

Aula Digital Rural (AUDIRU): Informe Final de Proyecto

Giovanni Moreno

Facultad de Ingeniería

Universidad de La Sabana

Email: giovannimour@unisabana.edu.co

Santiago Gavilán

Facultad de Ingeniería

Universidad de La Sabana

Email: santiagogapa@unisabana.edu.co

Joaq Alexandre Muñoz Obando

Facultad de Ingeniería

Universidad de La Sabana

Email: joaomuob@unisabana.edu.co

John Rojas

Facultad de Ingeniería

Universidad de La Sabana

Email: johnrove@unisabana.edu.co

I. RESUMEN EJECUTIVO

Este documento presenta los resultados finales y la estrategia de sostenibilidad del proyecto Aula Digital Rural (AUDIRU). El proyecto aborda la brecha educativa presente en escuelas rurales colombianas, donde existe escasez de infraestructura tecnológica, ausencia de conectividad a internet y falta de metodologías pedagógicas adecuadas.

Durante los Sprints 5–9 se validó la solución técnica: una plataforma de “aula en una caja” basada en Raspberry Pi 4 que genera una red Wi-Fi local y sirve contenido educativo offline mediante Kiwix y Kolibri. Para el Corte 3 se desarrolló la validación del modelo de negocio y sostenibilidad. El hallazgo principal fue la contradicción entre una propuesta de valor “totalmente gratuita” y la necesidad de un modelo financiero viable. El equipo concluye que la estrategia adecuada es un modelo B2G (Business-to-Government), donde los gobiernos municipales actúan como clientes, manteniendo la gratuidad para estudiantes y docentes.

II. ABSTRACT

This document presents the final results and sustainability strategy of the “Aula Digital Rural” (AUDIRU) project. The initiative addresses the educational gap in rural Colombia through a low-cost offline digital classroom solution based on a Raspberry Pi server providing curated educational resources without the need for Internet connectivity. Technical validation was completed during Sprints 5–9, while Sprints 10–11 focused on the validation of the long-term sustainability model. Findings indicate a strategic tension between offering a completely free service and ensuring operational sustainability. A B2G business model is proposed to guarantee financial viability while preserving free access for teachers and students.

III. INTRODUCCIÓN

III-A. Contexto y Motivación

Las escuelas rurales colombianas enfrentan problemas estructurales de acceso a tecnología, conectividad y recursos pedagógicos modernos. El proyecto AUDIRU surgió como una iniciativa para ofrecer una alternativa viable, económica y

escalable que permita el acceso local a contenidos educativos sin requerir internet.

III-B. Problema y Oportunidad

El problema identificado es la brecha digital existente entre zonas urbanas y rurales. La oportunidad consiste en ofrecer una solución tecnológica offline que democratice el acceso a contenido educativo de calidad.

III-C. Objetivos

III-C1. Objetivo General: Desarrollar y validar una solución integral de aula digital offline que permita a estudiantes rurales acceder a recursos educativos sin conexión a internet.

III-C2. Objetivos Específicos:

- Validar la estabilidad técnica del servidor offline para 20 usuarios concurrentes.
- Generar una imagen maestra replicable del sistema.
- Analizar y formular un modelo de sostenibilidad financiera.
- Evaluar el desempeño y usabilidad mediante pruebas con docentes.

III-D. Alcance y Exclusiones

El documento cubre los resultados técnicos y de negocio obtenidos durante el Corte 3. No incluye la implementación de módulos avanzados como el asistente educativo con IA.

III-E. Contribución Esperada

Reducir la brecha digital rural mediante una plataforma sostenible, escalable y de bajo costo para acceso educativo.

IV. MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE

(No disponible en el documento original).

V. PROCESO DE DISEÑO Y METODOLOGÍAS

V-A. ODS Seleccionado y Relación con el Proyecto

Seleccionamos el ODS 4: “Educación de Calidad”. La motivación del equipo surge de experiencias personales en educación y la identificación de brechas estructurales en la ruralidad colombiana.

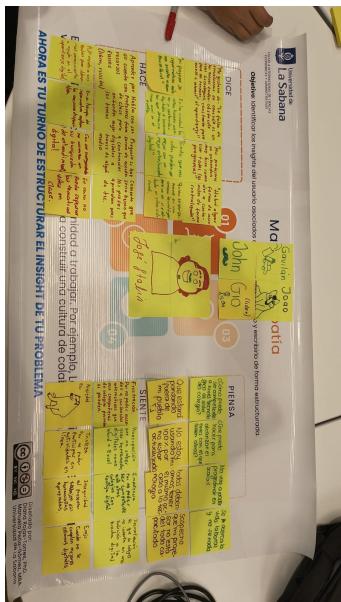


Figura 1. Mapa de empatía.

V-B. Identificación del Problema

Tras analizar informes académicos y gubernamentales recientes, se identificaron tres problemas clave:

- Entrega de dispositivos sin formación adecuada a docentes o estudiantes.
- Infraestructura tecnológica insuficiente o defectuosa.
- Conectividad limitada que imposibilita el uso de plataformas digitales.

V-C. Perfiles Emprendedores del Equipo

- **Product Owner:** Joao Muñoz.
- **Scrum Master:** Giovanni Moreno.
- **Tech Lead:** Santiago Gavilán.
- **Desarrollo:** John Rojas.

V-D. Contexto del Problema

V-D1. Situación: Las escuelas rurales colombianas tienen dispositivos defectuosos, poca estructura tecnológica, los actores que tienen mas impacto son los docentes, padres de familia, gobiernos municipales, ademas de los propios estudiantes.

Todo esto contribuye a una brecha educativa entre los estudiantes rurales y urbanos.

V-E. Formulación del Reto

Diseñar un aula digital offline replicable, de bajo costo y sostenible, que combine pedagogía (formacion) y tecnología.

V-F. Validación del Reto

Validado durante entrevistas y pruebas con docentes rurales.

V-G. Definición de Usuarios

V-G1. Mapa de Empatía:

V-G2. Journey Map: (No disponible)

V-G3. Arquetipos: (No disponible)

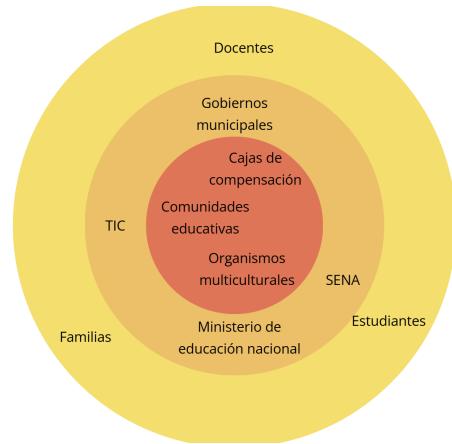


Figura 2. Mapa de stakeholders

V-G4. Mapa de Stakeholders:

V-H. Análisis PESTEL

Resumen: El análisis PESTEL sintetiza los factores macroambientales que afectan la viabilidad, diseño y escalamiento de AUDIRU en el contexto colombiano rural.

Político: Las iniciativas gubernamentales y programas de conectividad (planes y proyectos del Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, MIntIC, y políticas públicas de educación rural) influyen directamente en la posibilidad de alianzas B2G y en el acceso a financiación o subvenciones. La estabilidad de las políticas de conectividad y la priorización del gobierno local para proyectos educativos determinan oportunidades de cofinanciación y escalamiento.

Económico: Las limitaciones presupuestales municipales y la heterogeneidad de recursos entre departamentos condicionan la adopción del modelo B2G. El costo inicial (CAPEX) y los gastos operativos (OPEX) deben adaptarse a realidades locales donde los gobiernos municipales pueden tener restricciones financieras y prioridades competidoras (salud, infraestructura, seguridad).

Social: Existe una brecha digital y desigualdad de acceso entre zonas urbanas y rurales; además, factores culturales y expectativas de docentes y familias afectan la adopción tecnológica. La capacitación docente y la aceptación comunitaria son variables clave para la sostenibilidad y el uso efectivo de la solución.

Tecnológico: El grado de cobertura móvil y la disponibilidad de infraestructuras (p. ej. suministro eléctrico estable, calidad de microSD, capacidad de los AP Wi-Fi) condicionan el rendimiento del sistema. Las limitaciones técnicas identificadas (ancho de banda de la tarjeta SD, concurrencia en streaming) deben mitigarse mediante arquitectura y buenas prácticas de aprovisionamiento.

Ambiental: Las condiciones geográficas y climáticas (zonas con difícil acceso, riesgo de inundaciones o temporadas de lluvias) impactan la logística de despliegue, mantenimiento y la durabilidad del hardware. La elección de componentes

robustos y planes de protección física (carcasas, UPS sencillas, protección contra humedad) es estratégica.

Legal: El cumplimiento de la normativa de protección de datos personales (Habeas Data, Ley 1581 de 2012 y su regulación) y las obligaciones en materia educativa (normativas del Ministerio de Educación relacionadas con contenidos y menores) son requisitos ineludibles. Esto condiciona el tratamiento de datos de estudiantes, el almacenamiento de registros y el diseño de consentimientos y políticas de privacidad.

V-I. Análisis de entornos PESTEL

(No disponible)

V-J. Tendencias

(No disponible)

V-K. Restricciones

La solución debe de ser ligera y simple. La solución debe ser fácil de instalar. La solución debe de ser fácil de usar. La solución debe ser barata.

Limitaciones de hardware (ancho de banda SD), carga multimedia pesada.

Restricciones técnicas adicionales:

- **Almacenamiento y E/S:** La alta concurrencia en streaming multimedia está limitada por la velocidad y la fiabilidad de las microSD y el bus de E/S de la Raspberry Pi; por ello se recomienda limitar streams simultáneos o usar almacenamiento externo/SSD en despliegues más demandantes.
- **Energía eléctrica:** Aunque la mayoría de instituciones rurales cuenta con electricidad, las interrupciones son frecuentes en ciertas regiones; el dispositivo debe poder arrancar y apagarse de forma segura y aprovechar mecanismos como modo solo-lectura y ramdisk para evitar corrupción en la SD.
- **Conectividad física y radio:** Interferencias, alcance del AP Wi-Fi y topografía local pueden reducir la cobertura efectiva dentro del aula; la selección del punto de acceso y su ubicación son restricciones operativas clave.
- **Capacidad del hardware cliente:** La heterogeneidad de dispositivos clientes (versión del navegador, memoria, CPU de celulares antiguos) limita el tipo de actividades soportadas en cada aula.
- **Recursos humanos:** Disponibilidad y rotación de docentes capacitados limita la continuidad; la solución depende de planes de formación y documentación fáciles de usar.
- **Cadena de suministro y mantenimiento:** La disponibilidad local de repuestos, microSD de calidad, y técnicos para reemplazos condicionan la escalabilidad.
- **Regulatorio y de datos:** Restricciones legales sobre tratamiento de datos de menores y necesidad de consentimientos firmados por padres/representantes para almacenar registros limitan ciertos usos (por ejemplo, almacenamiento centralizado de evaluaciones con datos personales).

V-L. Supuestos que condicionan el proyecto

Según cifras de la Comisión de regulación de Comunicaciones el 76 % de los jóvenes usan dispositivos móviles. Así mismo el TIC asegura que el 80 % de las familias rurales tienen dispositivos celulares móviles, complementado con el 87 % de instituciones rurales con acceso a electricidad.

Suponemos con bastante confianza que en cada salón, al menos la mitad de los jóvenes contarán con un dispositivo electrónico, así mismo, que el profesor también contará con su propio dispositivo electrónico de enseñanza además de suponer que 8 de cada 10 instituciones rurales cuenta con acceso a la electricidad.

VI. PRIMERA ETAPA DEL DISEÑO – CONCLUSIONES

La solución técnica es funcional, estable y replicable para 20 usuarios, con recomendaciones para el manejo de contenido multimedia.

VII. EVALUACIÓN DE LA SITUACIÓN

VII-A. KnoWonder

La siguiente tabla sintetiza el análisis inicial basado en el método *KnoWonder*, donde se listan los conocimientos actuales (KNOW) y las preguntas o incertidumbres asociadas (WONDER):

KNOW	WONDER
Es un problema que afecta a estudiantes, profesores y padres. Los profesores tienen un papel casi tan importante como los estudiantes. Según pruebas PISA el nivel de educación ha bajado. Se han hecho varias iniciativas que no sirven. Dar tecnología sin capacitación no sirve. Dar tecnología sin conexión no sirve. Resolver la conexión sin emancipación no sirve. Se requiere un plan que incluya a estudiantes, padres y docentes. La solución debe transformar la metodología de enseñanza.	En qué medida los padres influyen en esta problemática. Quién es el principal decisor de esta situación. Cómo la presión social afecta la motivación y desempeño. ¿En qué medida el contexto socio-económico limita el éxito escolar? ¿Cómo fomentar participación activa de padres en zonas rurales? ¿Cómo co-crear soluciones con comunidades rurales? ¿Cómo afecta la falta de infraestructura a la motivación? — —

VII-B. 5WIH

A continuación se muestra la votación del equipo respecto a diferentes opciones de solución, con puntajes individuales y totales:

VIII. CLARIFICACIÓN

VIII-A. Exploración de la Visión

VIII-A1. Periodismo Investigativo:

Opciones	Gio	Santiago	Joao	John	Total
IA agent que se ajuste a cada estudiante y tema	2	4	3	1	10
La solución implementa la investigación con IA	1	4	2	1	8
Profesor que se ayude de insights que da el AI agent de cada estudiante	3	5	3	1	12
La solución contiene una metodología de enseñanza y aprendizaje	5	2	4	3	14
La solución necesita un proceso específico de implementación	5	3	3	1	12
La solución es fácil de usar	5	4	5	1	15
Darles internet y un AI agent. *	2	5	2	5	14
La solución Tiene un componente físico	5	4	1	2	12
Un dueling para educación	5	4	5	5	19

Figura 3. 5W1H

Innovación en ruralidad: ¿Cómo transformar la manera en que aprenden las comunidades rurales?



Figura 4. Ejercicio de periodismo investigativo realizado por el equipo.

VIII-A2. Taller de Sueño – Excursión Mental: En este ejercicio el equipo imaginó el éxito futuro del proyecto. Las sensaciones y observaciones incluyeron:

- Felicidad.
- Curiosidad.
- Niños aprendiendo.
- Nuevas oportunidades educativas.
- Aspiración a premios relevantes (Nobel, Titanes Caracol).
- Escalamiento del proyecto a nuevas regiones.

VIII-A3. Pensamiento Anhelante: Este ejercicio permitió transformar preocupaciones o anhelos negativos en oportunidades constructivas para el proyecto.

VIII-B. Formulación de Desafíos

La problemática central se planteó mediante la estructura *Cómo podríamos...*:

- ¿Cómo podríamos facilitar que estudiantes rurales desarrollen competencias digitales?
- ¿Cómo podríamos hacer que los estudiantes aprendan más?
- ¿Cómo podríamos financiar el proyecto?
- ¿Cómo podríamos capacitar a docentes para comprender la tecnología?
- ¿Cómo dar mantenimiento sostenible a la infraestructura?



Figura 5. Representación visual del taller de sueño.



Figura 6. Pensamientos iniciales del equipo.

- ¿Cómo implementar la solución de manera suave?
- ¿Cómo usan los profesores la infraestructura?
- ¿Cómo usan los estudiantes la infraestructura?
- ¿Cómo podemos entregar material digital adecuado para ambos?
- ¿Cómo dar una solución reusable por los colegios luego de implementarla?

VIII-B1. ¿Por qué? y Desafíos: (No disponible)

IX. TRANSFORMACIÓN

IX-A. Exploración de Ideas

Se analizaron diferentes enfoques conceptuales, integrando creatividad, viabilidad y adaptabilidad pedagógica para el entorno rural colombiano.

IX-B. Formulación de Soluciones

Las alternativas fueron refinadas para llegar a la propuesta final basada en:

- Contenidos offline de alta calidad.
- Plataforma LMS local.
- Acceso universal vía Wi-Fi.
- Mantenimiento simple y replicabilidad.



Figura 7. Transformación de anhelos en oportunidades.

X. IMPLEMENTACIÓN

X-A. Exploración de Aprobaciones

Validación con docentes y Product Owner.

X-B. Formulación del Plan

X-B1. User Stories:

- Como estudiante de primaria, quiero acceder a juegos y videos educativos para aprender matemáticas de forma divertida.
- Como profesor, quiero asignar investigaciones en Wikipedia offline para promover habilidades de búsqueda.
- Como estudiante de bachillerato, quiero conectarme fácilmente desde mi celular para repasar temas vistos en clase.
- Como directivo, quiero reportes de uso para mostrar impacto ante familias y administración.

X-B2. Definition of Ready: Antes de iniciar cada tarea:

- Historia con criterios de aceptación claros.
- Canales Kiwix seleccionados y descargados.
- Raspberry Pi 4 y AP Wi-Fi disponibles.
- IPs y red local definidas.
- Script de aprovisionamiento listo.

X-B3. Definition of Done: Una tarea finaliza cuando:

- Cambios mergeados al repositorio.
- Pruebas funcionales superadas.
- Criterios Gherkin aprobados en hardware real.
- Documentación actualizada.
- Imagen maestra generada y verificada.
- Sistema arranca en menos de 2 minutos.

X-B4. Roles y Responsabilidades: PO, Scrum Master, Tech Lead y equipo de desarrollo.

X-B5. Tareas por Sprint: Sprints 10–11: validación del modelo de negocio y prueba de campo.

X-C. Criterios de Aceptación Técnicos (Gherkin)

Given el servidor encendido

When el estudiante se conecta a "AulaDigital"

Then accede a la página inicial en < 15s

Given no hay conexión a Internet

When navega en Kiwix
Then todo funciona sin errores

X-D. Exploración de Aprobaciones

El equipo evaluó requerimientos técnicos, pedagógicos y de infraestructura con el Product Owner y docentes rurales.

X-E. Formulación del Plan

Incluyó:

- Planeación por Sprints.
- Requerimientos técnicos por capas.
- Historias de usuario validadas.
- Priorización de funcionalidades.

XI. CIERRE DEL CICLO DE DESARROLLO (SPRINTS 5-9)

Durante los sprints finales del desarrollo técnico, se validó la robustez del prototipo sobre el hardware final (Raspberry Pi 4, 4GB).

XI-A. Validación de "Solo Lectura"

Se detectaron errores críticos en la interacción de servicios como Kolibri y Kiwix con el sistema de archivos en modo "solo lectura" (implementado para proteger la SD de cortes de energía). La solución implicó reconfigurar los scripts de inicio para redirigir escrituras temporales (logs y caché) a un *ramdisk*, preservando la integridad del sistema.

XI-B. Pruebas de Carga y Estrés

Se simuló la conexión de 20 usuarios concurrentes. Los resultados indicaron:

- Contenido Estático (Texto):** Tiempos de respuesta óptimos.
- Contenido Multimedia:** Se observó degradación del servicio (latencia >20s) cuando más de 15 usuarios intentaban streaming de video simultáneo, saturando el bus de E/S de la tarjeta SD.

Como resultado, se estableció una recomendación pedagógica para escalar el acceso a contenido pesado en el aula.

XII. INICIO DEL SEGUNDO SPRINT

XII-A. Conclusiones y Seguimiento

Se identificó la necesidad de un plan de mantenimiento y actualización de contenido.

XIII. INICIO DEL TERCER SPRINT

XIII-A. Conclusiones y Seguimiento

Se consolidó el análisis del modelo financiero, identificando la ausencia de un flujo de ingresos y proponiendo una solución B2G.

XIV. ANÁLISIS COMPETITIVO

Se realizó un análisis del entorno para posicionar la solución AUDIRU frente a alternativas existentes (Ver Tabla I).

XV. DISEÑO Y DESARROLLO DE LA LANDING PAGE

(No disponible)

Cuadro I
MATRIZ COMPARATIVA DE SOLUCIONES

Competidor	Costo Aprox.	Diferenciador AUDIRU
Edu Labs LMS	\$1M/mes (SaaS)	AUDIRU es offline y no requiere pagos recurrentes por nube ni internet robusto.
Aula Solar Interactiva	\$8M - \$15M	AUDIRU ofrece una funcionalidad similar de gestión de aula con un costo de hardware 90 % menor.
Kits Raspberry Pi Básicos	\$600k - \$1.3M	AUDIRU no vende componentes sueltos, sino una imagen (.img) pre-endurecida y lista para usar (Plug & Play).
The Digital School	Gratis (Gobierno)	AUDIRU se posiciona como un complemento más ágil y personalizable para gobiernos municipales.

XVI. ARQUITECTURA DE LA SOLUCIÓN

XVI-A. Descripción Técnica

- Raspberry Pi 4 como servidor central.
- DietPi configurado en modo solo lectura.
- Kiwix-serve para contenido offline.
- Kolibri como LMS.
- AP Wi-Fi externo con SSID “AulaDigital”.

XVI-B. Requisitos de Hardware

- Raspberry Pi 4 (4GB), microSD endurecida 64GB.
- Punto de Acceso Wi-Fi dedicado.
- Cualquier dispositivo cliente con navegador moderno.

XVII. PROPIEDAD INTELECTUAL Y PROTECCIÓN

XVII-A. Lineamientos Éticos, Legales y de Privacidad

Propiedad Intelectual:

- **Software y componentes de terceros:** AUDIRU integra y distribuye software de terceros (p. ej. Kiwix, Kolibri). Cada componente debe respetar la licencia original: Kiwix se publica bajo licencias GNU (por ejemplo, GPL v3 en sus herramientas) y Kolibri/Learning Equality se publica bajo licencias permisivas (p. ej. MIT para ciertos componentes), por lo que cualquier redistribución debe cumplir condiciones de licencia (atribución, copyleft cuando aplique, etc.). Antes de distribuir la imagen maestra, el equipo debe incluir en el paquete la documentación de licencias y los avisos de derechos de autor correspondientes.
- **Contenido:** Los contenidos incluidos en la imagen (.img) deben clasificarse por origen y licencia: materiales de dominio público y obras con licencias abiertas (Creative Commons compatibles) pueden incluirse y redistribuirse con sus avisos; contenidos con derechos reservados requieren permisos explícitos. Es recomendable mantener un registro de cadenas de custodia de los contenidos (metadatos que indiquen autor, licencia, fuente y fecha).
- **Propiedad del producto final:** La imagen maestra (imagen técnica, scripts de aprovisionamiento, configuraciones propias) desarrollada por el equipo puede estar

protegida por derechos de autor del equipo autor; el modelo comercial B2G debe esclarecer la titularidad intelectual y las condiciones de uso/soporte entregadas a las alcaldías (contratos, licencias de uso, cláusulas de servicio).

Lineamientos Éticos y de Privacidad:

- **Protección de datos personales:** Cumplir la normativa colombiana de protección de datos (Ley 1581 de 2012 y decretos reglamentarios) para cualquier tratamiento de datos de estudiantes, docentes o familias. Esto implica: informar a los titulares, obtener autorizaciones cuando sea necesario, garantizar derechos de acceso, rectificación y supresión, y aplicar medidas técnicas y organizativas para proteger la información.
- **Tratamiento de datos de menores:** Dado que los usuarios son principalmente menores de edad, se requiere especial cuidado en la recolección y procesamiento de datos sensibles; obtener consentimiento de los representantes legales cuando la normativa lo exija y limitar el almacenamiento de datos personales a lo estrictamente necesario.
- **Seguridad y confidencialidad:** Definir políticas de contraseñas, gestión de backups seguros (respetando privacidad), cifrado de datos sensibles en tránsito y en reposo cuando corresponda, y procedimientos de respuesta ante incidentes (p. ej. fuga de datos).
- **Transparencia y consentimiento:** Redactar avisos claros para docentes, directivos y padres sobre qué datos se recogen, con qué propósito, cuánto tiempo se conservan y cómo solicitar eliminación o modificación.
- **Ética del contenido:** Asegurar que los paquetes de contenidos respeten diversidad cultural, no reproduzcan estereotipos discriminatorios y sean adecuados según los estándares curriculares y normativos de educación en Colombia.
- **Contratos y acuerdos con gobiernos locales:** Formalizar acuerdos que especifiquen responsabilidades (quién presta soporte, quién mantiene el hardware, quién es responsable por el cumplimiento legal), cláusulas de protección de datos y propiedad intelectual, así como la duración y términos del servicio.

XVII-B. Lineamientos Éticos, Legales y de Privacidad

XVIII. ESTRATEGIA DE SOSTENIBILIDAD Y MODELO FINANCIERO

XVIII-A. El Dilema de la Gratuidad

El análisis del Canvas de Negocio reveló una contradicción entre la propuesta de valor “totalmente gratuita” para el usuario y la viabilidad financiera. Se optó por un modelo **B2G (Business-to-Government)**, donde las alcaldías actúan como clientes financieros, permitiendo el acceso gratuito a docentes y estudiantes.

XVIII-B. Estructura de Costos y Precios

Se definieron dos flujos de caja:

- CAPEX (Implementación):** Precio objetivo de \$1.500.000 COP por aula. Incluye hardware (\$630.000), ensamblaje, instalación de la imagen maestra v1.0 y capacitación inicial.
- OPEX (Sostenibilidad):** Suscripción anual para soporte y actualizaciones de contenido ("Sneakernet").

XVIII-C. Planes de Suscripción Propuestos

Para garantizar el flujo de caja operativo, se diseñaron tres niveles de servicio para los entes territoriales:

Cuadro II
PLANES DE SUSCRIPCIÓN ANUAL (MODELO B2G)

Plan	Costo Mensual	Alcance
Semilla	\$190.000	Hasta 3 estaciones. Soporte básico.
Planta	\$350.000	Hasta 10 estaciones. Actualizaciones semestrales.
Bosque	\$500.000	+10 estaciones. Actualizaciones trimestrales y soporte prioritario.

XIX. COMPONENTES DEL PROTOTIPO (IMAGEN MAESTRA)

El producto final tangible es una imagen de sistema operativo (.img) de 8GB comprimida, lista para ser "flasheada." en las tarjetas SD de las aulas. Esta imagen integra.

- Sistema Operativo Base:** DietPi OS, seleccionado por su ligereza, configurado con scripts de autodisecimiento. en modo solo lectura para prevenir corrupción de datos por cortes eléctricos.
- Gestión de Contenidos (Kiwix):** Servidor local (kiwix-serve) que aloja copias estáticas de Wikipedia, simulaciones PhET y libros de texto, accesibles vía navegador.
- LMS (Kolibri):** Plataforma de gestión del aprendizaje para cursos estructurados y seguimiento del progreso de los estudiantes.
- Conectividad (Hotspot):** Scripts de red preconfigurados que despliegan automáticamente la red Wi-Fi .aulaDigital. al iniciar el sistema, gestionando DHCP y DNS localmente.

Dentro de la imagen se encontrarían cinco apps especializadas para su uso dentro del aula de manera offline.

- LibreLinguo:** App diseñada específicamente para la enseñanza de idiomas, especializada para público joven con tres idiomas disponibles, Ingles, Frances y Aleman. Dentro de cada sección de idioma el estudiante encontrara minijuegos y sliders, ejercicios para familiarizarse con la estructura y significado del idioma.
- LibreExam:** Plataforma estilo Kahoot, el cual permite al profesor crear sus propias clases y exámenes, los cuales serán accedidos por los estudiantes, dichos exámenes contenerán tanto preguntas multi opción así como preguntas abiertas dependiendo de lo que el profesor diga. Cada examen estará sincronizado con el flujo del profesor, para controlar cada pregunta.
- LibreClass:** Plataforma de gestión del aprendizaje para cursos estructurados y seguimiento del progreso de los estudiantes.

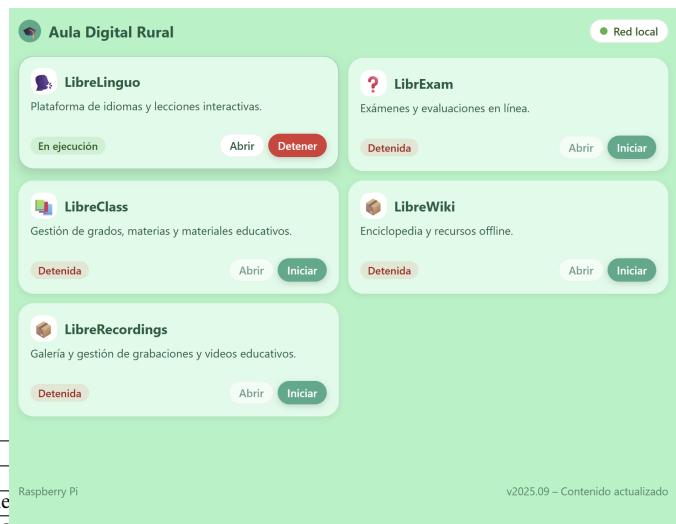


Figura 8. Hub - AUDIRU

Figura 9. Pantalla principal - LibreExam

Figura 10. Creacion Examen - LibreExam

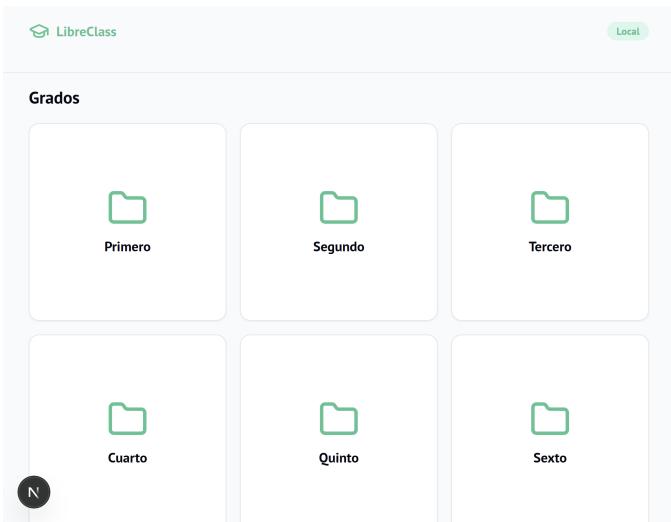


Figura 11. Pantalla principal - LibreClass

Figura 12. Enter Caption

Dentro de cada carpeta se encontraran tanto grabaciones como los pdfs que el maestro necesite para su clase.

4. **LibreWiki:** Enciclopedia Local "KiwiX" disponible para consulta de todos los estudiantes.
5. **LibreRecordings:** Grabaciones de cualquier clase o tema que el profesor desee, guardandolas en la misma raspberry permitiendo re-revisar temas o re-usar clases y tematicas ya vistas.

XX. VALIDACIÓN DE CAMPO (SPRINT 10)

Una vez generada la imagen maestra, se ejecutó un despliegue piloto simulado con docentes de escuelas rurales aliadas (Nov 03 - Nov 07).

XX-A. Hallazgos Cualitativos

Si bien el despliegue técnico fue exitoso, el feedback de los docentes reveló una brecha en la experiencia de usuario:

- **Alineación Curricular:** La biblioteca de contenidos, aunque vasta (Wikipedia), no estaba estructurada según los Estándares Básicos de Competencias de Colombia.
- **Necesidad de Curaduría:** Los docentes solicitaron que el servicio incluya "paquetes de contenido" pre-organizados por grado y materia, validando la necesidad del servicio de soporte (OPEX) propuesto en el modelo financiero.

XXI. HOJA DE RUTA Y LECCIONES APRENDIDAS

XXI-A. Hoja de Ruta Estratégica

- **Fase 1 (Piloto Controlado - 3 Meses):** Despliegue en 1-2 colegios aliados para validar métricas de impacto y medir el esfuerzo real de soporte (OPEX).
- **Fase 2 (Validación B2G - 1 Año):** Uso de datos del piloto para gestionar la venta de los primeros 5-10 "paquetes ADR.^a gobiernos municipales.
- **Fase 3 (Escalamiento):** Desarrollo de módulos premium (Asistente IA) y alianzas regionales.

XXI-B. Lecciones Aprendidas

1. **La Tiranía del MVP Técnico:** El equipo dedicó el 90 % del tiempo al desarrollo técnico, dejando la validación de negocio para el final. Se concluye que ambas validaciones deben correr en paralelo desde el Sprint 1.
2. **Visión vs. Realidad:** Se aprendió a diferenciar la visión futura (IA educativa) del producto entregable actual (Kiwix/Kolibri) para gestionar correctamente las expectativas de los stakeholders.

XXII. CONCLUSIONES FINALES

El proyecto AUDIRU entrega una imagen maestra funcional (.img) lista para duplicación masiva. Aunque técnicamente viable, la sostenibilidad del proyecto depende estrictamente de la adopción del modelo B2G propuesto, ya que el hardware por sí solo no resuelve la brecha educativa sin un servicio continuado de actualización de contenidos.

REFERENCIAS

- [1] UNIR Colombia, "Desafíos de la implementación de TIC en zonas rurales", 2024. Disponible en: <https://colombia.unir.net/actualidad-unir/desafios-implementacion-tic-zonas-rurales/>
- [2] Wikipedia, "Sector eléctrico en Colombia". Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Sector_el%C3%A9ctrico_en_Colombia
- [3] Laboratorio de Economía de la Educación – LEE. (2025). *Tecnologías de la Información en las aulas colombianas: usos y oportunidades*. Informe estadístico No. 113. Pontificia Universidad Javeriana. Archivo consultado: INF-113-TIC-EN-EDUCACIÓN-LEE 2025.pdf.
- [4] Laboratorio de Economía de la Educación – LEE. (2020). *Competencias digitales de los maestros en Colombia: ¿Están preparados para las clases virtuales?* Informe No. 002. Pontificia Universidad Javeriana. Archivo consultado: INFORME-2-DOCENTES-habilidades-digitales-LEE-JAVERIANA.pdf.
- [5] Protalento. (2024). *Habilidades Digitales en Colombia*. Resultados y análisis del estado de competencias digitales a nivel nacional. Archivo consultado: gan_habilidadesdigitales_col_v8.pdf.

XXIII. AGRADECIMIENTOS

A los docentes rurales participantes y al Product Owner.

XXIV. ANEXOS

(No disponible)