

**Lector de PDF accesible: aplicación web para la conversión de documentos a voz**

Leandro Taborda Muñoz

Estefania Hurtado Ospina

Asesor

Jhon Fernando Sanchaez Alvarez

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Escuela de Ciencia Básicas Tecnología e Ingeniería - ECBTI

Tecnología en Desarrollo de Software

2025

## Resumen

El presente documento describe el desarrollo de una aplicación web accesible y gratuita diseñada para convertir documentos PDF en voz mediante tecnología de síntesis de voz (Text-to-Speech, TTS). Esta solución busca responder a las necesidades de personas con discapacidad visual o dificultades de lectura, como la dislexia, quienes frecuentemente encuentran barreras al acceder a documentos digitales. El proyecto se enfoca en la inclusión digital, el diseño accesible y la facilidad de uso sin necesidad de software adicional. A través de una metodología iterativa que incluye investigación tecnológica, diseño centrado en el usuario, implementación de funcionalidades básicas y validación técnica, se busca entregar una herramienta útil, intuitiva y de impacto social positivo. Además, se contextualiza la problemática dentro del entorno colombiano, siguiendo la resolución MinTIC 1519 de 2020 para garantizar el cumplimiento de estándares locales de accesibilidad, y se han considerado validaciones reales con usuarios en situación de discapacidad para orientar el desarrollo hacia sus necesidades específicas.

***Palabras clave:*** accesibilidad digital, lector de PDF, text-to-speech, discapacidad visual, dislexia.

## Abstract

This document outlines the development of an accessible and free web application designed to convert PDF documents into speech using Text-to-Speech (TTS) technology. The solution targets individuals with visual impairments or reading difficulties, such as dyslexia, who often face barriers accessing digital documents. The project emphasizes digital inclusion, accessible design, and ease of use without requiring additional software. Through an iterative methodology—including technological research, user-centered design, feature implementation, and technical validation—the aim is to deliver a useful, intuitive tool with a positive social impact. The problem has also been contextualized within the Colombian setting by aligning with the MinTIC 1519 resolution from 2020 to ensure local accessibility standards are met. Real user validation with visually impaired individuals and those with dyslexia has been integrated into the process to inform the solution based on real-world needs.

**Keywords:** Accessibility, digital accessibility, PDF reader, text-to-speech technology, visual impairment, dyslexia.

## Tabla de Contenido

Introducción .....	11
Justificación .....	12
Objetivos.....	15
Objetivo General .....	15
Objetivos Específicos .....	15
Planteamiento del problema.....	16
Estado del arte.....	18
Metodología.....	20
Investigación y Selección de Tecnologías .....	20
Diseño y Desarrollo de la Interfaz .....	21
Integración y Desarrollo de Funcionalidades.....	21
Validación Técnica, Pruebas Internas y con Usuarios .....	22
Impacto y alcance .....	24
Levantamiento de Requisitos.....	25
Requisitos Funcionales.....	25
Requisitos no Funcionales.....	26
Ciclo de Vida del Desarrollo de Software .....	28
Fase 1: Investigación y Levantamiento de Requisitos .....	28
Fase 2: Diseño del Sistema .....	29
Fase 3: Desarrollo e Implementación.....	32

Fase 4: Pruebas y Validación .....	32
Fase 5: Despliegue .....	33
Fase 6: Mantenimiento y Evolución .....	34
Etapas del Proyecto.....	36
Etapa 1: Investigación y Selección de Tecnologías .....	36
Análisis de Motores de Conversión de Texto a Voz.....	36
Herramienta para la Extracción de Texto .....	38
Herramienta para Análisis del Tráfico Web .....	38
Normativas de Accesibilidad Web.....	38
Etapa 2: Diseño y Desarrollo de la Interfaz .....	39
Etapa 3: Integración y Desarrollo de Funcionalidades .....	42
Etapa 4. Validación Técnica, Pruebas Internas y con Usuarios .....	44
Precisión de la Extracción de Texto.....	44
Claridad, Naturalidad y Estabilidad de la Voz Generada .....	47
Velocidad de Procesamiento desde la Carga hasta la Reproducción.....	48
Comportamiento de la Interfaz en Distintos Navegadores y Dispositivos.....	49
Pruebas y Validación de Accesibilidad.....	50
Pruebas con Usuarios Reales .....	56
Usuarios con Discapacidad Visual.....	60
Trazabilidad y Cierre .....	70
Referencias Bibliográficas .....	73

Apéndices..... 75

## Lista de Tablas

<b>Tabla 1</b> <i>Tabla Comparativa de Herramientas</i> .....	19
<b>Tabla 2</b> <i>Requerimientos Funcionales</i> .....	25
<b>Tabla 3</b> <i>Requerimientos no Funcionales</i> .....	26
<b>Tabla 4</b> <i>Análisis de Tecnologías TTS</i> .....	37
<b>Tabla 5</b> <i>Resultados Prueba de Procesamiento</i> .....	48
<b>Tabla 6</b> <i>Resultados Prueba en Wave</i> .....	51
<b>Tabla 7</b> <i>Resultados Pruebas con Web Disability Simulator y Manuales</i> .....	53
<b>Tabla 8</b> <i>Trazabilidad y Cierre</i> .....	70

## Lista de Figuras

<b>Figura 1</b> <i>Diagrama de Casos de Uso - Requerimientos</i> .....	29
<b>Figura 2</b> <i>Diagrama de Secuencia</i> .....	31
<b>Figura 3</b> <i>Interfaz de la Aplicación Web</i> .....	41
<b>Figura 4</b> <i>Texto extraído del PDF</i> .....	42
<b>Figura 5</b> <i>Diagrama de Casos de Uso</i> .....	44
<b>Figura 6</b> <i>Prueba de Similitud de Texto Gotranscript Text Compare</i> .....	45
<b>Figura 7</b> <i>Prueba de Similitud de Texto Copyleaks Text Compare</i> .....	46
<b>Figura 8</b> <i>Prueba de Similitud de Texto Editpad Text Similarity Checker</i> .....	47
<b>Figura 9</b> <i>Página Renderizada desde un Celular</i> .....	49
<b>Figura 10</b> <i>Página Renderizada desde una Tablet</i> .....	50
<b>Figura 11</b> <i>Evolución de Accesibilidad Wave.</i> .....	51
<b>Figura 12</b> <i>Gráfico de Usuarios Activos</i> .....	56
<b>Figura 13</b> <i>Gráfico de Usabilidad – Subir PDF (Usuarios Dislexia)</i> .....	57
<b>Figura 14</b> <i>Gráfico Usabilidad – Activar Lectura de Voz (Usuarios Dislexia)</i> .....	58
<b>Figura 15</b> <i>Gráfico Accesibilidad - Contraste de Colores (Usuarios Dislexia)</i> .....	58
<b>Figura 16</b> <i>Gráfico Rendimiento - Claridad de Voz (Usuarios Dislexia)</i> .....	59
<b>Figura 17</b> <i>Gráfico Funcionalidad - Utilidad de la Herramienta (Usuarios Dislexia)</i> .....	59
<b>Figura 18</b> <i>Gafas de Simulación Usadas en Pruebas con Usuarios</i> .....	62
<b>Figura 19</b> <i>Gráfico Usabilidad – Subir PDF (Usuarios Simulación Discapacidad Visual)</i> .....	63
<b>Figura 20</b> <i>Gráfico Usabilidad – Activar Lectura de Voz (Usuarios Simulación Discapacidad Visual</i> .....	64

<b>Figura 21</b> <i>Gráfico Accesibilidad - Contraste de Colores (Usuarios Simulación Discapacidad Visual)</i> .....	65
<b>Figura 22</b> <i>Gráfico Rendimiento - Claridad de Voz (Usuarios Simulación Discapacidad Visual)</i> .....	66
<b>Figura 23</b> <i>Gráfico Funcionalidad - Utilidad de la Herramienta (Usuarios Simulación Discapacidad Visual)</i> .....	67
<b>Figura 24</b> <i>Evidencia 1 Usuarios- Simulación</i> .....	81
<b>Figura 25</b> <i>Evidencia 2 Usuarios- Simulación</i> .....	81

## Lista de Apéndices

<b>Apéndice A</b> <i>Informe de Conformidad en Accesibilidad</i> .....	74
<b>Apéndice B</b> <i>Manual de Uso Adaptado por Perfiles</i> .....	75
<b>Apéndice C</b> <i>Seguridad y Privacidad</i> .....	77
<b>Apéndice D</b> <i>Ejercicio de Simulación de Discapacidad Visual con Actores Informados</i> .....	79

## Introducción

El acceso a la información es un derecho fundamental que permite la inclusión y participación equitativa en la sociedad. Con el avance de la digitalización, los documentos en formato PDF se han convertido en un estándar para la difusión de información en diversos ámbitos, incluyendo educación, administración pública y entornos laborales. Sin embargo, las personas con discapacidad visual y dificultades de lectura, como la dislexia, encuentran obstáculos al intentar acceder a estos documentos, lo que limita su autonomía y oportunidades.

La accesibilidad digital ha sido objeto de regulaciones y normativas internacionales, como las WCAG (Web Content Accessibility Guidelines) y leyes nacionales que buscan garantizar la igualdad de acceso a la información. Sin embargo, en la práctica, muchas plataformas y documentos aún no cumplen con estos estándares, lo que dificulta la inclusión de personas con condición de discapacidad visual o dislexia.

Este proyecto propone el desarrollo de una aplicación web accesible que permita la conversión de documentos PDF en audio mediante tecnología de síntesis de voz (Text-to-Speech, TTS). La herramienta se diseñará para ser intuitiva, multiplataforma y de fácil acceso para hispano hablantes, eliminando la necesidad de software adicional y ofreciendo una solución inclusiva para personas con estas condiciones.

## Justificación

En la era digital, el acceso a la información se reconoce como un derecho fundamental para lograr la inclusión y la participación equitativa en la sociedad. Sin embargo, millones de personas con discapacidad visual o dificultades de lectura enfrentan barreras significativas al interactuar con documentos en formato PDF.

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2023), se estima que al menos 2.200 millones de personas en el mundo presentan algún tipo de discapacidad visual. Este grupo puede verse afectado por la falta de accesibilidad digital. De igual manera, las personas con dificultades de lectura, como la dislexia, definida como un trastorno específico del aprendizaje que dificulta la lectura (Pernet et al., 2011), enfrentan limitaciones importantes. De acuerdo con la International Dyslexia Association, entre el 15 % y el 20 % de la población presenta esta condición.

En el contexto colombiano, de acuerdo con el DANE (2021), aproximadamente el 2,5 % de la población presenta alguna forma de discapacidad visual permanente, lo que representa más de un millón de personas. Además, informes del Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC) indican que persisten desafíos en la implementación de sitios y plataformas accesibles, especialmente en el sector público. La Encuesta Nacional de Calidad de Vida (2022) revela que el acceso a tecnologías adaptativas o herramientas digitales inclusivas es limitado, particularmente en zonas rurales y regiones con menor desarrollo tecnológico.

La falta de adaptaciones en documentos PDF impacta negativamente en ámbitos clave como la educación, el empleo y la vida cotidiana. Por ejemplo, estudiantes y profesionales pueden enfrentar retrasos en sus procesos académicos o laborales, lo que genera frustración y exclusión digital. En este sentido, el desarrollo de herramientas accesibles resulta fundamental.

Como señalan Farias et al. (2024), “los estudiantes con dislexia, a menudo marginados por las metodologías de enseñanza tradicionales, pueden beneficiarse de soluciones tecnológicas que proporcionen un entorno de aprendizaje más adaptado”.

Un estudio realizado por Escandell et al. (2016) en España, con 157 participantes, incluyendo personas con discapacidad visual, familiares y técnicos especializados, reveló que el 52,9 % considera que los materiales educativos no cumplen con criterios de accesibilidad; el 42,1 % señala que los documentos en centros educativos y en la web son inaccesibles; y el 57,9 % cree que las tecnologías actuales no están adaptadas adecuadamente.

Estos resultados evidencian una preocupante brecha digital que conduce a procesos de exclusión. Los autores afirman que la brecha digital lleva a la exclusión digital y que es necesario considerar cómo incluir a las personas con discapacidad en las TIC.

Asimismo, la accesibilidad es esencial para enfrentar la brecha digital. Según el Banco Mundial (2022), “la accesibilidad es fundamental para que las personas con discapacidad puedan no solo tener a su alcance otras oportunidades, sino también beneficiarse de actividades básicas relacionadas con la educación y el trabajo”. Por esta razón, el desarrollo del proyecto se realizará conforme a la Resolución MinTIC 1519 de 2020 en Colombia y teniendo en cuenta los estándares internacionales establecidos por las WCAG.

Entre las causas raíz de la falta de accesibilidad en documentos PDF se encuentran el diseño no inclusivo desde su creación, por ejemplo, imágenes con texto sin etiquetas alternativas o estructuras sin encabezados definidos; la ausencia de formación en accesibilidad por parte de quienes producen contenidos digitales; y la falta de estandarización en el uso de herramientas que generen archivos accesibles. A ello se suman limitaciones tecnológicas en muchas

herramientas gratuitas que no interpretan correctamente el contenido textual o visual, así como la escasa fiscalización del cumplimiento normativo en sitios institucionales.

Ante este escenario, muchas personas dependen de tecnologías como lectores de pantalla o herramientas de conversión de texto a voz. Sin embargo, estas soluciones suelen requerir instalaciones adicionales, configuraciones complejas o pagos por suscripción, lo que limita su alcance. Por esta razón, el presente proyecto busca ofrecer una solución accesible, intuitiva y disponible desde cualquier navegador. Al tratarse de una aplicación web, no será necesario instalar programas adicionales, lo que facilitará su uso y garantizará compatibilidad con distintos dispositivos.

## Objetivos

### Objetivo General

Desarrollar una aplicación web accesible y gratuita que permita a personas con discapacidad visual o dificultades de lectura convertir documentos PDF en voz, facilitando su acceso y promoviendo la inclusión digital.

### Objetivos Específicos

Investigar y seleccionar tecnologías de conversión de texto a voz (TTS) y extracción de texto en documentos PDF, evaluando opciones como Google TTS, Amazon Polly y Microsoft Azure Speech, así como bibliotecas como PDF.js.

Diseñar una interfaz accesible, basada en principios de diseño inclusivo y adaptada a múltiples dispositivos y navegadores, siguiendo las pautas de las WCAG y normativas locales.

Implementar funcionalidades básicas que incluyan la carga de documentos, la extracción del texto y la conversión a voz, con controles simples de reproducción, pausa y reiniciar audio.

Realizar pruebas para evaluar la precisión de la conversión y la calidad de la voz generada.

Medir el impacto del proyecto mediante métricas de uso y encuestas de satisfacción, con el objetivo de alcanzar al menos 50 usuarios activos en el primer mes.

## **Planteamiento del Problema**

En la actualidad, la información digital constituye un recurso fundamental para el acceso a la educación, el empleo y la vida cotidiana. No obstante, muchas personas con discapacidad visual o dificultades de lectura enfrentan barreras significativas al interactuar con documentos en formato PDF.

Aunque existen herramientas de accesibilidad, como lectores de pantalla y software de conversión de texto a voz, muchas de estas soluciones requieren la instalación de programas adicionales, no son intuitivas, exigen períodos de capacitación o presentan limitaciones de compatibilidad con distintos dispositivos.

En el caso específico de Colombia, si bien existe normativa que promueve la accesibilidad digital, como la Resolución MinTIC 1519 de 2020, muchas instituciones públicas y privadas no la cumplen de manera efectiva. Según el Observatorio de TIC y Discapacidad (2022), menos del 30 % de las páginas web de entidades gubernamentales cumplen con los mínimos de accesibilidad exigidos. Esto evidencia una brecha significativa entre la regulación y su implementación real.

Esta problemática refleja una desigualdad en el acceso a la información, especialmente para las personas con discapacidad visual o dificultades de lectura. Además, se relaciona directamente con el Objetivo de Desarrollo Sostenible 10, que busca la reducción de las desigualdades y promueve la inclusión social, económica y educativa de todas las personas, particularmente de aquellas en condición de vulnerabilidad. Entre las causas estructurales de esta situación se identifican:

-La carencia de estándares aplicados en la creación de documentos PDF accesibles.

Muchos archivos son generados sin etiquetas semánticas, encabezados jerarquizados o descripciones alternativas, lo que impide su correcta lectura mediante tecnologías asistidas.

-La falta de conocimiento técnico en accesibilidad digital por parte de diseñadores, docentes y profesionales en general.

-La limitada oferta de herramientas gratuitas que funcionen correctamente desde el navegador, sin requerir instalaciones ni configuraciones complejas.

-La baja sensibilización sobre la accesibilidad digital como un derecho y no como un valor agregado.

Dado que muchas soluciones existentes no satisfacen completamente las necesidades de estos usuarios, surge la necesidad de desarrollar una herramienta accesible, gratuita y basada en la web que facilite la conversión de documentos PDF en contenido de audio. Este proyecto busca eliminar barreras de acceso a la información y contribuir a la inclusión digital de personas con discapacidad visual o dificultades de lectura.

## Estado del Arte

Existen herramientas como lectores de pantalla y aplicaciones que ofrecen tecnología Text-to-Speech (TTS). Sin embargo, muchas de estas soluciones tienen limitaciones significativas, como la necesidad de instalación de software adicional, falta de compatibilidad con dispositivos específicos o interfaces poco intuitivas. Además, algunas herramientas requieren configuraciones complejas que desmotivan a los usuarios menos experimentados, a continuación, veremos una tabla comparativa sobre estas herramientas, ver tabla 1.

Algunas consideraciones adicionales de estas herramientas es que Jaws y NVDA son programas diseñados específicamente como lectores de pantalla, por lo que suelen tener funcionalidades más avanzadas para personas con discapacidad visual; VoiceOver al estar integrado en el sistema operativo macOS, puede ser una opción conveniente para usuarios de Apple y Adobe Reader ofrece la función de lectura en voz alta, pero su enfoque principal es la gestión de archivos PDF, por lo que sus opciones de accesibilidad podrían no ser tan completas como las de un lector de pantalla dedicado.

También existen otras aplicaciones como [speechgen.io](https://speechgen.io) o [speaktor.com](https://speaktor.com), estas funcionan bien al cargar un PDF y convertirlo a voz, además son aplicaciones web las cuales no necesitan descarga para usarse, pero presentan el inconveniente de que no son gratuitas.

La propuesta se diferencia por su enfoque en la simplicidad y accesibilidad. La aplicación web no requiere instalación, es gratuita y es compatible con múltiples dispositivos y navegadores, y está diseñada siguiendo principios de accesibilidad, asegurando una experiencia intuitiva para los usuarios. Además, incluye controles simples para reproducir, pausar y reiniciar la lectura en voz alta, mejorando la interacción con el contenido.

**Tabla 1***Tabla Comparativa de Herramientas*

Característica	Jaws	NVDA	VoiceOver	Adobe Reader
Función principal	Lectura en voz alta de contenido en pantalla y documentos PDF (Jaws Faq, 2016).	Lectura en voz alta de texto en pantalla (Nvda, 2022).	Lector de pantalla integrado para control por comandos (Apple Support, 2024).	Abre, ve, firma, imprime y busca archivos PDF, con opción de convertir texto en voz (Adobe Acrobat, 2024)
Público objetivo	Usuarios con pérdida de visión que no pueden ver el contenido o usar el mouse	Usuarios ciegos o con discapacidad visual	Personas ciegas o con discapacidad visual	Usuarios que necesitan opciones de accesibilidad al usar la aplicación
Instalación	Necesita descarga	Necesita descarga	No necesita instalación (integrado en el sistema operativo)	Necesita descarga
Uso	Comandos de teclado (requiere capacitación)	Mouse o flechas del teclado (requiere capacitación)	Comandos (requiere capacitación)	Requiere guía para habilitar opciones de accesibilidad
Compatibilidad	Windows 10, 8.1 y 7	Windows 7 y versiones posteriores	macOS X	Windows, iOS y Android

*Nota.* Esta tabla muestra las comparativas sobre las herramientas de texto a voz existentes

## **Metodología**

El desarrollo del proyecto se llevará a cabo mediante un enfoque iterativo, centrado en la evaluación técnica, pruebas internas y validación con usuarios reales. El proceso se estructurará en cuatro etapas principales: investigación, diseño, implementación y validación.

### **Investigación y Selección de Tecnologías**

Duración aproximada: 2 meses.

Para el desarrollo de la página web se utilizarán los lenguajes HTML, CSS y JavaScript en el frontend. En caso de ser necesario, se empleará PHP en el backend.

Se realizará un análisis comparativo de diferentes motores de conversión de texto a voz, considerando opciones como Google TTS, Amazon Polly, Microsoft Azure Speech y Web Speech API. La selección se basará en los siguientes criterios:

- Calidad de la voz generada, en términos de naturalidad y claridad.
- Soporte adecuado para el idioma español.
- Costo por uso, ya sea mediante API o suscripciones.
- Facilidad de integración en aplicaciones web.
- Se priorizará el motor que ofrezca la mejor relación entre costo, rendimiento y calidad en español.

Paralelamente, se evaluarán herramientas para la extracción de texto en archivos PDF, dando preferencia a bibliotecas de código abierto como PDF.js, debido a su compatibilidad con navegadores y facilidad de integración. Asimismo, se revisarán las normativas de accesibilidad

digital, como las WCAG 2.2 y la Resolución MinTIC 1519 de 2020, con el fin de garantizar el cumplimiento de estándares inclusivos.

También se analizará cuál herramienta será más adecuada para medir el tráfico web de la aplicación. Se considerarán opciones como Google Analytics o las herramientas estadísticas que proporcione el servicio de host donde será publicada la aplicación web.

### **Diseño y Desarrollo de la Interfaz**

Duración aproximada: 1 mes.

Se diseñará una interfaz web accesible e intuitiva, siguiendo principios de accesibilidad y usabilidad. La aplicación podrá utilizarse desde navegadores modernos y en distintos dispositivos.

Se incorporarán elementos como botones para la carga de documentos, controles de reproducción y pausa, y visualización del texto extraído. Todos los componentes incluirán etiquetas ARIA y una estructura semántica adecuada que facilite su uso mediante lectores de pantalla.

### **Integración y Desarrollo de Funcionalidades**

Duración aproximada: 1.5 meses

En esta etapa se integrarán las tecnologías seleccionadas para la conversión de texto a voz y la extracción de contenido de archivos PDF.

Se desarrollarán funciones que permitan cargar archivos PDF desde el navegador, extraer el texto de los documentos con alta precisión y reproducir el contenido en formato de audio mediante el motor de conversión seleccionado.

## **Validación Técnica, Pruebas Internas y con Usuarios**

Duración aproximada: 2 meses

Durante esta fase se desarrollaron procesos de validación en dos niveles: pruebas técnicas internas controladas y pruebas de usabilidad y accesibilidad con usuarios reales.

Se realizarán pruebas internas controladas para verificar el desempeño técnico de la herramienta. Los aspectos evaluados incluirán la precisión de la extracción de texto, buscando superar un 95 % de fidelidad; la claridad, naturalidad y estabilidad de la voz generada; la velocidad de procesamiento desde la carga hasta la reproducción; la compatibilidad con distintos navegadores y dispositivos; y el nivel de accesibilidad del sitio web.

Estas pruebas permitirán identificar errores técnicos, ajustar el rendimiento y validar la funcionalidad antes de una posible implementación a mayor escala.

Adicionalmente, se evaluará el impacto de la herramienta con usuarios reales que presenten discapacidad visual o dislexia. Se proyecta contar con al menos 50 usuarios activos durante el primer mes, de los cuales se espera recibir entre 10 y 20 respuestas al formulario de retroalimentación.

El formulario que se aplicará es de retroalimentación estructurado, compuesto por preguntas con escala tipo Likert (muy fácil, fácil, poco claro, muy útil, etc.), orientadas a medir cuatro dimensiones principales: Usabilidad (facilidad de carga de PDF y activación de lectura), accesibilidad (contraste visual y comprensión de la interfaz), rendimiento (claridad y calidad de la voz generada) y utilidad general (percepción del aporte de la herramienta para acceder a la información).

El uso de este instrumento permitirá cuantificar resultados en porcentajes y generar gráficos, respaldando de forma sistemática los datos presentados en el apartado de resultados.

## **Impacto y Alcance**

La aplicación facilitará el acceso a la información para personas con discapacidades visuales o motrices, promoviendo la inclusión digital. Contribuirá a mejorar la calidad de vida de los usuarios, permitiéndoles interactuar de manera independiente con documentos PDF y superando las barreras actuales. Este proyecto contribuye al objetivo de desarrollo sostenible (ODS) 10 (Reducción de desigualdades) al fomentar la equidad en el acceso a la información.

Contextualmente, esta propuesta tiene especial relevancia en Colombia, donde el acceso a tecnologías accesibles aún es limitado. Las cifras sobre discapacidad visual y dislexia reflejan una brecha digital considerable. La aplicación se ajustará a la Resolución MinTIC 1519 de 2020, lo que permitirá que la herramienta sea pertinente y conforme a la legislación nacional.

Se realizaron validaciones preliminares con personas en situación de discapacidad visual y dificultades de lectura para identificar barreras reales y oportunidades de mejora. Estas interacciones ayudaron a definir prioridades como: la simplicidad en la interfaz, controles de audio accesibles, y soporte en idioma español latino.

Para medir el impacto del proyecto, se implementarán diversas métricas, incluyendo:

- Número de usuarios alcanzados: Se estima una fase inicial con al menos 50 usuarios activos en el primer mes, se promocionará la herramienta en redes sociales para alcanzar los 50 usuarios iniciales.

- Retroalimentación de usuarios: La aplicación web contará con una sección de encuesta rápida que permitirá recoger comentarios, sugerencias y niveles de satisfacción. Estos insumos servirán para realizar una evaluación hecha por usuarios reales y medir la usabilidad, accesibilidad, rendimiento y funcionalidad de la herramienta web.

## Levantamiento de Requisitos

Para definir de manera adecuada los requerimientos de este proyecto, es necesario tener en cuenta e identificar a los stakeholders (o partes interesadas), lo cual es clave para el enfoque del proyecto, los cuales son:

Usuarios finales:

Personas con discapacidad visual: Requieren accesibilidad, de una interfaz intuitiva y simple para el manejo fácil de la aplicación web.

Personas con dislexia u otras dificultades de lectura: Necesitan herramientas que conviertan el texto a voz de forma clara, fluida y sin necesidad de esfuerzo adicional.

Desarrolladores:

Responsables del diseño, programación e implementación de la aplicación. Necesitan lineamientos claros de accesibilidad, selección de tecnologías adecuadas y pruebas técnicas.

### Requisitos Funcionales

**Tabla 2**

#### *Requerimientos Funcionales*

ID	Requerimiento	Nivel de prioridad	Descripción
RF_01	Carga de archivos PDF.	Alta	El sistema debe permitir a los usuarios cargar documentos PDF desde su navegador.
RF_02	Extracción de texto.	Alta	El sistema debe extraer el texto del archivo PDF cargado con una precisión mínima del 95%.
RF_03	Conversión de texto a voz.	Alta	El sistema debe convertir el texto extraído a audio utilizando un motor TTS integrado.

RF_04	Reproducción de audio	Alta	El sistema debe permitir al usuario reproducir el texto convertido mediante controles accesibles (reproducir, pausar, Reiniciar).
RF_05	Interfaz accesible	Alta	La aplicación debe contar con una interfaz accesible para personas con discapacidad visual, cumpliendo con las pautas WCAG 2.2 y normativa MinTIC 1519 del 2020.
RF_06	Visualización del texto	Media	El sistema debe mostrar en pantalla el texto extraído del PDF, siguiendo la lectura visualmente.
RF_07	Encuesta de retroalimentación	Media	El sistema debe permitir al usuario enviar comentarios mediante una encuesta sencilla sobre su experiencia de uso.

*Nota.* Tabla que define los requisitos funcionales que debe cumplir el aplicativo web

### Requisitos no Funcionales

**Tabla 3**

#### *Requerimientos no Funcionales*

ID	Requerimiento	Descripción
RNF_01	Usabilidad	La interfaz debe ser intuitiva, con una curva de aprendizaje mínima, incluso para usuarios con discapacidad.
RNF_02	Accesibilidad	Se debe garantizar que la aplicación cumpla con los estándares WCAG 2.2 y normativa MinTIC 1519 del 2020. Asegurando que los niveles de contraste superen el mínimo 7:1 según la WCAG 2.2
RNF_03	Rendimiento	La conversión de texto debe realizarse en máximo 10 segundos.

---

RNF_04	Rendimiento	Se utilizará una biblioteca JavaScript de código abierto como PDF.js para la extracción de texto.
RNF_05	Seguridad	Los archivos cargados por el usuario no deben almacenarse en servidores, garantizando privacidad y anonimato.
RNF_06	Escalabilidad	El sistema debe permitir futuras ampliaciones, como soporte para otros idiomas o integración de OCR.

---

*Nota.* Tabla que define los requisitos no funcionales que debe cumplir el aplicativo web ya desarrollado

## **Ciclo de Vida del Desarrollo de Software**

El desarrollo de la aplicación web para la conversión de documentos PDF a voz se basa en un ciclo de vida del software de tipo iterativo, el cual permite estructurar el proceso en fases organizadas, facilitando la mejora continua del sistema a partir de pruebas técnicas y validaciones con usuarios.

Este enfoque resulta adecuado para el proyecto, ya que permite ajustar progresivamente la aplicación en función de los resultados obtenidos durante su desarrollo, especialmente en aspectos relacionados con la accesibilidad, usabilidad y rendimiento.

El ciclo de vida adoptado se compone de cuatro fases principales: análisis, diseño, desarrollo e implementación, y pruebas, las cuales se encuentran directamente relacionadas con las etapas definidas en el proyecto.

### **Fase 1: Investigación y Levantamiento de Requisitos**

Esta es la fase inicial del ciclo de vida. Se identifican necesidades del problema: accesibilidad para personas con discapacidad visual o dislexia.

Se analizan soluciones existentes (lectores de pantalla, TTS, etc.). Se seleccionan tecnologías adecuadas:

Motores TTS (Amazon Polly, Google TTS, etc.).

Herramientas para extraer texto de PDF (PDF.js).

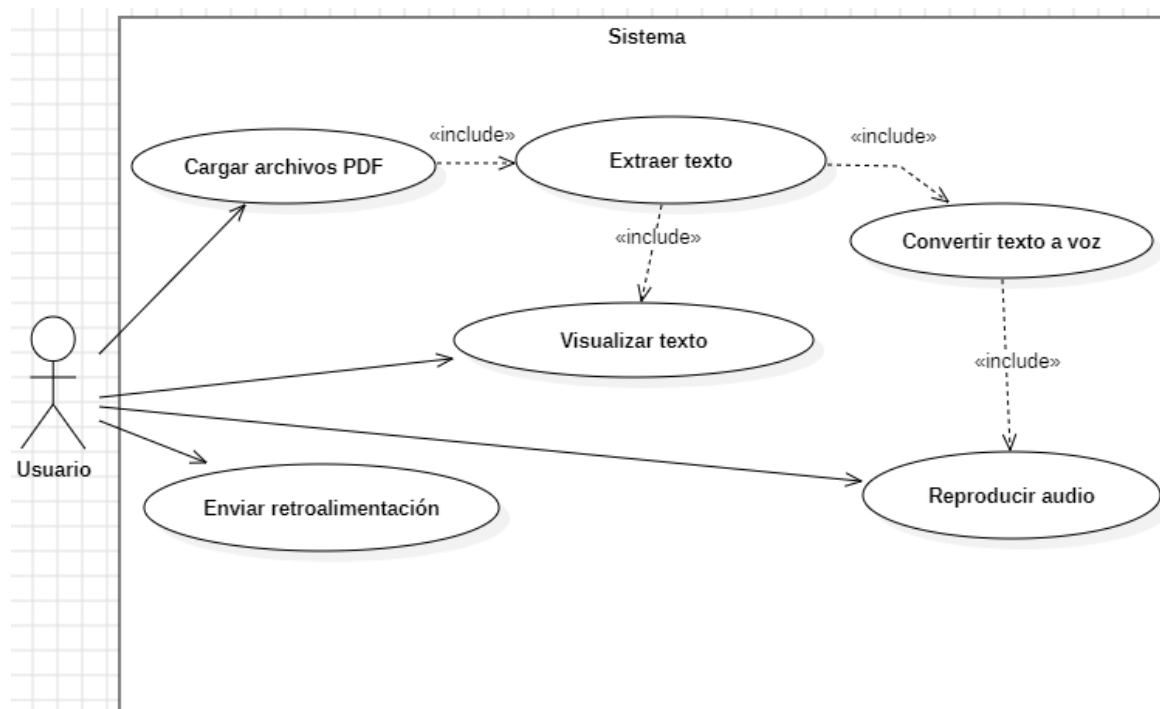
Se consideran criterios como costo, calidad de voz, compatibilidad y facilidad de integración.

Se identifican claramente los stakeholders (usuarios con discapacidad visual, personas con dislexia y desarrolladores) y se definen requisitos funcionales y no funcionales. Ver en la

tabla 2 y 3. Además a continuación se muestra diagrama de casos de uso enfocados en los requerimientos funcionales.

### Figura 1

*Diagrama de Casos de Uso - Requerimientos*



### Fase 2: Diseño del Sistema

En esta fase se define la estructura general de la solución, enfocándose en el diseño de una interfaz accesible, intuitiva y compatible con diferentes dispositivos.

El sistema es una arquitectura web cliente-servidor distribuida, con integración de servicios externos.

Está compuesto por:

#### Cliente (Frontend)

Tecnologías: HTML, CSS, JavaScript

Responsabilidades:

UI accesible (ARIA, WCAG)

Carga de archivos PDF

Procesamiento con PDF.js

Control de reproducción de audio

### **Backend (Servidor)**

Tecnología: PHP

Función:

Intermediario seguro

Consumo de API TTS (Amazon Polly)

Manejo de solicitudes y respuestas

### **Servicio externo**

Amazon Polly:

Conversión texto a audio

Procesamiento en la nube

### **Flujo de datos (Flujo de APIs)**

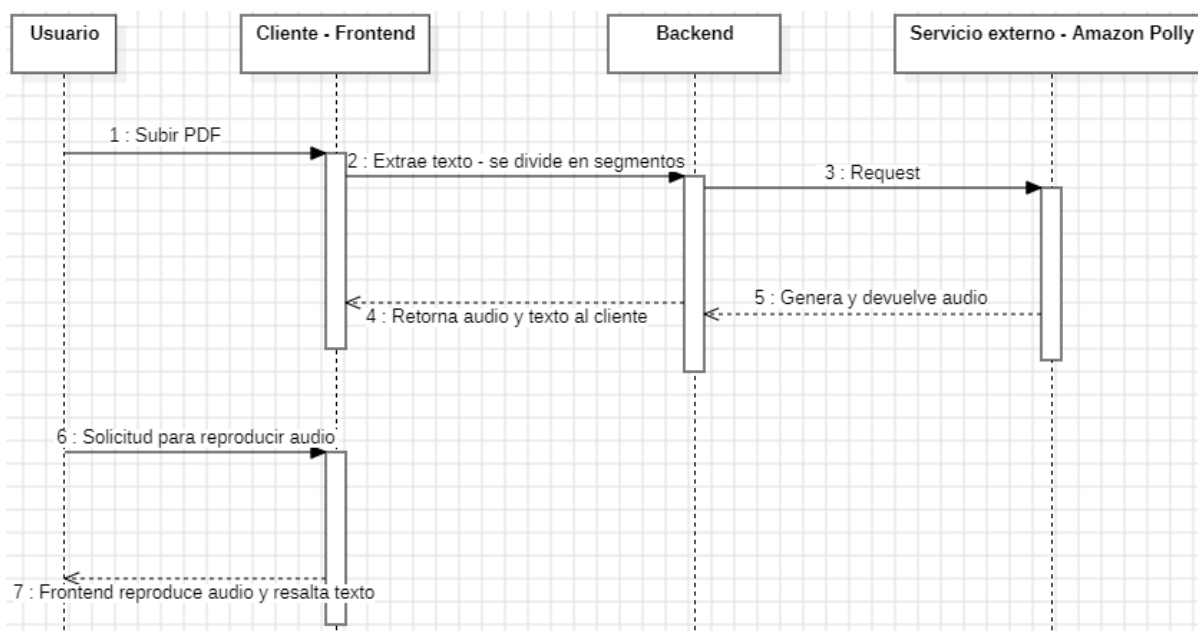
1. Usuario carga PDF

2. Frontend (JS + PDF.js) extrae texto

3. Texto se divide en segmentos
4. JS envía petición HTTP al backend (PHP)
5. Backend llama API Amazon Polly
6. Polly devuelve audio (stream o archivo)
7. Backend retorna audio al cliente
8. Frontend reproduce audio y resalta texto

**Figura 2**

*Diagrama de Secuencia*



Algunas Consideraciones de la arquitectura, es que esta no almacena los archivos subidos, lo cual mejora privacidad.

El procesamiento es híbrido (cliente + nube):

-Cliente: extracción

Nube: síntesis de voz

Esto ayuda a que el sistema sea escalable ya que el Backend es ligero.

### **Fase 3: Desarrollo e Implementación**

En esta fase se lleva a cabo la construcción del sistema mediante la integración de las tecnologías seleccionadas.

Se implementan funcionalidades como la carga de archivos PDF desde el navegador, la extracción de texto utilizando la biblioteca PDF.js y la conversión del texto a voz mediante el servicio Amazon Polly.

Además, se desarrolla la lógica de comunicación entre el frontend (HTML, CSS y JavaScript) y el backend (PHP), permitiendo el procesamiento de solicitudes y la reproducción del audio generado en la interfaz.

El desarrollo de esta fase del ciclo de vida del software se puede ver de manera más detallada en la sección etapas del Proyecto:

Etapa 2: Diseño y Desarrollo de la Interfaz

Etapa 3: Integración y desarrollo de funcionalidades

En esta última podemos evidenciar en la figura 3 Diagrama de casos de uso, como el usuario debe interactuar con la página web al utilizar sus funcionalidades.

### **Fase 4: Pruebas y Validación**

En esta fase se evalúa el comportamiento del sistema a través de pruebas técnicas internas y pruebas con usuarios reales.

Se verifican aspectos como la precisión en la extracción de texto, la calidad y claridad de la voz generada, el rendimiento del sistema y el cumplimiento de criterios de accesibilidad.

Adicionalmente, se recopila retroalimentación de los usuarios mediante encuestas, lo que permite validar la utilidad de la herramienta e identificar oportunidades de mejora.

El desarrollo de este ciclo de vida del software se puede evidenciar en el desarrollo de la Etapa 4. Validación técnica, pruebas internas y con usuarios.

### **Fase 5: Despliegue**

La fase de despliegue corresponde a la etapa en la cual la aplicación es puesta a disposición de los usuarios finales en un entorno de producción, garantizando su accesibilidad, disponibilidad y correcto funcionamiento. En este proyecto, el sistema fue desplegado como una aplicación web, permitiendo su acceso a través de navegadores sin requerir instalación previa.

Para el despliegue se utilizó la plataforma de hosting proporcionada por Hostinger, la cual permite alojar tanto el frontend desarrollado en HTML, CSS y JavaScript, como el backend implementado en PHP. Esta infraestructura facilita la publicación del sistema bajo un dominio accesible públicamente mediante el protocolo HTTP/HTTPS. <https://textoavozparapdfs.org/>

El proceso de despliegue incluyó las siguientes actividades:

**Configuración del entorno de hosting:** Se estableció el servidor web con soporte para PHP, asegurando la correcta ejecución de las solicitudes hacia la API externa.

**Carga de archivos del sistema:** Se subieron los recursos del frontend y backend al servidor mediante FTP.

**Integración con servicios externos:** Se configuró la conexión segura con el servicio de síntesis de voz de Amazon Polly mediante credenciales y uso del SDK correspondiente.

**Pruebas en entorno de producción:** Se validó el correcto funcionamiento del flujo completo (carga de PDF, extracción de texto, conversión a audio y reproducción).

Configuración de analítica: Se integraron herramientas como Google Analytics para monitorear el uso del sistema y obtener métricas de interacción.

Además, el despliegue considera aspectos de seguridad y rendimiento, tales como la no persistencia de archivos cargados por el usuario y la optimización en los tiempos de respuesta, garantizando una experiencia eficiente y segura. Este enfoque permite que la aplicación esté disponible de forma continua y pueda escalar en función de la demanda.

### **Fase 6: Mantenimiento y Evolución**

La fase de mantenimiento y evolución del sistema se enfoca en garantizar la mejora continua de la aplicación, a partir del monitoreo de su uso en producción y de la retroalimentación obtenida de los usuarios finales. En este proyecto, dicha fase se sustenta en un proceso de evaluación con usuarios reales y simulados, lo que permitió identificar fortalezas del sistema y oportunidades de mejora orientadas a la accesibilidad e inclusión.

El proyecto contempla:

Mejorar la naturalidad del sistema de conversión de texto a voz (TTS): mediante la incorporación de voces más realistas y configuraciones avanzadas como control de velocidad, tono y estilo de lectura.

Incorporar soporte OCR (Reconocimiento Óptico de Caracteres): con el fin de permitir la lectura de documentos escaneados o imágenes que no contienen texto digital.

Desarrollar una versión móvil o instalable: que amplíe el acceso a la herramienta desde dispositivos móviles y computadoras, favoreciendo su uso en distintos contextos.

Ampliar el soporte de formatos: incluyendo archivos adicionales como EPUB y TXT, fortaleciendo el enfoque inclusivo del sistema.

Este proceso asegura que la aplicación no solo mantenga su funcionamiento óptimo, sino que evolucione progresivamente hacia una solución más inclusiva, accesible y alineada con las necesidades de sus usuarios.

### **Enfoque Iterativo del Desarrollo**

El ciclo de vida implementado no se desarrolla de manera estrictamente lineal, sino iterativa, lo que permite realizar ajustes continuos en cada fase del proyecto.

Este enfoque facilita la mejora progresiva de la aplicación, integrando cambios derivados de las pruebas, la validación con usuarios y el proceso de evaluación del proyecto, fortaleciendo así la calidad, accesibilidad y funcionalidad del sistema.

## **Etapas del Proyecto**

### **Etapas del Proyecto**

#### **Etapas del Proyecto**

#### ***Análisis de Motores de Conversión de Texto a Voz***

Para seleccionar la tecnología de conversión de texto a voz (TTS) que se usará en el proyecto, se analizará la calidad de la voz generada, soporte para el idioma español, el costo por uso y la facilidad de integración en aplicaciones web. Las herramientas que se examinarán, son: Google TTS, Amazon Polly, Microsoft Azure Speech y Web Speech API.

De acuerdo al análisis presentado en la tabla 4, se selecciona Amazon Polly (estándar) como motor de texto a voz en esta iteración del proyecto, aunque la calidad de voz es buena, no es del todo natural en el plan estándar, pero si es comprensible fácilmente, además, es la que más caracteres gratis por mes proporciona; de acuerdo con esto, se implementará lógica con PHP para la correcta función de esta API.

La opción de web Speech API como motor TTS es buena, porque esta API aprovecha las voces instaladas en el sistema operativo del usuario, lo que permite una experiencia rápida y funcional, también es fácil de integrar, sin necesidad de claves de API, servidores externos ni configuraciones adicionales y es completamente gratuita y sin límite de caracteres. Pero su funcionalidad depende del equipo y del navegador, lo cual no garantiza que la aplicación web funcione en la mayoría de dispositivos, es por esto que se selecciona Amazon Polly.

**Tabla 4***Análisis de Tecnologías TTS*

Característica	Web Speech API (Navegador)	Google Cloud Text-to-Speech	Amazon Polly	Microsoft Azure Speech
Calidad de voz	Variable, depende del navegador y sistema operativo.	Buena o natural, dependiendo del plan.	Buena o natural, dependiendo del plan.	Buena o natural, dependiendo del plan.
Soporte para español	Sí (es-ES, es-MX, etc.)	Sí (varios acentos)	Sí (es-ES, es-MX, es- US)	Sí (es-ES, es-MX, etc.)
Costo por uso	Gratis (local, sin límites de uso)	Gratis el primer año y con límite de 4 millones de caracteres al mes, luego 4 dólares por cada millón de caracteres. (Plan estándar)	Gratis 5 millones de caracteres por mes durante los primeros 12 meses, luego 4 dólares por cada millón de caracteres (Plan estándar)	Gratis hasta 5 horas/mes, luego pago, además al utilizar Microsoft Azure, también da acceso a 20 servicios más, los cuales no son útiles para el proyecto.
Facilidad de integración	Muy fácil, solo se hace usando Javascript	Requiere clave de API y autenticación	Requiere SDK de AWS y autenticación.	Requiere configuración de servicio en Azure.

*Nota.* Tabla que muestra el análisis de motores de conversión de texto a voz, posibles apis para integrar en el desarrollo del aplicativo web

### ***Herramienta para la Extracción de Texto***

Para el desarrollo de la aplicación web se usará la biblioteca PDF.js, esta permite renderizar y leer archivos PDF directamente en el navegador sin necesidad de plugins adicionales. Además, funciona totalmente en el navegador, sin necesidad de backend, es gratuito y de código abierto y compatible con la mayoría de los navegadores modernos.

### ***Herramienta para Análisis del Tráfico Web***

Se selecciona Google Analytics, si bien las estadísticas proporcionadas por el servicio de hosting ofrecen una visión general básica del tráfico, Google Analytics es mejor por brindar un análisis más exacto del comportamiento de los usuarios en el sitio web, también permite entender cómo interactúan los visitantes con el contenido, qué páginas ven, cuánto tiempo permanecen y de dónde provienen, además es una herramienta gratuita.

### ***Normativas de Accesibilidad Web***

De acuerdo a la WCAG 2.2 y la resolución MinTIC 1519 de 2020, se aplicarán los siguientes criterios de accesibilidad para la página web:

- Identificar las zonas y regiones de la página, mediante elementos HTML semánticos o mediante roles de ARIA.
- Presentar el texto en tipografías que faciliten la lectura, en este caso se usará Arial.
- Los textos deben tener un tamaño suficiente para poder ser leídos con facilidad.
- La presentación visual de texto e imágenes de texto tiene una relación de contraste mínima de 4,5:1.

## **Etapas 2: Diseño y Desarrollo de la Interfaz**

La interfaz de la página web es diseñada con HTML y CSS, durante esta etapa se emplean correctamente los criterios de accesibilidad definidos anteriormente en la etapa 1.

Identificación de zonas y regiones mediante HTML semántico y ARIA: Para cumplir con este criterio en el diseño, se integra en el código HTML las etiquetas:

`role="banner"` y `role="main"`: Estas definen claramente las secciones principales, mejoran la navegación para personas que usan tecnología de asistencia.

`aria-label`: Etiqueta accesible para botones con funciones específicas.

`aria-labelledby`: Asocia un elemento con otro que ya contiene texto visible.

`aria-live="polite"`: Anuncia que el contenido dentro de ese contenedor puede cambiar automáticamente.

`tabindex="0"`: Permite navegar al contenedor del texto con Tab.

Para el contenido de texto en la página, se establece el uso de Arial, una tipografía sans-serif, recomendada en accesibilidad por su forma clara y espaciado consistente, lo cual mejora la comprensión y lectura fluida; además el contenido textual y los botones tienen un tamaño visualmente cómodo, esto contribuye a que el texto pueda ser leído sin esfuerzo por la mayoría de los usuarios, incluyendo personas con visión moderadamente reducida.

Ahora para el contraste de colores en el encabezado de la página y los botones, se usa el texto de color blanco y el fondo de un tono de azul oscuro:

### Figura 3

#### *Muestra de Colores Empleados en la Interfaz Accesible*



*Nota.* La figura presenta los colores blanco (#FFFFFF) y azul (#1F00BD) utilizados en la interfaz para favorecer la legibilidad y el contraste visual de los elementos gráficos y textuales.

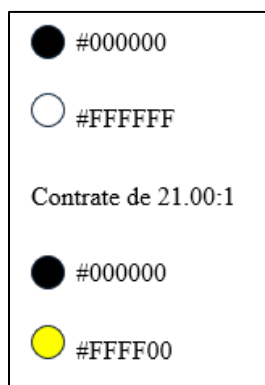
Estos colores proporcionan un contraste de 11,71:1, ósea que cumple con el estándar mínimo de contraste WCAG 2.1 nivel AA (mínimo 4.5:1)

Para el texto extraído se usa el texto negro y el fondo blanco, cuando está siendo leído este se resalta y queda con el fondo amarillo, lo cual nos da niveles de contraste buenos.

A continuación, vemos el diseño de la página realizado con HTML y CSS:

### Figura 4

#### *Resultados de la Validación del Contraste de Colores de la Interfaz*



*Nota.* La figura presenta las combinaciones de colores utilizadas en la interfaz y los niveles de contraste obtenidos durante la evaluación de accesibilidad, verificando el cumplimiento de los criterios establecidos por las WCAG 2.1

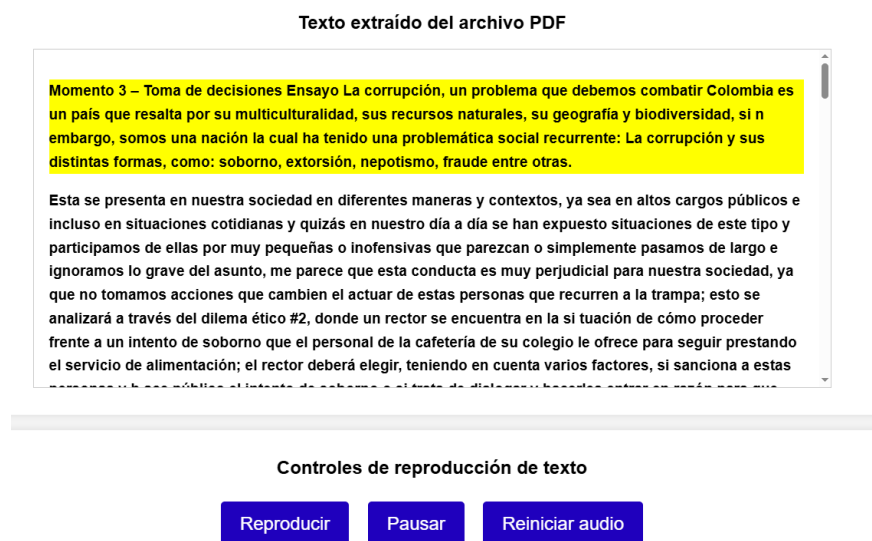
## Figura 5

### *Interfaz de la Aplicación Web*



## Figura 6

*Texto Extraído del PDF*



### Etapa 3: Integración y desarrollo de funcionalidades

Para el desarrollo de este paso, se usarán las tecnologías seleccionadas anteriormente en la etapa 1: Amazon Polly (estándar) y la biblioteca PDF.js para la extracción del texto.

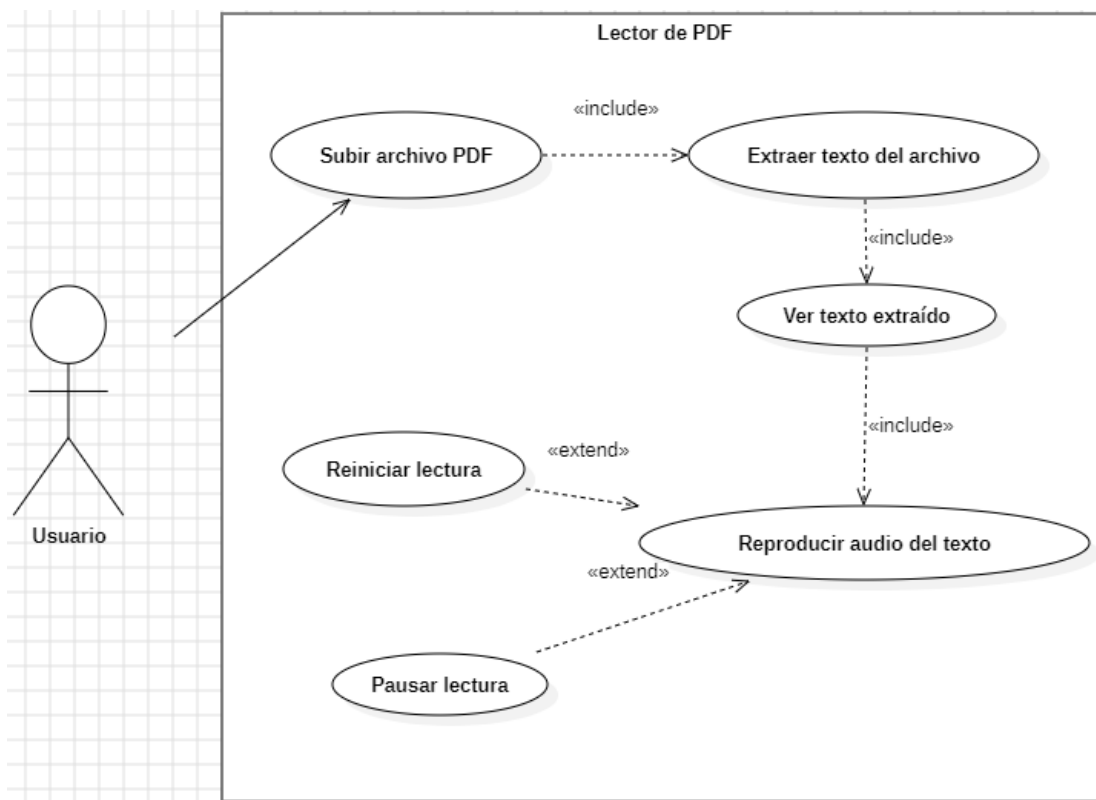
Integración de funcionalidades, extracción de texto y conversión a voz: Para cargar archivos PDF desde el navegador, se utilizó en el input de tipo file en el código HTML, esto permite al usuario seleccionar el archivo, a este input se le aplicó estilo con CSS para hacerlo más visible.

Para la extracción del texto contenido en el archivo PDF, se integra en el código de JavaScript la librería pdf.js, la cual nos ayuda a cargar y recorrer cada página del documento, para obtener su contenido textual. También se agregó código en JavaScript para eliminar los guiones de final de línea, los espacios duplicados y añadiendo saltos de línea al final de cada oración para mayor claridad.

Para la conversión del texto extraído en voz se en Amazon Polly de JavaScript, el usuario hace clic en el botón de "Reproducir", el JavaScript toma estas líneas de texto organizadas y, una por una, las envía al backend, que está hecho con PHP, el cual recibe esta petición, toma el texto, se comunica con el servicio de Amazon Polly para convertir ese texto en voz, y luego envía la grabación de voz de vuelta a JavaScript, este recibe la grabación de voz, la reproduce en el navegador para que el usuario pueda escuchar el texto del PDF, este proceso se repite para cada línea de texto, creando una experiencia de lectura fluida con resaltado visual.

También se implementó navegación por teclado para mayor accesibilidad, al entrar en la página y pulsar la tecla "s" se abre el selector de archivos, una vez seleccionado se pulsa la tecla "e" para extraer el texto, después con la tecla "p" se empieza a reproducir el audio y a resaltarse el texto en pantalla, con la tecla espacio se puede pausar la lectura y con la tecla "r" se reinicia dicha lectura.

En el siguiente diagrama de casos de uso (Imagen 3) veremos como el usuario debe interactuar con la página web al utilizar sus funcionalidades.

**Figura 7***Diagrama de Casos de Uso***Etapa 4. Validación técnica, pruebas internas y con usuarios**

Para garantizar el rendimiento y cumplimiento de los requisitos del sistema, se han implementado pruebas internas de funcionalidad y accesibilidad, las cuales se evaluarán a través de herramientas en línea y verificaciones manuales.

***Precisión de la Extracción de Texto***

Para realizar esta prueba se han utilizado 3 herramientas en línea (GoTranscript Text Compare, Copyleaks y Editpad Text Similarity Checker), las cuales permiten comparar el texto

extraído por el lector de PDF y el texto del PDF original. Se ha seleccionado un documento el cual tiene 1.231 palabras aproximadamente o 6.539 caracteres (sin contar los espacios).

En esta primera prueba hecha en GoTranscript Text Compare, aunque tiene algunas correcciones en el texto y no es exactamente igual, vemos que la similitud del texto es del 96%

## Figura 8

### Prueba de Similitud de Texto GoTranscript Text Compare

Words 1248  
Corrections 53  
Similarity of text is 96%

Removed Added

Momento 3 – Toma de **decisiones**

**Ensayo**

**decisiones Ensayo**. La corrupción, un problema que debemos **combatir**

**combatir**. Colombia es un país que resalta por su multiculturalidad, sus recursos naturales, su geografía y biodiversidad, **sin si n** embargo, somos una nación la cual ha tenido una problemática social recurrente: La corrupción y sus distintas formas, como: soborno, extorsión, nepotismo, fraude entre **otras. otras**.

Esta se presenta en nuestra sociedad en diferentes maneras y contextos, ya sea en altos cargos públicos e incluso en situaciones cotidianas y quizás en nuestro día a día se han expuesto situaciones de este tipo y participamos de ellas por muy pequeñas o inofensivas que parezcan o simplemente pasamos de largo e ignoramos lo grave del asunto, me parece que esta conducta es muy perjudicial para nuestra sociedad, ya que no tomamos acciones que cambien el actuar de estas personas que recurren a la trampa; esto se analizará a través del dilema ético #2, donde un rector se encuentra en la **situación si tuación** de cómo proceder frente a un intento de soborno que el personal de la cafetería de su colegio le ofrece para seguir prestando el servicio de alimentación; el rector deberá elegir, teniendo en cuenta varios factores, si sanciona a estas personas y **hace h ace** público el intento de soborno o si trata de dialogar y hacerles entrar en razón para que actúen bien y se ganen de manera justa el puesto que se oferta.

Nombre del estudiante: Leandro Tabora **Muñoz**

**Muñoz** Código: **1035970591**

**1035970591** CEAD/CCAV/UDR: **Medellin**

**Medellin** Programa académico: Tecnología en desarrollo de **software**

**software** Nombre del tutor(a): Santiago **Barona**

**Barona** Fecha de presentación del trabajo: 27/11/2022

Teniendo en cuenta las condiciones y perspectivas de los actores directos que se presentan en el dilema; la alternativa para la solución al problema sería tomar acciones punitivas y sancionar a estas personas, aunque el personal de la cafetería brinde un **servicio s ervicio** satisfactorio a la comunidad educativa, considero que es importante empezar a ver este tipo de situaciones con rechazo y a cambiar realmente este tipo de conductas que tan presentes y arraigadas están en nuestra sociedad, además de que perjudican, en este caso es injusto para los demás proveedores, puesto que se les niega la oportunidad de competir sanamente por el contrato; tomar la alternativa de no sancionar a este tipo de personas, creo que es uno de los problemas que tenemos, puesto que se **normalizan norm alizan** estas situaciones, además de ser una solución blanda y podría no cambiar la conducta de trampa que estas personas **reflejan. reflejan**.

También pienso que la alternativa de sancionar es la más acorde, porque es una actitud que, como ciudadano, miembro activo de la sociedad debe tomar el rector, ya que esta conducta refleja una postura ética clara y la responsabilidad que debemos tener como individuos con la comunidad, así como lo explica castro (2019) "La ciudadanía implica también la praxis política, en tanto **que q ue** vincula acciones relacionadas con lo público, lo común a todos y las responsabilidades que atañen al sujeto con relación al otro, con la comunidad y con quienes se relaciona".

En Colombia la corrupción ha sido señalada como algo característico del **pais, pais** y existen factores que se encargan de que esto se siga manteniendo así, como la debilidad a la hora de castigar estas conductas, tanto por parte del estado como de la sociedad, Newman, Arango (2017) describen esta situación como la debilidad **institucional instituciona l** del estado, a causa de un gobierno ausente y de instituciones débiles que no imponen la ley, genera condiciones que favorecen la

En esta segunda prueba hecha en Copyleaks Text Compare, vemos un resultado parecido al anterior, con un porcentaje de similitud del 96,8%.

## Figura 9

### Prueba de Similitud de Texto Copyleaks Text Compare

The image displays a side-by-side comparison of two text documents. The left window, titled 'tu-archivo.html (1,231 palabras)', contains the original text. The right window, titled 'Momento%203\_Toma%20de%20decisiones\_Leandro%20Taborda.pdf', shows the same text with a 96.8% similarity score and a 'Texto Coincidente' label. The text in both windows is highlighted in red, indicating the areas of similarity. The text is as follows:

**Momento 3 – Toma de decisiones** Ensayo La corrupción, un problema que debemos combatir Colombia es un país que resalta por su multiculturalidad, sus recursos naturales, su geografía y biodiversidad, si n embargo, somos una nación la cual ha tenido una problemática social recurrente: La corrupción y sus distintas formas, como: soborno, extorsión, nepotismo, fraude entre otras.

Esta se presenta en nuestra sociedad en diferentes maneras y contextos, ya sea en altos cargos públicos e incluso en situaciones cotidianas y quizás en nuestro día a día se han expuesto situaciones de este tipo y participamos de ellas por muy pequeñas o inofensivas que parezcan o simplemente pasamos de largo e ignoramos lo grave del asunto, me parece que esta conducta es muy perjudicial para nuestra sociedad, ya que no tomamos acciones que cambien el actuar de estas personas que recurren a la trampa; esto se analizará a través del dilema ético #2, donde un rector se encuentra en la si tuación de cómo proceder frente a un intento de soborno que el personal de la cafetería de su colegio le ofrece para seguir prestando el servicio de alimentación; el rector deberá elegir, teniendo en cuenta varios factores, si sanciona a estas personas y h ace público el intento de soborno o si trata de dialogar y hacerles entrar en razón para que actúen bien y se ganen de manera justa el puesto que se oferta.

Nombre del estudiante: Leandro Taborda Muñoz Código: 1035970591 CEAD/CCAV/UDR; Medellín Programa académico: Tecnología en desarrollo de software Nombre del tutor(a): Santiago Barona Fecha de presentación del trabajo: 27/11/2022

Teniendo en cuenta las condiciones y perspectivas de los actores directos que se presentan en el dilema; la alternativa para la solución al problema sería tomar acciones punitivas y sancionar a estas personas, aunque el personal de la cafetería brinde un s ervicio satisfactorio a la comunidad educativa, considero que es importante empezar a ver este tipo de situaciones con rechazo y a cambiar realmente este tipo de conductas que fan presentes y arraigadas están en nuestra sociedad, además de que perjudican, en este caso es injusto para los demás proveedores, puesto que se les niega la oportunidad de competir sanamente por el contrato; tomar la alternativa de no sancionar a este tipo de personas, creo que es uno de los problemas que tenemos, puesto que se norm alizan estas situaciones, además de ser una solución blanda y podría no cambiar la conducta de trampa que estas personas reflejan.

También pienso que la alternativa de sancionar es la más acorde, porque es una actitud que, como ciudadano, miembro activo de la sociedad debe tomar el rector, ya que esta conducta refleja una postura ética clara y la responsabilidad que debemos tener como individuos con la comunidad, así como lo explica castro (2019) “La ciudadanía implica también la praxis política, en tanto q ue vincula acciones relacionadas con lo público, lo común a todos y las responsabilidades que atañen al sujeto con relación al otro, con la comunidad y con quienes se relaciona”.

En Colombia la corrupción ha sido señalada como algo característico del país , y existen factores que se encargan de que esto se siga manteniendo así, como la debilidad a la hora de castigar estas

Desarrollado por Copyleaks

Escuela de Ciencias Sociales Artes y Humanidades

UNAD Universidad Nacional de Colombia

En la tercera prueba realizada con Editpad Text Similarity Checker, vemos un porcentaje del 99.38%

## Figura 10

### *Prueba de Similitud de Texto Editpad Text Similarity Checker*

<div style="border: 1px solid black; background-color: #28a745; color: white; padding: 5px; display: inline-block; margin-bottom: 10px;">Check Similarity</div>	
First Content <b>99.38%</b> matched	Second Content <b>99.38%</b> matched
<p>Momento 3 – Toma de decisiones Ensayo La corrupción, un problema que debemos combatir Colombia es un país que resalta por su multiculturalidad, sus recursos naturales, su geografía y biodiversidad, si n embargo, somos una nación la cual ha tenido una problemática social</p>	<p>Momento 3 – Toma de decisiones Ensayo La corrupción, un problema que debemos combatir Colombia es un país que resalta por su multiculturalidad, sus recursos naturales, su geografía y biodiversidad, si n embargo, somos una nación la cual ha tenido una problemática social</p>

Como vemos la página cumple con el criterio de igual o más del 95% de coincidencia entre el texto extraído por la página y el documento PDF original, aunque no es 100% y presenta algunos cambios, estos no influyen ni afectan la comprensión del contenido en el documento.

### ***Claridad, Naturalidad y Estabilidad de la Voz Generada***

Durante la evaluación de la voz generada mediante Amazon Polly, se observó que la claridad del audio es aceptable, ya que las palabras son pronunciadas de manera correcta y comprensible. Esto facilita que los usuarios, puedan entender el contenido del texto leído sin mayor esfuerzo auditivo.

Sin embargo, en cuanto a naturalidad, la voz presenta características típicas de los sintetizadores tradicionales: entonación monótona, pausas poco orgánicas y una pronunciación que, aunque correcta, carece de variaciones de ritmo, entonación y énfasis. A pesar de esa falta de naturalidad, se destaca que la voz es estable, sin interrupciones, cortes o errores en la reproducción. Esto garantiza que la herramienta pueda utilizarse de forma continua y confiable,

lo que es un punto positivo en contextos educativos. La compatibilidad multiplataforma es una ventaja importante de esta solución basada en el navegador.

***Velocidad de Procesamiento desde la Carga hasta la Reproducción.***

Esta prueba se ha hecho de forma manual, se han cargado 5 documentos PDF de diferentes tamaños, con el fin de cronometrar el tiempo que se demora en extraer el texto y renderizar en pantalla, también se medirá el tiempo en empezar a reproducir el audio. A continuación, veremos los resultados en la tabla 5.

**Tabla 5**

*Resultados Prueba de Procesamiento*

ID Caso de prueba	Número de palabras	Tiempo de extracción (s)	Tiempo reproducción audio (s)
CP01	500	0,67	1,62
CP02	1.118	0,67	2,80
CP03	2.515	0,70	2,85
CP04	4.573	0.80	2,85
CP05	8.001	0.80	3,15

*Nota.* Tabla que muestra los resultados del tiempo de la carga de documentos, la extracción del contenido y el tiempo en empezar a reproducir el audio

Los resultados de las pruebas internas muestran un rendimiento técnico eficiente en la extracción de texto desde archivos PDF, incluso con documentos de gran longitud. En todos los casos, el tiempo de extracción se mantuvo por debajo de un segundo, con ligeras variaciones.

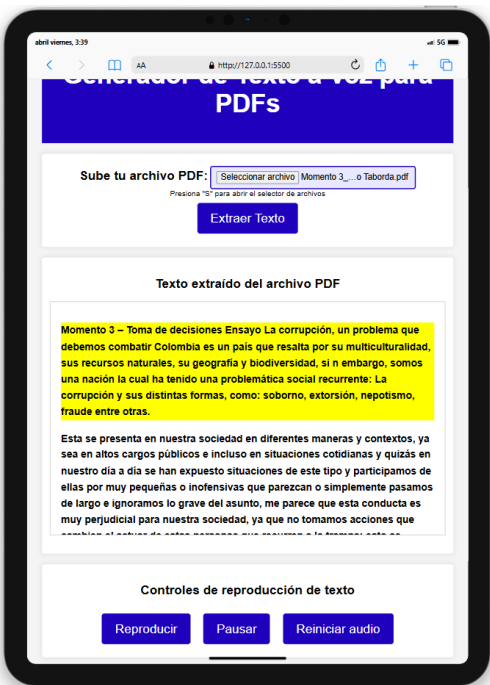
### *Comportamiento de la Interfaz en Distintos Navegadores y Dispositivos.*

Para verificar que la página es responsive y se adapta de manera adecuada a distintos dispositivos y navegadores, se harán pruebas con ayuda de un simulador (Simulador móvil: herramienta de prueba de respuesta), el cual renderiza la página como si estuviera funcionando desde un celular o una tablet, a continuación, veremos las evidencias.

#### **Figura 11**

*Página Renderizada desde un Celular*



**Figura 12***Página Renderizada desde una Tablet*

Como podemos ver la interfaz de la página se muestra bien, se adapta adecuadamente a distintos tamaños de pantalla y dispositivos, ofreciendo una experiencia de usuario coherente y funcional en cada caso. También sabemos que funciona en múltiples navegadores, ya que las APIs de AWS funcionan correctamente en los principales navegadores.

### ***Pruebas y Validación de Accesibilidad***

Para validar la accesibilidad web, se usarán herramientas, como Wave, que es una herramienta que evalúa el contenido web de una página con relación a la accesibilidad de esta. También se empleará Web Disability Simulator, esta herramienta simula diferentes tipos de daltonismo y condiciones visuales.

En la prueba hecha con la herramienta Wave, mostró los siguientes resultados:

**Figura 13**

*Evolución de Accesibilidad Wave.*



**Tabla 6**

*Resultados Prueba en Wave.*

Errores	Ninguno encontrado.
Errores de Contraste	Ninguno encontrado.
Alertas	1 alerta detectada: Uso de elemento HTML5 de video o audio.
Características	- 1 etiqueta de formulario correctamente asociada. - 1 idioma declarado en la página.
Elementos Estructurales	5 elementos estructurales encontrados.
Elementos ARIA 1	11 elementos ARIA usados correctamente en la web.


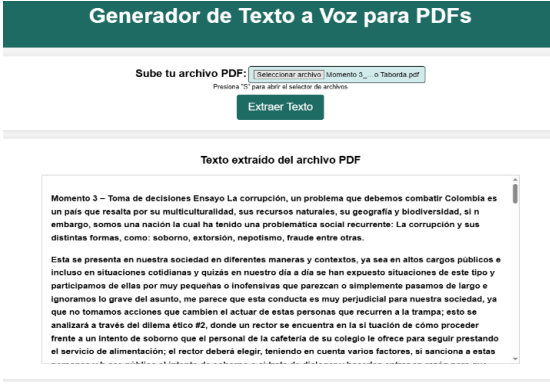
*Nota.* Tabla que muestra los resultados de los análisis arrojados por el aplicativo Wave para verificar la accesibilidad de la página web



La alerta se genera por usar la etiqueta audio en el código HTML de la página, ya que cuando se usa la etiqueta audio o video, se debe presentar el contenido del audio en texto para que sea totalmente accesible para usuarios con dificultades auditivas, lo cual ya está implementado en la página. En general, la página cumple con los estándares WCAG en cuanto a contraste, estructura, uso de etiquetas y atributos ARIA.


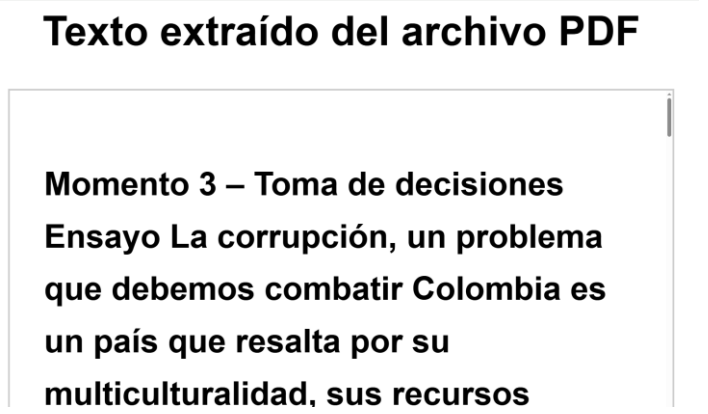
A continuación, en la tabla 7 se presentarán las pruebas hechas manualmente y con Web Disability Simulator, estas pruebas de accesibilidad se enfocan en daltonismo, condiciones visuales y zoom de la página.

Tabla 7

Resultados Pruebas con Web Disability Simulator y Manuales.

Condición simulada / Prueba	Herramienta / Método	Criterio esperado	Resultado observado	Cumple (Sí/No)	Evidencia
Acromatopsia/ monocromatismo	Web Disability Simulator	La información no depende solo del color; se distinguen botones y contenido principal.	Los botones siguen por forma y texto, igual que el contenido principal.	Si	 <p><b>Generador de Texto a Voz para PDFs</b></p> <p>Sube tu archivo PDF: <input type="text" value="Seleccionar archivo"/> Momento 3_0_Taborda.pdf  <small>Presiona "F" para abrir el selector de archivos.</small></p> <p><b>Extraer Texto</b></p> <p><b>Texto extraído del archivo PDF</b></p> <p>Momento 3 – Toma de decisiones Ensayo La corrupción, un problema que debemos combatir Colombia es un país que resalta por su multiculturalidad, sus recursos naturales, su geografía y biodiversidad, si n embargo, somos una nación la cual ha tenido una problemática social recurrente: La corrupción y sus distintas formas, como: soborno, extorsión, nepotismo, fraude entre otras.</p> <p>Esta se presenta en nuestra sociedad en diferentes maneras y contextos, ya sea en altos cargos públicos e incluso en situaciones cotidianas y quizás en nuestro día a día se han expuesto situaciones de este tipo y participamos de ellas por muy pequeñas o insignificantes que parezcan o simplemente pasamos de largo e ignoramos lo grave del asunto, me parece que esta conducta es muy perjudicial para nuestra sociedad, ya que no tomamos acciones que cambien el actuar de estas personas que recurren a la trampa; esto se analizará a través del dilema ético #2, donde un rector se encuentra en la situación de cómo proceder frente a un intento de soborno que el personal de la cafetería de su colegio le ofrece para seguir prestando el servicio de alimentación; el rector deberá elegir, teniendo en cuenta varios factores, si sanciona a estas</p>
Tritanopía	Web Disability Simulator	La información no depende solo del color; se distinguen botones y contenido principal.	Los botones siguen por forma y texto, igual que el contenido principal.	Si	 <p><b>Generador de Texto a Voz para PDFs</b></p> <p>Sube tu archivo PDF: <input type="text" value="Seleccionar archivo"/> Momento 3_0_Taborda.pdf  <small>Presiona "F" para abrir el selector de archivos.</small></p> <p><b>Extraer Texto</b></p> <p><b>Texto extraído del archivo PDF</b></p> <p>Momento 3 – Toma de decisiones Ensayo La corrupción, un problema que debemos combatir Colombia es un país que resalta por su multiculturalidad, sus recursos naturales, su geografía y biodiversidad, si n embargo, somos una nación la cual ha tenido una problemática social recurrente: La corrupción y sus distintas formas, como: soborno, extorsión, nepotismo, fraude entre otras.</p> <p>Esta se presenta en nuestra sociedad en diferentes maneras y contextos, ya sea en altos cargos públicos e incluso en situaciones cotidianas y quizás en nuestro día a día se han expuesto situaciones de este tipo y participamos de ellas por muy pequeñas o insignificantes que parezcan o simplemente pasamos de largo e ignoramos lo grave del asunto, me parece que esta conducta es muy perjudicial para nuestra sociedad, ya que no tomamos acciones que cambien el actuar de estas personas que recurren a la trampa; esto se analizará a través del dilema ético #2, donde un rector se encuentra en la situación de cómo proceder frente a un intento de soborno que el personal de la cafetería de su colegio le ofrece para seguir prestando el servicio de alimentación; el rector deberá elegir, teniendo en cuenta varios factores, si sanciona a estas</p>

<p>Protanopía y Deuteranopía</p>	<p>Web Disability Simulator</p>	<p>La información no depende solo del color; se distinguen botones y contenido principal.</p>	<p>Los botones siguen diferenciados por forma y texto, igual que el contenido principal.</p>	<p>Si</p>	
<p>Visión borrosa</p>	<p>Web Disability Simulator</p>	<p>El texto debe seguir legible aumentando zoom o contraste.</p>	<p>Aplicando zoom se puede entender el contenido del texto.</p>	<p>Si</p>	

Zoom 200%	Manual / Navegador	El contenido debe reestructurarse sin scroll horizontal.	Diseño fluido, texto legible.	Si	
Zoom 400%	Manual / Navegador	La estructura debe permitir lectura y navegación con scroll vertical.	Texto legible, se mantiene usabilidad.	Si	

*Nota.* Tabla que muestra los resultados de los análisis arrojados por el aplicativo Web Disability Simulator para verificar la utilidad bajo distintas condiciones visuales

## Pruebas con Usuarios Reales

### Usuarios con Dislexia

Ahora para evaluar el impacto y los aspectos importantes de la herramienta, como lo son la usabilidad, accesibilidad, rendimiento y utilidad, veremos los resultados del total de usuarios activos en el primer mes y datos sobre las respuestas al formulario de retroalimentación hechas por usuarios reales, en este primer paso para la validación se hará con usuarios con dislexia, los cuales se consiguieron gracias al contacto con Disfam (Organización internacional dislexia y familia), a través de esta organización, se compartió la herramienta con personas con este perfil y dificultades lectoras.

La siguiente gráfica muestra el total de usuarios activos en el primer mes, el periodo entre el 20 de mayo al 20 de junio de 2025, en la cual podemos evidenciar que hubo más 50 usuarios activos en el primer mes lo que permite afirmar que se cumplió la meta propuesta.

### Figura 14

#### Gráfico de Usuarios Activos

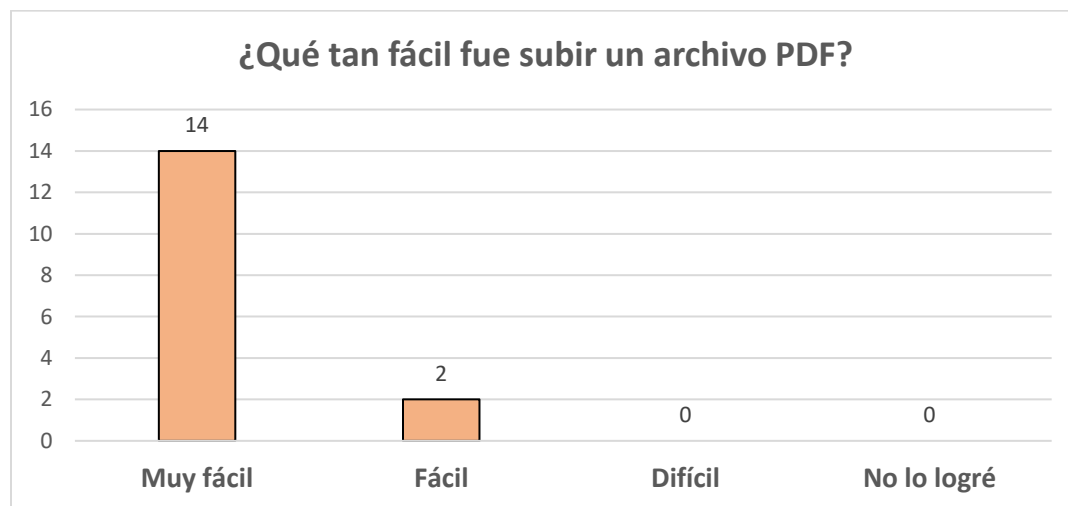


*Nota.* La gráfica muestra el número de usuarios del sitio web. Fuente. Analytics Google (2025).

A continuación, analizaremos las respuestas al formulario de retroalimentación, el cual lo llenaron 16 usuarios, en dicho formulario se pregunta a cerca de la usabilidad, accesibilidad, rendimiento y funcionalidad de la herramienta, a través de preguntas con respuestas de selección de opciones cerradas tipo escala ordinal.

### Figura 15

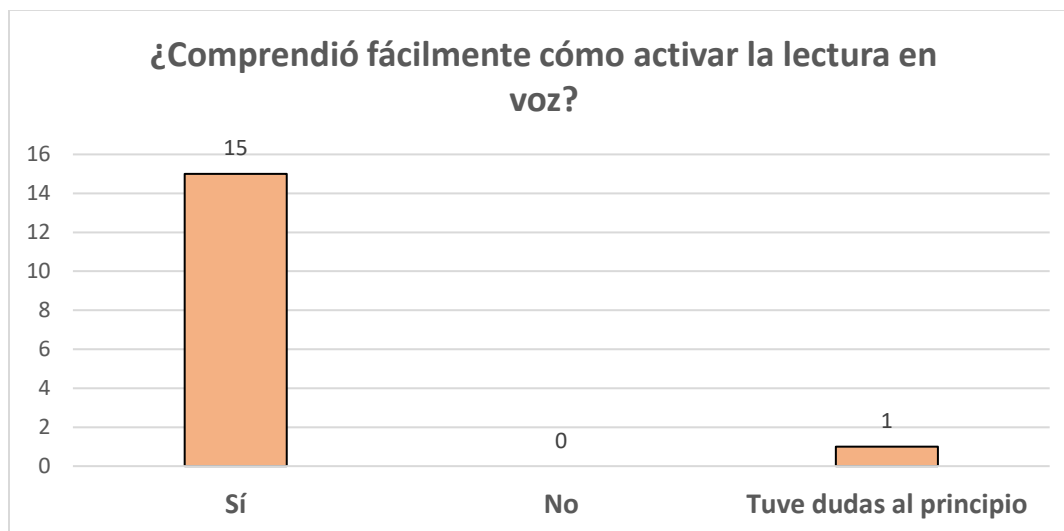
*Gráfico de Usabilidad – Subir PDF (Usuarios Dislexia)*



*Nota.* Percepción de los usuarios para subir archivos. Elaboración propia (2025).

**Figura 16**

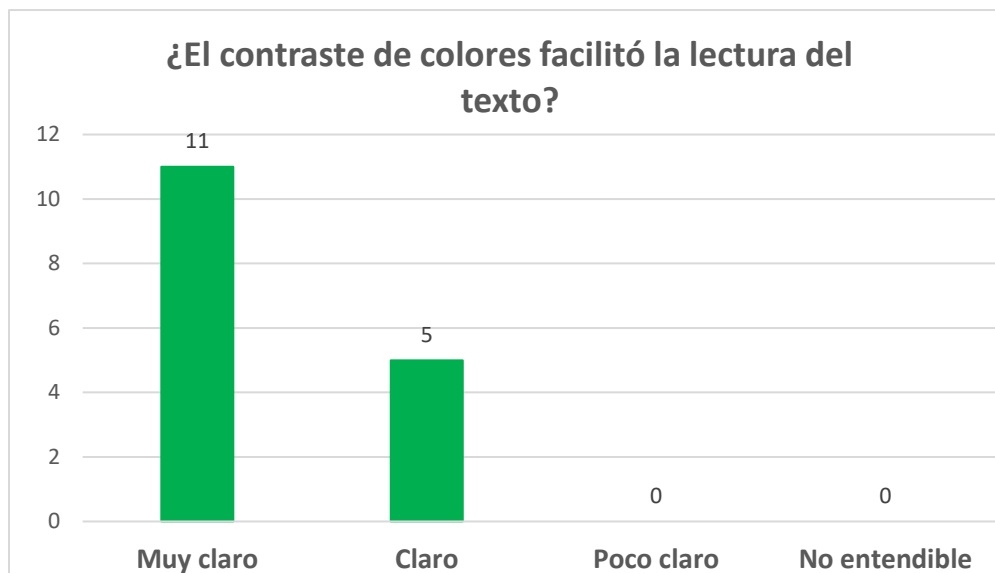
*Gráfico Usabilidad – Activar Lectura de Voz (Usuarios Dislexia)*



*Nota.* Percepción de los usuarios para reproducir audio generado. Elaboración propia (2025).

**Figura 17**

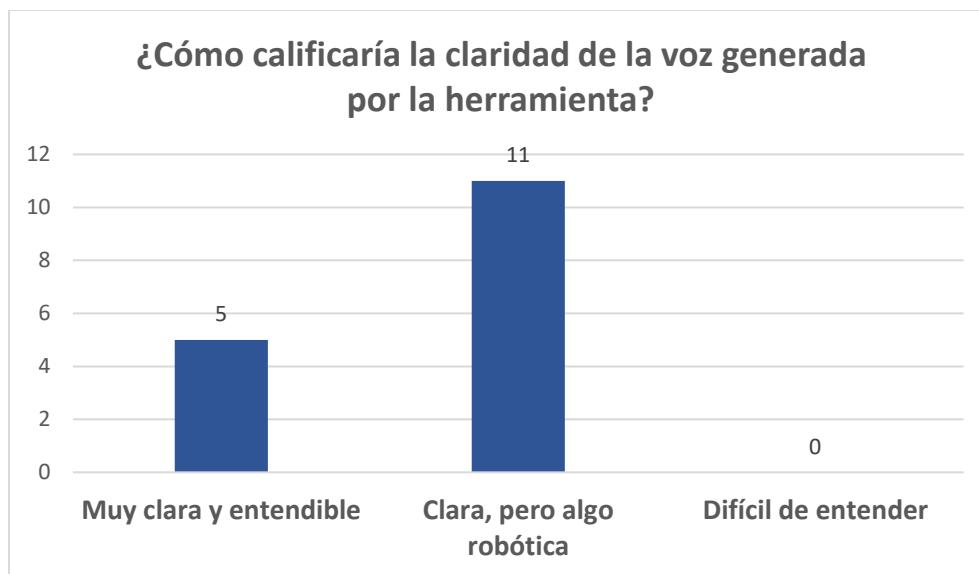
*Gráfico Accesibilidad - Contraste de Colores (Usuarios Dislexia)*



*Nota.* Muestra la opinión de los usuarios de la facilidad de lectura. Elaboración propia (2025).

**Figura 18**

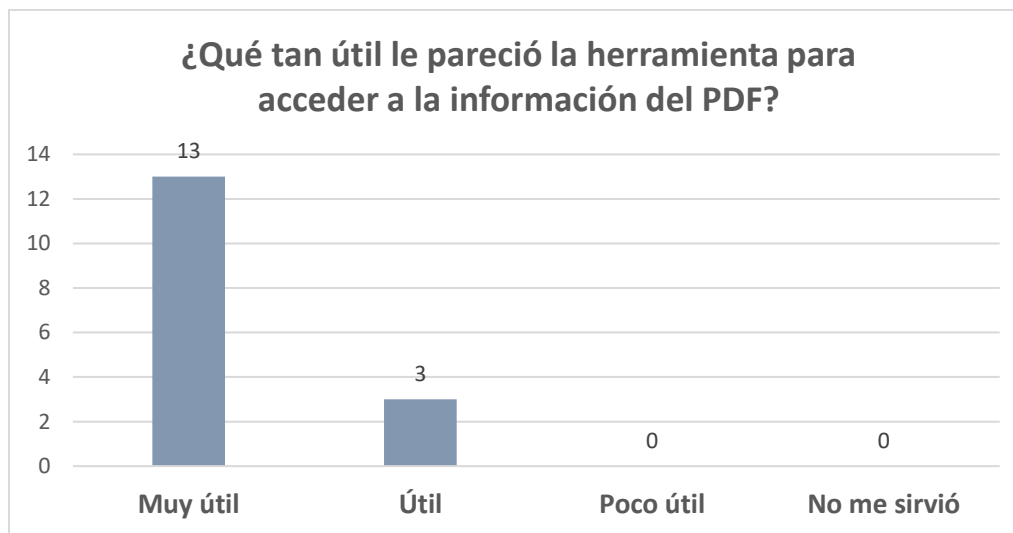
*Gráfico Rendimiento - Claridad de Voz (Usuarios Dislexia)*



*Nota.* Muestra la opinión de los usuarios sobre de la voz generada. Elaboración propia (2025)

**Figura 19**

*Gráfico Funcionalidad - Utilidad de la Herramienta (Usuarios Dislexia)*



*Nota.* Percepción de los usuarios sobre utilidad que brinda la herramienta. Elaboración propia (2025)

Con base en la retroalimentación proporcionada por 16 usuarios activos, los resultados de la evaluación indican que la herramienta desarrollada ofrece una experiencia funcional, accesible y satisfactoria para personas con dificultades de lectura. Los datos recolectados a través de encuestas evidencian una percepción mayoritariamente positiva en aspectos clave como la accesibilidad, usabilidad, rendimiento y utilidad general.

Respecto a la usabilidad, se evaluaron dos aspectos: la facilidad para activar la lectura en voz, donde 15 usuarios (94%) indicaron haberlo comprendido fácilmente y solo 1 persona (6%) tuvo dudas; y la acción de subir archivos PDF, que fue calificada como “muy fácil” por 14 usuarios (88%) y “fácil” por 2 (12%), sin reportes de dificultad. En cuanto al contraste de colores, 11 personas (69%) lo calificaron como “muy claro” y 5 (31%) como “claro”, sin respuestas negativas, lo que evidencia una buena accesibilidad visual.

En cuanto al rendimiento, la claridad de la voz generada fue considerada “clara, pero algo robótica” por 11 usuarios (69%) y “muy clara y entendible” por 5 (31%), sin valoraciones negativas, lo que sugiere una calidad de audio adecuada para la comprensión. Finalmente, sobre la utilidad, 13 personas (81%) consideraron que la herramienta fue “muy útil” para acceder a la información del PDF, y 3 (19%) la calificaron como “útil”, lo que refleja una alta satisfacción general con la funcionalidad ofrecida. Además, se recibieron comentarios por parte de los usuarios, dando ideas para oportunidades de mejora, como naturalizar más la voz o tener una versión descargable, es decir, una aplicación para instalar en dispositivos móviles o computadoras.

### ***Usuarios con Discapacidad Visual***

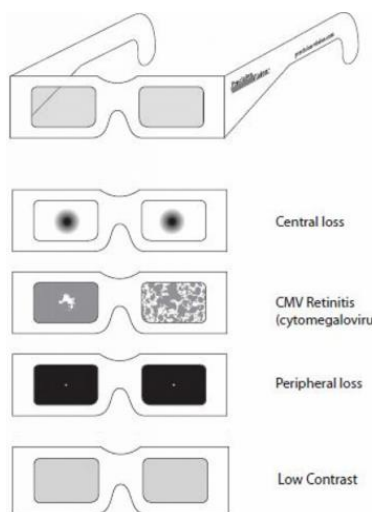
Para esta parte del proceso de validación de la herramienta, se trabajó con la participación de actores, quienes representaron a usuarios con discapacidad visual en un entorno de pruebas

controlado. Previo a la realización de las actividades, a los participantes se les explicó de manera clara el objetivo del ejercicio y el alcance de la evaluación que se llevaría a cabo. Asimismo, se les brindó una capacitación inicial, apoyada en material audiovisual, específicamente un video educativo que explica qué es la discapacidad visual, los tipos más comunes y cómo esta condición afecta la vida diaria de las personas que la presentan. Esta etapa permitió sensibilizar a los participantes y generar un mayor entendimiento del contexto de uso de la herramienta. (Material audiovisual usado disponible en anexo 4)

Posteriormente, los actores realizaron las pruebas prácticas utilizando todas las funcionalidades disponibles en la aplicación web, tales como la carga de documentos PDF, la activación de la lectura en voz y la interacción general con la interfaz. Para simular de forma más realista las condiciones de uso de personas con discapacidad visual, se emplearon gafas especiales de simulación, las cuales recrean diferentes condiciones visuales, entre ellas pérdida de visión periférica, desenfoque general y retinopatía diabética. Esta simulación permitió identificar posibles barreras de accesibilidad y usabilidad desde una perspectiva cercana a la experiencia real de los usuarios finales. (Evidencia de este proceso en anexo 4)

## Figura 20

### *Gafas de Simulación Usadas en Pruebas con Usuarios*



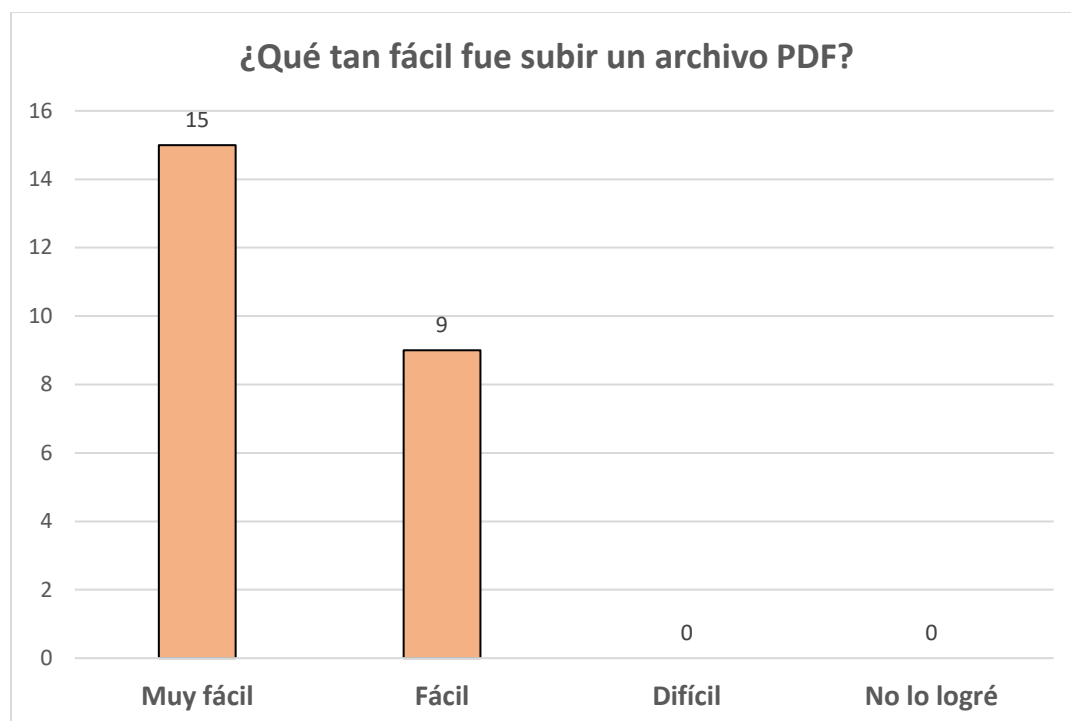
*Nota.* Simulación de diferentes condiciones de discapacidad visual empleadas en las pruebas de usabilidad de la aplicación. Tomada de Amazon.

Una vez finalizadas las pruebas, los participantes proporcionaron su retroalimentación a través de un formulario de evaluación integrado en la misma plataforma, en el cual se recopilaron opiniones relacionadas con la accesibilidad, la usabilidad, la claridad de la voz generada y la utilidad general de la herramienta. La información recolectada sirvió como insumo fundamental para el análisis de resultados y la validación del sistema.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos mediante gráficos estadísticos, acompañados de su respectivo análisis. Estos resultados permiten evaluar el desempeño de la herramienta y determinar el nivel de aceptación por parte de los usuarios, aportando evidencia para la validación del proyecto orientado a mejorar el acceso a la información digital para personas con discapacidad visual.

**Figura 21**

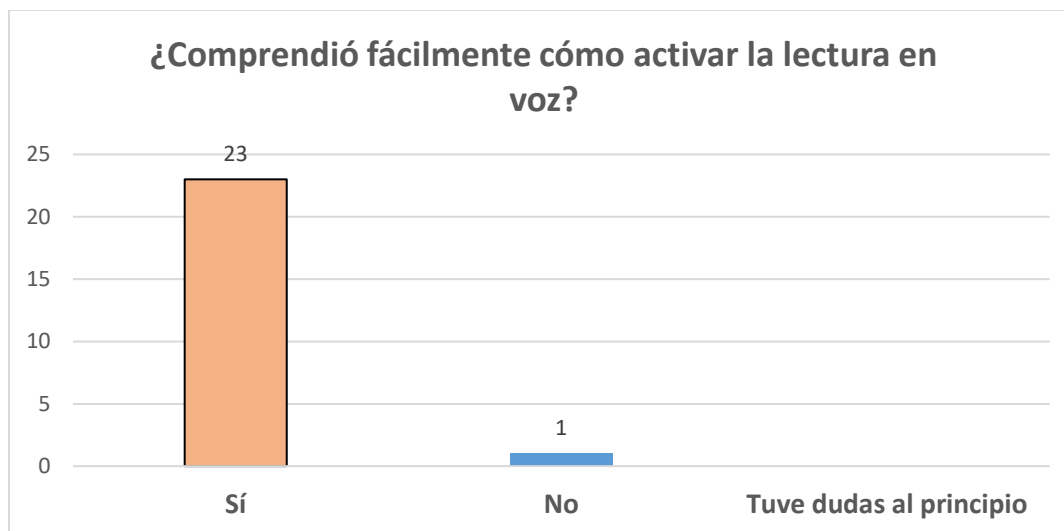
*Gráfico Usabilidad – Subir PDF (Usuarios Simulación Discapacidad Visual)*



*Nota.* Resultados de usabilidad sobre la facilidad para subir archivos PDF durante las pruebas con usuarios.

**Figura 22**

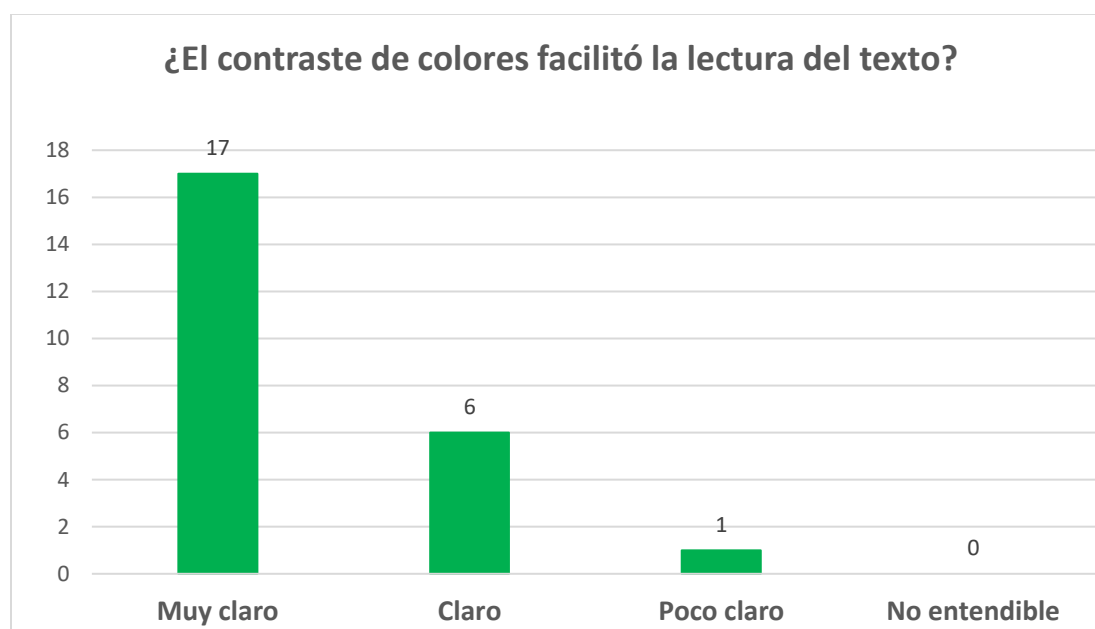
*Gráfico Usabilidad – Activar Lectura de Voz (Usuarios Simulación Discapacidad Visual)*



*Nota.* Resultados de usabilidad sobre la comprensión para activar la lectura de voz durante las pruebas con usuarios.

**Figura 23**

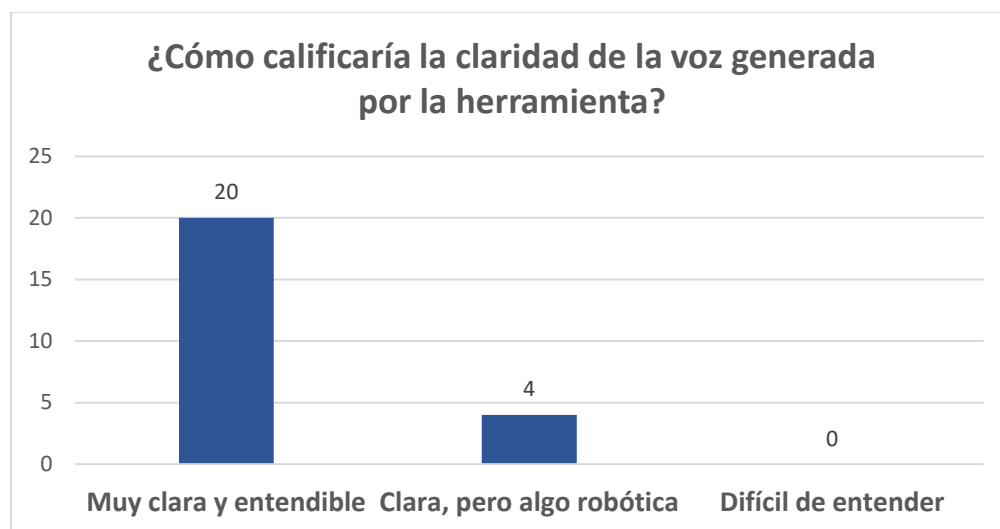
*Gráfico Accesibilidad - Contraste de Colores (Usuarios Simulación Discapacidad Visual)*



*Nota.* Los resultados muestran que el contraste de colores utilizado en la aplicación facilitó la lectura del texto para la mayoría de los usuarios durante las pruebas de accesibilidad, evidenciando una experiencia visual clara y comprensible.

**Figura 24**

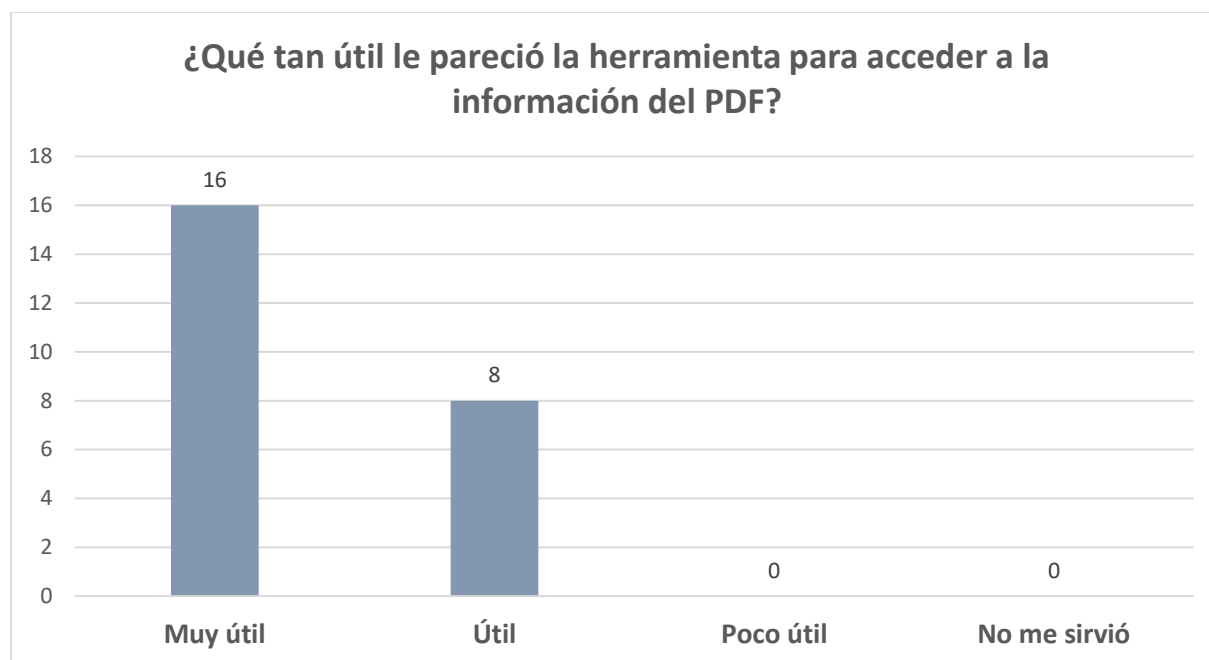
*Gráfico Rendimiento - Claridad de Voz (Usuarios Simulación Discapacidad Visual)*



*Nota.* Los resultados evidencian que la mayoría de los usuarios percibió la voz generada por la herramienta como clara y entendible, lo que demuestra un buen nivel de comprensión auditiva durante las pruebas de accesibilidad.

**Figura 25**

*Gráfico Funcionalidad - Utilidad de la Herramienta (Usuarios Simulación Discapacidad Visual)*



*Nota.* Los resultados evidencian que la mayoría de usuarios les pareció muy útil la herramienta para acceder a la información del PDF.

Con base en la retroalimentación obtenida de 24 usuarios que evaluaron la herramienta bajo condiciones de simulación de discapacidad visual, los resultados evidencian que la aplicación mantiene un alto nivel de usabilidad, accesibilidad, rendimiento y utilidad, incluso cuando se somete a escenarios de uso más exigentes desde el punto de vista visual.

En términos de usabilidad, se analizaron dos acciones clave. En primer lugar, la carga de archivos PDF fue percibida como una tarea sencilla: 15 usuarios (63%) la calificaron como muy fácil y 9 usuarios (37%) como fácil, sin registrarse respuestas asociadas a dificultad o imposibilidad de completar la acción. Esto demuestra que la interfaz es intuitiva y funcional aún bajo condiciones de baja visión. En segundo lugar, la activación de la lectura en voz presentó

resultados altamente positivos, ya que 23 usuarios (96%) indicaron haber comprendido fácilmente cómo activar esta función, mientras que solo 1 usuario (4%) reportó dificultades, lo que refuerza la claridad del diseño de interacción.

Respecto a la accesibilidad visual, específicamente el contraste de colores, los resultados muestran una percepción mayoritariamente favorable. 17 usuarios (71%) consideraron que el contraste facilitó la lectura de forma muy clara, 6 usuarios (25%) lo calificaron como claro y únicamente 1 usuario (4%) lo percibió como poco claro, sin registrarse valoraciones de no entendible. Estos datos indican que la herramienta cumple adecuadamente con criterios de accesibilidad visual incluso bajo simulaciones de discapacidad.

En relación con el rendimiento, se evaluó la claridad de la voz generada por el sistema. Los resultados reflejan una percepción muy positiva: 20 usuarios (83%) calificaron la voz como muy clara y entendible, mientras que 4 usuarios (17%) la describieron como clara, pero algo robótica. No se presentaron respuestas que indicaran dificultad de comprensión, lo que confirma que el motor de texto a voz cumple su función principal de manera efectiva.

Finalmente, en cuanto a la utilidad de la herramienta, 16 usuarios (67%) la consideraron muy útil para acceder a la información contenida en los documentos PDF y 8 usuarios (33%) la calificaron como útil. No se registraron valoraciones negativas, lo que demuestra que la aplicación cumple su objetivo de facilitar el acceso a la información escrita para personas con limitaciones visuales.

Al comparar los resultados obtenidos tanto con usuarios activos reales (dislexia) como con usuarios bajo simulación de discapacidad visual, se evidencia una coherencia significativa en la percepción positiva de la herramienta. En ambos escenarios, la aplicación demuestra ser

intuitiva, accesible y funcional, manteniendo altos niveles de satisfacción en los aspectos de usabilidad, accesibilidad, rendimiento y utilidad general.

La similitud en los resultados confirma que el diseño inclusivo de la herramienta no solo beneficia a usuarios con dificultades visuales reales, sino que también resiste condiciones de uso simuladas que representan escenarios de mayor exigencia. Esto valida el enfoque de accesibilidad adoptado desde el diseño y respalda el potencial de la aplicación como una solución efectiva para reducir barreras de acceso a la información en formato PDF.

En ambos escenarios de evaluación, usuarios activos con dificultades de lectura y usuarios bajo simulación de discapacidad visual, la herramienta evidenció altos niveles de aceptación en usabilidad, accesibilidad, rendimiento y utilidad. Sin embargo, los comentarios cualitativos y algunos matices en los resultados permiten proyectar futuras mejoras orientadas a una experiencia aún más personalizada e inclusiva. Entre las principales oportunidades se destaca la incorporación de ajustes avanzados de voz, como control de velocidad, tono y selección de distintos tipos de voz, lo cual respondería a la percepción de algunos usuarios que calificaron la voz como “algo robótica” y permitiría adaptarse mejor a las preferencias individuales. Asimismo, se identifica como una mejora relevante la compatibilidad móvil, mediante el desarrollo de una versión instalable o aplicación para dispositivos móviles y computadores, lo que ampliaría el alcance y la accesibilidad de la herramienta en contextos cotidianos de uso. De igual forma, la posibilidad de soportar otros formatos de archivo, como EPUB o TXT, complementaría el enfoque inclusivo del proyecto y lo alinearía con las necesidades de usuarios que acceden a contenidos en distintos formatos digitales.

## Trazabilidad y Cierre

**Tabla 8**

*Trazabilidad y Cierre*

Objetivo específico	Requisitos relacionados	Pruebas realizadas	Resultados obtenidos	Evidencia en el documento
Investigar y seleccionar tecnologías de conversión TTS y extracción de texto en PDF.	RF_02 (Extracción de texto) RF_03 (Conversión a voz) RNF_03 (Rendimiento) RNF_04 (Uso de PDF.js)	Análisis comparativo de motores TTS (Tabla 4). Evaluación de PDF.js. Pruebas de similitud de texto (GoTranscript, Copyleaks, Editpad).	Selección de Amazon Polly (plan estándar). Precisión de extracción superior al 95% (96%, 96,8% y 99,38%).	Etapas 1 – Análisis de tecnologías. Etapas 4 – Precisión de extracción.
Diseñar una interfaz accesible basada en principios de diseño inclusivo y normativas WCAG y MinTIC 1519.	RF_05 (Interfaz accesible) RNF_02 (Accesibilidad) RNF_01 (Usabilidad)	Validación con Wave. Simulación de discapacidad visual (Web Disability Simulator). Pruebas de contraste (11,71:1 y 21:1). Zoom 200% y 400%.	Sin errores críticos en Wave. Cumplimiento WCAG nivel AA. Contrastes superiores al mínimo exigido. Navegación 100% operable con teclado.	Etapas 2 – Diseño. Etapas 4 – Pruebas de accesibilidad. Anexo 1.

---

			Navegación por teclado.	
Implementar funcionalidades de carga, extracción y conversión a voz con controles accesibles.	RF_01 (Carga PDF) RF_02 (Extracción) RF_03 (Conversión) RF_04 (Controles audio) RF_06 (Visualización texto)	Pruebas funcionales internas. Pruebas de procesamiento con 5 documentos. Pruebas con usuarios reales (dislexia y simulación visual).	Tiempo de extracción < 1 segundo. Inicio de reproducción entre 1,6 y 3,15 segundos. 94% comprensión en activación de lectura. 88% facilidad para subir PDF.	Etapa 3 – Integración. Tabla 5. Gráficos 2–11.
Realizar pruebas para evaluar precisión y calidad de la voz generada.	RF_03 RNF_03 (Rendimiento)	Evaluación cualitativa de naturalidad y claridad. Encuestas tipo Likert a 16 usuarios con dislexia y 24 en simulación visual.	69%–83% calificaron la voz como clara o muy clara. Sin reportes de incompreensión. Se identifica oportunidad de mejora en naturalidad.	Etapa 4 – Claridad y naturalidad. Gráficos 5 y 10.
Medir el impacto mediante métricas de uso	RF_07 (Encuesta retroalimentación) RNF_06 (Escalabilidad)	Seguimiento con Google Analytics. Encuestas estructuradas (usabilidad,	Más de 50 usuarios activos en el primer mes. 81% la consideran muy útil. 100%	Impacto y alcance. Gráfico 1. Resultados de

---

y encuestas de satisfacción.	accesibilidad, rendimiento y utilidad).	valoración positiva en utilidad (útil o muy útil).	usuarios reales.
------------------------------	---	--	------------------

*Nota.* Tabla que muestra un resumen de la trazabilidad y el proceso desarrollado durante todo el desarrollo del proyecto

En conclusión, la herramienta desarrollada aporta una solución accesible, funcional y técnicamente validada que facilita el acceso a la información contenida en documentos PDF para personas con discapacidad visual o dificultades de lectura, contribuyendo así a la inclusión digital en el contexto colombiano. Como líneas de trabajo futuro, se proyecta la incorporación de tecnologías de reconocimiento óptico de caracteres (OCR) para documentos escaneados, la ampliación del soporte a otros formatos además de PDF y el desarrollo de una versión móvil que amplíe el alcance y la accesibilidad del sistema.

## Referencias Bibliográficas

- Adobe. (2024). Lector de PDF: la solución de PDF original | Adobe Acrobat Reader.  
<https://www.adobe.com/co/acrobat/pdf-reader.html>
- Apple Support. (2024). Introducción a VoiceOver en la Mac. <https://support.apple.com/es-co/guide/voiceover/vo4be8816d70/mac>
- Banco Mundial. (2022). Nota técnica sobre accesibilidad.  
<https://documents1.worldbank.org/curated/en/099042523141115461/pdf/P172124002cf890e20a56e0c94f5280e156.pdf>
- Cortés Fandiño, J. E., & Solano Salinas, R. (2022). Accesibilidad en los sitios web de las entidades públicas colombianas. *Revista Española de Discapacidad*, 10(1), 147–183.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2018). Censo nacional de población y vivienda 2018: Personas con discapacidad. <https://www.dane.gov.co>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2022). Encuesta nacional de calidad de vida 2022: Boletín técnico. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/calidad-de-vida/encuesta-nacional-de-calidad-de-vida-ecv>
- Escandell Bermúdez, M. O., Fortea Sevilla, M. del S., & Castro Sánchez, J. J. (2014). La brecha digital en las personas con discapacidad visual. *Revista INFAD de Psicología*.  
<https://revista.infad.eu/index.php/IJODAEP/article/view/396/330>
- Farias, P. H. (2024). Plataformas digitales como herramientas inclusivas en la enseñanza de estudiantes con dislexia. *Revista Campo da História*.  
<https://ojs.campodahistoria.com.br/ojs/index.php/rcdh/article/view/298/207>
- Freedom Scientific. (2016). JAWS FAQ.  
<https://www.freedomscientific.com/training/jaws/frequently-asked-questions/>

International Dyslexia Association. (2014). Questions about dyslexia.

<https://dyslexiaida.org/frequently-asked-questions-2/>

Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC). (2020).

Resolución 1519 de 2020: Lineamientos de accesibilidad web.

[https://gobiernodigital.mintic.gov.co/692/articles-160770\\_Directrices\\_Accesibilidad\\_web.pdf](https://gobiernodigital.mintic.gov.co/692/articles-160770_Directrices_Accesibilidad_web.pdf)

Naciones Unidas. (2024). Reducir las desigualdades entre países y dentro de ellos.

<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/inequality/>

NVDA en Español. (2022, 23 de octubre). NVDA en español. <https://nvda.es>

Organización Mundial de la Salud. (2023). Ceguera y discapacidad visual.

<https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/blindness-and-visual-impairment>

Pernet, C. R., Dufor, O., & Démonet, J.-F. (2011). Re-defining dyslexia: Accounting for variability. *Escritos de Psicología*, 4(2), 17–24.

<https://doi.org/10.5231/psy.writ.2011.24072>

Revilla, O., & Carreras, O. (2024). Accesibilidad web WCAG 2.2 de forma sencilla. Itákora.

[http://itakora.com/Accesibilidad\\_Web\\_WCAG\\_2\\_2\\_2024\\_Revilla\\_Carreras](http://itakora.com/Accesibilidad_Web_WCAG_2_2_2024_Revilla_Carreras)

## Apéndices

### Apéndice A

#### *Informe de Conformidad en Accesibilidad*

Para de evaluar el cumplimiento de accesibilidad de la herramienta web, se realizaron pruebas basadas en las Pautas de Accesibilidad para el Contenido Web (WCAG 2.1) y en la normativa MinTIC 1519 de 2020. El objetivo fue identificar fortalezas y oportunidades de mejora en cuanto a percepción, operabilidad y comprensión.

#### *Metodología*

Herramientas empleadas: WAVE Evaluation Tool, Web Disability Simulator y simuladores de daltonismo.

Pruebas manuales realizadas: navegación con teclado, pruebas de zoom al 200% y 400%, simulación de baja visión y distintos tipos de daltonismo. (Ver evidencia en etapa 4. Validación técnica, pruebas internas y con usuarios)

#### *Resultados Principales*

Contraste de colores: Cumple con el nivel AA de WCAG, garantizando legibilidad del texto.

Navegación por teclado: Todas las funciones principales (carga de PDF, activación de voz) son accesibles sin necesidad del mouse.

Pruebas de daltonismo: Los colores mantienen su diferenciación funcional en todos los tipos simulados (protanopia, deuteranopia, tritanopia).

Pruebas de baja visión (zoom 200% y 400%): La interfaz mantiene legibilidad y estructura, sin pérdida de información.

#### **Conclusión**

El sitio cumple con los criterios mínimos de accesibilidad requeridos (WCAG 2.1 nivel AA), garantizando el acceso para usuarios con discapacidad visual y dislexia. Sin embargo, como aspecto de mejora, es seguir trabajando en la naturalidad de la voz generada.

## **Apéndice B**

### *Manual de Uso Adaptado por Perfiles*

#### ***Manual para Personas con Discapacidad Visual***

La carga del PDF se realiza mediante el botón etiquetado como “Subir archivo” o la tecla “s”.

Una vez cargado el documento, se debe extraer el texto con el botón “Extraer Texto” o presionando la tecla “e” .

El sistema permite activar la lectura en voz presionando el botón “Reproducir” o presionando la tecla “p”.

Para pausar la lectura se presiona el botón “Pausar” o la tecla espaciadora.

Para reiniciar el audio se presiona el botón “Reiniciar audio” o la tecla “r”

De igual manera todos los elementos interactivos son accesibles mediante teclas de tabulación.

La herramienta es compatible con zoom hasta el 200% y 400% sin pérdida de legibilidad.

El diseño usa tipografías claras que facilitan la lectura.

#### ***Manual para Personas con Dislexia***

Los pasos para usar la herramienta son simples:

Hacer clic en “Subir archivo”.

Seleccionar el documento PDF.

Presionar “Reproducir” para escuchar el contenido.

Se recomienda usar la interfaz en pantallas grandes (computadores o tablets) para mejor comodidad visual.

Los botones son grandes y claramente identificables.

#### ***Manual General de Usuario***

Requisitos básicos: Navegador (Chrome, Firefox, Edge).

Carga de documentos: Acepta solo archivos en formato PDF.

Opciones de lectura: Permite iniciar, pausar y reiniciar la voz.

Compatibilidad: Funciona en computadores, tablets y celulares con acceso a internet.

## **Apéndice C**

### *Seguridad y Privacidad*

#### ***Principios de Seguridad***

No almacenamiento de archivos: Los documentos cargados en la plataforma no se guardan en servidores.

Procesamiento local o controlado: El sistema utiliza exclusivamente los recursos necesarios para la conversión y no comparte la información con servicios externos no autorizados.

Protección de la comunicación: Toda la interacción entre el usuario y la plataforma está diseñada para ejecutarse bajo conexiones seguras (HTTPS), minimizando riesgos de interceptación de datos.

#### ***Política de Privacidad***

Recolección de datos: La aplicación no solicita ni almacena información personal identificable (nombre, correo, teléfono, etc.).

Archivos procesados: Los documentos PDF cargados se procesan únicamente para la lectura en voz y no se almacenan de manera permanente.

Uso de cookies y seguimiento: La plataforma emplea cookies de rastreo, necesarias para recopilar datos a través de Google Analytics con el fin de analizar el tráfico de los usuarios, lo cual implica que se recolectan datos sobre cómo los usuarios interactúan con el sitio, aunque se hace de forma anónima.

Accesibilidad y confidencialidad: Se garantiza que la herramienta sea segura y accesible para todos los perfiles de usuarios (personas con discapacidad visual, adultos mayores y personas con dislexia).

## Apéndice D

### *Ejercicio de simulación de discapacidad visual con actores informados*

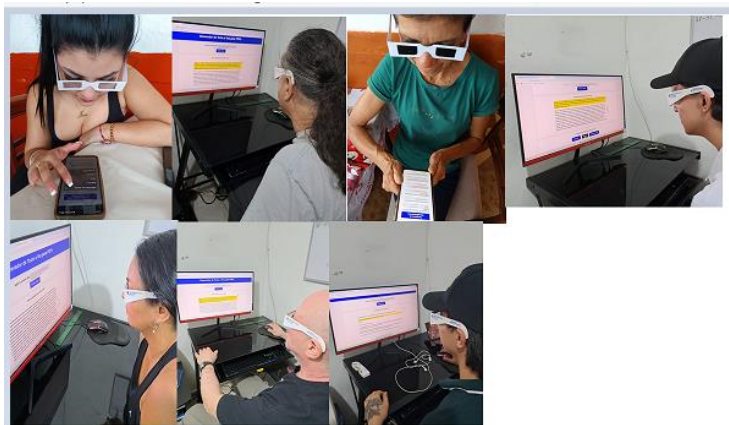
La validación de la herramienta se realizó con la participación de actores que representaron a usuarios con discapacidad visual, en un entorno de pruebas controlado. Previamente a la ejecución de las pruebas, los participantes recibieron una explicación general sobre el objetivo y alcance del ejercicio, así como una capacitación introductoria apoyada en material audiovisual, orientada a sensibilizar sobre la discapacidad visual y su impacto en el acceso a la información digital.

Material usado: [https://youtu.be/yNV9fPgt3Rs?si=iRzlr\\_x1-7oZmARZ](https://youtu.be/yNV9fPgt3Rs?si=iRzlr_x1-7oZmARZ)

Posteriormente, los participantes evaluaron las principales funcionalidades de la aplicación web, incluyendo la carga de documentos PDF, la activación de la lectura en voz y la interacción con la interfaz. Para simular condiciones reales de uso, se emplearon gafas de simulación de discapacidad visual que reproducen diferentes alteraciones, como desenfoco general, pérdida de visión periférica y retinopatía diabética. Evidencia fotográfica:

**Figura 26***Evidencia 1 usuarios- simulación*

*Nota.* Evidencia 1 usuarios utilizando la herramienta con gafas de simulación, cuentan con consentimiento informado

**Figura 27***Evidencia 2 usuarios- simulación*

*Nota.* Evidencia 2 usuarios utilizando la herramienta con gafas de simulación, cuentan con consentimiento informado

Esta estrategia permitió identificar aspectos relacionados con la accesibilidad y usabilidad de la herramienta desde una perspectiva cercana a la experiencia de usuarios con discapacidad visual, aportando información relevante para el análisis de resultados y la propuesta de mejoras.