

Año 15, número 29, septiembre 2025 – febrero 2026

Accesibilidad de aplicaciones móviles para personas con discapacidad visual: integración de la evaluación heurística en el diseño inclusivo

Accessibility of Mobile Applications for Visually Impaired People: Integration of Heuristic Evaluation in Inclusive Design

Hugo Ángeles Gonzalez*

<https://orcid.org/0000-0001-8890-5706>

Universidad Politécnica de Tulancingo, México

Rodrigo Olivares Ordenes**

<https://orcid.org/0000-0003-0582-954X>

Universidad de Valparaíso, Chile

Francisca Angélica Elizalde Canales**

<https://orcid.org/0000-0003-4318-2126>

Universidad Politécnica de Tulancingo, México

[Recibido: 06/12/2024 - Aceptado para su publicación: 09/06/2025]

DOI: <http://dx.doi.org/10.32870/Pk.a15n29.919>

Resumen

El presente artículo tiene como objetivo dar cuenta del proceso de implementación de una aplicación móvil inclusiva destinada a personas con discapacidad visual, orientada a facilitar la realización de transacciones bancarias de manera accesible, rápida y sencilla. Dado el estatus de internet como recurso de información vital, los servicios en línea accesibles y utilizables pueden ayudar a las personas con capacidades diferentes a aprovechar al máximo los servicios financieros presentados para satisfacer sus necesidades básicas. Esta aplicación se desarrolló con un enfoque en la accesibilidad, utilizando herramientas y técnicas específicas para garantizar su usabilidad por parte de usuarios con diferentes niveles de discapacidad visual. Se utilizó la SUS (System

Palabras clave:

Discapacidad visual, aplicación móvil, transacciones, accesibilidad

Usability Scale) para medir la satisfacción y usabilidad de la aplicación y se realizaron pruebas con usuarios con discapacidad visual. Los resultados muestran que 80% de los participantes calificaron la aplicación como aceptable con puntuación mayor a 68 en la escala SUS, lo cual indica buena aceptación y usabilidad de la herramienta.

Abstract

The present article aims to document the implementation process of an inclusive mobile application designed for people with visual disabilities, intended to facilitate the execution of banking transactions in an accessible, fast, and straightforward manner. Due the status of the Internet as a vital information resource, accessible and usable online services can help people with disabilities make the most of the financial services available to meet their basic needs. This application was developed with a focus on accessibility, using specific tools and techniques to ensure its usability by users with varying levels of visual impairment. The System Usability Scale (SUS) was used to measure user satisfaction and application usability, and tests were conducted with visually impaired users. Results show that 80% of participants rated the application as acceptable with scores above 68 on the SUS, indicating good acceptance and usability of the tool.

Keywords: Visual impairment, mobile application, transactions, financial services, accessibility

Introducción

Internet se ha convertido en una herramienta poderosa y una fuente clave de información que conecta a las personas y facilita su vida cotidiana. En la actual era de los dispositivos móviles y las aplicaciones, el uso generalizado de estas herramientas digitales exige que quienes las diseñan y desarrollan consideren la diversidad de las personas usuarias, adaptando sus productos a distintas necesidades y contextos de uso.

Un grupo particularmente relevante dentro de la población usuaria es el de las personas con discapacidad visual. De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud existen aproximadamente 2.2 mil millones de personas con esta condición en todo el mundo (Fricke et al., 2018; Organización Mundial de la Salud [OMS], 2020; Burton, 2022). La discapacidad visual afecta gravemente la calidad de vida de la población joven y adulta a nivel personal, lo cual resulta en menores tasas de empleo y mayores tasas de depresión y ansiedad, así como una enorme carga económica global, ya que se estima que la pérdida anual de productividad asciende a alrededor de 411 mil millones de dólares, según la Organización Mundial de la Salud (WHO, 2023) a nivel mundial en paridad de poder adquisitivo. Esta cifra supera ampliamente el déficit en los costos que se incurrirán para satisfacer las necesidades no atendidas en este ámbito. Es un número considerable para tener en cuenta al desarrollar nuevas aplicaciones móviles.

El trabajo se llevó a cabo con el objetivo de diseñar y desarrollar una aplicación móvil para personas con discapacidad visual y baja visión en la población mexicana. La aplicación hasta ahora no la ofrecen las demás instituciones bancarias en el país. De manera que las personas con limitaciones visuales puedan acceder fácilmente a la

tecnología, sentirse incluidas en la sociedad y, en este caso, realizar operaciones bancarias de forma fácil y conveniente.

Se realizó una investigación inicial al grupo objetivo para entenderlos y saber: ¿Cuál es su posición respecto de la tecnología? ¿Cómo gestionan sus cuentas bancarias? ¿Qué esperan de una aplicación con este propósito? El proyecto se basó en diversas definiciones de discapacidad, discapacidad visual y baja visión, ampliando el alcance de las herramientas y dispositivos que se han desarrollado para esta población con el fin de mejorar su calidad de vida.

Las personas con baja visión en México, según datos del censo 2020 realizado por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2020), representan 16.5% de la población del país (Hernández, 2021). Según datos preliminares de este censo, las personas con discapacidad visual representan aproximadamente 61% de la población total con discapacidad. Estamos hablando de 12,727,653 personas con discapacidades visuales (Senjam y Primo, 2022). La Figura 1 muestra los tipos de discapacidades más comunes en México.

Figura 1. Discapacidades por porcentaje México. INEGI



Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).

A nivel mundial, hay más de mil millones de personas que necesitan uno o más productos o dispositivos de asistencia. Sin embargo, solo uno de cada diez tiene acceso a estos productos, lo cual impide que muchos disfruten de los niveles de inclusión y de participación a los que tienen derecho. Las finanzas digitales inclusivas involucran a aquellos que están excluidos involuntariamente del uso de los servicios financieros tradicionales, aumentando el nivel de inclusión en el sistema financiero y fomentando el crecimiento económico del país (Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI]). Este trabajo destaca la importancia de desarrollar tecnologías inclusivas que promuevan la autonomía y participación de las personas con discapacidades visuales y discute los desafíos encontrados durante el desarrollo de la aplicación, así como posibles mejoras futuras, incluyendo la adaptación para otros sistemas operativos como iOS.

Estado del Arte

Se estima que aproximadamente 36 millones de personas en todo el mundo tienen discapacidades visuales. Este número aumenta a diario, aunque los avances en la tecnología han transformado drásticamente sus vidas en las últimas décadas. Estos avances les ayudan a lograr educación y empleo junto con sus actividades cotidianas. Sin embargo, aún existen desafíos significativos, debido a la inaccesibilidad en el diseño de los sistemas digitales (Ackland, Resnikoff & Bourne, 2017; Hussain & Omar, 2020).

Darín realizó un estudio de usabilidad para evaluar cómo un entorno virtual multimodal interactivo puede ayudar a las personas con discapacidad visual a aprender mejor (Darín, Andrade & Sánchez, 2022). Sarsenbayeva destaca, de manera prominente, la importancia de la investigación sobre accesibilidad, especialmente en el ámbito de la interacción humano-computadora y enfatizan claramente la relevancia y evolución de esta investigación sobre accesibilidad (Sarsenbayeva et al., 2023).

Los avances tecnológicos han tenido un impacto significativo en la accesibilidad de la información para las personas con discapacidad visual (Manirajee et al., 2024). La adopción generalizada de teléfonos inteligentes, aplicaciones móviles e internet ha facilitado el acceso instantáneo y directo a una amplia gama de información para las personas con discapacidad (Damaceno, Braga y Mena-Chalco, 2018). Un estudio sobre la accesibilidad de dispositivos móviles para personas con discapacidad visual identificó 68 problemas de accesibilidad y propuso 28 recomendaciones para mejorar la accesibilidad de los dispositivos móviles (Bartosínska, 2024).

El análisis identificó problemas como la dificultad para escribir en el teclado y las interacciones basadas en gestos. Para abordar estos problemas, se han desarrollado nuevas tecnologías para ofrecer una experiencia sin complicaciones a las personas con discapacidad visual. Otra encuesta realizada en 2019 mostró que las personas con estas condiciones habían reemplazado las ayudas visuales tradicionales con dispositivos convencionales como teléfonos inteligentes o tabletas (Scott, 2023).

Los estudios han demostrado que las aplicaciones especiales son útiles 95.4% del tiempo y accesibles 91.1% para las personas con discapacidad visual (Darín, Andrade y Sánchez, 2022). A través de lectores de pantalla, las personas con discapacidad visual pueden usar parcialmente diferentes aplicaciones no específicamente diseñadas para ellas como aplicaciones de e-learning, aplicaciones de pago en línea o aplicaciones de entretenimiento y recreación como juegos móviles, YouTube e Instagram (Martiniello, Eisenbarth, Lehane, Johnson & Wittich, 2022).

Sin embargo, aún hay margen para hacer que el mundo digital actual sea más fácil de usar, eliminando las dificultades de adaptación y uso para las personas con discapacidad visual. La principal conclusión de todos los estudios y análisis ha ayudado a desarrollar aplicaciones especiales para personas con discapacidad visual que las

asistan en sus rutinas diarias, pero también revela varias áreas de oportunidad (Griffin-Shirley, Banda, Ajuwon, Cheon, Lee, Park & Lyngdoh, 2017; Martiniello, Eisenbarth, Lehane, Johnson & Wittich, 2022; Baser & Kamali-Arslantas, 2024).

Motivación

México tiene una población significativa de personas con discapacidades visuales, con un tercio de la población total residiendo en el país. Se ha observado que las personas con discapacidad visual a menudo no son consideradas en el diseño de aplicaciones, lo cual crea barreras para acceder a servicios necesarios e importantes para ellas. Sin embargo, el creciente uso de las transacciones financieras tiene el potencial de proporcionar una experiencia sin complicaciones para las personas al realizar tareas diarias.

Las personas con discapacidad visual tienen requisitos únicos al interactuar con la interfaz de una aplicación para smartphones para su uso eficiente. Se han identificado los desafíos que enfrentan las personas con discapacidad visual al utilizar aplicaciones móviles (Scott, 2023). La creciente complejidad e innovación en el diseño de las interfaces de aplicaciones para smartphones puede confundir a las personas usuarias con discapacidad visual. Uno de estos desafíos, asociados con las aplicaciones móviles, es la falta de una interfaz estándar, lo cual genera diversos problemas de accesibilidad en las diferentes aplicaciones móviles.

Se debe seguir un enfoque centrado en el usuario para desarrollar aplicaciones móviles accesibles que deben ser adecuadamente probadas y evaluadas por usuarios con discapacidad visual. Para abordar esto, resulta necesario realizar un estudio de usabilidad de la aplicación móvil para identificar y resolver los problemas de diseño y mejorar la accesibilidad para la población con discapacidad visual. Esto permite que las personas con discapacidad visual accedan más fácilmente a los beneficios de las transacciones digitales, lo que resultará en una mejor calidad de vida (Damaceno, Braga & Mena-Chalco, 2018).

Método

Para llevar a cabo esta investigación se siguió una metodología que permitió alcanzar los resultados esperados, asegurando la implementación de la solución propuesta y cumpliendo con los objetivos establecidos. La metodología de investigación proporcionó las herramientas y apoyo necesarios para el objetivo de este estudio, optimizando las estrategias utilizadas.

Se empleó una combinación de métodos deductivos e inductivos, de los cuales se seleccionaron los puntos más relevantes y adecuados para esta investigación. Parte del

método deductivo es la validez de la generalización que depende de la cantidad y calidad de los hechos observados y se utiliza principalmente para explorar fenómenos desconocidos e identificar patrones y regularidades. El método deductivo utiliza la deducción lógica para llegar a una conclusión particular y se aplica principalmente en la formulación de teorías y la resolución de problemas específicos. El desarrollo de esta aplicación tecnológica se basó en un enfoque de investigación exploratoria, mediante el cual se analizaron las problemáticas reales enfrentadas por la población objetivo. A partir de los hallazgos obtenidos se diseñaron interfaces orientadas a optimizar la accesibilidad para las personas usuarias con discapacidad visual.

Para el desarrollo de la aplicación se implementó la metodología ágil Desarrollo Adaptativo de Software (ASD, por sus siglas en inglés), la cual proporciona un enfoque eficaz y eficiente en cada una de sus fases, permitiendo desarrollar y adaptar mejoras continuas orientadas a la accesibilidad. Aunque la metodología utilizada permitió abordar las necesidades actuales de la población objetivo, futuros estudios podrían incorporar metodologías prospectivas que anticipen escenarios de uso y promuevan intervenciones adaptativas a largo plazo, en favor de una mejora continua de la accesibilidad digital.

Desarrollo de software adaptativo

El ASD es un marco ágil para la creación de software, desarrollado a principios de la década de 1990 por los gerentes de proyectos Jim Highsmith y Sam Bayer. Esta metodología se basa en el enfoque de Desarrollo Rápido de Aplicaciones (RAD) y representa una evolución más dinámica e interactiva del marco de Desarrollo Ágil de Aplicaciones Rápidas (Than, 2022; GfG, 2024).

Especulación

Fase en la cual se inicia el proyecto y se lleva a cabo la planificación. El plan del proyecto utiliza información de la iniciación del proyecto, los requisitos del proyecto y las necesidades del usuario para definir el conjunto de ciclos de lanzamiento deseados para el proyecto.

Colaboración

Es la fase más compleja, donde los trabajadores necesitan estar motivados. Implica colaboración en la comunicación y trabajo en equipo, pero pone más énfasis en el trabajo individual, ya que la creatividad individual juega un papel crucial en el pensamiento creativo. Debe haber suficiente confianza entre los miembros del equipo para ofrecer críticas sin animosidad, brindar ayuda sin resentimientos, trabajar lo más duro posible, poseer un conjunto de habilidades y comunicar problemas para encontrar soluciones efectivas.

Aprendizaje

La fase de aprendizaje es la tercera etapa del ciclo adaptativo de desarrollo de software. En esta etapa, el equipo reflexiona sobre lo que ha ocurrido durante el ciclo de desarrollo, con el fin de identificar qué funcionó bien, qué falló, qué puede mejorarse y qué nuevas necesidades o riesgos han surgido. Objetivos principales de la fase de aprendizaje son:

- Extraer conocimiento de la experiencia acumulada durante la iteración.
- Ajustar procesos, prácticas o requerimientos para los siguientes ciclos.
- Promover una cultura de mejora continua basada en la evidencia.
- Generar retroalimentación, tanto técnica como del cliente o usuario.

Heurísticas de usabilidad

Para asegurar la usabilidad y una experiencia satisfactoria para las personas usuarias se implementaron los principios de Jakob Nielsen, experto reconocido en el campo de la usabilidad. Estos principios han sido fundamentales para mejorar la calidad de la interacción entre las personas y los entornos digitales (Nielsen, 2024). Según Jakob Nielsen, las siguientes heurísticas de usabilidad guían el diseño de interfaces de usuario (Aela, 2022).

Visibilidad del estado del sistema

El acto de hacer visibles los elementos y estructuras del sistema para que el usuario tenga conciencia del contexto. El sistema siempre debe mantener informadas a las personas usuarias sobre aquello que sucede mediante comentarios adecuados dentro de un tiempo razonable.

Una coincidencia entre el sistema y el mundo real

El sistema debe hablar el idioma de las personas usuarias con palabras, frases y conceptos que les sean familiares. Evite el uso de jerga técnica u orientada al sistema. Es vital seguir las convenciones del mundo real, haciendo que la información aparezca en un orden natural y lógico.

Control y libertad del usuario

En ocasiones, las personas usuarias pueden realizar acciones dentro de una aplicación que no tenían intención de realizar. Cuando un usuario comete un error necesitará una "salida de emergencia" marcada sin largos diálogos ni explicaciones. Las aplicaciones móviles deben admitir funciones de deshacer y rehacer.

Utilice estándares de coherencia

La coherencia es un principio esencial dentro del diseño centrado en la experiencia de usuario (UX, por sus siglas en inglés), ya que contribuye a reducir la confusión y a facilitar

la interacción con las interfaces digitales. En este sentido, resulta fundamental utilizar elementos estándar provenientes de otras aplicaciones reconocidas sin descuidar la uniformidad en la apariencia y funcionamiento general del sistema. Este principio incluye consistencia visual, consistencia funcional y consistencia externa. Los tipos de letra, fuentes, botones y etiquetas deben ser uniformes. Los elementos interactivos deben funcionar de manera predecible en todas las partes de su aplicación, y sus decisiones de diseño deben ser consistentes en múltiples productos.

Prevención de errores

Incluso mejor que buenos mensajes de error es un diseño cuidadoso que evite que ocurra un problema en primer lugar. Elimine las condiciones propensas a errores o verifique y presente a las personas usuarias una opción de confirmación antes de comprometerse con una acción.

Reconocimiento en lugar de recuerdo

Minimiza la carga cognitiva del usuario, haciendo visibles objetos, acciones y opciones. El usuario no debería tener que recordar información de una parte de la aplicación a otra. Las instrucciones para el uso del sistema deben ser visibles o fácilmente accesibles cuando sea apropiado.

Flexibilidad y eficiencia de uso

Los accesos directos, invisibles para quienes se inician en el uso del sistema suelen facilitar una interacción más ágil para las personas con mayor experiencia. Esto permite que la aplicación se adapte, tanto a personas usuarias expertas como a aquellas con menor familiaridad. Además, se recomienda permitir la personalización de acciones frecuentes para optimizar la experiencia de uso.

Diseño estético y minimalista

Las pantallas no deben contener información que sea irrelevante o que rara vez se necesite. Cada unidad adicional de información en una pantalla compite con las unidades de información relevantes y disminuye su visibilidad relativa.

Manejo de errores

El manejo de errores tiene un impacto considerable en la UX. Un mal manejo de errores junto con mensajes de error poco claros también puede causar frustración y empujar al usuario a abandonar una aplicación. Nunca asuma que un usuario tiene suficientes conocimientos tecnológicos como para descubrir errores. Informe siempre a las personas usuarias lo que está mal en un lenguaje sencillo y conciso. Cada mensaje de error debe indicar:

- Qué salió mal y posiblemente por qué.
- Qué pasos debe seguir el usuario para solucionar el problema.

Ayuda y documentación

Si bien siempre es mejor interactuar con un sistema sin documentación, puede ser necesario proporcionar ayuda y documentación. Cualquier información de este tipo debe ser accesible para realizar búsquedas, centrarse en tareas específicas, enumerar los pasos concretos que se deben llevar a cabo y no ser demasiado extensa.

Diseño

El diseño de este proyecto consta de un enfoque inclusivo y accesible que permite garantizar que todas las personas usuarias, independientemente de sus debilidades visuales, puedan interactuar plenamente y con satisfacción en el uso de la aplicación móvil. Es de gran importancia que en la generación de proyectos se tengan en cuenta las necesidades de las personas con debilidad visual, así como cada etapa involucrada en el diseño del proyecto inclusivo.

De inicio es primordial comprender las variantes de la debilidad visual que puede manifestarse y llegar a causar afectaciones a las personas. De acuerdo con la literatura investigada las más comunes son la ceguera total, baja visión, o condiciones visuales específicas. El diseño de este proyecto implica el uso de prácticas de diseño y principios de usabilidad propuestos por Jakob Nielsen, donde la información debe presentarse en formatos legibles y accesibles para proporcionar una comunicación clara y comprensible. Además, se debe hacer el correcto uso de la combinación de colores para aspectos de usabilidad y comodidad.

Objetivos del diseño:

- Diseñar una interfaz de configuración que permita a cada persona usuaria seleccionar la opción visual que mejor se adecue a sus necesidades.
- Guardar en memoria la configuración elegida para mantenerla en futuros ingresos a la aplicación.
- Aplicar los principios de accesibilidad de forma flexible en todos los componentes de la aplicación.
- Seleccionar una tipografía inclusiva que se adapte adecuadamente y mejore la experiencia visual de las personas usuarias.

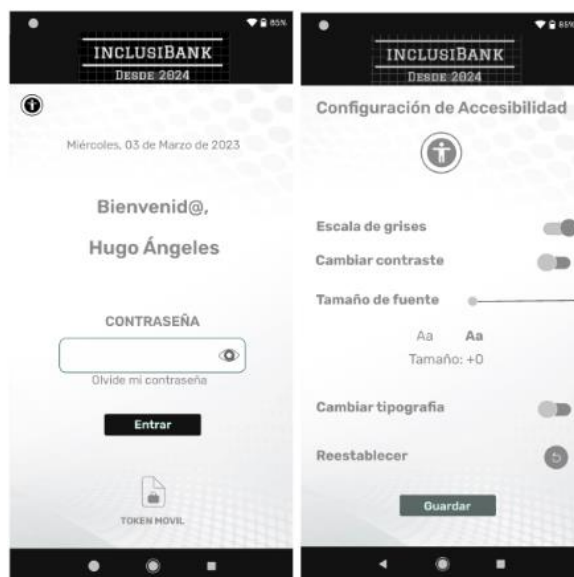
Después de realizar el análisis de las diversas debilidades visuales se determina implementar el diseño para las interfaces mediante la herramienta de diseño Figma.

Desde la interfaz del inicio de sesión se coloca un botón con el icono general de accesibilidad para el acceso a la interfaz de configuración, donde el usuario tendrá las opciones para aplicar la que mejor se adapte a su debilidad visual como se muestra en la Figura 2 opción a, y en la opción b se visualiza la interfaz de configuración de accesibilidad con las opciones configurables. Para finalizar la configuración resulta necesario que el usuario guarde los ajustes, utilizando el botón Guardar. Esto garantiza que, en futuros usos de la aplicación, la configuración seleccionada se aplica automáticamente.

Desarrollo del Proyecto

Según las estadísticas consultadas sobre el uso de los diversos sistemas disponibles en el mercado, se encuentra que la mayoría de la población posee un dispositivo móvil con el sistema operativo Android. Para el desarrollo de la aplicación, se eligió el Framework React Native que es uno de los más populares y utilizados por las grandes empresas para el desarrollo de aplicaciones. Además, es de código abierto y tiene una gran comunidad de desarrolladores (BasuMallick, 2024).

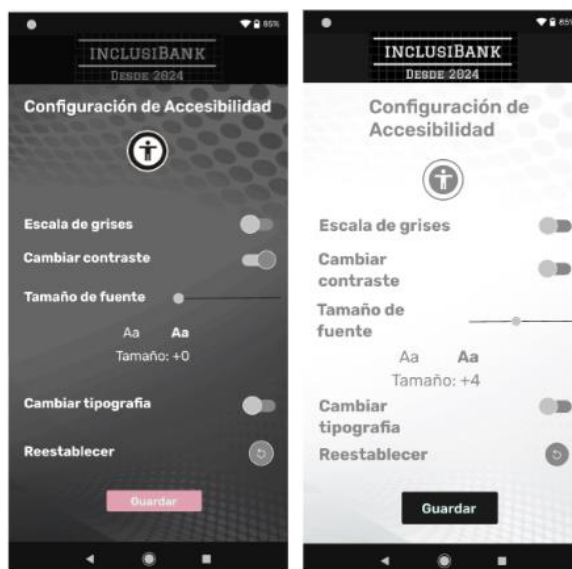
Figura 2. Opción (a) y (b) la interfaz de configuración de accesibilidad con las opciones disponibles.



a). Acceso. b). Configuración.

Fuente: elaboración propia.

Figura 3. Configuración de accesibilidad.



a). Cambio de contraste. b). Escala de grises.

Fuente: elaboración propia.

React Native proporciona un entorno de desarrollo confiable y rápido, ya que permite la creación de aplicaciones móviles nativas, tanto para los sistemas operativos iOS como Android. De esta manera, se puede obtener una aplicación híbrida y, si es necesario en el futuro, se puede desarrollar una versión para el sistema operativo iOS (Editor, 2020).

En cuanto a la organización del proyecto se utilizó el patrón de arquitectura de *software* Modelo-Vista-Controlador (MVC), que ayuda a separar la lógica de la aplicación de la interfaz de usuario, facilitando el mantenimiento y la escalabilidad. La aplicación interactúa con APIs alojadas en un servidor Nginx, donde ocurren los intercambios de datos para cada cliente. Al depender de la operación que se esté realizando desde la aplicación, toda la información transmitida a este servidor es cifrada utilizando AES con *padding pkcs7* con un algoritmo de 128 bits y un token de autenticación, garantizando la integridad y la seguridad de la información.

React Native utiliza el paradigma de construcción de componentes de UI (componentes visuales con los que el usuario interactúa). Para asegurar la usabilidad y accesibilidad se implementaron archivos de estilo, donde, dependiendo de la configuración establecida por el usuario, el archivo correspondiente se aplica a la aplicación. Estos archivos contienen configuraciones para colores, tipo y tamaño de fuente, e incluyen funciones programadas para integrar asistencia auditiva si el dispositivo lo permite. La herramienta solo se aplica durante las transacciones, cuando esté activa el usuario escucha una confirmación de voz de la transferencia, mencionando

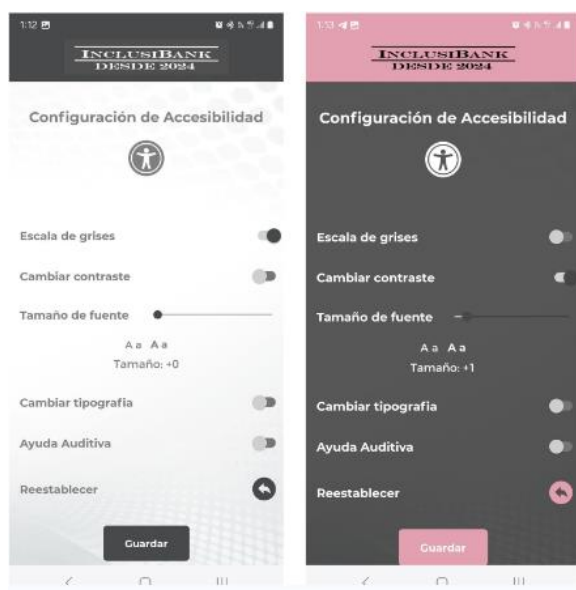
el monto a transferir y el beneficiario de la transacción. Esto afirma que el usuario pueda tener confianza en que los datos ingresados son correctos para completar la transacción.

Pantallas en un dispositivo real

Durante el desarrollo de la aplicación cada una de las interfaces fue probada, utilizando emuladores y dispositivos físicos para implementar el diseño inclusivo y las funciones correspondientes, así como para asegurar el correcto funcionamiento en diversos dispositivos. Muestra una captura de pantalla de las interfaces de configuración de accesibilidad, con la opción a mostrando el modo escala de grises activado y la opción b mostrando el contraste activado.

Como característica auditiva, esta opción se agrega a la configuración, donde se habilita dependiendo de si el dispositivo lo soporta y tiene la herramienta instalada, considerando que solo está disponible para el idioma español. Muestra algunas opciones de accesibilidad, con la opción "a" mostrando la función de asistencia auditiva activada y la opción b mostrando la opción de cambio de fuente.

Figura 4. Configuración de accesibilidad.



a). Escala de grises. b). Cambio de contraste.

Fuente: elaboración propia.

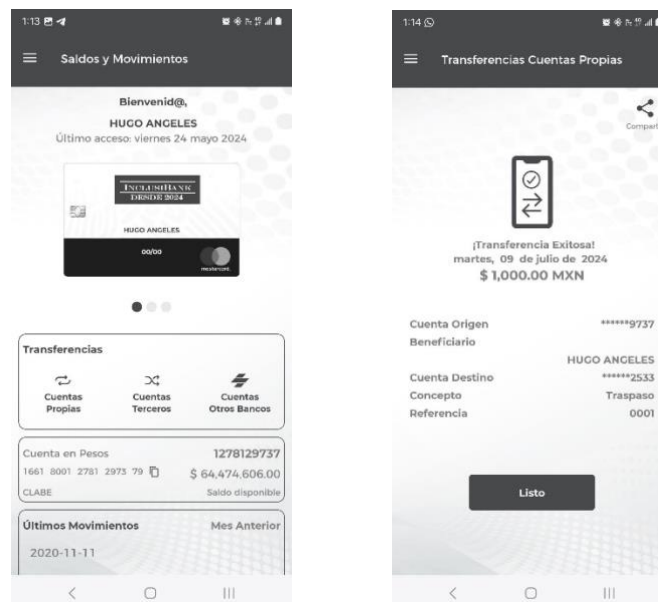
Figura 5. Configuración de accesibilidad.



a). Asistencia auditiva. b). Cambio de fuente.

Fuente: elaboración propia.

Figura 6. Saldos y transferencias.



a). Saldos. b). Transferencia exitosa.

Fuente: elaboración propia.

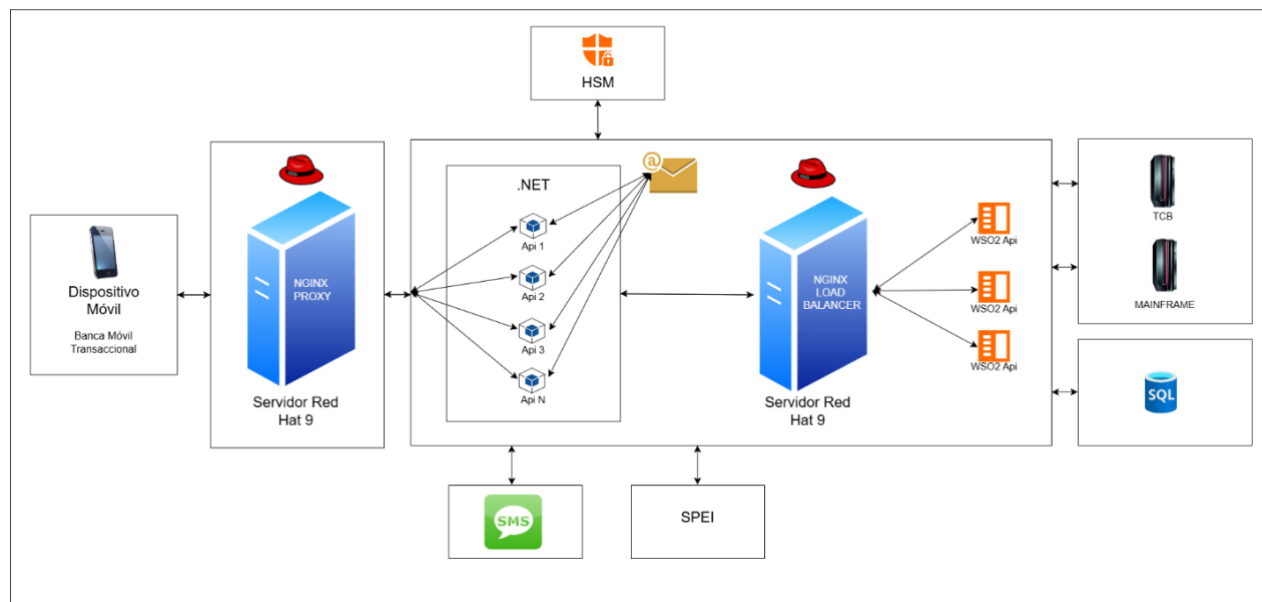
En la Figura 6, la opción a muestra el inicio de sesión de la aplicación con la configuración aplicada en las opciones de saldo, y la opción b muestra el resultado de la interfaz después de realizar una transferencia.

En la aplicación móvil, se debe implementar cifrado, tanto en reposo como en tránsito. Esto significa que los datos almacenados en el dispositivo están cifrados para evitar el acceso no autorizado en caso de pérdida o robo del dispositivo. Además, cualquier dato transmitido entre la aplicación y los servidores remotos está protegido a través de protocolos de cifrado como HTTPS, junto con el cifrado de la información del usuario. La arquitectura que contiene estos componentes se muestra en la Figura 7. Esta muestra la arquitectura de la aplicación móvil en conjunto con los servicios que consume.

Experimentación

Esta sección aborda los puntos realizados para la experimentación en la aplicación móvil, donde el objetivo principal es determinar el grado de accesibilidad y usabilidad con el que la aplicación mejora la experiencia y el uso del usuario (Griffin-Shirley, Banda, Ajuwon, Cheon, Lee, Park, & Lyngdoh, 2017; Adobe, 2021; Abstracta, 2022).

Figura 7. Arquitectura de la aplicación.



Fuente: elaboración propia.

Las pruebas de usabilidad de la aplicación móvil se realizaron con un total de trece personas que apoyaron en la prueba de la aplicación. Según Nielsen los errores comienzan a repetirse con cinco usuarios, por lo cual diez fueron suficientes para determinar la usabilidad de la aplicación (Nielsen, 2000). Las personas que probaron la

aplicación tienen entre 18 y 53 años, con 69.2% utilizando gafas. La mayoría de ellos tiene miopía (61.5%), seguida de astigmatismo (38.5%).

Diseño de la experimentación

La definición de experimentación es tan importante como el análisis heurístico, ya que define el alcance, el cual estará limitado a ciertas interfaces de la siguiente manera:

- Configuración de accesibilidad
- Inicio de sesión
- Saldos
- Transferencias a cuentas (Propias, Terceros, Otros Bancos)
- Token móvil
- Ayuda
- Acerca de

Tabla 1. Características de las personas usuarias que probaron la aplicación móvil.

Usuario	Edad	Discapacidad visual
1	53	Daltonismo, miopía
2	34	Hipermetropía
3	27	Miopía, astigmatismo
4	38	Miopía
5	23	Miopía
6	29	Miopía
7	26	Miopía
8	19	Daltonismo
9	48	Presbicia
10	19	Astigmatismo
11	18	Miopía
12	22	Miopía
13	38	Miopía

Fuente: elaboración propia

Interfaces donde se puede probar eficazmente la accesibilidad, ya que se anticipa que serán las interfaces con mayor demanda por parte del usuario. La aplicación móvil fue distribuida a cada una de las personas usuarias de prueba para que instalaran la APP en sus propios dispositivos móviles. Los pasos para cada usuario de prueba, después de instalar la aplicación, consistieron en otorgar los permisos

necesarios requeridos por el dispositivo, luego configurar la mejor opción de accesibilidad y navegar por las opciones disponibles.

Instrumento de recolección de datos.

Una vez completada la prueba de la aplicación, resulta necesario que las personas usuarias de prueba respondan al siguiente cuestionario compuesto por diez preguntas propuestas por el SUS (System Usability Scale), donde las respuestas se califican del 1 al 5 en una escala de Likert (Aditama y Prisma, 2023; Guerci, 2023). Estos parámetros se utilizan para medir la facilidad y efectividad con las cuales las personas pueden alcanzar sus objetivos, utilizando la aplicación:

1. Me gustaría usar esta aplicación con frecuencia.
2. Encontré que la aplicación era innecesariamente compleja.
3. Pensé que la aplicación era fácil de usar.
4. Creo que necesitaría soporte técnico para usar esta aplicación.
5. Encontré que las diversas funciones de esta aplicación estaban bien integradas.
6. Pensé que había demasiada inconsistencia en esta aplicación.
7. Imagino que la mayoría de las personas aprendería a usar esta aplicación muy rápidamente.
8. Encontré que la aplicación era muy difícil de usar.
9. Me sentí muy confiado al usar la aplicación.
10. Necesité aprender muchas cosas antes de usar esta aplicación.

Las respuestas fueron calificadas del 1 al 5 para cada una de las afirmaciones anteriores:

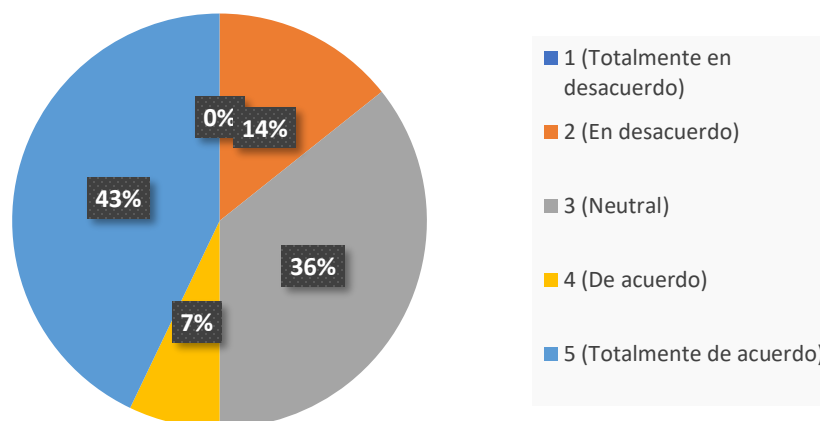
- a) 1 (Totalmente en desacuerdo)
- b) 2 (En desacuerdo)
- c) 3 (Neutral)
- d) 4 (De acuerdo)
- e) 5 (Totalmente de acuerdo)

Este formulario se colocó en la plataforma de Google Forms para una mejor distribución y recopilación de respuestas de las personas usuarias de prueba. La siguiente imagen muestra un gráfico de pastel con el porcentaje de respuestas a la pregunta 1 (Google Forms).

Figura 8. Ejemplo de respuesta a la pregunta 1.

5.- Creo que me gustaría usar esta aplicación con frecuencia.

13 respuestas



Fuente: elaboración propia.

Procesamiento de datos.

Dado que es una escala fácil de gestionar, se puede utilizar para recopilar muestras de un pequeño número de usuarios. Se deben seguir pasos para obtener el resultado de la prueba de cada usuario, utilizando la siguiente fórmula:

$$\left(\left(\sum (\mathcal{R}J_1, \mathcal{R}J_3, \mathcal{R}J_5, \mathcal{R}J_7, \mathcal{R}J_9) - 5 \right) + \left(25 - \sum (\mathcal{R}P_2, \mathcal{R}P_4, \mathcal{R}P_6, \mathcal{R}P_8, \mathcal{R}P_{10}) \right) \right) \cdot 2.5$$

Donde:

RI: Respuestas impares.

RP: Respuestas pares.

- Sumar la puntuación total de todas las preguntas con números impares, luego restar 5 puntos del total.
- Luego, sumar la puntuación total de todas las preguntas con números pares y restar ese total de 25 puntos.
- Finalmente, sumar el total de las preguntas con números impares y pares, y luego multiplicar el resultado por 2.5 para convertirlo a una escala de 1 a 100.

Si tenemos las siguientes muestras, así es como se obtiene la puntuación SUS:

$$SUS = \left(\left(\sum (5,4,4,3,3) - 5 \right) + \left(25 - \sum (1,2,1,3,1) \right) \right) \cdot 2.5$$

$$Impar = \sum (5,4,4,3,3) - 5 = 14$$

$$Par = \sum 25 - (1,2,1,3,1) = 17$$

$$Puntuación\ SUS = \sum (14,17) \cdot 2.5 = 77.5$$

Se considera que una puntuación SUS aceptable es superior a 68 puntos. Cualquier puntuación por debajo de 68 puntos está por debajo del promedio y se considera un sistema marginal, inaceptable o inutilizable.

Figura 9. Puntuación de usabilidad del sistema.



Fuente: Adobe (2021).

Resultados

Esta sección presenta los resultados de las pruebas de usabilidad y accesibilidad realizadas con usuarios que tienen resultados confiables y al menos alguna forma de discapacidad visual. Se usa la Fórmula 1. Se obtuvo el SUS para cada usuario.

Tabla 2. Tabla de prueba de usabilidad. Escala 1-100.

Usuario	Puntuación de aceptabilidad	Estatus
1	82.5	Aceptable
2	100	Aceptable
3	100	Aceptable
4	82.5	Aceptable
5	77.5	Aceptable
6	87.5	Aceptable
7	80	Aceptable
8	65	Marginal
9	62.5	Marginal
10	55	Marginal
11	45	No Aceptable
12	87	Aceptable
13	47.5	No Aceptable

Fuente: elaboración propia

Dado el puntaje obtenido por cada usuario, se obtiene la siguiente clasificación por estado:

- Aceptable: 8 Usuarios
Rango de puntaje: 77.5 a 100
- Marginal: 3 Usuarios
Rango de puntaje: 55 a 65
- No Aceptable: 2 Usuarios
Rango de puntaje: 45 a 47.5

Análisis estadístico

Puntuaciones promedio de aceptabilidad:

Promedio=puntuación

Calculando el promedio:

Promedio=82.5+100+100+82.5+77.5+87.5+80+65+62.5+55+45+87+47.5=972
2≈**74.76**

Media de puntuación de aceptabilidad:

La mediana es el valor central cuando los puntajes están ordenados.

Puntuación ordenada: 45, 47.5, 55, 62.5, 65, 77.5, 80, 82.5, 82.5, 87, 87.5, 100, 100

La mediana es el séptimo valor en la lista ordenada.

Media=80

Moda de puntuación de aceptabilidad:

La moda es el valor que aparece con mayor frecuencia:

Puntajes repetidos: 82.5 (2 veces) y 100 (2 veces)

La distribución es bimodal con 82.5 y 100 como modas.

La mayoría de las personas usuarias (8 de 13) tienen un puntaje de aceptabilidad considerado "Aceptable".

Solo tres usuarios tienen un puntaje "Marginal" y dos usuarios tienen un puntaje "No Aceptable".

El puntaje promedio es de aproximadamente 74.6.

El puntaje de la mediana es 80.

Los puntajes modales son 82.5 y 100.

Según la tabla de prueba de usabilidad generada con datos de las pruebas realizadas a trece usuarios diferentes, se encontró que aproximadamente 61% de las personas usuarias que probaron la accesibilidad en la aplicación obtuvieron más de 68 puntos, lo que según la escala en la Figura 9 se puede concluir como un resultado aceptable en comparación con 15% de las personas usuarias que lo calificaron como inaceptable.

Discusión

La aplicación móvil desarrollada representa un avance significativo hacia la mejora de la accesibilidad digital para personas con discapacidades visuales en México. Según estudios previos, la accesibilidad digital es crucial para la inclusión social y económica de las personas con discapacidades visuales (Jones, 2019). La aplicación fue diseñada conforme a los principios de accesibilidad recomendados por la Organización Mundial de la Salud (OMS), como el uso de interfaces intuitivas compatibles con tecnologías de asistencia (Organización Mundial de la Salud, 2020).

La integración de tecnologías de reconocimiento de voz y lectura de pantalla ha demostrado ser efectiva en estudios similares realizados en otros países, lo cual refuerza la viabilidad y efectividad de nuestra solución en el contexto mexicano (Darín, Andrade y Sánchez, 2022). Sin embargo, resulta crucial continuar avanzando en la investigación y el desarrollo de tecnologías accesibles para garantizar que todas las personas, independientemente de sus capacidades visuales, puedan participar plenamente en la sociedad digital.

En comparación con otras aplicaciones diseñadas para personas con discapacidad visual, como la de BBVA, Santander que solo proporcionan lectores de pantalla y navegación por gestos, esta propuesta se diferencia por enfocarse específicamente en transacciones financieras y estar adaptada al contexto mexicano. A diferencia de estas aplicaciones que requieren lectores externos, esta incorpora funciones auditivas y personalización visual que promueven una experiencia autónoma y segura.

Conclusiones

Las personas con discapacidades visuales deben hacer esfuerzos adicionales para integrarse al mundo y participar de manera efectiva como ciudadanos en su entorno. Enfrentan desafíos al planificar y ejecutar sus movimientos y exploración de manera independiente, y tienen dificultades para identificar e interactuar con objetos cotidianos, lo cual impide el cumplimiento de algunas de sus metas o necesidades.

Estas son la gestión financiera, esenciales hoy en día, la cual ofrece herramientas que ayuden a cerrar la brecha entre las personas usuarias con discapacidades visuales y las interfaces bancarias como contribución significativa a la responsabilidad social. Además de ser una forma de asistencia, promueve la inclusión financiera, lo que debe considerar más a esta población. Propone iniciar acciones para la inclusión de este segmento de la población, siendo crucial para crear conciencia en otras instituciones sobre el uso de la tecnología para ofrecer igualdad de oportunidades en el acceso a productos y a servicios.

El desarrollo de la aplicación no fue completamente sencillo, dado que se presentaron desafíos durante las fases de investigación y desarrollo como comprender cada una de las discapacidades visuales y cómo aplicar un diseño o funcionalidad que reduzca estas barreras al interactuar con la aplicación. Otra dificultad fue activar ciertas funciones en dispositivos móviles como el lenguaje de voz, ya que diferentes fabricantes no ofrecen las mismas características.

A pesar de los desafíos, fueron superados y los objetivos establecidos para este proyecto se lograron. Además, se obtuvo un certificado de autor del Instituto Nacional del Derecho de Autor (INDAUTOR) con el número de registro 03-2024-061410225000-

01 en la Ciudad de México, el 14 de junio de 2024. La aplicación móvil inclusiva fue desarrollada para el sistema operativo Android, ya que es el más utilizado por la población. El trabajo futuro podría implicar el desarrollo de una versión para iOS, ya que la arquitectura de la aplicación lo permite sin tener que construirla desde cero; solo se necesitan algunos ajustes y validaciones. También es posible realizar una integración futura de diversos lenguajes y acceso por datos biométricos.

Como estrategia para dar continuidad al proyecto se plantea la búsqueda de financiamiento mediante convocatorias de innovación tecnológica con enfoque social, así como la colaboración con instituciones financieras interesadas en la inclusión digital. También se prevé la creación de una comunidad de usuarios beta que aporte retroalimentación para el desarrollo continuo de la aplicación, junto con el establecimiento de alianzas con instituciones educativas y organizaciones civiles para su implementación y validación a mayor escala.

Existen diversas aplicaciones exitosas a nivel internacional que han logrado avances importantes en este campo. Por ejemplo, Be My Eyes, una APP danesa lanzada en 2015 que conecta a personas con discapacidad visual con voluntarios que ofrecen asistencia visual remota mediante videollamadas. Por otro lado, aplicaciones como VoiceOver Banking App en Reino Unido y Seeing AI de Microsoft han incorporado tecnologías de asistencia como lectores de pantalla, reconocimiento de texto y descripción de imágenes para facilitar tareas bancarias y cotidianas.

A pesar de estos avances, muchas de estas soluciones no están adaptadas a contextos específicos como el mexicano, donde se presentan barreras culturales, tecnológicas y económicas, particulares. En este sentido, la propuesta presentada en este artículo se diferencia por su enfoque local al haber sido diseñada tomando en cuenta las necesidades específicas de personas con discapacidad visual en México, en el marco de su interacción con servicios bancarios nacionales.

Referencias

- Abstracta (2022, 05 de diciembre). Cómo realizar testing de performance en aplicaciones móviles. Medium. <https://medium.com/@abstracta/c%C3%B3mo-realizar-testing-de-performance-en-aplicaciones-m%C3%B3viles-c28b246ccb5f>
- Ackland, P., Resnikoff, S. & Bourne, R. (2017). World blindness and visual impairment: Despite many successes, the problem is growing. *Community Eye Health*, 30(100), 71–73.
- Aditama, R. R. & Prisma, I. G. L. P. E. (2023, 02 de septiembre). The use of heuristic evaluation method as usability analysis and interface redesign for JConnect mobile application of Bank Jatim. JEISBI. <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/JEISBI/article/view/56834>

- Adobe (2021, 15 de julio). The system usability scale & how it's used in UX | Adobe XD Ideas. Ideas. <https://xd.adobe.com/ideas/process/user-testing/sus-system-usability-scale-ux/>
- Aela, F. G. E. E. (2022, 02 de septiembre). Nielsen's heuristics: 10 usability principles to improve UI design. Aela School - Where Ambitious Designers Thrive. <https://aelaschool.com/en/interactiondesign/10-usability-heuristics-ui-design/>
- Bartoszińska, I. (2024, abril 29). What is a mobile app - All you should know as a future product owner? Droids On Roids. <https://www.thedroidsonroids.com/blog/what-is-a-mobile-app>
- Baser, D. & Kamali-Arslantas, T. (2024). Assistive technologies for visual impairments: Development and validation of self-efficacy scale for preservice teachers. *Psychology in the Schools*, 61(8), 3421–3434. <https://doi.org/10.1002/pits.23225>
- BasuMallick, C. (2024, 19 de marzo). Android OS: History, features, versions, and benefits. Spiceworks Inc. <https://www.spiceworks.com/tech/tech-general/articles/android-os/>
- Burton, M. (2022). The Lancet Global Health Commission on global eye health: Vision beyond 2020. *IHOPE Journal of Ophthalmology*, 1(16), 16–18. https://doi.org/10.25259/ihopejo_15_2021
- Damaceno, R. J. P., Braga, J. C. & Mena-Chalco, J. P. (2018). Mobile device accessibility for the visually impaired: Problem's mapping and recommendations. *Universal Access in the Information Society*, 17(2), 421–435. <https://doi.org/10.1007/s10209-017-0540-1>
- Darin, T., Andrade, R. & Sánchez, J. (2022). Usability evaluation of multimodal interactive virtual environments for learners who are blind: An empirical investigation. *International Journal of Human-Computer Studies*, 158(102732), 102732. <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2021.102732>
- Editor (2020, 07 de julio). The good and the bad of ReactJS and React Native. AltexSoft. <https://www.altexsoft.com/blog/the-good-and-the-bad-of-reactjs-and-react-native/>
- Fricke, T. R., Tahhan, N., Resnikoff, S., Papas, E., Burnett, A., Ho, S. M., Naduvilath, T. & Naidoo, K. S. (2018). Global prevalence of presbyopia and vision impairment from uncorrected presbyopia: Systematic review, meta-analysis, and modelling. *Ophthalmology*, 125(10), 1492–1499. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2018.04.013>
- GfG (2024, 03 de enero). Adaptive software development (ASD). GeeksforGeeks. <https://www.geeksforgeeks.org/adaptive-software-development-asd/>
- Google Forms: Sign-in (s.f.). <https://docs.google.com/forms/u/0/?tgif=d>
- Griffin-Shirley, N., Banda, D. R., Ajuwon, P. M., Cheon, J., Lee, J., Park, H. R. & Lyngdoh, S. N. (2017). A survey on the use of mobile applications for people who are visually impaired. *Journal of Visual Impairment & Blindness*, 111(4), 307–323. <https://doi.org/10.1177/0145482x1711100402>
- Guerci, J. (2023, 31 de octubre). Easily calculate SUS score. UX Planet. <https://uxplanet.org/easily-calculate-sus-score-a464d753e5aa>
- Hernández, L. (2021, 02 de febrero). Censo 2020: 16.5% de la población en México son personas con discapacidad. Dis-capacidad. <https://dis-capacidad.com/2021/01/30/centso-2020-16-5-de-la-poblacion-en-mexico-son-personas-con-discapacidad/>
- Hussain, A. & Omar, A. M. (2020). Usability evaluation model for mobile visually impaired applications. *International Journal Of Interactive Mobile Technologies*, 14(05), 95. <https://doi.org/10.3991/ijim.v14i05.13349>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (s.f.). Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Recuperado el 29 de febrero de 2024, de <https://www.inegi.org>
- Jones, A. (2019). Digital accessibility and inclusive design. Cambridge University Press.

- Martiniello, N., Eisenbarth, W., Lehane, C., Johnson, A. & Wittich, W. (2022). Exploring the use of smartphones and tablets among people with visual impairments: Are mainstream devices replacing the use of traditional visual aids? *Assistive Technology: The Official Journal of RESNA*, 34(1), 34–45. <https://doi.org/10.1080/10400435.2019.1682084>
- Nielsen, J. (2000, 19 de marzo). Why you only need to test with 5 users. Nielsen Norman Group. <https://www.nngroup.com/articles/why-you-only-need-to-test-with-5-users/>
- Nielsen, J. (2024, 20 de febrero). 10 usability heuristics for user interface design. Nielsen Norman Group. <https://www.nngroup.com/articles/ten-usability-heuristics/>
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2020). Accessibility and digital inclusion: Guidelines for developers.
- Sarsenbayeva, Z., van Berkel, N., Hettiachchi, D., Tag, B., Velloso, E., Goncalves, J. & Kostakos, V. (2023). Mapping 20 years of accessibility research in HCI: A co-word analysis. *International Journal of Human-Computer Studies*, 175(103018), 103018. <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2023.103018>
- Scott (2023, 12 de octubre). What is technology? Well, That's Interesting Technology! <https://wellthatsinteresting.tech/what-is-technology/>
- Senjam, S. S. & Primo, S. A. (2022). Challenges and enablers for smartphone use by persons with vision loss during the COVID-19 pandemic: A report of two case studies. *Frontiers in Public Health*, 10, 912460. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.912460>
- Manirajee, Lalitha & Shariff, Siti & Mohd Rashid, Syar. (2024). Assistive Technology for Visually Impaired Individuals: A Systematic Literature Review (SLR). *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*. 14. [10.6007/IJARBSS/v14-i2/20827](https://doi.org/10.6007/IJARBSS/v14-i2/20827)
- Than, M. Z. (2022). An analysis on adaptive software development (ASD) framework. ResearchGate. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.16905.11364>
- World Health Organization: WHO (2023, 10 de agosto). Ceguera y discapacidad visual. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/blindness-and-visual-impairment>

Este artículo es de acceso abierto. Los usuarios pueden leer, descargar, distribuir, imprimir y enlazar al texto completo, siempre y cuando sea sin fines de lucro y se cite la fuente.

CÓMO CITAR ESTE ARTÍCULO:

Angeles Gonzalez, H., Elizalde Canales, F.A. y Olivares Ordenes, R. (2025). Accesibilidad de aplicaciones móviles para personas con discapacidad visual. *Paakat: Revista de Tecnología y Sociedad*, 15(29). <http://dx.doi.org/10.32870/Pk.a15n29.919>

*Hugo Ángeles Gonzáles. Candidato a maestro en Desarrollo de Software por la Universidad Politécnica de Tulancingo. 10 años de experiencia en desarrollo de software. Actualmente, se encuentra trabajando en una institución financiera desarrollando software.

** Francisca Angélica Elizalde Canales. Doctora en Optomecatrónica de la Universidad Politécnica de Tulancingo, México. Tiene una maestría en Ciencias de la Información y Gestión del Conocimiento del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, México y una licenciatura en Ciencias de la Computación de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México.

*** Rodrigo Olivares Órdenes. Es doctor en Ingeniería Informática en 2019 y actualmente es profesor asociado en la Escuela de Ingeniería Informática de la Universidad de Valparaíso. Con un historial de publicaciones que supera los 70 artículos revisados por pares en prestigiosas conferencias internacionales y revistas líderes. Su investigación se centra en metaheurísticas reactivas y autoadaptativas, métodos de inteligencia de enjambre, optimización global y aprendizaje automático.