	Ciego Total. Congénito
10	Masculino	37	Ciego Total. Adquirido
11	Femenino	24	Ciego Total. Congénito
12	Femenino	19	Ciego Total. Congénito
13	Masculino	36	Ciego Total. Adquirido

4.5.2 Instrumentos

Se hizo uso de cuatro tareas que sirvieron para evaluar al usuario final en aspectos cognitivos, los cuales son indispensables al momento de hacer uso de la aplicación.

4.5.2.1 Tareas cognitivas

Prueba de reloj. En esta prueba los usuarios son colocados en una maqueta manteniéndose de pie en el centro de la misma la cual simula un reloj de tamaño gigante. Utilizando su bastón, recorren cada una de las horas del reloj resaltadas con un relieve especial. En algunos casos se realiza esta misma prueba con una maqueta a escala, en donde el usuario utiliza sus manos para recorrer cada una de las horas marcadas en relieve con base en el sistema braille.

Entendimiento de las instrucciones. Al hacer uso de la aplicación los usuarios deben escuchar los audios proporcionados por la misma, al finalizar la prueba se les realizan una serie de preguntas con la finalidad de saber si se cubren o no sus necesidades con respecto a la información proporcionada.

Recorriendo un entorno real. En esta fase, el usuario hace uso del dispositivo en un entorno real, es decir, se coloca al inicio de la institución en la cual realizará el recorrido, proporcionándole al usuario información general de la institución e indicaciones para poder iniciar su recorrido y con esto llegar a su destino final.

Se debe observar cada detalle del recorrido realizado para registrar la información. Una vez que finaliza el recorrido y llega a su destino, se le realiza otro instrumento de evaluación acerca de su experiencia con el dispositivo móvil en el entorno real.

4.5.2.2 Pautas de evaluación

Se siguen distintos instrumentos con el objetivo de poder evaluar las actividades realizadas por los usuarios con discapacidad visual.

En un primer momento, se lleva a cabo la evaluación del mensaje en donde se definen cinco aspectos para poder evaluar el contenido del mismo.

A su vez, se realiza una autoevaluación en la cual se aplica un breve cuestionario a cada uno de los usuarios con relación a su desplazamiento y al audio recibido.

Y por último, se hace uso de las métricas de usabilidad y de tareas propuestas en (GROSSMAN, FITZMAURICE e ATTAR, 2009), para evaluar los problemas que presentan los usuarios, al momento de trasladarse haciendo uso de la aplicación.

4.5.2.3 Procedimiento

Dadas las características del trabajo las tareas propuestas se realizan en tres etapas. La primera se enfoca en escuchar los audios y evaluarlos, la misma se realizó dentro de la UAA y en el DIF Municipal de Aguascalientes.

La segunda etapa consistió en realizar una autoevaluación del usuario con respecto a las actividades que se le indicaron al iniciar el recorrido en el entorno real.

La tercera etapa se dividió en dos partes: la primera consistió en llevar a cabo las instrucciones que escuchaba el usuario en un entorno indistinto y la segunda en el entorno real. Las rutas que podía seguir fueron seleccionadas para los usuarios dentro de las instalaciones de la UAA comenzando por la entrada oriente de la institución.

En el caso de que el usuario tuviera algún problema cognitivo y fuera necesario realizar la actividad de la técnica de reloj, la misma se realizaba antes de comenzar a evaluar los audios del prototipo.

Resultados

Para evaluar el mensaje se tomaron en cuenta cinco aspectos considerados en (ROJAS RISCO, 1990) donde se evalúan la claridad del mensaje, la facilidad de seguir indicaciones y de recordarlas, el apoyo que brindan las mismas y la facilidad de reconocimiento.

En la Figura 5.1, se muestra una gráfica general de la evaluación de los mensajes en el primer grupo de usuarios. Ahí se logra observar que "en todos los casos" los audios presentados logran cumplir con cada uno de los puntos a evaluar; en cuanto a los resultados que se obtuvieron con 20% se tomarán en cuenta los comentarios de los usuarios para mejorar los mismos

HEURISTICAS DE EVALUACIÓN DEL MENSAJE



Figura 5.1 Gráfica de evaluación de los mensajes en general realizado por el primer grupo de usuarios con discapacidad visual.

Cabe mencionar que, de manera individual, los usuarios que tuvieron algún problema para entender el mensaje fueron aquellos que adquirieron la discapacidad y no están relacionados con aspectos como las técnicas de reloj al momento de recibir instrucciones.

De la misma manera se hicieron evaluaciones con los usuarios del segundo grupo. En los dos casos se obtuvieron resultados óptimos ya que para cada uno de los puntos evaluados, en todos los casos se obtuvo un porcentaje de más del 70%, lo cual indica que los mensajes pueden brindar el apoyo necesario a los usuarios con discapacidad visual al momento de recorrer un espacio *indoor*.

La autoevaluación se llevó a cabo sobre el desempeño en el desplazamiento de los usuarios, los puntos a evaluar fueron los mostrados en la Tabla 5.1, éstos se definieron tomando en cuenta algunos puntos tanto de los mensajes como de las métricas de las tareas.

Tabla 5.1: Puntos de autoevaluación de los usuarios

Logré comprender las instrucciones con claridez y fluidez
Logré cumplir con el objetivo
Pude identificar los lugares a mi alrededor
Logré regresar gracias a la reversibilidad a mi punto de partida
Logré identificar los puntos de referencia
Sé identificar los obstáculos a mi alrededor

Como resultado, si bien los logros no llegan al 100%, tampoco descienden del 80%-85% en general. En el caso del primer grupo, los rangos van del 80% al 100% y en el segundo del 75% al 100%.

Se observa que existe una pérdida de 5% en el segundo grupo, en particular al identificar obstáculos, esta pérdida se dio con respecto a los usuarios que no habían tenido experiencia al trasladarse dentro de un entorno desconocido sin un acompañante.

Por otra parte, las métricas que se utilizaron, fueron las propuestas en (GROSSMAN, FITZMAURICE e ATTAR, 2009), las cuales están basadas en el

desempeño de la tare**Tabla 5.2:** Métricas de tareas: Métricas basadas en el desempeño de las tareas (GROSSMAN, FITZMAURICE e ATTAR, 2009). Con base en estos resultados, es importante tomar en cuenta el perfil del usuario ya que de lo contrario se llegan a obtener resultados con un porcentaje bajo en algunas de las tareas, sin embargo, se logra apoyar a los usuarios con mensajes que son fáciles de entender y recordar.

	Usuarios	Porcentaje
T1. Porcentaje de usuarios que completaron la tarea de manera óptima	13	100%
T2. Porcentaje de usuarios que completaron la tarea sin ninguna ayuda	9	69%
T3. Capacidad para realizar tareas de manera óptima después de un determinado tiempo	12	92%
T4. Disminución de errores de tareas realizadas en un periodo de tiempo	12	92%
T5. Tiempo hasta que el usuario logra completar una tarea con éxito	13	100%
T6. Calidad del trabajo realizado durante una tarea	10	77%

Conclusiones

En este trabajo y con los resultados obtenidos, se logra comprobar que al seguir los pasos para el diseño de una interfaz móvil que hace uso de realidad aumentada como apoyo a personas con discapacidad visual los mensajes que reciben los usuarios, son factibles y fáciles de seguir, a su vez se toman en cuenta los comentarios realizados con el fin de mejorar la propuesta y así poder ofrecer al usuario final una mejor retroalimentación de la información proporcionada al momento de desplazarse dentro de una institución.

Se logró apoyar a los usuarios en sus tareas de O&M dentro de alguna institución a través de mensajes que proporcionan instrucciones adecuadas por medio de audio al implementar las mismas en una aplicación móvil que hace uso de realidad aumentada.

Los usuarios fueron muy receptivos a la solución propuesta una vez realizadas las pruebas respectivas con cada uno para evaluar el mensaje, de esta manera

se vieron motivados para hacer uso de la aplicación en un entorno real y estar seguros que no les causaría ninguna confusión.

Este estudio abre una nueva posibilidad sobre las formas en que se puede comunicar información de O&M a los usuarios ciegos en entornos reales haciendo uso de la tecnología. De esta manera se puede ir más allá de los puntos de referencia usados actualmente, tales como adelante, atrás, izquierda y derecha. Se puede comunicar más que eso, como las direcciones diagonales que permiten y podrán permitir que otro software futuro puede comunicar ubicaciones espaciales con una mejor cobertura del espacio usando la técnica de reloj.

Referencias

ÁLVAREZ, T.; GARCÍA, A.; SANCHÉZ, A. Hacia una metodología de interfaz móvil basada en audio para recorridos en interiores como apoyo a personas con discapacidad visual. In: LOPES VICTOR, S.; MARTINS DE OLIVEIRA, I. **Educação Especial na Perspectiva da Educação Inclusiva: concepções e práticas educativas**. Vitoria: ABPEE, v. I, 2016. p. 178.

ANDROID. Android Developers, 2009. Disponível em: <<https://developer.android.com/design/get-started/principles.html>>. Acesso em: Junho 2016.

APPLE. iOS Human Interface Guidelines, 2016. Disponível em: <<https://developer.apple.com/ios/human-interface-guidelines/>>. Acesso em: Junho 2016.

CAMPBELL, D.; STANLEY, J. **Experimental and quasi-experimental designs for research**. [S.I.]: Ravenio Books, 2015.

GIUDICE, N. A.; LEGGE, G. E. Blind navigation and the role of technology. **Engineering handbook of smart technology for aging, disability, and independence**, 2008. 479-500.

GONG, J.; TARASEWICH, P. **Guidelines for Handheld Mobile Device Interface Design**. Proceedings of DSI 2004 Annual Meeting. [S.I.]: [s.n.]. 2004. p. 3751-3756.

GONZÁLEZ, F.; MILLÁN, L.; RODRÍGUEZ, C. Orientación y Movilidad. **Apuntes del curso “Psicomotricidad, y Orientación y Movilidad para la persona con discapacidad visual”, VII semestre Trastornos de la visión, Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación. Sin numeración, 2003.**

GROSSMAN, T.; FITZMAURICE, G.; ATTAR, R. **A survey of software learnability: metrics, methodologies and guidelines.** Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems. [S.l.]: ACM. 2009. p. 649-658.

JOKELA, T. et al. **The standard of user-centered design and the standard definition of usability: analyzing ISO 13407 against ISO 9241-11.** Proceedings of the Latin American conference on Human-computer interaction. [S.l.]: ACM. 2003. p. 53-60.

KULYUKIN, V. et al. RFID in robot-assisted indoor navigation for the visually impaired. In: **IEEE Intelligent Robots and Systems, 2004.(IROS 2004). Proceedings. 2004 IEEE/RSJ International Conference on.** [S.l.]: [s.n.], v. 2, 2004. p. 1979-1984.

LAHAV, O.; MIODUSER, D. Blind persons' acquisition of spatial cognitive mapping and orientation skills supported by virtual environment. **International Journal on Disability and Human Development**, 4, n. 3, 2005. 231-238.

LAYAR. LayAR, 2009. Disponível em: <<https://www.layar.com/>>. Acesso em: Junho 2016.

ORCAM. OrCAM, 2010. Disponível em: <<http://www.orcam.com/>>. Acesso em: Junho 2016.

PAPAGIANNAKIS, G.; SINGH, G.; MAGNENAT-THALMANN, N. A survey of mobile and wireless technologies for augmented reality systems. **Computer Animation and Virtual Worlds**, v. 19, n. 1, p. 3-22, 2008.

ROENTGEN, U. R. et al. Inventory of electronic mobility aids for persons with visual impairments: A literature review. **Journal of Visual Impairment & Blindness**, 102, n. 11, 2008. 702.

ROJAS RISCO, D. Redacción comercial estructurada. **McGraw-Hill**, México, 1990.

SÁNCHEZ, J. et al. Modelo de desarrollo de aplicaciones móviles basadas en videojuegos para la navegación de personas ciegas. **Proc. XIV Taller Internacional de Software Educativo (TISE)**, 13, n. 2, 2009. 177-187.

VAZQUEZ-BRISENO, M. et al. Using RFID/NFC and QR-code in mobile phones to link the physical and the digital world. **Interactive Multimedia. Dr. Ioannis Deliyannis (Ed.) InTech**, 2012. 219-242.

WIKITUDE. Wikitude App, 2009. Disponível em: <<http://www.wikitude.com/app/>>. Acesso em: Junho 2016.