

Adaptación de Moodle como plataforma educativa accesible e inclusiva para comunidades vulnerables: experiencia del Proyecto Hábitat-TIC

Adapting Moodle as an Accessible and Inclusive Educational Platform for Vulnerable Communities: The Hábitat-TIC Project Experience

David Julian Taimal Poso¹, Juan Carlos Ceballos Guerra²

¹Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, Facultad de Minas, Ingeniería de Sistemas e Informática. Semillero de Investigación Chagra, Escuela del Hábitat-CEHAP. Medellín, Colombia

²Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, Facultad de Arquitectura, Escuela del Hábitat-CEHAP. Medellín, Colombia

djtaimalp@unal.edu.co, jceballo@unal.edu.co

Abstract. *Learning Management Systems (LMS) such as Moodle can create usability and accessibility barriers for vulnerable communities and users with visual disabilities. This paper presents the adaptation of Moodle in the Hábitat-TIC project at Universidad Nacional de Colombia. A customized theme and the deployed local_habitataccess plugin provide simplified navigation and ten client-side assistive tools integrated through Moodle Hooks and WAI-ARIA 1.2. Combining Action Research and Design Science Research, the study demonstrates the feasibility of adapting open-source LMS for inclusive education.*

Keywords— *Moodle, Web Accessibility, Inclusive Design, Learning Management Systems, Assistive Technology.*

1. Introducción

En las últimas dos décadas, los Sistemas de Gestión de Aprendizaje (LMS) se han consolidado como infraestructura fundamental para la educación mediada por tecnología. Moodle, como plataforma de código abierto líder a nivel mundial, es utilizado por miles de instituciones educativas [Moodle HQ 2024]. Sin embargo, su interfaz estándar ha sido diseñada principalmente para contextos de educación formal universitaria, lo que genera barreras significativas cuando se busca implementarla en comunidades con baja alfabetización digital, acceso limitado a conectividad y necesidades específicas de accesibilidad.

¹ Estudiante de Ingeniería de Sistemas e Informática, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.

² Profesor Asociado. Docente investigador. Facultad de Arquitectura. Grupos de investigación: Escuela del Hábitat e Inteligencia Artificial en Educación.

El Proyecto Pedagógico Hábitat-TIC, desarrollado por la Escuela del Hábitat-CEHAP (grupo de investigación de categoría A1 en Minciencias) [Hermes 2025] de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, trabaja desde los años 2000 en la intersección entre educación, territorio y tecnología. El proyecto opera bajo una doble acepción de la sigla TIC: Territorios, Identidades y Culturas, por un lado, y Tecnologías de Información y Comunicación, por el otro [Ceballos Guerra 2025]. Su objetivo es fortalecer competencias ciudadanas para la gestión del hábitat y el desarrollo territorial en comunidades vulnerables de Colombia, habiendo implementado experiencias en Dabeiba (Antioquia), Quibdó (Chocó) y las comunas 5 y 6 de Medellín.

En el marco de este proyecto, se identificó la necesidad de contar con una plataforma educativa que permitiera alojar y difundir los contenidos producidos colaborativamente con las comunidades: cursos, documentos, fotos, videos, artículos y recursos pedagógicos. Moodle fue seleccionado por su naturaleza de código abierto, su amplia base de usuarios y su flexibilidad para la personalización. No obstante, el coordinador del proyecto señaló que "Moodle es muy formal y poco flexible para personas que nunca han usado alguna plataforma así".

Adicionalmente, en el curso de libre elección "Las TIC en la educación con comunidades vulnerables", se cuenta con dos estudiantes invidentes que manifestaron dificultades severas con el Moodle institucional de la universidad. En sus propias palabras: "Moodle es muy enredado, no se puede saber en qué parte está uno metido, y es muy difícil encontrar la información que uno necesita". Como consecuencia, el contenido del curso se trasladó a Google Classroom, plataforma que —aunque más fácil de usar para ellos— carece de las funcionalidades pedagógicas que el proyecto requiere. Los estudiantes utilizan iPhone porque, según su experiencia, "Android es peor para la accesibilidad".

Este escenario plantea una doble brecha: por un lado, la brecha digital de uso significativo que afecta a comunidades con baja exposición a entornos digitales formales; por otro, la brecha de accesibilidad que excluye a personas con discapacidad visual de las plataformas educativas estándar. El presente artículo documenta el proceso de adaptación de Moodle para responder simultáneamente a ambas dimensiones, a través del desarrollo de un tema personalizado y un plugin de accesibilidad.

La pregunta que guía esta investigación es: ¿cómo adaptar un LMS de código abierto para responder simultáneamente a las necesidades de usabilidad de comunidades con baja alfabetización digital y a los requisitos de accesibilidad para usuarios con discapacidad visual?

2. Contexto y Trabajos Relacionados

2.1. Antecedentes del Proyecto Hábitat-TIC

El trabajo que aquí se presenta no surge de manera aislada, sino que se inscribe en una trayectoria de más de dos décadas de investigación aplicada en la intersección entre tecnologías educativas, territorio y hábitat. El primer antecedente directo se remonta a la plataforma Forhum Virtual, desarrollada por la Escuela del Hábitat-CEHAP en alianza con centros de investigación de Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia, orientada a la formación de actores sociales para la gestión del desarrollo local [Jiménez et al. 2005]. La Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática de la UNAL Medellín participó en la

evaluación de esta plataforma mediante un estudio comparativo de herramientas de e-learning de código abierto (Moodle, Bazaar, Claroline, Spaghetti) y el producto comercial WebCT, cuyos resultados fueron presentados en el simposio ISLAE2 [Ceballos Guerra and Jiménez 2006] y publicados en la Revista DYNA [Jiménez and Ceballos Guerra 2007]. El informe concluyó que "la formulación del modelo conceptual para el armado de cursos permite que la formación académica en la educación superior pueda ser flexible, adaptada a las posibilidades de espacio o tiempo de los usuarios y pedagógicamente acorde con diferentes estilos de aprendizaje" [Jiménez et al. 2005].

Un segundo antecedente relevante es la investigación sobre Web Semántica aplicada a la gestión documental del hábitat, desarrollada entre la Escuela de Sistemas y la Escuela del Hábitat-CEHAP. En el marco del proyecto SABIOS (Sistema de Almacenamiento y Búsqueda de Información Organizada Semánticamente, código DIME 20201005432) se desarrolló un módulo de visualización y navegación de información basado en ontologías que permitió comprender la importancia de los metadatos, la clasificación semántica y la representación visual del conocimiento para la recuperación efectiva de contenidos en repositorios digitales especializados [Giraldo et al. 2006; Guzmán et al. 2007]. Esta experiencia sembró las bases conceptuales para entender que una plataforma educativa para comunidades no solo debe "guardar" contenidos, sino hacerlos accesibles, navegables y comprensibles para usuarios con diversos niveles de alfabetización digital.

El tercer antecedente lo constituye el proyecto de investigación "Diseño de una metodología para la construcción de un acervo documental en imagen y video que permita su usabilidad en ambientes virtuales de aprendizaje adaptados a los usuarios de los procesos de docencia, investigación y extensión" (código HERMES 19526), desarrollado en 2015 por la Escuela del Hábitat-CEHAP en colaboración con la Escuela de Ingeniería de Sistemas [Ceballos Guerra et al. 2015]. Este proyecto —que produjo el informe parcial "La imagen como recurso educativo"— abordó la importancia de la imagen, el video y los recursos audiovisuales como Objetos Virtuales de Aprendizaje (OVA), estableciendo lineamientos para su clasificación, almacenamiento y usabilidad en plataformas educativas. De este trabajo se derivan criterios fundamentales retomados en la presente plataforma: la necesidad de metadatos accesibles, la organización temática de recursos y la adaptación de la interfaz al perfil del usuario final.

Estos tres antecedentes convergen en el presente desarrollo: la experiencia con Forhum Virtual aportó el conocimiento sobre evaluación y selección de plataformas LMS; la investigación en Web Semántica (SABIOS) proporcionó el marco para pensar la organización y recuperación de contenidos educativos; y el proyecto sobre la imagen como recurso educativo fundamentó la importancia de los contenidos audiovisuales y su adecuada gestión en entornos virtuales de aprendizaje. El Proyecto Hábitat-TIC retoma y materializa estas líneas de trabajo en una plataforma concreta, orientada a las necesidades de comunidades que han estado históricamente al margen de los desarrollos tecnológicos educativos.

2.2. Personalización de LMS para Contextos No Formales

En cuanto a la personalización de LMS para contextos no formales, la literatura reporta experiencias de adaptación de Moodle para poblaciones rurales [Ssekakubo et al. 2011], comunidades indígenas [Kaminski and Bolliger 2012] y personas con baja alfabetización digital [Nunes et al. 2018]. Estos trabajos coinciden en señalar la necesidad de simplificar

la navegación, reducir la carga cognitiva y adaptar el lenguaje visual. Sin embargo, son escasos los estudios que abordan simultáneamente la doble dimensión de usabilidad y accesibilidad en un mismo desarrollo.

En el ámbito de la accesibilidad web en educación, las Directrices de Accesibilidad para Contenido Web (WCAG) 2.1 [W3C 2018] establecen principios de perceptibilidad, operabilidad, comprensibilidad y robustez. Moodle incorpora algunos lineamientos WCAG en su núcleo, pero estudios recientes [Calvo et al. 2014; Iniesto et al. 2014] muestran que su implementación es parcial y que los usuarios de lectores de pantalla enfrentan barreras persistentes en formularios, tablas y estructuras de navegación complejas. La experiencia de los estudiantes invidentes del curso —quienes prefirieron Google Classroom sobre Moodle— ilustra esta problemática: Classroom ofrece una interfaz más plana y predecible, pero carece de la flexibilidad pedagógica de Moodle para alojar recursos heterogéneos, foros, glosarios y actividades interactivas.

3. Metodología

El trabajo adopta un enfoque metodológico mixto que articula la Investigación-Acción (IA) y la Design Science Research (DSR). La IA, coherente con la tradición del Proyecto Hábitat-TIC, enmarca la dimensión pedagógica y comunitaria del proceso: ciclos iterativos de diagnóstico, intervención y reflexión con los actores del territorio [Ceballos Guerra 2024], en diálogo con la concepción de educación como praxis transformadora de Paulo Freire [Freire 1987]. La DSR [Hevner et al. 2004; Peffers et al. 2007] proporciona el rigor metodológico para la dimensión tecnológica: diseño, construcción y evaluación de un artefacto (el tema personalizado y el plugin de accesibilidad) que resuelve un problema relevante en un contexto real.

El proceso de DSR se desarrolló mediante seis actividades siguiendo a [Hevner et al. 2004]: identificación del problema (inaccesibilidad de Moodle para comunidades vulnerables), definición de objetivos (personalización profunda del LMS con accesibilidad), diseño del artefacto (construcción iterativa del tema hijo sobre Boost y del plugin local_habitataccess), demostración (despliegue en producción y piloto Beta), evaluación (retroalimentación del piloto y diagnóstico de accesibilidad) y comunicación (esta publicación y la liberación del plugin a la comunidad Moodle).

El proceso se estructuró en cuatro fases. La Fase 1 (Diagnóstico) consistió en la identificación de necesidades mediante conversaciones con docentes del proyecto, estudiantes del curso "Las TIC en la educación con comunidades vulnerables" y, de manera específica, con los dos estudiantes invidentes, de quienes se recogieron testimonios sobre sus dificultades con el Moodle institucional. Los instrumentos empleados incluyeron reuniones presenciales semanales, una reunión por videollamada (Google Meet) y la revisión del micrositio desarrollado por los estudiantes, que incluye entrevistas en profundidad y observación participante sobre accesibilidad urbana y digital en Medellín. Esto permitió triangular las fuentes y formalizar el diagnóstico con un enfoque cualitativo.

La Fase 2 (Diseño del artefacto) abarcó la definición de criterios de UX y accesibilidad, la selección de la arquitectura de tema hijo sobre Boost y el diseño del plugin de accesibilidad. En la Fase 3 (Implementación), la metodología DSR se concretó en dos artefactos complementarios: (1) el tema hijo sobre Boost/Moove que resuelve la usabilidad contextual y la identidad visual para comunidades con baja alfabetización

digital; y (2) el plugin `local_habitataccess`, concebido para resolver las barreras sensoriales de los estudiantes invidentes y de baja visión mediante la API de hooks de Moodle (`before_footer_html_generation`) y tecnologías de asistencia basadas en el navegador. La Fase 4 (Validación preliminar) incluyó la realización de un piloto Beta con estudiantes de grado 10° y 11° de la Institución Educativa Pedro Claver Aguirre, quienes interactuaron con la plataforma, y cuyos profesores subieron contenidos reales.

4. Desarrollo del Tema Personalizado

4.1. Stack Tecnológico

La plataforma se construyó sobre Moodle 4.5.3+, utilizando un tema hijo del tema base Boost (denominado "Impulso" en la localización al español). Los lenguajes empleados fueron HTML5 semántico, CSS3/SCSS para la personalización visual, plantillas Mustache para la reestructuración de componentes de interfaz y PHP para la lógica de presentación cuando fue necesario. Se instalaron dos plugins complementarios: H5P para la creación de contenido interactivo y Edwiser como formato de visualización de cursos. El despliegue se realizó en un servidor Hostinger con el dominio <https://proyectohabitattic.site/>.

4.2. Criterios de Diseño UX y Accesibilidad

A partir de la retroalimentación del coordinador del proyecto y las necesidades identificadas, se definieron los siguientes criterios rectores para el diseño de la interfaz: (1) navegación simplificada con menos niveles jerárquicos, evitando menús anidados profundos; (2) lenguaje visual no academicista, con íconos intuitivos, colores cálidos y tipografía de alta legibilidad; (3) diseño responsive optimizado para dispositivos móviles, anticipando que las comunidades acceden principalmente desde teléfonos; (4) contraste cromático alto y tamaños de fuente ajustables por el usuario; y (5) compatibilidad con lectores de pantalla mediante marcado HTML semántico y atributos ARIA [W3C 2018].

4.3. Personalizaciones Implementadas

Sobre el tema base Boost se realizaron modificaciones sustanciales que transforman por completo la apariencia y experiencia de la plataforma. La identidad visual fue rediseñada integralmente: paleta de colores, logotipos, imágenes de fondo y tipografía fueron reemplazados para alinearse con la identidad del Proyecto Hábitat-TIC. Se implementó un modo oscuro —funcionalidad no disponible en Moodle estándar— que permite al usuario alternar entre tema claro y oscuro, mejorando la experiencia en condiciones de baja luminosidad y reduciendo la fatiga visual. En la Figure 1 se muestra la página principal de la plataforma con el tema personalizado.

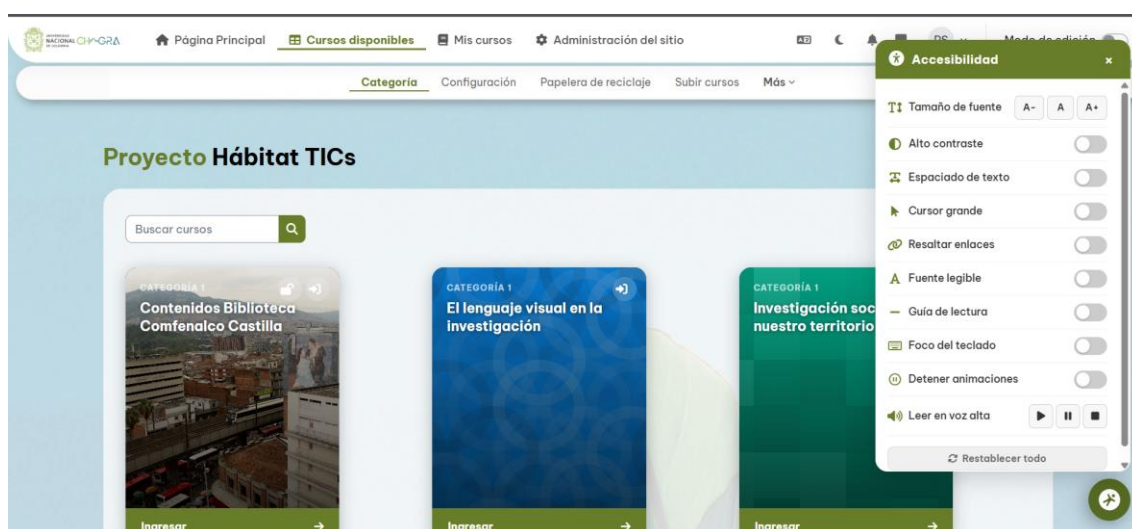


Figure 1. Página principal de la plataforma Hábitat-TIC con el tema personalizado.

Se incorporó un botón flotante de accesibilidad que permite ajustar el tamaño de fuente en tres niveles (A-, A, A+), elemento que Moodle no incluye de forma nativa. En la barra de navegación se añadieron botones de cambio de idioma (español, inglés), funcionalidad que tampoco estaba presente en el tema base. La página de inicio fue reestructurada para mostrar las tarjetas de cursos de manera directa, eliminando las categorías anidadas que generaban confusión.

El footer fue rediseñado con información institucional completa: créditos a la Escuela del Hábitat, el Semillero Chagra, el profesor encargado y el desarrollador, junto con datos de contacto (correo electrónico y WhatsApp). Se eliminaron elementos distractores del tema estándar como bloques laterales innecesarios, enlaces a funcionalidades administrativas y opciones avanzadas que no son pertinentes para el público objetivo. La navegación general se simplificó a dos elementos principales: Inicio y Cursos disponibles.

4.4. Arquitectura del Tema

La decisión de desarrollar un tema hijo de Boost —en lugar de crear un tema desde cero o modificar directamente el núcleo de Moodle— responde a un criterio de mantenibilidad y sostenibilidad. Esta arquitectura permite que las actualizaciones de seguridad y funcionalidad del núcleo de Moodle se apliquen sin afectar las personalizaciones, ya que los overrides se limitan a templates, hojas de estilo y archivos de configuración del tema hijo. Se realizaron overrides de las plantillas Mustache correspondientes a la página de inicio (frontpage), el encabezado (header), el pie de página (footer) y las tarjetas de cursos (course cards). La personalización SCSS se organizó en variables que controlan la paleta cromática, los espaciados y las tipografías, facilitando futuros ajustes.

5. Desarrollo del Plugin de Accesibilidad para Usuarios Invidentes

5.1. Diagnóstico con Estudiantes Invidentes

El diagnóstico inicial con los dos estudiantes invidentes del curso reveló barreras específicas que van más allá de lo que un tema visual puede resolver. Los estudiantes reportaron, en conversaciones directas, que en Moodle "no se puede saber en qué parte

está uno metido" y que "es muy difícil encontrar la información que uno necesita". Estas dificultades se relacionan con: (1) estructura de navegación no lineal que desorienta a los lectores de pantalla; (2) jerarquía de encabezados inconsistente; (3) etiquetas ARIA ausentes en formularios y elementos interactivos; (4) tablas sin marcado semántico adecuado; y (5) contraste insuficiente en ciertos componentes. Un hallazgo relevante es que ambos estudiantes utilizan iPhone porque, en su experiencia, "Android es peor para la accesibilidad", lo que subraya la importancia de probar la plataforma en el ecosistema iOS con VoiceOver.

La decisión de trasladar el contenido del curso a Google Classroom —tomada porque Moodle resultaba inutilizable para ellos— evidencia una paradoja: Classroom, con su interfaz más plana y estructura predecible, ofrece mejor experiencia para lectores de pantalla, pero carece de funcionalidades pedagógicas avanzadas como repositorios estructurados de recursos, glosarios colaborativos, foros anidados o actividades H5P, que son centrales para el modelo del Proyecto Hábitat-TIC.

5.2. Desarrollo del Artefacto

A partir de este diagnóstico, se desarrolló el plugin de accesibilidad `local_habitataccess` (identificador de componente `local_habitataccess`, ubicado en `/local/habitataccess/`, versión 2026082100, licencia GPL v3, compatible con Moodle 4.0 a 4.5.3+ y PHP 8.1/8.2). El artefacto se estructura en dos niveles de diseño complementarios:

Nivel 1 — Capa de Asistencia al Usuario Final (implementada y desplegada): el plugin inyecta, mediante la API de hooks de Moodle (`core\hook\output\before_footer_html_generation`, disponible desde Moodle 4.4), un panel modal accesible conforme a WAI-ARIA 1.2 (`role="dialog"`, `aria-modal`, `focus trap` y `región aria-live`) accesible globalmente mediante un botón flotante de acción y el atajo de teclado `Alt + A`. El panel agrupa diez herramientas asistivas que operan en el lado del cliente sin modificar el núcleo de Moodle. En la Figure 2 se muestra el panel de accesibilidad desplegado con las diez herramientas asistivas.

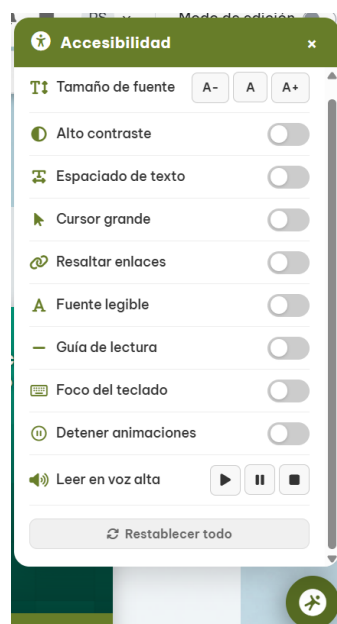


Figure 2. Panel de accesibilidad del plugin `local_habitataccess` con las diez herramientas asistivas.

Nivel 2 — Capa de Auditoría y Verificación de Contenidos Docentes (trabajo futuro en backend): un módulo de revisión en el servidor para alertar a los docentes cuando suban imágenes sin texto alternativo o tablas sin cabeceras semánticas.

Table 1. Herramientas asistivas implementadas en el plugin local_habitataccess y su correspondencia con los criterios WCAG 2.1

Herramienta asistiva	Criterio WCAG 2.1	Nivel	Estado de Implementación en el Plugin local_habitataccess
Modo Alto Contraste (CSS puro, sin filter:contrast())	1.4.3 Contraste (mínimo); 1.4.6 Contraste (mejorado)	AA / AAA	Implementada
Tipografía de Alta Legibilidad (Atkinson Hyperlegible)	1.4.8 Presentación visual	AAA	Implementada
Escalado Proporcional Universal (12 niveles, 60%-160%)	1.4.4 Cambio de tamaño del texto	AA	Implementada
Lector de Pantalla Text-to-Speech (Web Speech API)	1.1.1 Contenido textual; 1.2.1 Solo audio	A	Implementada
Espaciado de Texto Adaptativo (letter/word/line)	1.4.12 Espaciado del texto	AA	Implementada
Resaltado de Enlaces	1.4.1 Uso del color; 2.4.4 Propósito del enlace	A	Implementada
Cursor Agrandado de Alto Contraste (48×48 px)	2.5.8 Tamaño del objetivo	AAA	Implementada
Foco Visible Mejorado (:focus-visible)	2.4.7 Foco visible; 2.4.11 Foco no cubierto	AA / AAA	Implementada
Guía de Lectura Horizontal	2.4.8 Ubicación	AAA	Implementada
Detención de Animaciones	2.3.3 Animación a partir de interacciones	AAA	Implementada

En la Table 1 se presentan las diez herramientas asistivas de la capa del cliente del plugin local_habitataccess, su correspondencia con los criterios WCAG 2.1 [W3C 2018] y su estado de implementación: el 100% de las funcionalidades de la capa de asistencia al usuario final se encuentran implementadas y activas en producción en <https://proyectohabitattic.site/>. La arquitectura del plugin se basa en un módulo local de Moodle, combinado con el módulo frontend AMD (accessibility.js) y un panel de administración centralizado (settings.php) que permite activar o desactivar de forma independiente cada herramienta según la política institucional.

6. Resultados y Discusión

6.1. Plataforma en Producción

La plataforma se encuentra actualmente desplegada y accesible al público en <https://proyectohabitattic.site/>. Alberga ocho cursos activos con contenidos reales del

Proyecto Hábitat-TIC, que incluyen: Proyecto Hábitat TIC Quibdó (saberes ancestrales del Pacífico colombiano), Proyecto Hábitat TIC Dabeiba, Proyecto Hábitat TIC Castilla, Contenidos Biblioteca Comfenalco Castilla [Arango s.f.], El lenguaje visual en la investigación, Investigación social en nuestro territorio: Castilla, Formación Familiar, y Caja de Herramientas. Los cursos contienen fotos, videos, documentos PDF, artículos y enlaces externos, demostrando la capacidad de la plataforma para alojar recursos educativos heterogéneos. El acceso a los cursos es abierto, permitiendo que cualquier visitante explore los contenidos sin necesidad de autenticación.

6.2. Piloto Beta con I.E. Pedro Claver Aguirre

La validación preliminar se realizó mediante un piloto Beta con estudiantes de grado 10° y 11° de la Institución Educativa Pedro Claver Aguirre, en un período de aproximadamente 10 meses (septiembre de 2025 a junio de 2026). Durante este tiempo, los docentes del colegio recibieron capacitación en el uso de la plataforma —tanto presencial como mediante una sesión virtual grabada— y posteriormente subieron contenidos reales de sus áreas curriculares, incluyendo ejercicios de cartografía social, mapas sonoros, fotografías y entrevistas. Los estudiantes se organizaron en seis equipos de investigación con temáticas territoriales propias: contaminación auditiva, zonas verdes, prejuicios sociohistóricos de Castilla, contaminación por residuos, comercio estético y microtráfico. A través de la plataforma accedieron a los materiales del proyecto, desarrollaron sus investigaciones y produjeron micrositios con sus hallazgos. De la retroalimentación cualitativa recogida por los docentes y los integrantes del Semillero Chagra se identificaron como categorías temáticas: (1) simplicidad de la navegación, el aspecto más valorado por docentes y estudiantes; (2) claridad visual de las tarjetas de cursos; (3) utilidad del botón flotante de accesibilidad; y (4) interés en el modo oscuro, especialmente entre quienes usan dispositivos móviles en horarios nocturnos.

6.3. Lecciones Aprendidas

Varias lecciones emergen del proceso. Primero, la arquitectura de tema hijo demostró ser una estrategia efectiva: permite intervenciones profundas en la interfaz sin comprometer la capacidad de actualizar el núcleo de Moodle, un aspecto crítico para la seguridad y sostenibilidad a largo plazo. Segundo, funcionalidades como el modo oscuro y el botón de accesibilidad —ausentes en Moodle estándar— fueron altamente valoradas por los usuarios del piloto y representan contribuciones que podrían generalizarse a otras instancias de Moodle. Tercero, la separación entre contenido pedagógico y plataforma tecnológica permitió que los docentes se concentraran en la creación de cursos sin necesidad de conocimientos técnicos avanzados. Cuarto, la conversación con los estudiantes invidentes reveló la distinción entre dos perfiles: ciego total (requiere descripciones de imágenes y PDFs accesibles) y baja visión (requiere contraste alto y tamaño de letra ajustable), lo cual delimitó las funcionalidades del plugin desarrollado.

6.4. Limitaciones

El trabajo presenta limitaciones que deben ser reconocidas. La validación con los estudiantes invidentes se limita a un diagnóstico inicial. Si bien la capa de asistencia al usuario final del plugin `local_habitataccess` fue completamente implementada y desplegada en producción, la evaluación formal con métricas cuantitativas estandarizadas de usabilidad (como la escala SUS) específicamente aplicada a estudiantes con ceguera

total constituye el siguiente ciclo de investigación-acción. El piloto Beta, aunque proporcionó retroalimentación valiosa, no incluyó instrumentos de medición estandarizados de usabilidad o experiencia de usuario. Finalmente, la plataforma depende de la conectividad a internet, lo que limita su uso en contextos sin acceso a red, una realidad frecuente en las comunidades rurales con las que trabaja el proyecto.

7. Conclusiones y Trabajo Futuro

Este artículo presentó la experiencia de adaptación de Moodle como plataforma educativa accesible e inclusiva en el marco del Proyecto Pedagógico Hábitat-TIC. Los resultados demuestran que es factible transformar significativamente la experiencia de usuario de un LMS de código abierto mediante la personalización de su tema base, siempre que esta intervención esté guiada por criterios de diseño centrados en las necesidades reales de los usuarios. La trayectoria investigativa que antecede a este trabajo —desde Forhum Virtual hasta el proyecto SABIOS y la investigación sobre la imagen como recurso educativo— evidencia que los resultados aquí presentados no son un punto de partida, sino la materialización de un acumulado de conocimiento construido interdisciplinariamente durante más de dos décadas, en diálogo con la pedagogía freireana de transformación social a través de la educación [Freire 1987].

El paso de una personalización superficial de tema a un plugin modular de accesibilidad en el ecosistema Moodle demuestra que el código abierto permite a las universidades públicas generar tecnologías de asistencia soberanas, sostenibles y de distribución libre para comunidades vulnerables. El diagnóstico con los estudiantes invidentes —quienes prefirieron Google Classroom sobre Moodle por su simplicidad estructural— evidencia que la accesibilidad real no depende solo del tema visual, sino de una capa de asistencia integrada que actúe sobre la interfaz y sobre el contenido. La distinción entre ciego total y baja visión plantea la necesidad de perfiles de accesibilidad diferenciados.

Como trabajo futuro se plantean: (1) la implementación de la capa de auditoría del back-end para verificar la accesibilidad de los contenidos subidos por los docentes; (2) la evaluación formal de usabilidad con los estudiantes invidentes mediante la escala SUS; (3) el desarrollo de funcionalidad sin conexión mediante tecnologías de Aplicación Web Progresiva (PWA); (4) la publicación del plugin en el directorio oficial de Moodle para que otras instituciones puedan beneficiarse; y (5) la implementación de métricas de uso para analizar patrones de interacción y orientar mejoras futuras.

Referencias

- Arango, S. (s.f.) "Proyecto Pedagógico Hábitat TIC", Infolocal, Servicio de Información Local, Comfenalco Antioquia, <https://infolocal.comfenalcoantioquia.com/> (consulta: septiembre de 2026).
- Calvo, R., Iglesias, A. and Moreno, L. (2014) "Accessibility barriers for users of screen readers in the Moodle learning content management system", *Universal Access in the Information Society*, vol. 13, no. 3, pp. 297-312, <https://doi.org/10.1007/s10209-013-0302-5>.
- Ceballos Guerra, J. C. (2024) "Modelo de ambiente virtual de enseñanza-aprendizaje mediado por la televisión digital interactiva orientado a la extensión social universitaria", Tesis doctoral, Universidad Nacional de Colombia.

- Ceballos Guerra, J. C. (2025) "Ambientes virtuales de aprendizaje y su integración a los contextos territoriales: Metodologías en la creación de Objetos Virtuales de Aprendizaje", Ponencia presentada en LACLO 2025.
- Ceballos Guerra, J. C. and Jiménez, C. (2006) "Competencias digitales para la gestión social del hábitat: la experiencia de la plataforma Forhum Virtual", Ponencia presentada en el Simposio Internacional de Innovación y Emprendimiento (ISLAE2), Valparaíso, Chile.
- Ceballos Guerra, J. C., Jiménez Builes, C., Múnera, C., et al. (2015) "Diseño de una metodología para la construcción de un acervo documental en imagen y video que permita su usabilidad en ambientes virtuales de aprendizaje adaptados a los usuarios de los procesos de docencia, investigación y extensión", Manuscrito no publicado, Código HERMES 19526, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.
- Freire, P. (1987) "La educación como práctica de la libertad", Siglo XXI Editores.
- Giraldo, J. D., Guzmán, J. A. and Ceballos Guerra, J. C. (2006) "Desarrollo de un Módulo de Visualización y Navegación de Información Basada en Ontologías para el Sistema de Recuperación Semántica SABIOS", Avances en Sistemas e Informática, vol. 3, no. 1, pp. 57-61.
- Guzmán, J. A., Ovalle, D. A., Moreno, F. J., López, A. N., Ceballos Guerra, J. C. and Pérez, M. E. (2007) "Desarrollo de un Sistema de Recuperación de Información Semántico Especializado en Artes Plásticas y Hábitat", Informe final, Código DIME 20201005432, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.
- Hermes UNAL (2025) "Grupo de Investigación Escuela del Hábitat-CEHAP", <http://www.hermes.unal.edu.co/> (consulta: septiembre de 2026).
- Hevner, A. R., March, S. T., Park, J. and Ram, S. (2004) "Design science in information systems research", MIS Quarterly, vol. 28, no. 1, pp. 75-105, <https://doi.org/10.2307/25148625>.
- Iniesto, F., Rodrigo, C. and Moreira Teixeira, A. (2014) "Accessibility analysis of MOOC platforms: A case study on UNED COMA and UAb iMOOC", CAFVIR 2014.
- Jiménez, C. and Ceballos Guerra, J. C. (2007) "Competencias digitales para la gestión social del hábitat: evaluación de la plataforma Forhum Virtual", Revista DYNA, Universidad Nacional de Colombia.
- Jiménez, C., et al. (2005) "Evaluación de plataformas e-learning de código abierto para la formación en gestión del hábitat", Informe final de investigación, Dirección de Investigaciones DIME, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.
- Kaminski, K. and Bolliger, D. (2012) "Technology, learning, and the classroom: Longitudinal evaluation of a faculty development model", Journal of Computing in Higher Education, vol. 24, no. 1, pp. 25-41, <https://doi.org/10.1007/s12528-012-9049-z>.
- Moodle HQ (2024) "Moodle LMS", <https://moodle.org/> (consulta: septiembre de 2026).
- Nunes, E. P., et al. (2018) "An approach to assess the accessibility and usability of learning management systems", Revista Brasileira de Informática na Educação, vol. 26, no. 1.

- Peppers, K., Tuunanen, T., Rothenberger, M. A. and Chatterjee, S. (2007) "A design science research methodology for information systems research", *Journal of Management Information Systems*, vol. 24, no. 3, pp. 45-77, <https://doi.org/10.2753/MIS0742-1222240302>.
- Ssekakubo, G., Suleman, H. and Marsden, G. (2011) "Issues of adoption: Have e-learning management systems fulfilled their potential in developing countries?", *SAICSIT '11: Proceedings of the Annual Conference of the South African Institute of Computer Scientists and Information Technologists*, pp. 231-238, ACM, <https://doi.org/10.1145/2072221.2072243>.
- W3C (2018) "Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.1", <https://www.w3.org/TR/WCAG21/> (consulta: septiembre de 2026).