

Sistema de Recursos Abiertos Accesibles para Estudiantes con Debilidad Visual: Validación de Resultados

System of Accessible Open Resources for Students with Visual Impairments: Validation of Results

Luis David Jiménez Martínez¹, Francisco Javier Álvarez Rodríguez¹ y Teresita de Jesús Álvarez Robles²

¹Centro de Ciencias Básicas, Universidad Autónoma de Aguascalientes, 20131, Aguascalientes, México

²Carretera al Sur Km 5.5, Col. Universidad, 23085, La Paz, B.C.S.

¹{al221273, francisco.alvarez}@edu.uaa.mx

²tj.alvarez@uabcs.mx

Fecha de recepción: 3 de octubre de 2025

Fecha de aceptación: 16 de marzo de 2026

Resumen. Este trabajo presenta el diseño, desarrollo y validación de un sistema de recursos educativos abiertos, adaptado para estudiantes con debilidad visual en los niveles de secundaria y bachillerato. El sistema integra una metodología rigurosa para la selección y evaluación de materiales digitales altamente accesibles en formatos de texto, PDF, presentaciones y video, fundamentada en normas internacionales de accesibilidad y recomendaciones específicas para minimizar la fatiga visual. La plataforma está estructurada con una arquitectura modular y jerárquica, permitiendo la gestión eficiente de cursos, módulos y contenidos mediante interfaces accesibles que priorizan la legibilidad y la navegación intuitiva. La validación del sistema se llevó a cabo mediante pruebas de usabilidad observacional y cuestionarios estructurados aplicados a usuarios con debilidad visual, evidenciando altos niveles de satisfacción y facilidad de uso, así como áreas de mejora en la personalización visual y la retroalimentación de la interfaz. Los resultados resaltan la importancia de criterios estrictos en la curación de contenidos y la validación constante con la población objetivo.

Palabras Clave: Recursos educativos, Accesibilidad digital, Educación inclusiva.

Summary. This paper presents the design, development, and validation of a system of open educational resources adapted for students with low vision at the secondary and high school levels. The system incorporates a rigorous methodology for selecting and evaluating highly accessible digital materials—including text, PDF, presentations, and video—grounded in international accessibility standards and specific recommendations for minimizing visual fatigue. The platform features a modular, hierarchical architecture that enables efficient management of courses, modules, and content through accessible interfaces prioritizing readability and intuitive navigation. System validation involved observational usability testing and structured questionnaires administered to users with low vision; results demonstrated high levels of satisfaction and ease of use, while also identifying areas for improvement regarding visual customization and interface feedback. The findings underscore the importance of strict criteria in content curation and continuous validation with the target population.

Keywords: Educational resources, Digital accessibility, Inclusive education.

1 Introducción

El avance de la educación en línea ha transformado el acceso al aprendizaje, abriendo nuevas oportunidades para estudiantes de todos los contextos. Sin embargo, la falta de accesibilidad en plataformas educativas digitales sigue siendo una barrera relevante para quienes presentan debilidad visual. Este grupo de usuarios enfrenta obstáculos específicos al interactuar con contenidos en línea, derivados de formatos inadecuados, bajo contraste, tipografías poco legibles o ausencia de descripciones en recursos multimedia [1]. Tales dificultades limitan la equidad educativa y la autonomía en el aprendizaje, especialmente en niveles de secundaria y bachillerato, donde el contenido curricular se vuelve más complejo y diverso.

En este contexto, se presenta el desarrollo y validación de un sistema de recursos abiertos accesibles, diseñado para integrar principios de accesibilidad digital y ofrecer materiales educativos adaptados a las necesidades de estudiantes con debilidad visual. Este trabajo se centra en la estrategia de selección y evaluación de contenidos altamente accesibles, la estructura técnica de la solución y, especialmente, en la validación empírica mediante pruebas con usuarios. Los resultados evidencian los avances y retos pendientes en la consolidación de entornos de aprendizaje verdaderamente inclusivos, proporcionando una guía replicable para el desarrollo de futuras plataformas educativas abiertas.

2 Marco conceptual

El presente trabajo se fundamenta en conceptos clave que guían el diseño y validación de recursos educativos accesibles, imprescindibles para asegurar una experiencia de aprendizaje efectiva y equitativa en el entorno digital.

Accesibilidad digital: La accesibilidad en entornos web es la cualidad que permite a cualquier persona, independientemente de su condición visual, acceder y utilizar los recursos educativos en igualdad de condiciones [1]. Las pautas internacionales, como las WCAG [2] y el estándar PDF/UA, establecen criterios técnicos para asegurar que el contenido sea perceptible, operable, comprensible y robusto. En la educación, estas directrices no solo son un marco legal, sino un requisito ético que promueve la inclusión y reduce brechas históricas en el acceso al conocimiento.

Diseño universal para el aprendizaje: El diseño universal es una estrategia pedagógica y técnica que busca eliminar la necesidad de adaptaciones individuales, favoreciendo que los materiales y entornos educativos sean, desde su origen, accesibles para el mayor número de estudiantes posible [3]. En el caso de los usuarios con debilidad visual, implica desde la selección de colores y tipografía hasta la estructuración lógica del contenido y la compatibilidad con tecnologías asistivas. El diseño universal también permite abordar la diversidad presente en el aula, reconociendo que la accesibilidad beneficia a toda la comunidad educativa [4].

Contenidos digitales accesibles: La evolución de los materiales educativos hacia formatos digitales requiere criterios específicos para asegurar su adaptabilidad y usabilidad. El desarrollo de recursos en formatos de texto, PDF, presentaciones y video debe atender a principios de legibilidad, estructura, contraste, navegación y enriquecimiento semántico, así como proveer alternativas y descripciones para los elementos visuales clave [5]. El avance en la creación de contenidos accesibles es central para la democratización del aprendizaje y la permanencia escolar de estudiantes con debilidad visual.

3 Estrategia de Selección y Evaluación de Contenidos

La accesibilidad de los recursos abiertos en la plataforma se logró mediante una estrategia sistemática de selección, adaptación y evaluación rigurosa de materiales digitales, asegurando que solo los contenidos que cumplen con criterios estrictos de accesibilidad sean incorporados para su consulta por los estudiantes. El proceso inicia con la clasificación de los recursos en cuatro formatos principales: texto, PDF, presentaciones y video.

Para cada formato, se diseñó una rúbrica de evaluación que incorpora indicadores objetivos y ponderados, tales como el tipo y tamaño de fuente, la relación de contraste, la estructura lógica del contenido, la inclusión de textos alternativos y la compatibilidad con tecnologías asistivas. En el caso del texto, los criterios incluyen el uso de tipografía sans-serif, tamaño mínimo de 14 puntos, interlineado suficiente y ausencia de justificación total o uso extensivo de mayúsculas [6]. Los documentos PDF se valoran por su estructura de etiquetas, presencia de marcadores, posibilidad de búsqueda y cumplimiento del estándar PDF/UA [7]. Las presentaciones deben utilizar plantillas de alto contraste, títulos descriptivos, orden lógico y texto alternativo en los elementos visuales [8]. Para el video, la evaluación abarca la inclusión de subtítulos, descripciones de audio, calidad de contraste y edición inclusiva, priorizando la claridad y la accesibilidad auditiva y visual [9].

La estrategia contempla una escala de accesibilidad adaptada a cada tipo de contenido, categorizando los recursos como “Altamente accesible”, “Parcialmente accesible”, “Poco accesible” o “Inaccesible”. Solo los materiales que alcanzan la calificación máxima, conforme a las rúbricas, son seleccionados y adaptados para su integración en la plataforma. Este enfoque garantiza que los estudiantes accedan exclusivamente a materiales validados, eliminando barreras recurrentes en recursos educativos convencionales. La selección y evaluación fueron iterativas, incorporando ajustes en función de los hallazgos observados durante el proceso de validación con usuarios. Por ejemplo, se integró un texto adaptado sobre ecuaciones con encabezados y negritas, un PDF de programación con marcadores y etiquetas accesibles, y un video con transcripción disponible. Estos materiales ilustran el proceso aplicado para asegurar la accesibilidad real en la plataforma.

4 Arquitectura del sistema

El sistema de recursos abiertos accesibles se sustenta en una arquitectura modular orientada a la gestión, consulta y evaluación de materiales educativos en línea. El núcleo de la solución es una plataforma web compuesta por un frontend desarrollado en React, optimizado para la presentación accesible de contenidos y la interacción intuitiva, y un backend construido con Flask, responsable de la lógica de negocio y el manejo de la base de datos

relacional en MySQL. La arquitectura permite el registro y seguimiento de usuarios, la inscripción y avance en cursos, así como el acceso jerárquico a los diferentes tipos de recursos digitales.

El sistema integra mecanismos de autenticación segura, control de progreso, registro de calificaciones y administración de usuarios y cursos, proporcionando una infraestructura flexible para la gestión de contenidos y la evaluación educativa. El modelo de comunicación basado en API RESTful garantiza la interoperabilidad y la posibilidad de acceso desde diferentes dispositivos, respetando los principios de accesibilidad definidos en el marco conceptual del proyecto. La organización y relación de los principales componentes puede observarse en el diagrama de arquitectura de alto nivel (ver Figura 1).

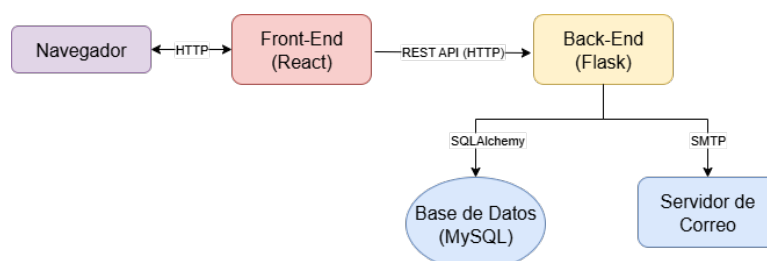


Figura 1. Diseño arquitectónico de alto nivel.

5 Interfaces principales de los recursos

El diseño de las interfaces de usuario para la consulta de contenidos es el componente esencial para garantizar la accesibilidad real en la experiencia del estudiante con debilidad visual. A continuación, se describen las principales vistas asociadas a cada tipo de recurso integrado en la plataforma.

5.1 Contenido en Texto

Los materiales textuales se presentan en una interfaz diseñada para priorizar la legibilidad (ver Figura 2). Se utiliza tipografía sans-serif, con un tamaño mínimo de fuente de 14 puntos, interlineado mínimo de 1.5 y contraste elevado entre el texto y el fondo. La organización del contenido se apoya en encabezados jerárquicos claramente definidos, mientras que los elementos clave se destacan mediante el uso de negritas y colores secundarios seleccionados para no dificultar la percepción visual. No se emplean bloques de texto justificados ni uso extensivo de mayúsculas sostenidas, lo que favorece una lectura lineal y facilita la rápida identificación de información relevante.

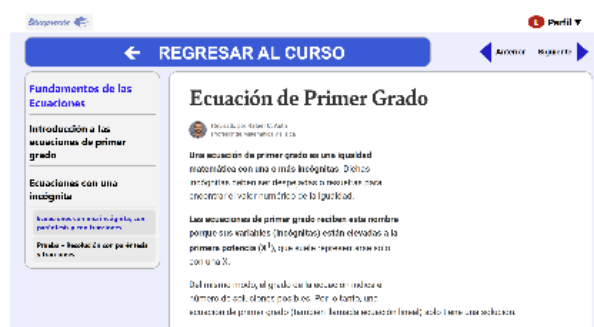


Figura 2. Interfaz del Contenido en Texto.

5.2 Contenido en PDF

Los recursos educativos en formato PDF se visualizan mediante una interfaz que garantiza una lectura clara y estructurada (ver Figura 3). Estos archivos cuentan con etiquetas semánticas, títulos descriptivos, marcadores de navegación y contraste adecuado, así como la posibilidad de realizar búsquedas textuales. La interfaz proporciona controles para ajustar el zoom y facilita la navegación lineal entre páginas, mostrando indicadores visuales del avance en el documento y permitiendo regresar fácilmente a la sección previa del curso.

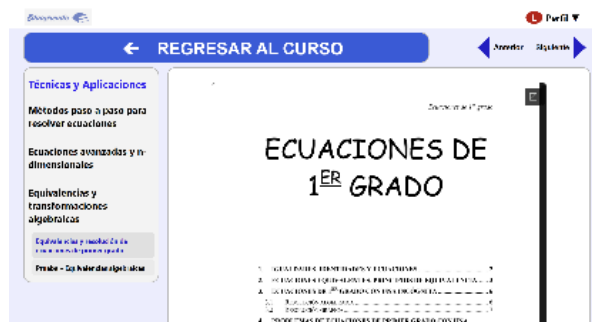


Figura 3. Interfaz del Contenido en PDF.

5.3 Contenido en Video

Los videos educativos integrados en la plataforma han sido seleccionados bajo criterios de accesibilidad visual y claridad en la presentación. La interfaz de reproducción incorpora controles básicos de volumen y permite consultar una transcripción completa del contenido en video como recurso adicional para los usuarios que lo requieran. Los videos se muestran en un entorno que facilita el enfoque en el material educativo y respeta los principios de claridad y legibilidad para personas con debilidad visual (ver Figura 4).



Figura 4. Interfaz del Contenido en Video.

6 Instrumentos de Evaluación

La validación de la accesibilidad y funcionalidad de la plataforma se realizó empleando una estrategia dual basada en pruebas de usabilidad observacional y la aplicación de un cuestionario estructurado a usuarios con debilidad visual. La elección de estos instrumentos se fundamenta en recomendaciones metodológicas de la literatura especializada [10][11], que sugieren combinar observación directa del comportamiento del usuario con el registro sistemático de la percepción subjetiva, permitiendo así obtener una visión integral de la experiencia en contextos de accesibilidad. La muestra estuvo conformada por cinco usuarios (1 hombres y 4 mujeres), con edades entre 18 y 45 años. Dos de ellos eran estudiantes de nivel medio superior, dos de licenciatura y uno docente. Todos con experiencia previa en el uso de tecnologías educativas.

Durante la prueba de usabilidad, los usuarios debieron completar una secuencia de tareas representativas: acceder a los cursos disponibles, consultar contenidos en los cuatro formatos principales, interactuar con los controles de accesibilidad y resolver pruebas asociadas a cada módulo. Se registraron de forma sistemática los errores de navegación, las dudas al interpretar los elementos de la interfaz, el tiempo de finalización de tareas y los comentarios espontáneos respecto a la comprensión del material y la facilidad de uso.

Finalizada la sesión, cada usuario respondió un cuestionario post-uso compuesto por nueve ítems en escala Likert (1–5), evaluando facilidad de comprensión, legibilidad del texto, percepción de colores y contrastes, claridad de contenidos multimedia, satisfacción general y percepción comparativa respecto a otras plataformas previamente utilizadas. El instrumento incluyó preguntas abiertas para registrar impresiones sobre los aspectos más valorados, dificultades específicas y sugerencias de mejora.

7 Validación de Resultados

Los resultados obtenidos a partir de la evaluación empírica demuestran un alto grado de satisfacción y aceptación de la plataforma por parte de los usuarios, con énfasis en la accesibilidad y la usabilidad de los recursos educativos en los 3 formatos analizados como accesibles. Todos los participantes completaron la secuencia de tareas sin dificultades técnicas graves, evidenciando la funcionalidad efectiva de la arquitectura y el diseño de las interfaces. Las dificultades más frecuentes se asociaron a la interpretación de algunos botones, la visualización inmediata de calificaciones tras las pruebas y la preferencia por textos aún más grandes en menús secundarios, aspectos que se consideran secundarios frente a la experiencia positiva general.

El análisis cuantitativo de los cuestionarios revela puntuaciones promedio superiores a 4.5 en todos los ítems evaluados (ver Tabla 1), destacando la claridad del texto, el contraste visual y la facilidad de comprensión de los recursos multimedia. En particular, la legibilidad del texto y la estructura lógica de los contenidos obtuvieron puntuaciones máximas en la mayoría de los casos. Los usuarios valoraron especialmente la posibilidad de acceder a materiales en diferentes formatos y el bajo nivel de fatiga visual experimentado durante la navegación prolongada.

Tabla 1. Análisis cuantitativo escala Likert.

Ítem	Enunciado	Promedio
1	La plataforma fue fácil de entender en su estructura general.	4.8
2	El texto fue claro y legible para mí.	5.0
3	Los colores y contrastes me permitieron distinguir bien los elementos.	4.6
4	El video fue comprensible y no me generó fatiga visual.	4.4
5	El contenido en PDF fue fácil de leer y comprender.	5.0
6	Las actividades fueron claras y entendibles.	5.0
7	Me sentí cómodo/a usando esta plataforma.	4.8
8	La plataforma no me generó fatiga visual significativa.	4.8
9	Considero que esta plataforma es más accesible que otras que he usado.	4.6

En los comentarios abiertos, los usuarios valoraron la claridad de los materiales y la facilidad para acceder a los contenidos, pero sugirieron aumentar el tamaño de letra en menús y mejorar la retroalimentación de calificaciones. Comentaron que algunos botones causaron confusión, lo que evidencia áreas de mejora en el diseño de la interfaz.

El análisis de los errores de navegación indica que la confusión se origina principalmente en la interpretación de botones con etiquetas poco descriptivas y en la falta de retroalimentación visual inmediata tras completar evaluaciones. Para abordar estas áreas, se propone rediseñar los menús y añadir mensajes emergentes de confirmación.

La validación confirma la pertinencia de la estrategia de selección y evaluación de contenidos, así como la solidez de la arquitectura e interfaces desarrolladas para contextos de debilidad visual. A lo largo del desarrollo y las pruebas, uno de los principales desafíos identificados fue la necesidad de mejorar ciertos elementos visuales de la interfaz, como el tamaño de los textos en menús secundarios y la retroalimentación tras completar evaluaciones, así como la interpretación de algunos botones por parte de los usuarios. La accesibilidad lograda en los materiales permitió que los estudiantes consultaran los contenidos de forma autónoma, mejorando su participación y comprensión de los temas sin requerir apoyo adicional, lo que favorece la equidad y la permanencia en el aprendizaje. Además, el proceso de curación manual de los recursos accesibles demostró ser exhaustivo pero demandante en tiempo y esfuerzo, lo que resalta la importancia de avanzar hacia la automatización. En este sentido, como línea de trabajo futuro, se pretende desarrollar un sistema recomendador que permita identificar, evaluar y sugerir de forma automática materiales educativos accesibles, apoyándose en herramientas de inteligencia artificial para optimizar y escalar la integración de contenidos de alta calidad en la plataforma.

8 Conclusión

La plataforma de recursos abiertos accesibles para estudiantes con debilidad visual demostró un desempeño altamente satisfactorio en pruebas empíricas con usuarios reales, evidenciando la importancia de integrar criterios de accesibilidad desde la selección de materiales hasta el diseño de las interfaces de consulta. Los resultados de la validación respaldan la eficacia de la estrategia de evaluación adoptada, la pertinencia de los instrumentos empleados y la arquitectura técnica implementada.

Como solución concreta a las áreas de mejora detectadas, se priorizará el rediseño de menús y botones, el aumento del tamaño de letra en elementos secundarios y la optimización de la retroalimentación visual tras las evaluaciones. Asimismo, se plantea la automatización del proceso de curación y recomendación de contenidos accesibles mediante inteligencia artificial, lo que permitirá ampliar la cobertura, mejorar la personalización y mantener actualizado el catálogo de materiales. El enfoque adoptado puede ser replicado y adaptado en el desarrollo de futuros sistemas de aprendizaje abiertos, permitiendo ampliar el acceso, la permanencia y el éxito académico de poblaciones con necesidades específicas de accesibilidad.

Referencias

- [1] Vejarano Sánchez, L.A., Gutiérrez Idrobo, D.I., Camacho Ojeda, M.C., Gómez-Jaramillo, S.: Guía para el diseño de sitios web de instituciones de educación superior basado en el estándar WCAG 2.1 aplicado a discapacidades visuales. *Revista Academia y Virtualidad* 15(1), 105–118 (2022).
- [2] W3C.: Introducción a la accesibilidad web. World Wide Web Consortium (W3C). <https://www.w3.org/WAI/fundamentals/accessibility-intro/es> (2023), último acceso 16/03/2025
- [3] CAST.: Universal Design for Learning Guidelines Version 2.2. <https://udlguidelines.cast.org/> (2018), último acceso 16/03/2025
- [4] Plena Inclusión.: Curso de Autoformación Educación inclusiva. En Plena Inclusión. <https://www.plenainclusion.org/formacion/cursos/curso-de-autoformacion-educacion-inclusiva/> (s/f), último acceso 16/03/2025
- [5] Peirats Chacón, J., Gallardo Fernández, I.M., San Martín Alonso, Á., Waliño Guerrero, M.J.: Análisis de la industria editorial y protocolo para la selección del libro de texto en formato digital. *Profesorado. Revista de Currículum y Formación de Profesorado* 20(1), 75–90 (2016). <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=56745576005>
- [6] Martín González, D.M., Gorrín Pérez, M. de la C.: Diseño de recursos accesibles para la formación de estudiantes universitarios con discapacidad visual. *Revista RETOS XXI* 8(1) (2024). <https://doi.org/10.30827/retosxxi.8.2024.29050>
- [7] Chicaiza, J., Piedra, N., Valencia, M.P.: Consideraciones de accesibilidad en la producción y distribución de recursos educativos en formato PDF: Un caso de implementación para la formación virtual accesible en América Latina. In: V Congreso Internacional sobre Calidad y Accesibilidad de la Formación Virtual (CAFVIR 2014), pp. 35–46 (2014).
- [8] Hilera, J.R., Campo, E.: Guía para crear contenidos digitales accesibles: Documentos, presentaciones, vídeos, audios y páginas web. Universidad de Alcalá, Alcalá de Henares (2015).
- [9] Gil Ramírez, H., Guilleumas García, R.M.: Creación de recursos digitales accesibles para personas con discapacidad visual. Editorial Universidad Nacional de Colombia (2023). <https://doi.org/10.22517/9789587228380>
- [10] Alarcón-Aldana, A.C., Díaz, E.L., Callejas-Cuervo, M.: Guía para la evaluación de la usabilidad en los entornos virtuales de aprendizaje (EVA). *Información tecnológica* 25, 135–144 (2014).
- [11] De la Rosa Gómez, A., Miranda Díaz, G.A., Mendoza Castillo, S.X.: Usabilidad y satisfacción de una aplicación móvil para el entrenamiento de competencias clínicas. *HAMUT'AY* 7(1), 48 (2020). <https://doi.org/10.21503/hamu.v7i1.1908>