

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ingeniería



**Aplicación Móvil Interactiva para la Enseñanza de la
Generación, Transmisión, Distribución y Regulación de la
Energía Eléctrica en Guatemala.**

Trabajo de graduación presentado por Astrid Marié Glauser Oliva para
optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería en Ciencia de la
Computación y Tecnologías de la Información

Guatemala,

2025

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ingeniería



**Aplicación Móvil Interactiva para la Enseñanza de la
Generación, Transmisión, Distribución y Regulación de la
Energía Eléctrica en Guatemala.**

Trabajo de graduación presentado por Astrid Marié Glauser Oliva para
optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería en Ciencia de la
Computación y Tecnologías de la Información

Guatemala,

2025

Vo.Bo.:

(f) 
MSc. Douglas Barrios

Tribunal Examinador:

(f) 
MSc. Douglas Barrios

(f) 
PhD Gabriel Barrientos

Fecha de aprobación: Guatemala, 14 de noviembre de 2025.

Lista de figuras	x
Lista de cuadros	xI
Resumen	xIII
Abstract	xVI
1. Introducción	1
2. Justificación	3
3. Objetivos	5
3.1. Objetivo general	5
3.2. Objetivos específicos	5
4. Marco teórico	7
4.1. Fundamentos del sistema eléctrico de Guatemala	7
4.1.1. Panorama general del Sistema Eléctrico Guatemalteco	7
4.1.2. Marco jurídico básico	8
4.1.3. Usuarios, precios y factura eléctrica	8
4.2. Rol de la Comisión Nacional de Energía Eléctrica (CNEE)	8
4.2.1. Funciones regulatorias	8
4.2.2. Mecanismos de fijación de tarifas	8
4.2.3. Supervisión y sanciones	9
4.2.4. Alcances y límites del regulador en la vida cotidiana	9
4.3. Derechos y obligaciones de usuarios y empresas	9
4.3.1. Derechos de los usuarios	9
4.3.2. Obligaciones de las empresas distribuidoras	9
4.3.3. Mecanismos de reclamo	9
4.4. Alumbrado público en la factura	10
4.4.1. Fundamento legal	10
4.4.2. Transparencia en el cobro	10

4.5. Educación, Psicología y Aprendizaje	10
4.5.1. Psicología del aprendizaje	10
4.5.2. Gamificación en la educación	10
4.5.3. Educación digital y accesibilidad	10
4.5.4. Alfabetización energética en Guatemala	11
4.6. Diseño y Experiencia de Usuario (UI/UX)	11
4.6.1. Principios de diseño de interfaces educativas	11
4.6.2. Psicología del color aplicada al aprendizaje	11
4.6.3. Tipografía, íconos y elementos visuales	11
4.6.4. Usabilidad e inclusión	11
4.7. Desarrollo de Aplicaciones Móviles	12
4.7.1. React Native y su importancia en apps multiplataforma	12
4.7.2. Seguridad y privacidad de datos	12
4.7.3. Arquitectura básica de la app	12
4.7.4. Integración de animaciones, trivias y juegos interactivos	13
4.7.5. Uso de bases de datos y registro de progreso del usuario	13
5. Metodología	15
5.1. Investigación inicial	15
5.1.1. Revisión documental	15
5.1.2. Conversaciones técnicas con profesionales en educación	15
5.1.3. Análisis de necesidades y público objetivo	16
5.2. Aprobación de conceptos	16
5.2.1. Definición de módulos temáticos	16
5.2.2. Validación pedagógica inicial	17
5.3. Prototipado en Figma	17
5.3.1. Wireframes y pantallas base	17
5.3.2. Iteraciones y aprobación visual	18
5.4. Identidad visual: paleta y tipografía	18
5.5. Diseño de trivias, animaciones e ilustraciones	18
5.6. Estructura de módulos y tiempos de sesión	18
5.6.1. Componentes de cada módulo	19
5.6.2. Tiempos estimados por módulo	20
5.6.3. Secuencia lógica de módulos	21
5.7. Desarrollo e implementación en React Native	21
5.7.1. Organización del código y arquitectura por componentes	21
5.7.2. Sistema de navegación y flujo de usuario	22
5.7.3. Implementación de actividades interactivas y retroalimentación pedagógica	22
5.7.4. Sistema de gamificación y progreso del usuario	23
5.7.5. Diseño responsive y accesibilidad	23
5.7.6. Sincronización en la nube y persistencia de datos	24
5.7.7. Panel administrativo y métricas de aprendizaje	24
5.8. Pruebas y aseguramiento de calidad (QA)	25
5.9. Documentación y ajustes finales	25
5.10. Metodología ágil adaptada	25
5.11. Control de versiones e integración continua	25
5.12. Evaluación del aprendizaje y mejora continua	25

5.13. Seguridad y privacidad	26
5.14. Trazabilidad módulo-metodología	26
5.15. Cierre de iteración y líneas de mejora	26
6. Resultados	27
6.1. Autenticación de usuarios	27
6.2. Creación de usuario	28
6.3. Recuperación de contraseña	29
6.4. Módulos educativos implementados	30
6.4.1. Módulo institucional: Comisión Nacional de Energía Eléctrica	31
6.4.2. Módulo técnico: Distribución del sistema eléctrico	32
6.4.3. Módulo económico: Tarifas y facturación eléctrica	33
6.4.4. Módulo regulatorio: Obligaciones empresariales	34
6.4.5. Módulo municipal: Financiamiento del alumbrado público	35
6.5. Arquitectura de navegación e interfaz de usuario	36
6.5.1. Diseño de la interfaz principal	37
6.5.2. Componentes educativos interactivos	37
6.6. Galería de videos educativos	37
6.6.1. Estructura y organización de la galería	37
6.6.2. Catálogo de videos implementados	38
6.6.3. Características técnicas y pedagógicas	39
6.7. Componentes interactivos implementados	40
6.7.1. Actividades de evaluación formativa	40
6.7.2. Actividades de manipulación directa	41
6.7.3. Elementos narrativos interactivos	41
6.7.4. Simuladores y herramientas de exploración	42
6.7.5. Elementos de retroalimentación y motivación	43
6.8. Sistema de gamificación y seguimiento de progreso	44
6.8.1. Estructura de progresión del usuario	45
6.8.2. Interface de perfil y estadísticas	46
6.8.3. Herramientas de monitoreo administrativo	47
6.9. Integración tecnológica y arquitectura del sistema	48
6.9.1. Gestión de autenticación y seguridad	48
6.9.2. Almacenamiento y persistencia de datos	49
6.9.3. Resultados de la implementación	49
6.10. Validación con usuarios	49
6.10.1. Perfil de los participantes	50
6.10.2. Navegación y rendimiento técnico	52
6.10.3. Estabilidad del sistema	54
6.10.4. Eficacia y facilidad de uso	55
6.10.5. Patrones de uso y retención	56
6.10.6. Aprendizaje percibido	58
6.10.7. Valoración de formatos y recursos didácticos	61
6.10.8. Accesibilidad e idioma	66
6.10.9. Satisfacción general y recomendación	67
7. Discusión de Resultados	69

8. Conclusiones	73
9. Recomendaciones	75
10. Bibliografía	77
11. Anexos	79
11.1. Instrumento de evaluación: Cuestionario para usuarios	79
11.2. Prototipos en Figma	83
11.3. Enlaces a videos educativos	84

Lista de figuras

1.	Pantalla de inicio de sesión de la aplicación móvil de la CNEE	28
2.	Pantalla de registro de nuevos usuarios	29
3.	Pantalla de recuperación de contraseña	30
4.	Módulos educativos implementados	31
5.	Módulo institucional: Comisión Nacional de Energía Eléctrica	32
6.	Módulo técnico: Distribución del sistema eléctrico	33
7.	Módulo económico: Tarifas y facturación eléctrica	34
8.	Módulo regulatorio: Obligaciones empresariales	35
9.	Módulo municipal: Financiamiento del alumbrado público	36
10.	Catálogo de videos implementados	39
11.	Actividades de evaluación formativa	40
12.	Actividades de manipulación directa	41
13.	Elementos narrativos interactivos	42
14.	Simuladores y herramientas de exploración	43
15.	Elementos de retroalimentación y motivación	44
16.	Sistema de gamificación y seguimiento de progreso	45
17.	Estructura de progresión del usuario	46
18.	Interface de perfil y estadísticas	47
19.	Herramientas de monitoreo administrativo	48
20.	Distribución de participantes por rango de edad	51
21.	Perfil profesional de los participantes	51
22.	Dispositivo principal utilizado por los participantes	52
23.	Tipo de conexión utilizada durante las pruebas	52
24.	Evaluación de la facilidad de navegación	53
25.	Evaluación de la velocidad de carga	53
26.	Claridad de nombres de módulos y botones	54
27.	Claridad del feedback sobre respuestas	54
28.	Incidencia de errores o bloqueos	55
29.	Eficacia percibida del sistema	55
30.	Facilidad de uso percibida	56
31.	Retención: uso en 3+ días distintos	56
32.	Rachas de uso de 5+ días	57
33.	Completación del Módulo 1	57

34. Continuación a 3+ módulos adicionales	58
35. Necesidad de repetir secciones del Módulo 3	58
36. Comprensión de conceptos principales	59
37. Comprensión del proceso generación-transmisión-distribución	59
38. Comprensión de tarifas y facturación	60
39. Comprensión de usuario regulado vs. no regulado	60
40. Distinción de roles institucionales	61
41. Confianza para leer facturas o presentar reclamos	61
42. Valoración de videos educativos	62
43. Efectividad de historias con personajes	62
44. Utilidad de trivias para reforzar aprendizaje	63
45. Utilidad de simuladores interactivos	63
46. Relevancia de ejemplos locales	64
47. Formato didáctico más útil (selección única)	64
48. Elementos motivacionales más efectivos (selección múltiple)	65
49. La gamificación no distrajo del contenido	65
50. Intención de uso futuro de la aplicación	66
51. Suficiencia del tamaño de texto e íconos	66
52. Uso de ayudas de accesibilidad	67
53. Preferencia de idiomas adicionales	67
54. Satisfacción general con la aplicación	68
55. Probabilidad de recomendar la aplicación (escala 0-10)	68
56. Prototipo Figma – Primera iteración en baja calidad	83
57. Prototipo Figma – Segunda iteración en baja calidad	83
58. Prototipo Figma – Media calidad	84
59. Prototipo Figma – Alta calidad	84

Lista de cuadros

Resumen

El acceso a la energía eléctrica es un pilar esencial para el desarrollo de cualquier sociedad moderna, pues permite el funcionamiento continuo de infraestructuras vitales como hospitales, centros educativos, sistemas de transporte y viviendas. En Guatemala, el crecimiento en la cobertura eléctrica ha sido notable (en torno al 92.4 % de los hogares en 2021). Sin embargo, persisten desafíos significativos relacionados con la comprensión pública del sistema eléctrico nacional, su funcionamiento y la regulación que lo rige.

Este proyecto propone el diseño y desarrollo de una aplicación móvil interactiva con fines educativos, enfocada en explicar de forma clara y accesible los procesos de generación, transmisión, distribución y regulación de la energía eléctrica en Guatemala. Se toma como eje central la función de la Comisión Nacional de Energía Eléctrica (CNEE), institución encargada de supervisar el Sistema Nacional Interconectado (SNI), garantizar la calidad del servicio y regular las tarifas eléctricas.

La aplicación está dirigida principalmente a estudiantes de nivel medio, docentes y ciudadanos interesados en adquirir conocimientos básicos sobre el funcionamiento del sistema eléctrico guatemalteco. La herramienta está compuesta por cinco módulos temáticos que integran contenidos visuales, animaciones, trivias, simulaciones y ejercicios de autoevaluación para fomentar un aprendizaje significativo y autónomo.

Los contenidos desarrollados están fundamentados en documentos oficiales de la CNEE y adaptados a un lenguaje claro y accesible para facilitar su comprensión. La aplicación permite el seguimiento del progreso individual de los usuarios.

Abstract

Access to electrical energy is an essential pillar for the development of any modern society, as it enables the continuous operation of vital infrastructures such as hospitals, educational centers, transportation systems, and homes. In Guatemala, growth in electrical coverage has been notable (around 92.4 % of households in 2021). However, significant challenges persist regarding public understanding of the national electrical system, its operation, and the regulation governing it.

The National Electric Energy Commission (CNEE) is the regulatory body of the electrical sector in Guatemala, responsible for ensuring service quality, tariff stability, and electricity supply coverage. Its role is fundamental in overseeing the National Interconnected System (SNI) and in defining policies that ensure fair access to energy.

This project proposes the development of an interactive mobile application that facilitates learning about fundamental concepts regarding the generation, transmission, distribution, and regulation of electrical energy in Guatemala, with special emphasis on the role of the National Electric Energy Commission (CNEE). The central objective is to create an accessible educational resource that clearly explains how the National Interconnected System (SNI) and national tariff regulation work, promoting citizen and institutional understanding.

The application is developed as a cross-platform native mobile app. It includes structured modules, animations, quizzes, and simulations that facilitate understanding of the Guatemalan electrical system. The content is based on official CNEE documents and is organized into five modules that address generation, transmission, distribution, tariffs, and the regulatory role of the State.

Each module includes visual resources, brief explanations, local examples, and reinforcement exercises that facilitate comprehension and knowledge retention. Navigation is intuitive, and user progress is recorded to provide personalized feedback and allow self-assessment.

The content is built from official documents published by the National Electric Energy Commission, which guarantees the veracity and relevance of the material. Thematically, the application is organized into five main modules:

1. What is the CNEE,
2. How electricity reaches your home,
3. Energy prices and billing,
4. Obligations of distribution companies, and
5. Public lighting on the bill.

The tool is primarily aimed at high school students, teachers, and communities interested in understanding how electricity reaches their homes, how prices are set, and which institutions guarantee its access, coverage, and quality.

CAPÍTULO 1

Introducción

La energía eléctrica es indispensable para la vida moderna. Desde el alumbrado público hasta la operación de hospitales, fábricas y escuelas, su impacto es transversal en todos los sectores de la sociedad. En Guatemala, el avance en la cobertura eléctrica ha sido significativo, alcanzando al 92.4 % de los hogares según el Índice de Cobertura Eléctrica [7]. Sin embargo, este avance técnico no siempre ha ido acompañado de una comprensión ciudadana clara sobre cómo se genera, distribuye, transmite y regula la energía.

La Comisión Nacional de Energía Eléctrica (CNEE) es el ente regulador del sector eléctrico en Guatemala, responsable de garantizar la calidad del servicio, la estabilidad de las tarifas y la cobertura del suministro eléctrico. Su papel es fundamental en la supervisión del Sistema Nacional Interconectado (SNI) y en la definición de políticas que aseguren el acceso justo a la energía.

Este proyecto plantea el desarrollo de una aplicación móvil interactiva que facilite el aprendizaje de los conceptos fundamentales sobre la generación, transmisión, distribución y regulación de la energía eléctrica en Guatemala, con especial énfasis en el papel de la Comisión Nacional de Energía Eléctrica (CNEE). El objetivo central es crear un recurso educativo accesible que explique de forma clara cómo funciona el Sistema Nacional Interconectado (SNI) y la regulación tarifaria nacional, fomentando la comprensión ciudadana e institucional.

La aplicación se desarrolla como una aplicación móvil interactiva, optimizada para dispositivos móviles. Incluye módulos estructurados, animaciones, trivias y simulaciones que facilitan la comprensión del sistema eléctrico guatemalteco. El contenido se basa en documentos oficiales de la CNEE y se organiza en cinco módulos que abordan (1) qué es la CNEE, (2) cómo llega la luz al hogar, (3) precios y factura de energía, (4) obligaciones de las empresas distribuidoras y (5) alumbrado público en la factura.

Cada módulo cuenta con recursos visuales, explicaciones breves, ejemplos locales y ejercicios de reforzamiento que facilitan la comprensión y retención del conocimiento. La navegación es intuitiva, y los avances del usuario se registran para permitir la autoevaluación.

El contenido se construye a partir de documentos oficiales publicados por la Comisión Nacional de Energía Eléctrica (CNEE), lo que garantiza la veracidad y pertinencia del material. Temáticamente, la aplicación se organiza en cinco módulos principales: (1) ¿Qué es la CNEE? (2) ¿Cómo llega la luz a tu hogar? (3) Precios y factura de energía (4) Obligaciones de las empresas distribuidoras (5) Alumbrado público en la factura

La herramienta se dirige principalmente a estudiantes de nivel diversificado, docentes y comunidades interesadas en comprender cómo llega la electricidad a sus hogares, cómo se fija el precio y qué instituciones garantizan su acceso, cobertura y calidad.

CAPÍTULO 2

Justificación

En Guatemala existe un déficit de comprensión técnica y social sobre cómo se produce, transmite y distribuye la energía eléctrica. Aunque se ha incrementado la cobertura eléctrica en el país a más del 90 % de los hogares [7], persisten dudas e incertidumbres en la ciudadanía respecto al origen de los costos, la regulación de las tarifas y el papel del Estado como ente supervisor.

Por otro lado, temas como la generación distribuida, las energías renovables y la sostenibilidad son cada vez más relevantes y requieren una comunicación clara, especialmente para que la población pueda participar de forma informada en decisiones relacionadas con el acceso y el uso de la energía [13].

En este contexto, el uso de tecnologías digitales representa una de las mejores formas para comunicar información compleja de manera accesible y dinámica. Las aplicaciones interactivas permiten adaptar los contenidos educativos a distintos niveles de comprensión, facilitar el autoaprendizaje y llegar a poblaciones jóvenes familiarizadas con dispositivos móviles [11]. En el campo de la educación energética, estas herramientas pueden ayudar a visualizar procesos técnicos como la generación, transmisión y distribución eléctrica, y fomentan la apropiación del conocimiento por parte de la ciudadanía.

Por otra parte, la normativa sectorial resalta que el servicio eléctrico debe prestarse con eficiencia, continuidad y calidad, principios que también deben ser comprendidos por quienes lo utilizan. Brindar acceso a este conocimiento es importante para fortalecer la relación entre el ciudadano y el sistema energético nacional, especialmente cuando se trata de fomentar una cultura de uso responsable, informado y participativo de la energía.

CAPÍTULO 3

Objetivos

3.1. Objetivo general

Diseñar y desarrollar una aplicación móvil interactiva que facilite el aprendizaje de los procesos de generación, transmisión, distribución y regulación de la energía eléctrica en Guatemala, con énfasis en el rol educativo de la Comisión Nacional de Energía Eléctrica (CNEE).

3.2. Objetivos específicos

- Desarrollar contenidos educativos interactivos que faciliten la comprensión de los proyectos de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica en las comunidades.
- Diseñar una interfaz de usuario accesible, visualmente atractiva y adaptativa a dispositivos móviles que permita la navegación intuitiva por los módulos educativos.
- Implementar componentes interactivos en el frontend, incluyendo trivias, simuladores, animaciones ilustrativas y barras de progreso, que refuerzen el aprendizaje de los conceptos energéticos presentados en cada módulo educativo.

CAPÍTULO 4

Marco teórico

4.1. Fundamentos del sistema eléctrico de Guatemala

Esta sección describe la estructura básica del sector eléctrico guatemalteco y su organización operativa, así como el marco institucional que lo regula a través del SNI, el AMM y la CNEE.

4.1.1. Panorama general del Sistema Eléctrico Guatemalteco

El sistema eléctrico de Guatemala se organiza, de forma funcional, en generación, transmisión y distribución de energía, integrados en el Sistema Nacional Interconectado (SNI) y coordinados operativamente por el Administrador del Mercado Mayorista (AMM) [1], [2].

Generación: plantas que convierten recursos energéticos (hidráulicos, solares, eólicos, biomasa y térmicos) en electricidad.

Transmisión: transporte en alto voltaje a través de la Red de Transmisión del Sistema (RTS).

Distribución: entrega en media y baja tensión a usuarios finales (regulados y no regulados).

El marco de mercado y la coordinación técnica-comercial del SNI están definidos por la Ley General de Electricidad (LGE, Decreto 93-96) y su reglamentación, así como por el Reglamento del AMM, donde se establecen funciones de operación, planificación y despacho económico del sistema [1], [2], [3].

4.1.2. Marco jurídico básico

La LGE fija los principios de eficiencia, calidad, continuidad y libre competencia en generación, acceso abierto a las redes y separación de actividades, además de delimitar competencias públicas y privadas en el sector [1], [3].

En materia municipal, el Código Municipal (Decreto 12-2002) faculta a las municipalidades a establecer la tasa de alumbrado público y a gestionarla —usualmente— a través del cobro en la factura eléctrica; este cobro no forma parte del precio de la energía y debe mostrarse desglosado [4], [5], [6].

4.1.3. Usuarios, precios y factura eléctrica

Los usuarios regulados pagan un precio final que integra (según su segmento y distribuidora) los costos de compra de energía y potencia, peajes de transmisión, costos de distribución y otros cargos regulados aprobados por la CNEE, además de impuestos y, cuando corresponda, tasa de alumbrado público definida por la municipalidad y cobrada por la distribuidora como concepto separado [5], [6], [7].

4.2. Rol de la Comisión Nacional de Energía Eléctrica (CNEE)

Aquí se delimitan las atribuciones formales de la CNEE y los mecanismos con los que ejerce la regulación, supervisión y fijación tarifaria en beneficio de los usuarios regulados.

4.2.1. Funciones regulatorias

La Comisión Nacional de Energía Eléctrica (CNEE) es el ente regulador del subsector eléctrico en Guatemala. De acuerdo con la Ley General de Electricidad (LGE, Decreto 93-96), la CNEE no genera ni distribuye energía, sino que regula, supervisa y fiscaliza a los agentes del sector [1], [3], [7]. Sus funciones principales incluyen: (i) aprobar normas técnicas y de calidad, (ii) supervisar a generadores, transportistas y distribuidores, (iii) definir los pliegos tarifarios para usuarios regulados, (iv) resolver controversias entre agentes y (v) aprobar planes de expansión de redes.

4.2.2. Mecanismos de fijación de tarifas

La CNEE revisa trimestralmente los costos de generación, transmisión y distribución, y aprueba los pliegos tarifarios para los usuarios regulados [2], [7]. Asimismo, administra y difunde el régimen de Tarifa Social (apoyo focalizado a usuarios de 0–88 kWh/mes), previsto en la legislación sectorial; la CNEE supervisa su aplicación y transparencia, pero no fija tributos ni recauda municipalidades [5].

4.2.3. Supervisión y sanciones

En caso de incumplimiento de normas técnicas o calidad del servicio, la CNEE tiene la potestad de aplicar sanciones administrativas, así como de requerir a las distribuidoras la corrección de irregularidades en la facturación o en la prestación del servicio eléctrico [1].

4.2.4. Alcances y límites del regulador en la vida cotidiana

En la práctica, el rol de la CNEE se manifiesta en: (i) calidad y continuidad del servicio supervisadas mediante normas técnicas; (ii) protección del usuario regulado a través de procedimientos de reclamos ante las distribuidoras y control regulatorio; (iii) transparencia tarifaria por medio de pliegos y resoluciones públicas; y (iv) ordenamiento institucional del mercado mayorista en coordinación con el AMM [1], [2], [3], [5], [6], [7]. La CNEE no instala acometidas ni cobra directamente recibos; esas son funciones de las distribuidoras, bajo regulación y supervisión [1], [3], [6].

4.3. Derechos y obligaciones de usuarios y empresas

Se sintetizan los principales derechos del usuario regulado y las obligaciones de las distribuidoras conforme a la normativa vigente, así como los procedimientos de reclamo disponibles.

4.3.1. Derechos de los usuarios

Los usuarios regulados tienen derecho a recibir un servicio eléctrico continuo, seguro y de calidad, a que se les facture únicamente su consumo real, y a presentar reclamos en caso de errores o interrupciones injustificadas [6]. Además, pueden solicitar revisiones de sus medidores y exigir información clara sobre las tarifas aplicadas [5].

4.3.2. Obligaciones de las empresas distribuidoras

Las empresas distribuidoras deben: (i) conectar a los usuarios ubicados dentro de 200 metros de la red, (ii) entregar facturas claras y puntuales, (iii) reparar fallas en el menor tiempo posible, (iv) mantener la red en condiciones seguras y (v) comunicar oportunamente cualquier cambio tarifario o interrupción programada [1], [6].

4.3.3. Mecanismos de reclamo

En caso de incumplimiento, los usuarios pueden acudir primero a la empresa distribuidora y, si no obtienen respuesta, elevar el reclamo ante la CNEE, que actúa como instancia reguladora y de protección al consumidor [7].

4.4. Alumbrado público en la factura

Se explica el fundamento legal de la tasa de alumbrado público y su reflejo desglosado en la factura eléctrica, diferenciándolo del precio de la energía.

4.4.1. Fundamento legal

El Código Municipal (Decreto 12-2002) faculta a las municipalidades a establecer tasas de alumbrado público. Este cobro aparece desglosado en la factura eléctrica, pero no constituye parte del precio de la energía [8], [6]. La CNEE supervisa que el cargo esté claramente identificado, aunque no fija su monto [5].

4.4.2. Transparencia en el cobro

Según la normativa, el cargo por alumbrado público debe detallarse de forma separada en la factura eléctrica. Si no aparece o es incorrecto, el usuario puede reclamar a la distribuidora [6].

4.5. Educación, Psicología y Aprendizaje

Se resume la base conceptual que orienta la estrategia educativa de la aplicación, desde teorías del aprendizaje hasta criterios de accesibilidad y usabilidad.

4.5.1. Psicología del aprendizaje

Las teorías de Piaget y Vygotsky fundamentan que el aprendizaje es un proceso constructivo y social. La apropiación de conocimientos sobre energía requiere metodologías que promuevan la comprensión significativa, en lugar de la simple memorización [9], [10].

4.5.2. Gamificación en la educación

La gamificación (uso de juegos, trivias y recompensas) potencia la motivación y el aprendizaje autónomo. Estudios recientes muestran que el aprendizaje basado en juegos digitales mejora la retención del conocimiento y la participación activa [11], [12].

4.5.3. Educación digital y accesibilidad

Las aplicaciones móviles educativas deben diseñarse considerando accesibilidad, usabilidad y adaptabilidad a diferentes contextos. Esto es especialmente relevante en países en desarrollo, donde las brechas digitales limitan el acceso a recursos educativos [13], [14].

4.5.4. Alfabetización energética en Guatemala

En el contexto guatemalteco, persisten retos de alfabetización energética: muchos usuarios desconocen cómo se fija la tarifa o qué significa el cargo de alumbrado público. Iniciativas de educación digital pueden reducir esta brecha y fortalecer la cultura de uso responsable de la energía [7].

4.6. Diseño y Experiencia de Usuario (UI/UX)

Se abordan principios de diseño para entornos educativos digitales con el fin de favorecer claridad, usabilidad y atención del usuario durante el aprendizaje.

4.6.1. Principios de diseño de interfaces educativas

El diseño de interfaces educativas se refiere a la aplicación de principios de usabilidad, claridad y accesibilidad en entornos de aprendizaje digital. Norman plantea que una interfaz efectiva debe facilitar la interacción del usuario mediante visibilidad de funciones, retroalimentación inmediata y consistencia en la correspondencia entre acciones y resultados [15]. En el contexto educativo, esto implica reducir la carga cognitiva del estudiante y optimizar la organización del contenido.

4.6.2. Psicología del color aplicada al aprendizaje

La psicología del color estudia cómo los colores influyen en los procesos cognitivos y emocionales. Investigaciones han demostrado que los tonos cálidos tienden a estimular la atención y la actividad, mientras que los tonos fríos favorecen la calma y la concentración [16]. En el aprendizaje digital, los esquemas cromáticos consistentes contribuyen a dirigir la atención del usuario y a reforzar la comprensión del contenido.

4.6.3. Tipografía, íconos y elementos visuales

La tipografía es un componente esencial para la legibilidad y la organización de la información. Fuentes sans serif como Arial, Helvetica o Roboto se recomiendan para entornos digitales por su claridad en pantallas [17]. Los íconos, definidos como representaciones gráficas simplificadas, facilitan la comprensión rápida de conceptos y apoyan la memoria visual del usuario. Los elementos visuales, como ilustraciones y diagramas, cumplen la función de complementar y reforzar la información textual.

4.6.4. Usabilidad e inclusión

La usabilidad hace referencia al grado en que un sistema puede ser utilizado por usuarios específicos para lograr objetivos determinados con efectividad, eficiencia y satisfacción [18].

La inclusión digital, por su parte, asegura que personas con distintas capacidades físicas, cognitivas o sociales puedan acceder y beneficiarse de la tecnología. Las pautas WCAG del W3C establecen estándares internacionales para garantizar accesibilidad en aplicaciones web y móviles [19].

4.7. Desarrollo de Aplicaciones Móviles

Se presentan conceptos técnicos relevantes para el desarrollo de la aplicación, incluyendo arquitectura, seguridad, almacenamiento y operación en dispositivos móviles.

4.7.1. React Native y su importancia en apps multiplataforma

React Native es un framework de desarrollo de software creado por Facebook que permite construir aplicaciones móviles multiplataforma utilizando JavaScript y componentes reutilizables. Su ventaja principal radica en la capacidad de compartir gran parte del código entre sistemas Android e iOS, optimizando tiempos y costos de desarrollo [20].

4.7.2. Seguridad y privacidad de datos

La seguridad de los datos en aplicaciones móviles implica la implementación de mecanismos de cifrado tanto en tránsito como en reposo, la autenticación segura de usuarios y el control de accesos basado en roles. El cifrado en tránsito generalmente se implementa mediante protocolos como Transport Layer Security (TLS), mientras que para el almacenamiento en reposo se recomienda el uso de algoritmos robustos como AES-256. Asimismo, las contraseñas deben protegerse con funciones de hash adaptativas como bcrypt o Argon2, que dificultan ataques de fuerza bruta.

En cuanto a la privacidad, las aplicaciones deben cumplir con regulaciones internacionales como el Reglamento General de Protección de Datos (GDPR) de la Unión Europea y, en el contexto latinoamericano, con normativas locales de protección de datos personales. Estas regulaciones establecen principios de minimización de datos, consentimiento informado y derecho de los usuarios a acceder, rectificar o eliminar su información.

La correcta implementación de estas medidas no solo protege la información sensible de los usuarios, sino que también fortalece la confianza en las plataformas digitales y garantiza la sostenibilidad de los proyectos tecnológicos [21], [22].

4.7.3. Arquitectura básica de la app

La arquitectura de una aplicación móvil generalmente se organiza en tres capas: frontend, backend y base de datos. El frontend corresponde a la interfaz con la que interactúa el usuario; el backend gestiona la lógica de negocio y la comunicación con servidores; y la base de datos almacena la información de manera estructurada [23].

4.7.4. Integración de animaciones, trivias y juegos interactivos

Las animaciones y dinámicas interactivas, como trivias o juegos, son recursos pedagógicos que favorecen el aprendizaje activo. La literatura en entornos digitales señala que estos elementos aumentan la motivación del usuario y mejoran la retención de conocimientos al incorporar principios de gamificación [24].

4.7.5. Uso de bases de datos y registro de progreso del usuario

Las bases de datos son sistemas que permiten almacenar, organizar y recuperar información de manera eficiente. En aplicaciones móviles educativas, se emplean para registrar el progreso de los usuarios, incluyendo datos como actividades completadas o resultados obtenidos [25]. Esto permite dar seguimiento al aprendizaje y personalizar la experiencia.

CAPÍTULO 5

Metodología

5.1. Investigación inicial

La fase de investigación inicial estableció los fundamentos conceptuales, pedagógicos y contextuales del proyecto. Se revisó documentación técnica del sector eléctrico guatemalteco, se consultó a especialistas en diseño instruccional y se caracterizó al público objetivo mediante instrumentos cuantitativos y observación de prototipos tempranos. Esta etapa generó criterios claros de contenido, estrategia didáctica y requisitos de usabilidad que guiaron todo el desarrollo posterior.

5.1.1. Revisión documental

Se efectuó una revisión de fuentes primarias y secundarias sobre el sistema eléctrico guatemalteco, el marco regulatorio y el rol de la CNEE, priorizando materiales vigentes, de autoridad institucional y pertinentes al currículo del proyecto, y descartando los desactualizados o sin trazabilidad. De este proceso se derivó un mapa conceptual que articula normas, actores y procesos generación, transmisión, distribución, tarificación y alumbrado público y que sirvió para delimitar el alcance técnico-educativo, seleccionar ejemplos locales pertinentes y ordenar la progresión de contenidos.

5.1.2. Conversaciones técnicas con profesionales en educación

Se realizaron dos entrevistas semiestructuradas con especialistas en pedagogía/diseño instruccional para contrastar el enfoque didáctico. Se trataron: resultados de aprendizaje (conocimientos, competencias, actitudes), microaprendizaje con andamiaje por dificultad,

retroalimentación inmediata, verificación del logro (evidencias y rúbricas), uso de la Taxonomía de Bloom (recordar, comprender, aplicar), gamificación ligera (progreso, hitos, mensajes de logro) y criterios de accesibilidad y trazabilidad. Esto llevó a perfilar objetivos por módulo, establecer competencias observables y seleccionar actividades breves y medibles coherentes con sesiones cortas, dejando criterios de aceptación por actividad.

5.1.3. Análisis de necesidades y público objetivo

El análisis de necesidades se fundamentó en información institucional y estadística sobre la realidad guatemalteca (cobertura eléctrica, brecha digital y hábitos de acceso a dispositivos/conectividad), complementada con los criterios pedagógicos definidos en 5.1.2 y con observación interna de navegación sobre prototipos para detectar obstáculos terminológicos y de interfaz. A partir de esta evidencia documental y de las pruebas internas se estableció preferencia por bloques breves de estudio (aprox. 3–7 minutos) con retroalimentación inmediata, uso de lenguaje claro y ejemplos contextualizados a Guatemala, así como la necesidad de asegurar accesibilidad visual (contraste mínimo AA y tamaños de texto legibles sin zoom), flujos de navegación poco profundos e imágenes optimizadas para redes móviles. Con base en estos hallazgos se ajustaron la granularidad de los contenidos, la redacción de enunciados y retroalimentaciones, la secuencia de actividades y los límites de peso de los medios.

5.2. Aprobación de conceptos

Con la evidencia precedente se transformaron las necesidades en módulos, objetivos, competencias y evidencias verificables. Para cada módulo se elaboró una ficha con: objetivo de aprendizaje, competencias observables, contenidos nucleares, tipo de actividad, nivel de Bloom, evidencia de logro y criterio de aceptación.

5.2.1. Definición de módulos temáticos

Módulo 1.1 ¿Qué es la CNEE?

Objetivo: reconocer el rol regulador y su relación con el SNI.

Competencias: identificar funciones reguladoras; distinguir regulador, generador, transmisor y distribuidor.

Evidencias: trivia de conceptos; clasificación por arrastre.

Módulo 1.2 ¿Cómo llega la luz a tu hogar?

Objetivo: explicar la secuencia generación → transmisión → distribución y los elementos básicos de infraestructura.

Competencias: ordenar etapas; asociar equipos/infraestructura a cada etapa.

Evidencias: actividad de secuenciación; emparejamiento.

Módulo 1.3 Precios y factura de energía

Objetivo: interpretar los componentes de una factura y calcular un total guiado.

Competencias: identificar cargos; localizar datos clave; efectuar un cálculo simple.

Evidencias: simulación de factura; preguntas de aplicación.

Módulo 1.4 Obligaciones de las empresas distribuidoras

Objetivo: reconocer obligaciones de calidad, atención y seguridad hacia los usuarios.

Competencias: discriminar obligaciones normativas; reconocer canales básicos de atención.

Evidencias: caso breve; checklist.

Módulo 1.5 Alumbrado público en la factura

Objetivo: explicar el concepto, su financiamiento y su reflejo en la factura.

Competencias: ubicar el rubro; diferenciar consumo propio y alumbrado público.

Evidencias: señalización guiada; mini-quiz.

5.2.2. Validación pedagógica inicial

Se comprobó la alineación constructiva (Objetivos → Actividades → Evaluación), la correspondencia con Bloom y la pertinencia cultural/lingüística. Se ajustaron términos, ejemplos y secuencias según observaciones internas, dejando trazabilidad de cada cambio en las fichas de módulo.

5.3. Prototipado en Figma

Con base en la estructura pedagógica definida en las fases anteriores, se procedió a traducir los requisitos educativos y funcionales en representaciones visuales tangibles mediante la herramienta de diseño Figma. El objetivo de esta fase fue materializar la experiencia de usuario completa antes de iniciar el desarrollo técnico, permitiendo validar decisiones de diseño, detectar inconsistencias y obtener retroalimentación temprana sin incurrir en costos de desarrollo.

5.3.1. Wireframes y pantallas base

Se elaboraron wireframes de baja fidelidad para definir arquitectura de información, jerarquía visual, flujos de navegación y zonas de interacción, detectando tempranamente problemas de estructura y rotulado.

5.3.2. Iteraciones y aprobación visual

Los prototipos evolucionaron a media/alta fidelidad con componentes reutilizables. Cada iteración incorporó hallazgos de pruebas rápidas de usabilidad y comentarios de validación. La aprobación visual consolidó un sistema de diseño consistente (grid, espaciados, estados y microinteracciones) que sirvió como contrato de implementación.

5.4. Identidad visual: paleta y tipografía

Se definió una paleta con colores primarios y secundarios, además de estados (éxito, alerta, error) y superficies/contrastos. Se verificó el contraste mínimo recomendado (AA/AAA en textos críticos) y se documentaron tokens de color para asegurar consistencia y mantenibilidad entre módulos y actividades. La propuesta cromática parte de tonos azules en concordancia con la identidad institucional y grises de apoyo; los acentos se reservaron para elementos de estado y retroalimentación (verde, amarillo, rojo).

En tipografía se seleccionaron familias sans serif legibles y una escala modular para títulos, subtítulos y cuerpo. Se establecieron pautas de interlineado (1.5–1.6), longitud de línea (50–75 caracteres) y estilos para encabezados, listas, tablas, vínculos y énfasis, priorizando lectura en móvil.

5.5. Diseño de trivias, animaciones e ilustraciones

Las actividades interactivas (opción múltiple, verdadero/falso, drag-and-drop y emparejar) siguen un modelo con enunciado claro, tarea específica y retroalimentación inmediata y formativa. Los bancos de ítems se organizaron por módulo y dificultad, con barajado de opciones, umbrales de dominio y métricas de desempeño por módulo. Las ilustraciones/animaciones explican procesos (generación, transmisión, distribución, lectura de factura y alumbrado público), se exportaron en PNG/WebP optimizados y se cargan con lazy loading. Todas incluyen texto alternativo y redundancia no cromática para accesibilidad.

5.6. Estructura de módulos y tiempos de sesión

Con base en los lineamientos pedagógicos establecidos en las entrevistas con profesionales en educación (subsección 5.1.2) y las conclusiones del análisis de necesidades (subsección 5.1.3), se definió la estructura estándar que seguirían los cinco módulos educativos de la aplicación móvil. El objetivo fue diseñar sesiones de aprendizaje breves y autocontenidoas que respetaran los patrones de atención identificados (preferencia por microlearning de 3–7 minutos) y permitieran al usuario completar un módulo significativo en una sola sesión desde su dispositivo móvil.

5.6.1. Componentes de cada módulo

Con base en los lineamientos pedagógicos establecidos en las entrevistas con profesionales en educación (subsección 5.1.2) y las conclusiones del análisis de necesidades (subsección 5.1.3), se determinó que cada módulo educativo debía estructurarse con componentes secuenciales diferenciados que guiaran al usuario desde la comprensión conceptual hasta la aplicación práctica. La estructura resultante se compone de:

Introducción conceptual: pantalla inicial que presenta el tema del módulo mediante título, descripción breve del contexto y objetivos de aprendizaje explícitos. Con base en las recomendaciones pedagógicas, se estableció que esta sección debía incluir ilustraciones representativas optimizadas para dispositivos móviles y establecer expectativas claras sobre el contenido y competencias a desarrollar.

Desarrollo de contenido educativo: presentación estructurada del tema mediante texto con redacción directa y concreta, apoyado por listas numeradas para secuencias de procesos o funciones institucionales. De acuerdo con los criterios pedagógicos definidos, se determinó integrar ejemplos contextualizados al sistema eléctrico guatemalteco y explicar términos técnicos dentro del flujo narrativo para evitar interrupciones cognitivas. El contenido se organiza en bloques visuales delimitados que facilitan la lectura en pantallas pequeñas. Para contenidos extensos que requieren comprensión completa antes de continuar, el sistema obliga a leer todo el material mediante scroll vertical, asegurando que el usuario procese la información necesaria antes de avanzar.

Historias contextualizadas: con base en las recomendaciones de las profesionales en educación consultadas, se determinó incluir narrativas breves con personajes ficticios en situaciones cotidianas que ilustren la aplicación práctica de los conceptos aprendidos. Estas historias se presentan en pantallas secuenciales con ilustraciones y diálogos que humanizan el contenido técnico, facilitan la transferencia a contextos reales mediante identificación con personajes cercanos al público objetivo (estudiantes de secundaria, familias guatemaltecas, ciudadanos comunes) y demuestran la relevancia práctica de lo aprendido. El análisis de necesidades reveló que este tipo de contenido narrativo mantiene el interés del usuario y facilita la retención de información al presentarla en contextos aplicados.

Actividades interactivas de reforzamiento: a partir de las conclusiones del análisis de necesidades y los criterios pedagógicos, se estableció que cada módulo debía incorporar diversos tipos de ejercicios para verificar la comprensión y consolidar el aprendizaje mediante interacción activa:

- *Trivias con retroalimentación formativa:* preguntas de opción múltiple y verdadero/falso que evalúan la comprensión de conceptos específicos presentados en el contenido educativo. Se implementó retroalimentación diferenciada inmediata (mensajes explicativos distintos para respuestas correctas e incorrectas que refuerzan o aclaran el concepto), siguiendo el principio pedagógico de aprendizaje activo con corrección oportuna.
- *Actividades de selección visual:* ejercicios donde el usuario identifica mediante imágenes situaciones que aplican o no aplican a un concepto regulatorio o técnico, aprovechando el procesamiento visual para facilitar la comprensión de aplicaciones prácticas.

- *Actividades de emparejamiento:* tareas donde el usuario relaciona términos técnicos con sus definiciones o conceptos con sus aplicaciones mediante interacción de arrastre, transformando la memorización de vocabulario especializado en una actividad lúdica e interactiva.
- *Cuestionarios sobre narrativas:* preguntas específicas sobre las historias presentadas que verifican la comprensión lectora y la capacidad de extraer información relevante de contextos aplicados.

El sistema registra automáticamente el desempeño del usuario (aciertos, intentos, tiempo de respuesta) para proporcionar retroalimentación personalizada y permitir ajustes futuros en la dificultad de los contenidos. Cada módulo incluye entre 3 y 5 actividades interactivas con múltiples ítems.

Cápsulas informativas complementarias: se determinó incluir pantallas breves tipo "Sabías que" con datos curiosos o información complementaria que enriquecen el aprendizaje sin sobrecargar el contenido principal. Estas cápsulas abordan aspectos poco conocidos pero relevantes para la comprensión integral del tema, revelándose mediante interacción del usuario.

Retroalimentación final y progreso: con base en las mejores prácticas de diseño instruccional y las condiciones de uso identificadas en el análisis de necesidades, se estableció que cada pantalla debía incluir indicadores visuales de avance (barra de progreso y marcadores de paso actual) que permitan al usuario conocer su ubicación en la secuencia de aprendizaje. Al finalizar el módulo completo, el sistema proporciona resumen del desempeño acumulado, mensaje de logro personalizado según resultados, actualización automática del progreso del usuario y sugerencia del siguiente módulo recomendado en la secuencia pedagógica. El sistema implementa guardado automático de progreso que permite al usuario pausar en cualquier momento y retomar desde el último punto visitado, respetando las condiciones reales de uso identificadas: acceso desde dispositivos móviles en sesiones fragmentadas (transporte público, pausas laborales, horarios nocturnos) y conectividad intermitente en algunos segmentos de usuarios.

5.6.2. Tiempos estimados por módulo

La duración total estimada por módulo completo es de **10–15 minutos**, contabilizando la lectura de conceptos, visualización de animaciones, resolución de trivias con reintentos si fuera necesario y lectura de la historia contextualizada. Este rango se validó mediante observación de prototipos con usuarios representativos durante la fase de investigación inicial, midiendo tiempos reales de completitud.

Los módulos funcionan como unidades independientes: el usuario puede pausar en cualquier momento y el sistema guarda su progreso automáticamente, permitiendo retomar desde el último punto visitado. Esta decisión técnica responde a las condiciones reales de uso identificadas en el análisis de necesidades: acceso desde dispositivos móviles en tiempos fragmentados (transporte público, pausas laborales, horarios nocturnos) y conectividad intermitente en algunos segmentos de usuarios.

5.6.3. Secuencia lógica de módulos

Aunque cada módulo es autónomo y puede consultarse de forma independiente, se estableció una secuencia lógica recomendada que progresa desde fundamentos institucionales hacia aplicaciones prácticas ciudadanas:

1. **¿Qué es la CNEE?** Marco institucional y rol regulador
2. **¿Cómo llega la luz a tu hogar?** Generación, transmisión y distribución
3. **Precios y factura de energía** Interpretación de factura y componentes tarifarios
4. **Obligaciones de las distribuidoras** Derechos del usuario y canales de reclamo
5. **Alumbrado público en la factura** Financiamiento municipal y supervisión de la CNEE

Esta progresión responde a criterios pedagógicos del diseño instruccional: se inicia con el contexto institucional (quién regula), continúa con el proceso técnico (cómo funciona el sistema), luego aborda las implicaciones económicas (qué pago y por qué) y finaliza con aplicaciones prácticas ciudadanas (mis derechos y obligaciones). Los módulos se numeraron (1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5) para sugerir este orden, pero la aplicación permite navegación no lineal según el interés o necesidad inmediata del usuario.

5.7. Desarrollo e implementación en React Native

Una vez definida la estructura pedagógica completa (módulos, actividades, contenidos y sistema de diseño visual en Figma), se procedió a la implementación técnica de la aplicación móvil. La decisión de utilizar React Native como framework de desarrollo respondió a tres requisitos clave identificados en la planificación: (i) alcanzar usuarios tanto en dispositivos Android como iOS desde una única base de código; (ii) garantizar una experiencia de usuario fluida con rendimiento nativo; y (iii) mantener una arquitectura escalable que permitiera agregar nuevos módulos educativos sin necesidad de reescribir la aplicación completa.

React Native ofrece componentes de interfaz que se renderizan como controles nativos de cada plataforma móvil, asegurando familiaridad visual para el usuario y aprovechando las capacidades específicas del dispositivo (almacenamiento local, notificaciones, gestos táctiles). Además, su ecosistema maduro proporciona bibliotecas especializadas para navegación entre pantallas, animaciones fluidas, interacciones de arrastrar-y-soltar y sincronización con servicios en la nube, facilitando la implementación de las mecánicas interactivas diseñadas en la fase pedagógica.

5.7.1. Organización del código y arquitectura por componentes

El código de la aplicación se organizó bajo una arquitectura modular basada en componentes reutilizables, siguiendo el principio de responsabilidad única: cada componente cumple una función específica y puede combinarse con otros para construir pantallas com-

plejas. Esta decisión técnica alineada con el diseño atómico realizado en Figma permitió acelerar el desarrollo de los cinco módulos educativos manteniendo consistencia visual y funcional.

La estructura del proyecto separa claramente tres capas lógicas: (i) *presentación (UI)*, que contiene los componentes visuales con estilos y estados de interfaz simples; (ii) *lógica de interacción*, donde se manejan validaciones de respuestas, control de tiempo en pantalla, modales de retroalimentación y conteo de intentos; y (iii) *servicios*, que encapsulan la comunicación con la base de datos en la nube (lectura y escritura de progreso, perfiles de usuario, eventos de aprendizaje y puntuaciones).

Esta separación facilita el mantenimiento: si se requiere modificar el diseño visual de una trivia, solo se edita el componente de presentación sin afectar la lógica de validación; si se necesita ajustar el cálculo de puntos, solo se modifica el servicio correspondiente sin tocar la interfaz. Adicionalmente, cada módulo educativo (CNEE, Cómo llega la luz, Precios y factura, Alumbrado público, Obligaciones) se implementó como una unidad independiente con su propia carpeta de pantallas y actividades, exponiendo un contrato común de objetivos, contenidos y evidencias que garantiza consistencia pedagógica entre módulos.

5.7.2. Sistema de navegación y flujo de usuario

La navegación de la aplicación se estructuró en tres niveles jerárquicos para facilitar el acceso intuitivo a los contenidos educativos. El primer nivel corresponde a la pila principal de autenticación, que incluye las pantallas de bienvenida, inicio de sesión, registro de usuario y recuperación de contraseña. Una vez autenticado, el usuario accede al segundo nivel: un sistema de pestañas inferiores (Bottom Tabs) que presenta las cuatro secciones principales de la aplicación (Inicio, Progreso, Perfil y Galería de videos). El tercer nivel corresponde a la navegación dentro de cada módulo educativo, donde el usuario avanza paso a paso a través de las pantallas informativas, actividades interactivas e historias contextualizadas.

Este modelo de navegación responde a los criterios pedagógicos definidos en el análisis de necesidades: flujos poco profundos (máximo 3 niveles) que evitan desorientación, progresión secuencial con validación de lectura completa antes de avanzar (especialmente en contenidos extensos), retroalimentación inmediata en cada interacción y la posibilidad de regresar sin perder progreso. El sistema también implementa estados de carga, error y "sin datos disponibles" coherentes en toda la aplicación, con acciones de reintento visibles y mensajes descriptivos que guían al usuario ante situaciones inesperadas.

5.7.3. Implementación de actividades interactivas y retroalimentación pedagógica

Siguiendo el diseño pedagógico establecido, se desarrollaron ocho tipos principales de actividades interactivas implementadas como componentes especializados. Las trivias de opción múltiple y verdadero/falso validan respuestas en tiempo real y muestran retroalimentación formativa diferenciada: mensajes explicativos distintos para respuestas correctas (refuerzo positivo del concepto) e incorrectas (aclaración del error con orientación hacia la

respuesta correcta). Los ejercicios de arrastrar-y-soltar permiten al usuario manipular elementos visuales para ordenar secuencias lógicas (pasos del recorrido de la energía eléctrica) o emparejar conceptos con definiciones, proporcionando feedback visual inmediato mediante cambios de color y animaciones sutiles.

Las actividades de selección visual presentan múltiples imágenes contextualizadas donde el usuario identifica situaciones que aplican o no aplican a un concepto regulatorio específico. Los simuladores interactivos (consumo eléctrico, explorador táctil de factura) permiten al usuario experimentar con datos reales y observar cálculos en tiempo real, facilitando la comprensión de conceptos abstractos mediante manipulación directa. Todas estas interacciones registran automáticamente el desempeño del usuario (respuestas correctas, intentos realizados, tiempo invertido) para alimentar el sistema de gamificación y proporcionar métricas de aprendizaje al panel administrativo.

5.7.4. Sistema de gamificación y progreso del usuario

Para mantener la motivación y facilitar el seguimiento del aprendizaje, se implementó un sistema completo de gamificación con múltiples mecánicas de juego aplicadas al contexto educativo. El sistema asigna puntos por cada respuesta correcta en actividades interactivas, con bonificaciones por velocidad de respuesta y penalizaciones moderadas por respuestas incorrectas (evitando frustración excesiva). Los puntos acumulados determinan el nivel del usuario (del 1 al 5), que aumenta automáticamente conforme completa módulos educativos.

El sistema también registra rachas de días consecutivos de uso para incentivar el hábito de aprendizaje continuo, y otorga insignias digitales por alcanzar hitos específicos (completar todos los módulos, obtener puntuaciones altas, mantener rachas largas). Estas insignias se visualizan en el perfil del usuario como reconocimiento de logros. El progreso de cada módulo se guarda automáticamente en la nube después de cada paso completado, permitiendo al usuario pausar su sesión en cualquier momento y retomar exactamente donde lo dejó, incluso desde otro dispositivo. Esta funcionalidad responde a las condiciones reales de uso identificadas: sesiones fragmentadas en transporte público, pausas laborales o horarios nocturnos, con conectividad intermitente en algunos segmentos de usuarios.

5.7.5. Diseño responsive y accesibilidad

Un desafío técnico importante fue garantizar que la interfaz se adaptara correctamente a la amplia variedad de tamaños de pantalla existentes en el mercado guatemalteco, desde dispositivos compactos de 4 pulgadas hasta tablets de 10 pulgadas. Se implementó un sistema de cálculo dinámico que mide en tiempo real el espacio disponible en pantalla (descontando título, imagen, controles de navegación) y ajusta automáticamente la altura de las tarjetas de contenido para aprovechar óptimamente el espacio sin generar superposiciones ni desperdiciar área útil.

Para contenidos extensos que no caben completamente en una pantalla, el sistema detecta automáticamente la necesidad de scroll interno y obliga al usuario a leer todo el material antes de habilitar el botón de continuar, asegurando la comprensión completa de información

crítica. En cuanto a accesibilidad, se verificó contraste de color mínimo (estándar AA) entre texto y fondos, se utilizaron tipografías legibles sin necesidad de zoom, se garantizaron áreas táctiles de tamaño apropiado (mínimo 44×44 puntos) y se proporcionaron mensajes de error descriptivos y no dependientes exclusivamente del color.

5.7.6. Sincronización en la nube y persistencia de datos

La aplicación utiliza Firebase como plataforma de backend en la nube, integrando tres servicios principales: (i) Firebase Authentication para gestión segura de credenciales de usuario con verificación de email y recuperación de contraseñas; (ii) Cloud Firestore como base de datos NoSQL en tiempo real que sincroniza automáticamente el progreso del usuario entre dispositivos; y (iii) Firebase Security Rules para control de acceso granular a los datos según el rol del usuario.

La estructura de datos en Firestore separa la información en tres colecciones principales: *profiles* (información del perfil de usuario: puntos, nivel, rachas, insignias), *progress* (progreso específico por módulo: paso actual, puntuación obtenida, estado de completitud) y *events* (eventos de aprendizaje: inicio/finalización de actividades, tiempo invertido, respuestas proporcionadas). Esta separación permite consultas eficientes y escalabilidad conforme crece la base de usuarios. El sistema también implementa caché local mediante AsyncStorage para almacenar el último estado conocido del progreso, permitiendo visualización básica incluso sin conexión a internet y sincronización automática cuando la conectividad se restablece.

5.7.7. Panel administrativo y métricas de aprendizaje

Para facilitar la supervisión del uso de la aplicación y la identificación de oportunidades de mejora, se desarrolló un panel administrativo accesible exclusivamente para usuarios con rol de administrador. Este panel presenta métricas agregadas en tiempo real organizadas en tres pestañas: (i) *Resumen general*, con indicadores clave como total de usuarios registrados, módulos completados, puntuación promedio global y ranking de los 10 usuarios con mejor desempeño; (ii) *Usuarios individuales*, con lista expandible que muestra estadísticas detalladas por persona (progreso en cada módulo, insignias obtenidas, tiempo invertido, racha actual) y funcionalidad de exportación a formato CSV; y (iii) *Estadísticas por módulo*, con comparativa de usuarios que iniciaron vs. completaron cada módulo, puntuación promedio y tasa de completación porcentual.

Las reglas de seguridad de Firestore garantizan que solo usuarios con emails registrados en la lista de administradores puedan leer datos agregados, mientras que los usuarios regulares solo acceden a su propia información personal. Este sistema de métricas permite identificar módulos con tasas de abandono elevadas (indicando posibles problemas de dificultad o claridad), actividades con bajo desempeño promedio (señalando necesidad de revisión de enunciados o retroalimentación) y patrones de uso temporal (horarios de mayor actividad, duración promedio de sesiones) que informan decisiones de mejora continua.

5.8. Pruebas y aseguramiento de calidad (QA)

Pruebas funcionales: casos de caja negra por historia/funcionalidad con criterios de aceptación; incidencias registradas con severidad/prioridad y evidencia reproducible.

Regresión: ciclos de corrección-verificación y suite mínima de regresión tras cambios en navegación, formularios y actividades, con trazabilidad requisitocasocommit.

Usabilidad: pruebas de bajo costo (tareas representativas, tiempos de completitud, errores, encuesta breve SUS/UMUX-Lite) que alimentaron ajustes incrementales en textos, jerarquía y flujos.

5.9. Documentación y ajustes finales

Documentación técnica: arquitectura, dependencias, comandos de build/lint/test, estructura de componentes y diagramas de flujo/estados.

Documentación pedagógica: por módulo, objetivos, contenidos, claves de respuesta, guías de facilitación y criterios de actualización para asegurar consistencia instruccional y mantenibilidad.

5.10. Metodología ágil adaptada

Iteraciones cortas con entregables incrementales por módulo (1.11.5). Backlog priorizado por valor educativo. Historias de usuario con criterios GivenWhenThen y definition of done: diseño aprobado, funcionalidad completa, pruebas superadas y documentación actualizada. Seguimiento de tiempos de ciclo, defectos por iteración y cobertura de rutas críticas; quality gates: linting, compilación sin errores y pruebas funcionales clave.

5.11. Control de versiones e integración continua

Estrategia centrada en main con ramas por funcionalidad y pull requests para revisión estructurada. Commits atómicos con mensajes convencionales. Automatizaciones para análisis estático, pruebas y construcción del bundle; despliegue con variables seguras y artefactos versionados; feature flags para activar gradualmente actividades nuevas.

5.12. Evaluación del aprendizaje y mejora continua

Instrumentos: pre/post por módulo (37 ítems), ejercicios prácticos (señalar rubros en factura, ordenar etapas), rúbricas por competencia (exactitud, claridad, aplicación), encuesta

breve de satisfacción/claridad y analítica básica (tiempo por actividad, tasa de aciertos, reintentos).

Indicadores: % de aciertos por módulo, avance y rachas, Top-2 box en facilidad/claridad/feedback y NPS de recomendación.

Ciclo de mejora: ajustes de enunciados, retroalimentaciones, niveles de dificultad, ejemplos y componentes de UI.

Ética: uso de datos no sensibles y agregados; consentimiento informado cuando se recopila percepción.

5.13. Seguridad y privacidad

Principios de mínimo privilegio y necesidad de saber; cifrado en tránsito (TLS), gestión segura de secretos, cabeceras reforzadas y mitigación de inyección, XSS y CSRF. Políticas de privacidad, minimización y retención de datos, además de respaldo y recuperación. No se solicitan datos sensibles innecesarios.

5.14. Trazabilidad módulo-metodología

Cada módulo siguió el mismo patrón: investigación y guion pedagógico → prototipo en Figma y aprobación visual → implementación en React con actividades → pruebas funcionales y de usabilidad → documentación técnica y pedagógica, garantizando consistencia didáctica y técnica en los cinco módulos (1.1–1.5).

5.15. Cierre de iteración y líneas de mejora

Con base en la encuesta de percepción posterior al uso (véase Anexo 11.1), se priorizaron mejoras para la aplicación: (i) refinar enunciados con vocabulario más cotidiano en los módulos 1.1 y 1.3; (ii) ajustar la progresión de dificultad en las trivias con barajado por niveles; (iii) ampliar la retroalimentación explicativa en el simulador de factura; (iv) optimizar el peso de ilustraciones en conexiones móviles lentas. Estas acciones se incorporan al plan de versiones y quedan documentadas en las fichas de módulo y en el registro de cambios.

CAPÍTULO 6

Resultados

El proceso de desarrollo culminó en una aplicación móvil multiplataforma que integra contenidos educativos sobre el sector eléctrico guatemalteco con mecánicas de aprendizaje interactivo. La implementación se realizó utilizando React Native como framework principal, Firebase para la gestión de datos y autenticación, y una arquitectura basada en componentes reutilizables que facilita el mantenimiento y escalabilidad del sistema.

A lo largo de este capítulo se detallan las interfaces desarrolladas, las funcionalidades implementadas y las características técnicas que hacen posible la experiencia educativa propuesta.

6.1. Autenticación de usuarios

La interfaz de usuario implementa los colores institucionales de la CNEE mediante una composición visual que prioriza la claridad y facilita la navegación del usuario, como se muestra en la Figura 1. La pantalla de acceso presenta un formulario simplificado que solicita únicamente el correo electrónico y la contraseña del usuario. Durante el proceso de autenticación, el sistema valida los campos en tiempo real y proporciona retroalimentación específica en caso de errores. Adicionalmente, se incluye la funcionalidad de recuperación de contraseña mediante el enlace “¿Olvidaste tu contraseña?”. El diseño del botón de ingreso utiliza contrastes cromáticos que lo posicionan como el elemento principal de la interfaz, mientras que todos los componentes interactivos han sido desarrollados considerando estándares de accesibilidad y optimización para dispositivos táctiles.

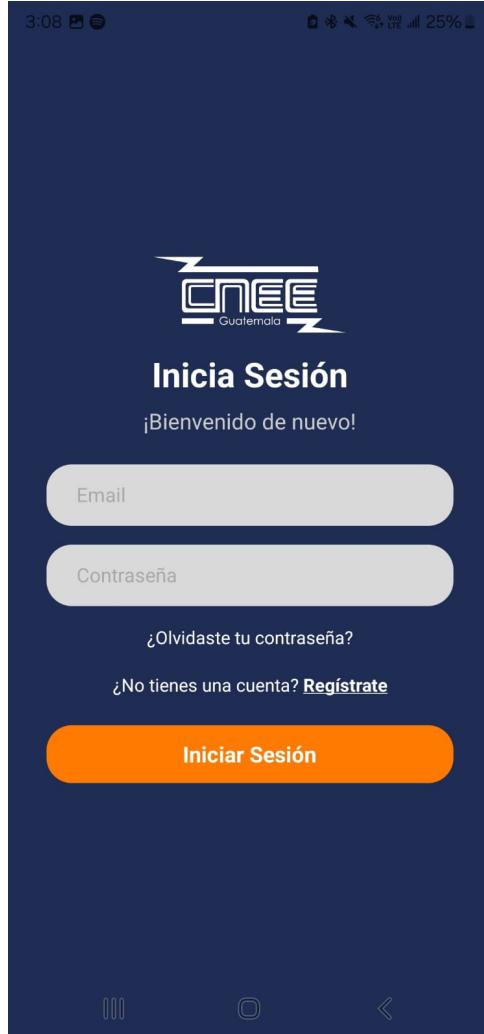


Figura 1: Pantalla de inicio de sesión de la aplicación móvil de la CNEE

6.2. Creación de usuario

Para el proceso de registro de nuevos usuarios, se implementó una interfaz simplificada que mantiene la coherencia visual con el sistema de colores institucionales, como se presenta en la Figura 2. El formulario solicita únicamente la información esencial: nombre completo, dirección de correo electrónico y contraseña con su respectiva confirmación.

La implementación incluye mecanismos de validación inmediata que proporcionan retroalimentación al usuario mientras completa los campos. Específicamente, el sistema verifica el formato correcto del correo electrónico mediante expresiones regulares y valida que ambas instancias de la contraseña coincidan antes de habilitar el botón de registro.

Una vez completado exitosamente el registro, el sistema genera automáticamente el perfil base del usuario en la base de datos de Firebase. Este perfil inicial incluye la estructura de gamificación con nivel y puntos establecidos en cero, además de inicializar las métricas de

seguimiento de uso y registrar la fecha de creación de la cuenta.



Figura 2: Pantalla de registro de nuevos usuarios

6.3. Recuperación de contraseña

El módulo de recuperación de contraseñas presenta un formulario simplificado que solicita únicamente la dirección de correo electrónico asociada a la cuenta del usuario.

El proceso de recuperación opera mediante el servicio de autenticación de Firebase, el cual valida la existencia del correo electrónico en la base de datos y procede a enviar un mensaje con las instrucciones correspondientes. El enlace de restablecimiento tiene una vigencia de 60 minutos por motivos de seguridad, transcurrido este tiempo el usuario debe solicitar un nuevo enlace.

Esta implementación se integra directamente con los servicios de Firebase Authentication, lo que permite mantener la consistencia en el manejo de datos de usuario y aprovecha

las medidas de seguridad ya establecidas en la plataforma. El diseño de la interfaz mantiene la coherencia visual con el resto de la aplicación, utilizando los mismos patrones de diseño y elementos gráficos.

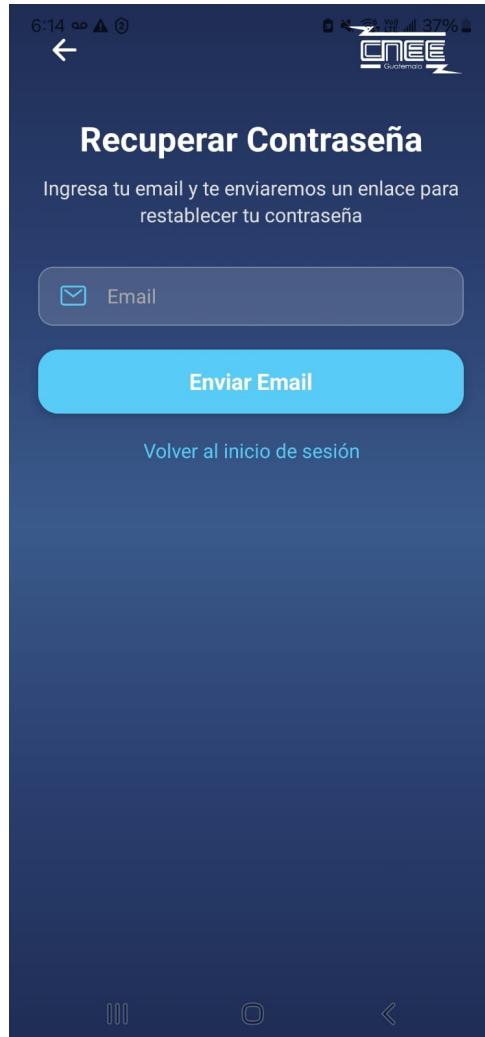


Figura 3: Pantalla de recuperación de contraseña

6.4. Módulos educativos implementados

La aplicación incorpora cinco módulos educativos estructurados para abordar el conocimiento del sector eléctrico guatemalteco, como se observa en la Figura 4. La secuencia educativa inicia con el contexto institucional de la CNEE y progresiva hacia aspectos técnicos, económicos y regulatorios específicos.

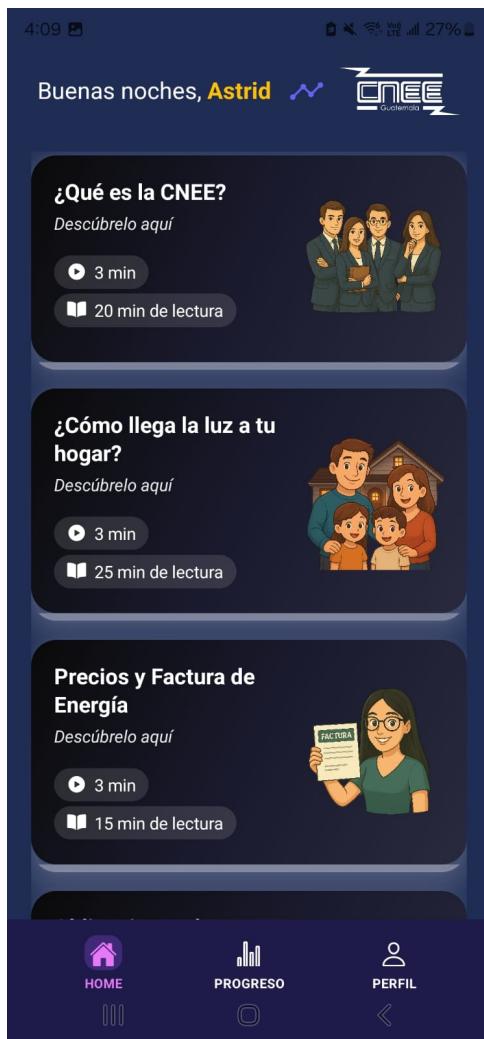


Figura 4: Módulos educativos implementados

6.4.1. Módulo institucional: Comisión Nacional de Energía Eléctrica

El primer módulo aborda el marco institucional regulatorio, presentando la CNEE como entidad supervisora del sector eléctrico guatemalteco. El contenido incluye fundamentos jurídicos basados en la Ley General de Electricidad, funciones de regulación tarifaria y mecanismos de protección al consumidor.

Las actividades implementadas incluyen evaluaciones formativas mediante cuestionarios de opción múltiple, ejercicios de verdadero y falso, y elementos narrativos interactivos que contextualizan el rol institucional, como se observa en la Figura 5.

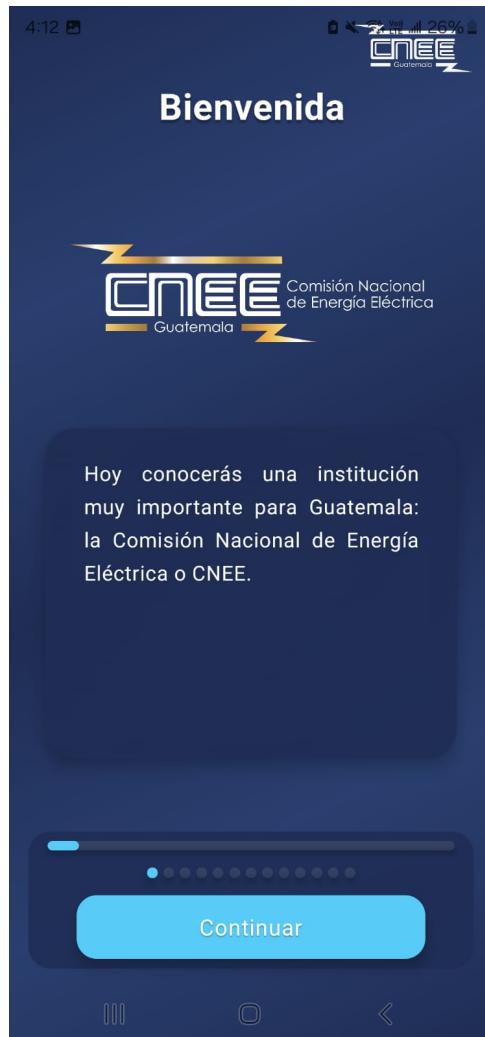


Figura 5: Módulo institucional: Comisión Nacional de Energía Eléctrica

6.4.2. Módulo técnico: Distribución del sistema eléctrico

El segundo módulo explica el proceso de transmisión y distribución eléctrica, desde la generación hasta el consumo doméstico. Se presenta un esquema que incluye fuentes de generación renovables y convencionales presentes en Guatemala, procesos de transformación de voltaje e infraestructura de distribución.

La interfaz incorpora actividades de asociación y ordenamiento secuencial, como se observa en la Figura 6. Los usuarios pueden manipular componentes virtuales del sistema eléctrico.



Figura 6: Módulo técnico: Distribución del sistema eléctrico

6.4.3. Módulo económico: Tarifas y facturación eléctrica

El tercer módulo se enfoca en la comprensión del sistema tarifario y la interpretación de documentos de facturación. Incluye simuladores de consumo que permiten al usuario experimentar con diferentes niveles de uso energético y observar su impacto económico correspondiente.

El diseño incorpora herramientas de exploración interactiva de facturas eléctricas, donde cada componente del documento se presenta con explicaciones contextuales, como se observa en la Figura 7.

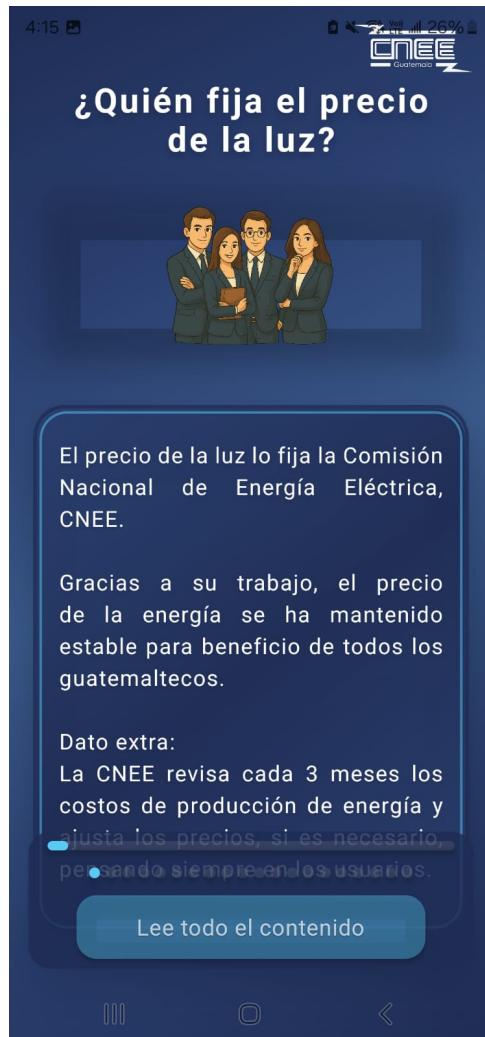


Figura 7: Módulo económico: Tarifas y facturación eléctrica

6.4.4. Módulo regulatorio: Obligaciones empresariales

El cuarto módulo aborda los derechos del consumidor y las obligaciones de las empresas distribuidoras. El contenido se estructura como una guía, explicando procedimientos de reclamo, estándares de calidad del servicio y mecanismos de supervisión regulatoria.

Las actividades incluyen ejercicios de clasificación de responsabilidades institucionales y simulaciones de procesos de reclamo, como se observa en la Figura 8.



Figura 8: Módulo regulatorio: Obligaciones empresariales

6.4.5. Módulo municipal: Financiamiento del alumbrado público

El quinto módulo explica el marco legal y financiero del alumbrado público municipal. Se presentan las competencias específicas establecidas en el Código Municipal guatemalteco, los mecanismos de recaudación a través de las empresas distribuidoras y los procedimientos de supervisión por parte de la CNEE.

El contenido incluye casos prácticos que ilustran situaciones comunes relacionadas con el cobro de alumbrado público, procedimientos para reportar deficiencias en el servicio y canales de consulta sobre el uso de los recursos recaudados, como se observa en la Figura 9.



Figura 9: Módulo municipal: Financiamiento del alumbrado público

6.5. Arquitectura de navegación e interfaz de usuario

La aplicación implementa un sistema de navegación híbrida que combina dos componentes principales: un navegador de pila para la gestión de pantallas principales y un navegador de pestañas inferiores para acceso rápido a funcionalidades centrales.

El Stack Navigator controla la navegación secuencial entre pantallas de alto nivel, incluyendo procesos de autenticación, pantallas de bienvenida y acceso a contenidos administrativos.

El Bottom Tab Navigator proporciona acceso inmediato a cuatro secciones principales: inicio con módulos educativos, seguimiento de progreso del usuario, galería de recursos multimedia y perfil personal con estadísticas de avance.

6.5.1. Diseño de la interfaz principal

La pantalla principal integra elementos de personalización. El encabezado presenta saludos contextuales basados en la hora del día, información personal obtenida del sistema de autenticación y acceso diferenciado para usuarios con privilegios administrativos.

El sistema de organización de contenido utiliza pestañas visuales que segmentan los recursos educativos por tipo: lecciones interactivas, contenido multimedia, indicadores de progreso y material de referencia.

Las tarjetas de módulos educativos implementan un diseño visual que comunica importancia, tiempo estimado de completación y progreso del usuario. La paleta cromática diferenciada permite identificación de contenidos, mientras que los elementos interactivos proporcionan retroalimentación inmediata a las acciones del usuario.

6.5.2. Componentes educativos interactivos

La aplicación integra más de veinte componentes interactivos desarrollados para el aprendizaje de conceptos del sector eléctrico. Estos elementos incluyen simuladores de facturación, ejercicios de asociación conceptual, actividades de ordenamiento secuencial y evaluaciones formativas con retroalimentación inmediata.

Los componentes incorporan mecánicas de juego. Las actividades de arrastrar y soltar, los cuestionarios adaptativos y los exploradores interactivos proporcionan múltiples modalidades de interacción.

El sistema de retroalimentación inmediata informa al usuario sobre la corrección de sus respuestas mientras proporciona explicaciones contextuales.

6.6. Galería de videos educativos

La aplicación incorpora una galería de videos educativos especializados que complementa el contenido interactivo de los módulos. Esta sección se encuentra accesible a través de la pestaña "Videos." en la barra de navegación inferior y presenta cinco videos oficiales producidos por la CNEE, cada uno enfocado en aspectos específicos del sector eléctrico guatemalteco.

6.6.1. Estructura y organización de la galería

La galería implementa un diseño vertical con tarjetas individuales para cada video, optimizando la visualización en dispositivos móviles. Cada tarjeta presenta una miniatura ilustrativa, título descriptivo, subtítulo explicativo y botón de reproducción claramente identificable. El diseño utiliza los colores institucionales de la CNEE con marcos en gradiente cian que proporcionan cohesión visual con el resto de la aplicación.

La organización de los videos sigue una secuencia progresiva, comenzando con conceptos

institucionales fundamentales y avanzando hacia aspectos técnicos y procedimentales más específicos.

6.6.2. Catálogo de videos implementados

Video 1: "¿Qué es la CNEE?" Presenta una introducción institucional completa sobre la Comisión Nacional de Energía Eléctrica. El contenido aborda la historia, misión, visión y funciones principales de la institución como ente regulador del sector eléctrico guatemalteco. La explicación incluye el marco legal que sustenta sus competencias y su papel en la protección de los derechos del consumidor.

Video 2: "Cómo funciona el Sector Eléctrico" Explica de manera didáctica el funcionamiento integral del sistema eléctrico nacional, cubriendo las tres etapas fundamentales: generación, transmisión y distribución de energía. El contenido incluye explicaciones técnicas sobre las diferentes fuentes de generación utilizadas en Guatemala, la infraestructura de transmisión de alta tensión y los procesos de distribución hasta llegar al consumidor final.

Video 3: "Cálculo del Precio de la Energía" Detalla los mecanismos técnicos y regulatorios mediante los cuales la CNEE determina las tarifas eléctricas. La explicación abarca los factores que influyen en el cálculo tarifario, incluyendo costos de generación, transmisión, distribución y comercialización, así como la metodología de revisión trimestral de tarifas y su impacto en el precio final al consumidor.

Video 4: "Cómo leer la Tarifa Eléctrica" Proporciona una guía práctica y detallada para la comprensión de la factura eléctrica. El contenido incluye la explicación de cada componente del recibo, desde los datos del cliente hasta el desglose de cargos, impuestos y subsidios. Se enseña al usuario cómo identificar y verificar los diferentes conceptos cobrados, así como los procedimientos para detectar posibles errores.

Video 5: "Cómo fiscaliza la CNEE" Describe las funciones de supervisión y regulación que ejerce la CNEE sobre el sector eléctrico. El contenido explica los mecanismos de fiscalización, los procedimientos de inspección, las sanciones aplicables por incumplimientos y los canales disponibles para que los usuarios presenten quejas y reclamos ante irregularidades en el servicio eléctrico, como se observa en la Figura 10.



Figura 10: Catálogo de videos implementados

6.6.3. Características técnicas y pedagógicas

Cada video está diseñado con una duración optimizada para mantener la atención del usuario móvil, incorporando elementos gráficos, animaciones y locución profesional. Los contenidos fueron desarrollados siguiendo principios de comunicación educativa que priorizan la claridad conceptual y la aplicabilidad práctica de la información.

La integración de estos videos dentro de la aplicación móvil permite a los usuarios acceder a explicaciones audiovisuales especializadas que refuerzan y amplían los conocimientos adquiridos en los módulos interactivos, creando una experiencia de aprendizaje multimedia comprehensiva.

6.7. Componentes interactivos implementados

La aplicación incorpora un conjunto de componentes interactivos diseñados para el aprendizaje. El desarrollo de estos elementos consideró la usabilidad e intuitividad de la interfaz.

6.7.1. Actividades de evaluación formativa

Se implementaron múltiples formatos de evaluación. Las actividades de opción múltiple permiten evaluar conocimientos específicos mientras proporcionan retroalimentación inmediata con explicaciones contextuales. Los cuestionarios de verdadero y falso facilitan la verificación rápida de conceptos fundamentales sobre el sector eléctrico.

Cada componente de evaluación integra elementos de retroalimentación, como se observa en la Figura 11.

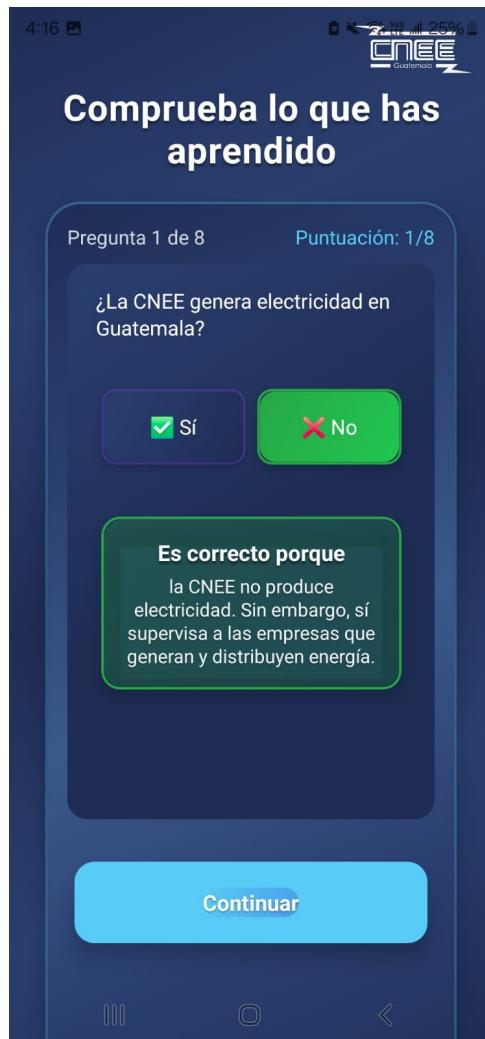


Figura 11: Actividades de evaluación formativa

6.7.2. Actividades de manipulación directa

Los componentes de arrastrar y soltar facilitan la manipulación directa de elementos conceptuales. Estas actividades incluyen ejercicios de ordenamiento secuencial para procesos técnicos como las etapas del sistema eléctrico, y actividades de clasificación que permiten categorizar responsabilidades institucionales entre diferentes entidades del sector.

Las actividades de emparejamiento conectan términos técnicos con sus definiciones correspondientes, como se observa en la Figura 12.



Figura 12: Actividades de manipulación directa

6.7.3. Elementos narrativos interactivos

Se desarrollaron historias interactivas protagonizadas por personajes que representan arquetipos de usuarios guatemaltecos. Estas narrativas contextualizan conceptos técnicos dentro de situaciones cotidianas.

Las historias incorporan preguntas intercaladas que mantienen la participación activa del usuario durante el desarrollo narrativo, como se observa en la Figura 13.



Figura 13: Elementos narrativos interactivos

6.7.4. Simuladores y herramientas de exploración

Los simuladores de consumo eléctrico permiten la experimentación con variables del mundo real. Estas herramientas permiten la exploración de conceptos que tienen implicaciones económicas directas en la vida real.

El explorador de facturas eléctricas presenta documentos oficiales con zonas interactivas que revelan información detallada sobre cada sección.

Los simuladores de lectura de medidores ofrecen práctica procedural, permitiendo que usuarios sin experiencia previa desarrollen competencias específicas en un ambiente controlado, como se observa en la Figura 14.

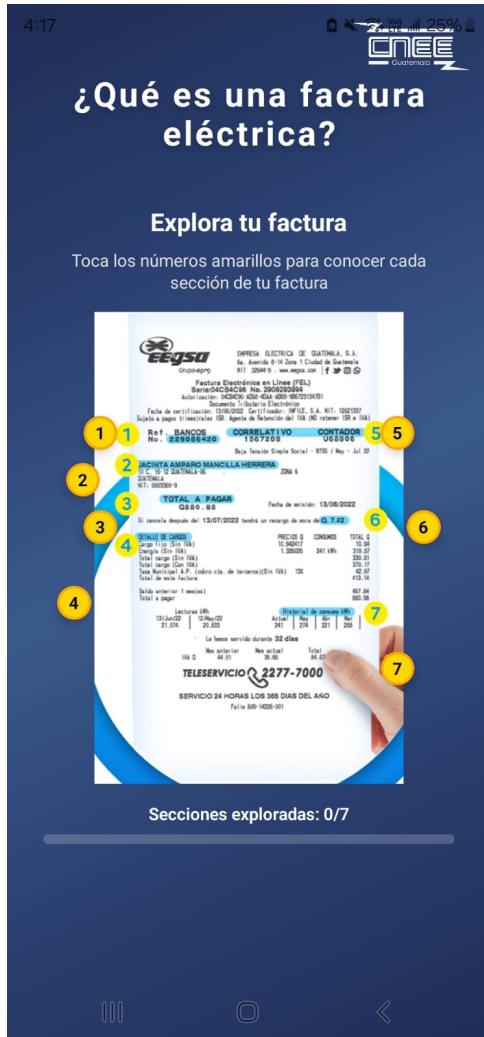


Figura 14: Simuladores y herramientas de exploración

6.7.5. Elementos de retroalimentación y motivación

Todos los componentes interactivos integran sistemas de retroalimentación inmediata que informan al usuario sobre la corrección de sus respuestas mientras proporcionan explicaciones contextuales. Los efectos visuales reconocen logros, mientras que los mensajes de completación proporcionan cierre a las actividades.

La retroalimentación implementada incluye explicaciones que guían al usuario hacia la comprensión correcta de los conceptos presentados, como se observa en la Figura 15.



Figura 15: Elementos de retroalimentación y motivación

6.8. Sistema de gamificación y seguimiento de progreso

La aplicación implementa un sistema de gamificación que motiva el aprendizaje continuo mediante mecánicas de juego, como se observa en la Figura 16. El sistema proporciona incentivos que fomentan la exploración del contenido.



Figura 16: Sistema de gamificación y seguimiento de progreso

6.8.1. Estructura de progresión del usuario

El sistema de progresión utiliza múltiples indicadores para evaluar el avance del usuario, incluyendo puntos acumulados por actividades completadas, niveles basados en la experiencia total adquirida, y rachas de uso consecutivo. La estructura de niveles proporciona títulos descriptivos que reflejan el crecimiento en conocimiento del sector eléctrico.

Cada usuario mantiene un perfil integral que registra estadísticas detalladas de uso, tiempo dedicado al aprendizaje, módulos completados y logros desbloqueados, como se observa en la Figura 17. Esta información se presenta de manera visual.



Figura 17: Estructura de progresión del usuario

6.8.2. Interface de perfil y estadísticas

La pantalla de perfil presenta una síntesis visual del progreso del usuario mediante elementos gráficos. El diseño incluye avatares personalizables, insignias de nivel, y un sistema de cuadrícula que presenta estadísticas clave de manera organizada y accesible.

La implementación de barras de progreso animadas y elementos de gamificación visual proporciona retroalimentación sobre el avance en cada módulo educativo, como se observa en la Figura 18. El sistema permite la comparación personal histórica.

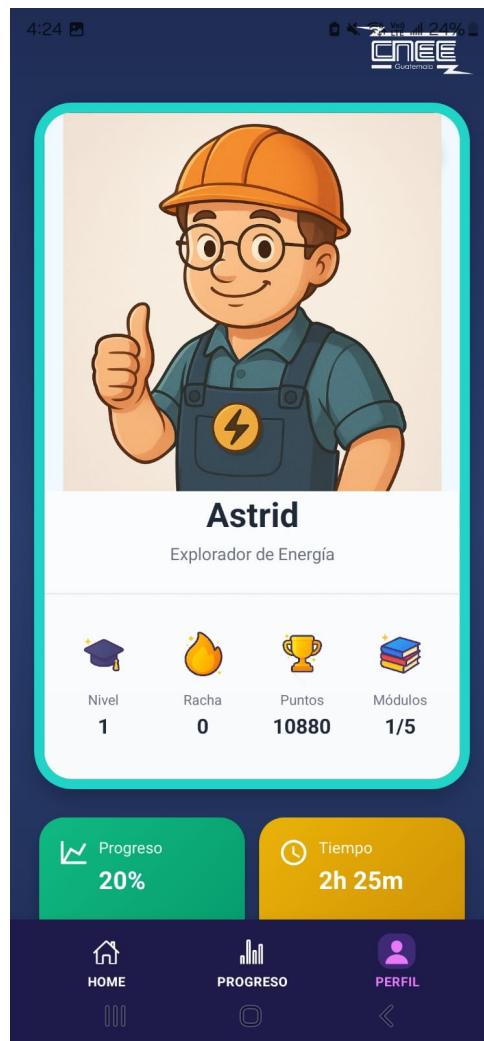


Figura 18: Interface de perfil y estadísticas

6.8.3. Herramientas de monitoreo administrativo

El panel administrativo proporciona a los supervisores institucionales acceso a métricas agregadas sobre el uso de la aplicación y el contenido educativo. Las herramientas incluyen visualización de usuarios activos, progreso por módulos, y tasas de completación.

El sistema implementa controles de acceso que protegen la privacidad individual mientras permiten el análisis estadístico, como se observa en la Figura 19. Las funcionalidades de exportación de datos facilitan la generación de reportes institucionales.

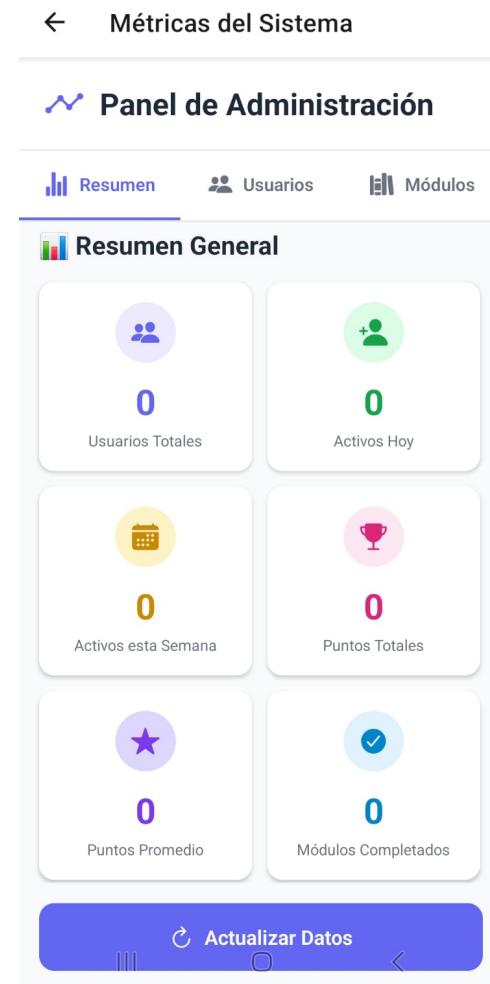


Figura 19: Herramientas de monitoreo administrativo

6.9. Integración tecnológica y arquitectura del sistema

La aplicación utiliza una arquitectura en la nube que garantiza escalabilidad y disponibilidad continua del servicio educativo. La integración con servicios de autenticación y almacenamiento proporciona una experiencia de usuario fluida mientras mantiene estándares de seguridad apropiados para el manejo de información personal.

6.9.1. Gestión de autenticación y seguridad

El sistema de autenticación implementa protocolos estándar de la industria para el manejo seguro de credenciales de usuario. La funcionalidad incluye registro con validación de correo electrónico, recuperación de contraseñas mediante enlaces temporales, y manejo de sesiones con tokens de seguridad.

La gestión de errores proporciona mensajes informativos en español que guían al usuario en la resolución de problemas comunes de acceso. El sistema implementa medidas de protección contra ataques de fuerza bruta y limita intentos de acceso para mantener la seguridad de las cuentas de usuario.

6.9.2. Almacenamiento y persistencia de datos

La arquitectura de datos utiliza un modelo de base de datos NoSQL que facilita la escalabilidad horizontal y el manejo eficiente de datos estructurados y semi-estructurados. Las colecciones de datos incluyen perfiles de usuario, progreso por módulos, eventos de actividad, y métricas agregadas para análisis administrativo.

Las reglas de seguridad implementadas garantizan que los usuarios solo puedan acceder a sus propios datos mientras permiten a los administradores autorizar acceso a métricas agregadas necesarias para la evaluación del programa. El sistema incluye copias de seguridad automáticas y redundancia geográfica para garantizar la disponibilidad continua del servicio.

6.9.3. Resultados de la implementación

La aplicación desarrollada cuenta con una base de código sustancial organizada en componentes reutilizables y cinco módulos educativos completos que abordan aspectos fundamentales del sector eléctrico guatemalteco.

El contenido educativo integra numerosas pantallas informativas y actividades interactivas diferenciadas, además de narrativas con personajes que ayudan a contextualizar conceptos técnicos. La cobertura temática abarca desde fundamentos institucionales hasta procedimientos específicos de reclamo y comprensión de documentos oficiales.

El sistema de gamificación registra interacciones de usuario en tiempo real, proporcionando datos para la evaluación continua de la efectividad educativa. Las métricas implementadas incluyen tiempo de uso por módulo, tasas de completación de actividades y patrones de uso que informan mejoras futuras del contenido y la experiencia de usuario.

6.10. Validación con usuarios

Para evaluar la funcionalidad y usabilidad de la aplicación desarrollada, se llevó a cabo un proceso de validación con usuarios reales. Este proceso combinó pruebas prácticas de uso con la recopilación de datos mediante un cuestionario estructurado, permitiendo obtener tanto información cuantitativa sobre la satisfacción y efectividad del sistema como retroalimentación cualitativa sobre áreas de mejora.

Se trabajó con una muestra intencional de quince participantes voluntarios, seleccionados para representar diversidad en términos de edad, formación académica y familiaridad previa con aplicaciones móviles educativas. Esta heterogeneidad en el perfil de los usuarios permitió

identificar patrones de comportamiento y necesidades que reflejan las características del público objetivo general de la aplicación.

Las sesiones de validación se realizaron de manera presencial e individual. Cada sesión comenzó con una breve introducción sobre el propósito de la aplicación y se guió a los usuarios por las funciones principales: creación de cuenta, navegación entre módulos y las diferentes actividades interactivas. Este recorrido inicial permitió que los participantes conocieran el sistema antes de usarlo por su cuenta.

Después de esta introducción, cada usuario navegó libremente por la aplicación sin intervención del facilitador. Durante esta fase se observaron los patrones de navegación, se identificaron elementos confusos y se evaluó si los usuarios podían completar tareas sin ayuda constante.

Al concluir la sesión práctica, se solicitó a cada participante completar un cuestionario impreso diseñado para capturar múltiples dimensiones de su experiencia. El instrumento incluyó preguntas cerradas con escalas de valoración para mediciones cuantitativas, así como preguntas abiertas para retroalimentación cualitativa. Las dimensiones evaluadas abarcaron aspectos técnicos (velocidad de carga, estabilidad), de usabilidad (claridad de navegación, comprensibilidad de etiquetas), pedagógicos (percepción de aprendizaje, efectividad de recursos didácticos), de diseño (atractivo visual, accesibilidad) y de satisfacción general.

Todo el proceso fue documentado sistemáticamente, registrando observaciones del comportamiento durante las sesiones, comentarios espontáneos de los usuarios y las respuestas formales del cuestionario. A continuación se presentan los resultados obtenidos del cuestionario aplicado (el instrumento completo se encuentra en el Anexo 11.1).

6.10.1. Perfil de los participantes

El grupo de edad más representado fue el de 25 a 34 años, que concentró el 40 % de la muestra (6 participantes). Le siguieron los grupos de 18 a 24 años con 26.7 % (4 personas), 35 a 44 años con 20 % (3 personas) y 45 a 54 años con 13.3 % (2 personas). No se registraron participantes menores de 18 años ni mayores de 55 años, como se observa en la Figura 20.

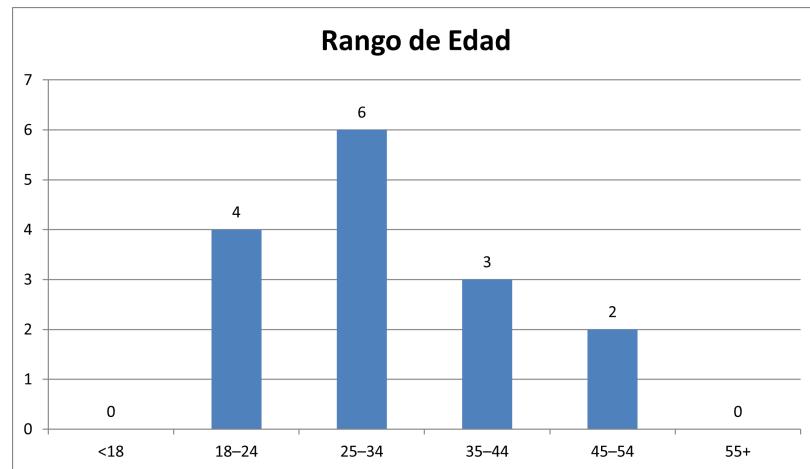


Figura 20: Distribución de participantes por rango de edad

En cuanto al perfil profesional, casi la mitad de los participantes fueron estudiantes (46.7 %, 7 personas), seguidos por ciudadanos interesados (26.7 %, 4 personas) y docentes (20 %, 3 personas). Solo una persona (6.7 %) indicó pertenecer a otra categoría, como se observa en la Figura 21.

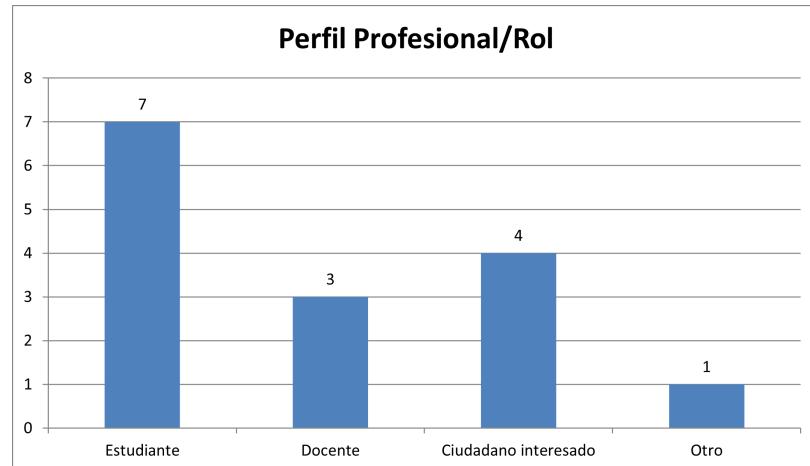


Figura 21: Perfil profesional de los participantes

Respecto al dispositivo utilizado, la gran mayoría de participantes usó dispositivos Android (86.7 %, 13 personas), mientras que solo dos personas (13.3 %) utilizaron iOS. Ningún participante reportó usar otro tipo de dispositivo, como se observa en la Figura 22.

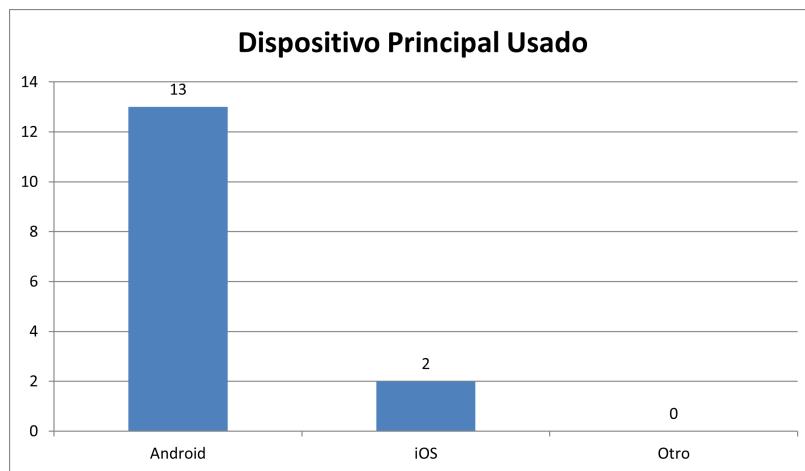


Figura 22: Dispositivo principal utilizado por los participantes

El 60 % de los usuarios (9 personas) utilizaron datos móviles la mayor parte del tiempo, mientras que el 40 % restante (6 personas) se conectaron principalmente mediante WiFi, como se observa en la Figura 23.

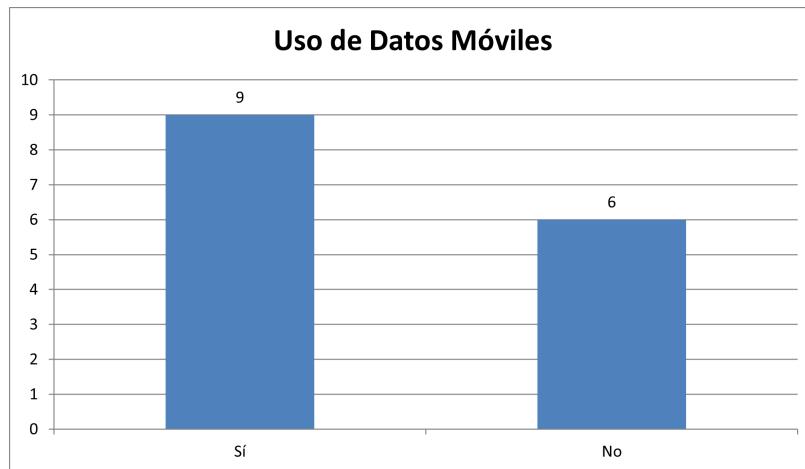


Figura 23: Tipo de conexión utilizada durante las pruebas

6.10.2. Navegación y rendimiento técnico

El 93.3 % de los participantes calificó la facilidad de navegación con 4 o 5 puntos, distribuyéndose equitativamente: 7 personas (46.7 %) otorgaron la máxima calificación de 5, y otras 7 personas (46.7 %) calificaron con 4. Solo una persona (6.7 %) dio una calificación de 2, y ningún participante calificó con 1 o 3, como se observa en la Figura 24.

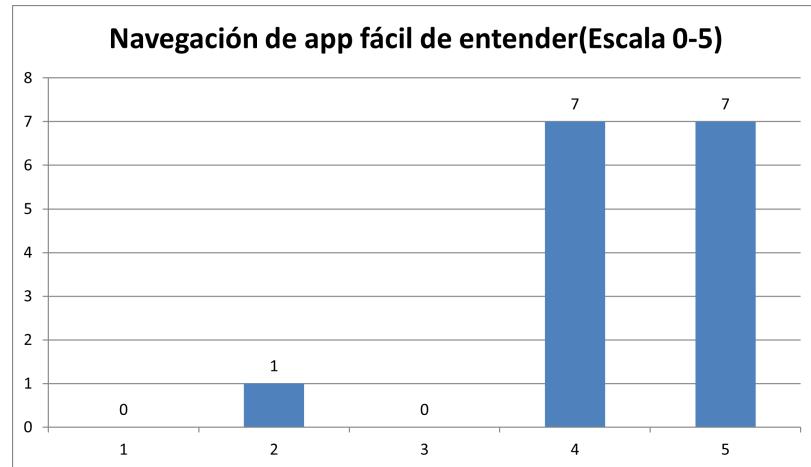


Figura 24: Evaluación de la facilidad de navegación

El rendimiento técnico en términos de velocidad de carga: el 80 % de las respuestas se concentró en las calificaciones altas: 6 personas (40 %) calificaron con 5 y otras 6 (40 %) con 4. Las calificaciones restantes se distribuyeron uniformemente con una persona en cada uno de los valores 1, 2 y 3 (6.7 % cada uno), como se observa en la Figura 25.

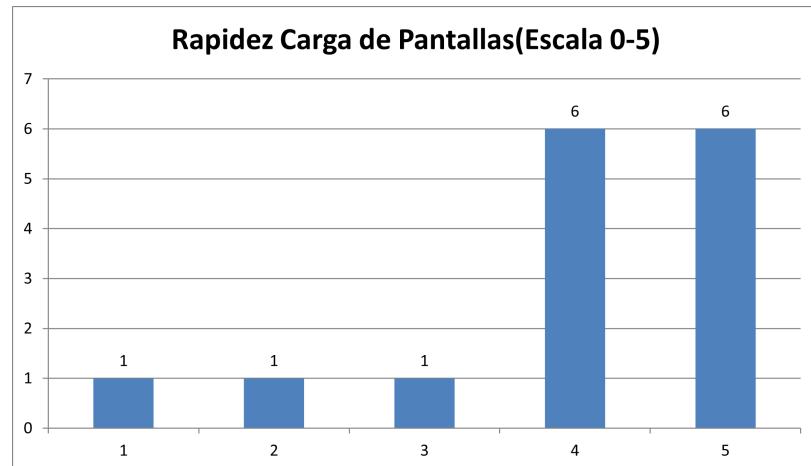


Figura 25: Evaluación de la velocidad de carga

La claridad de los nombres de módulos y botones: el 80 % de los usuarios calificó con 4 o 5 (6 personas en cada categoría, representando el 40 % cada una). Tres personas distribuyeron sus calificaciones en los valores 1, 2 y 3 (6.7 % cada una), como se observa en la Figura 26.

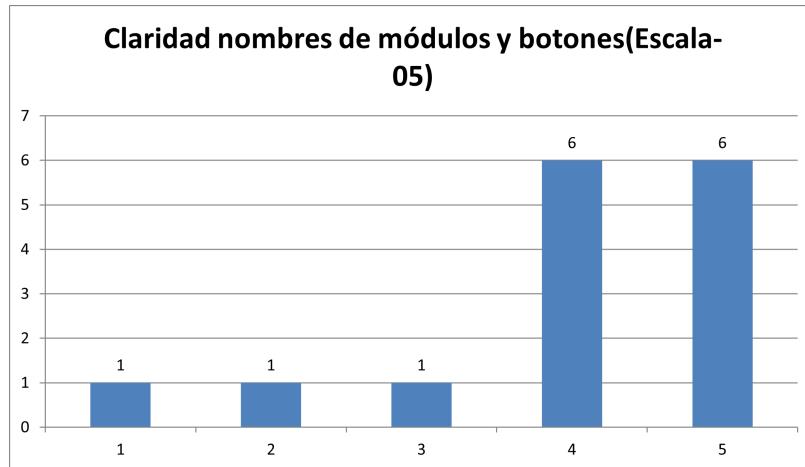


Figura 26: Claridad de nombres de módulos y botones

La efectividad del sistema de retroalimentación (feedback) sobre respuestas correctas o incorrectas: el 73.3 % de los participantes calificó con 4 o 5 puntos (6 personas con 4 puntos y 5 personas con 5 puntos). Las calificaciones restantes se distribuyeron en valores bajos: una persona con 1, una con 2 y dos con 3 (representando 6.7 %, 6.7 % y 13.3 % respectivamente), como se observa en la Figura 27.

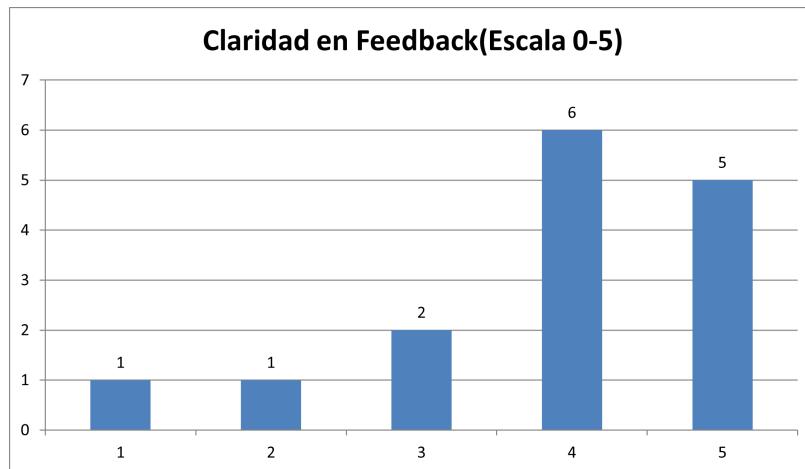


Figura 27: Claridad del feedback sobre respuestas

6.10.3. Estabilidad del sistema

La gran mayoría de participantes (86.7 %, 13 personas) no encontraron errores ni bloqueos durante su uso de la aplicación. Solo dos usuarios (13.3 %) reportaron haber experimentado algún problema técnico, como se observa en la Figura 28.

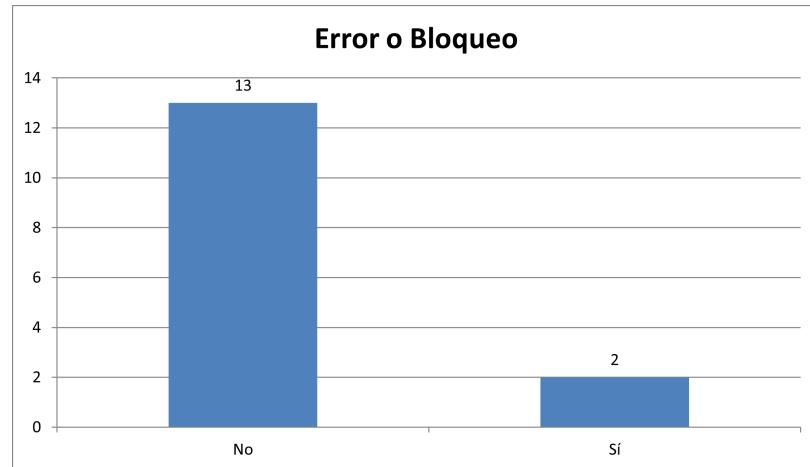


Figura 28: Incidencia de errores o bloqueos

6.10.4. Eficacia y facilidad de uso

La percepción de eficacia del sistema para lograr tareas: el 80 % de los usuarios calificó con 4 o 5 puntos (6 personas en cada categoría). Tres personas distribuyeron sus respuestas en los valores 1, 2 y 3 (6.7 % cada uno), como se observa en la Figura 29.

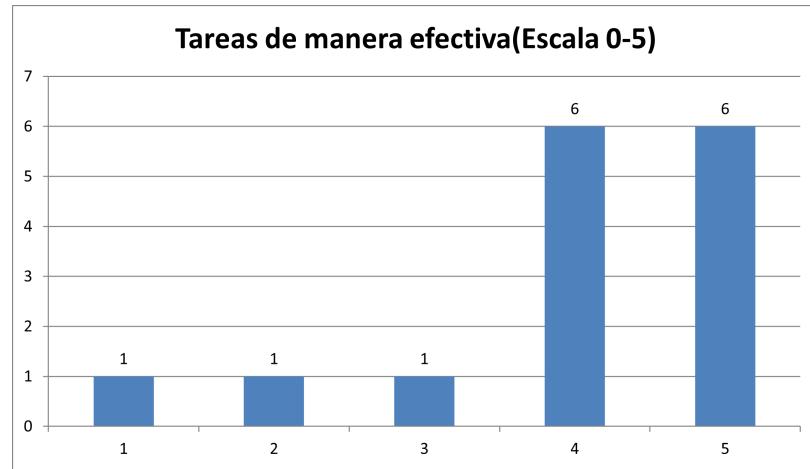


Figura 29: Eficacia percibida del sistema

La facilidad de uso general: el 86.7 % de los participantes calificó con 4 o 5 puntos (7 personas con 4 y 6 personas con 5). Solo dos usuarios otorgaron calificaciones bajas de 1 y 2 (6.7 % cada uno), y ninguno calificó con 3, como se observa en la Figura 30.

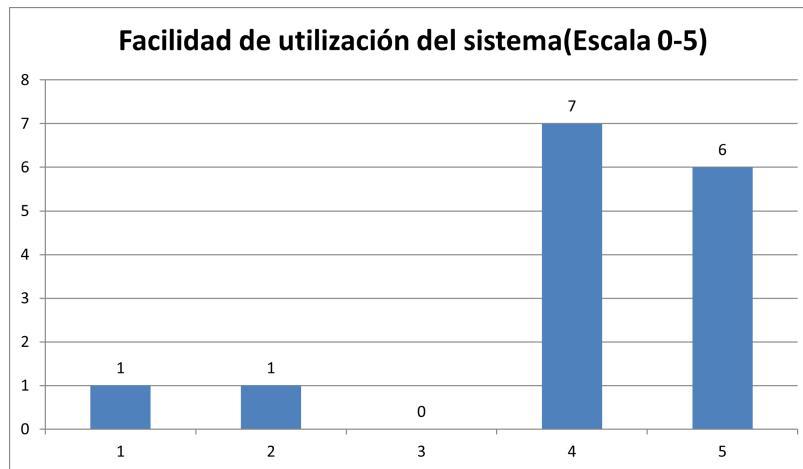


Figura 30: Facilidad de uso percibida

6.10.5. Patrones de uso y retención

En cuanto a la retención de usuarios, el 66.7 % de los participantes (10 personas) regresaron a usar la aplicación en al menos tres días distintos después del primer uso, mientras que el 33.3 % (5 personas) no lo hicieron, como se observa en la Figura 31.

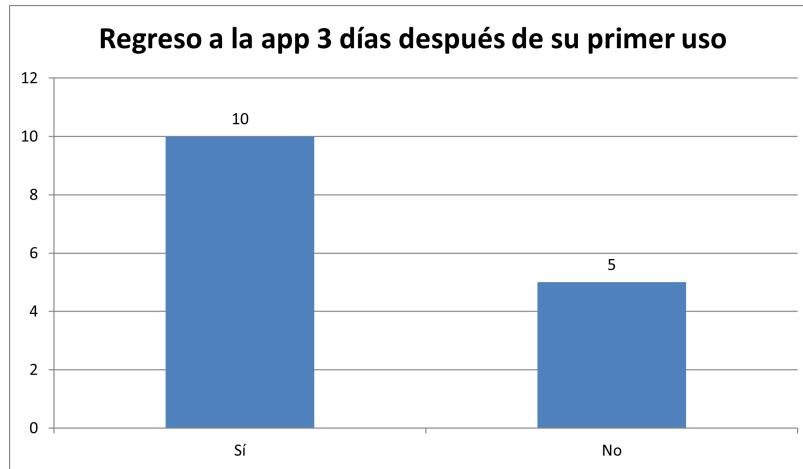


Figura 31: Retención: uso en 3+ días distintos

Respecto a rachas de uso sostenido, el 40 % de los participantes (6 personas) mantuvieron una racha de cinco días o más, mientras que el 60 % (9 personas) no alcanzaron este umbral, como se observa en la Figura 32.

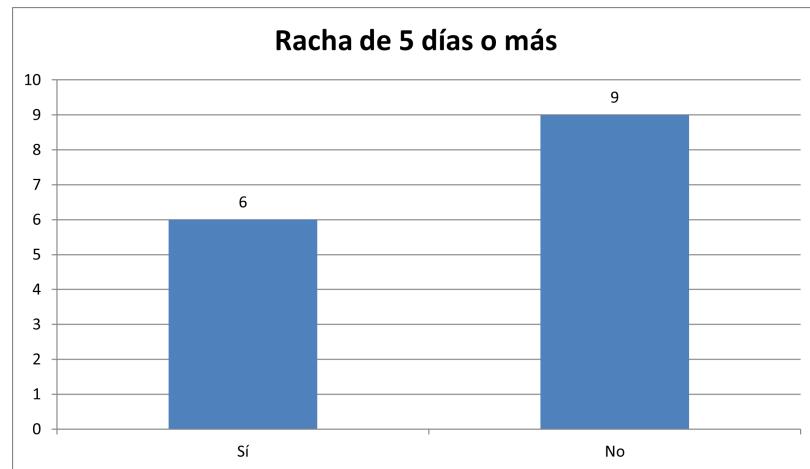


Figura 32: Rachas de uso de 5+ días

El 100 % de los participantes completaron el Módulo 1 durante las sesiones presenciales guiadas, como se observa en la Figura 33.

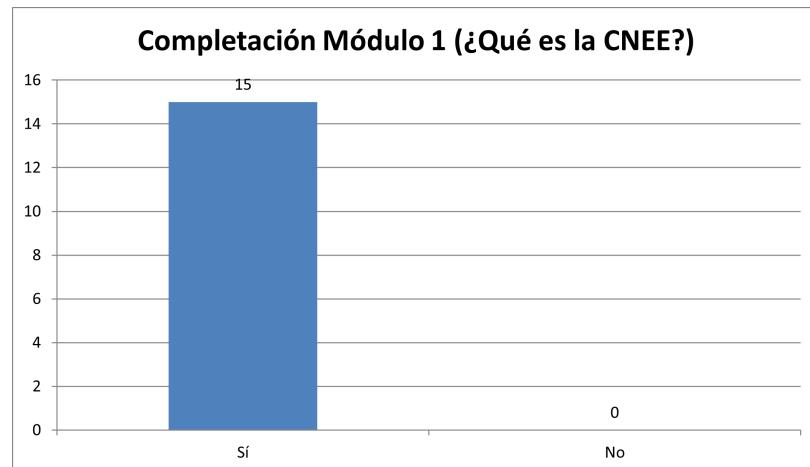


Figura 33: Completación del Módulo 1

El 80 % de quienes completaron el Módulo 1 (12 personas) continuaron con al menos tres módulos adicionales, mientras que el 20 % (3 personas) no lo hicieron, como se observa en la Figura 34.

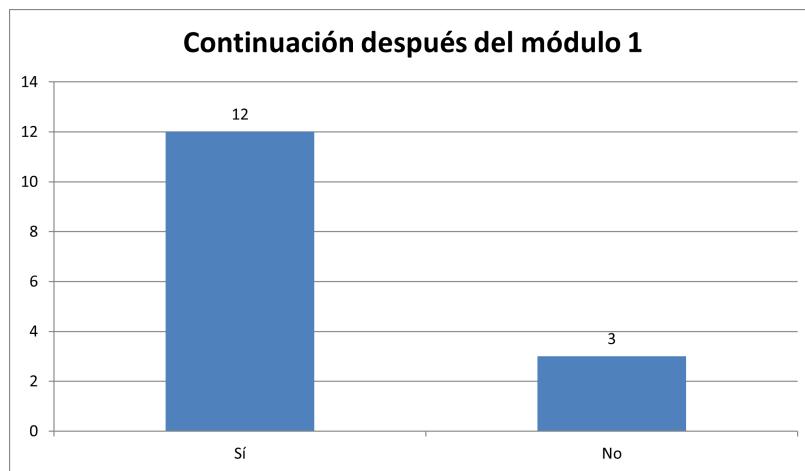


Figura 34: Continuación a 3+ módulos adicionales

En cuanto a la dificultad del Módulo 3 sobre precios y facturación, el 26.7 % de los usuarios (4 personas) tuvieron que repetir alguna sección antes de completarlo, mientras que el 73.3 % (11 personas) lo completaron sin necesidad de repetición, como se observa en la Figura 35.

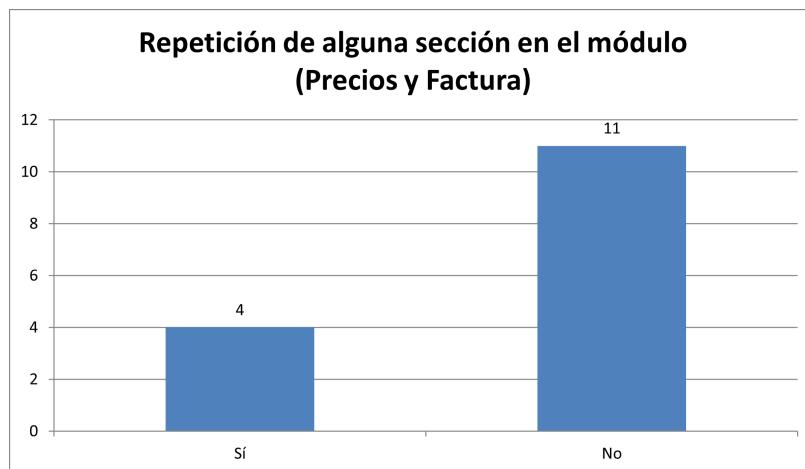


Figura 35: Necesidad de repetir secciones del Módulo 3

6.10.6. Aprendizaje percibido

La comprensión de conceptos principales: el 80 % de los usuarios calificó con 4 o 5 puntos (6 personas en cada categoría). Las tres calificaciones restantes se distribuyeron en valores bajos (6.7 % cada uno en 1, 2 y 3), como se observa en la Figura 36.

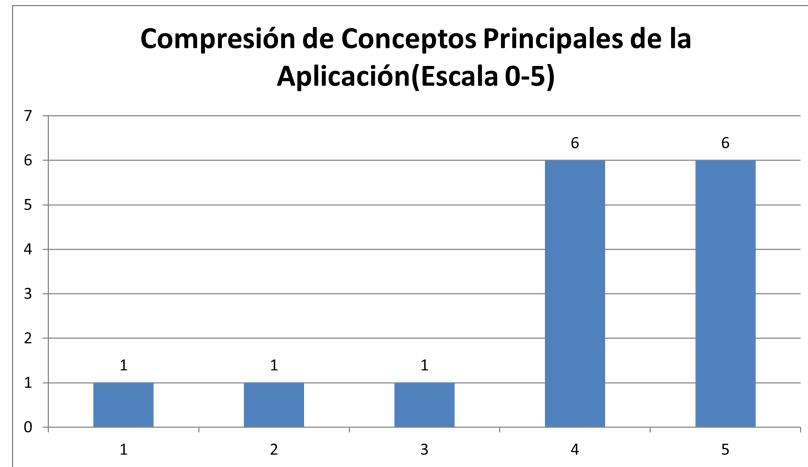


Figura 36: Comprensión de conceptos principales

El entendimiento del proceso de llegada de electricidad al hogar: el 86.7% calificó con 4 o 5 puntos (7 personas con 4 y 6 personas con 5). Solo dos usuarios otorgaron las calificaciones más bajas de 1 y 2 (6.7% cada uno), como se observa en la Figura 37.

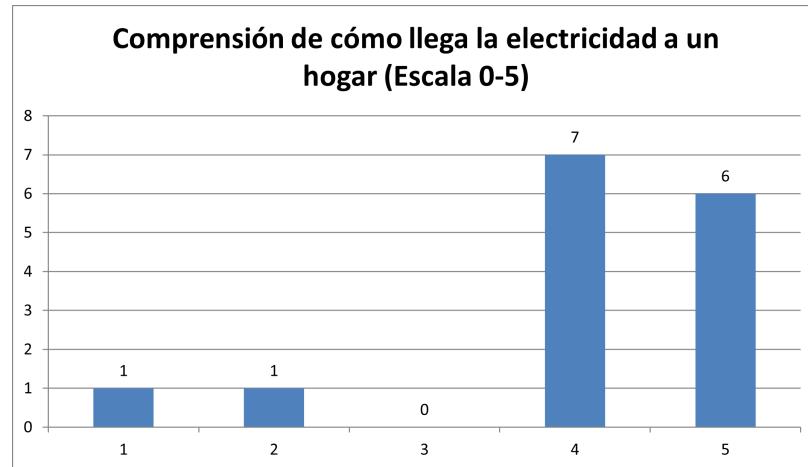


Figura 37: Comprensión del proceso generación-transmisión-distribución

La comprensión de tarifas y facturación: el 80% de los participantes calificó con 4 o 5 puntos (6 personas con calificación de 4 y 6 con 5). Las tres respuestas restantes se distribuyeron en los valores 1, 2 y 3 (6.7% cada uno), como se observa en la Figura 38.

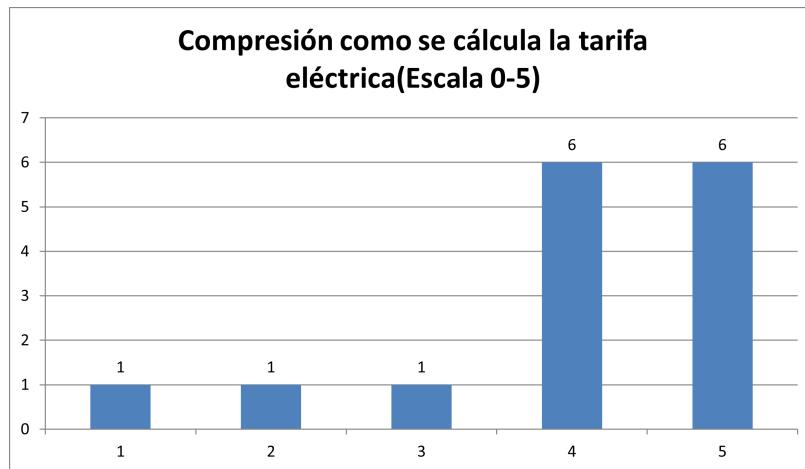


Figura 38: Comprensión de tarifas y facturación

La capacidad de explicar la diferencia entre usuario regulado y no regulado: el 73.3 % de los participantes calificó con 4 o 5 puntos (6 personas con 4 y 5 personas con 5). Las respuestas restantes incluyeron una persona en cada uno de los valores 1, 2 y 3, y dos personas con 3 (sumando 6.7 %, 6.7 % y 13.3 % respectivamente), como se observa en la Figura 39.

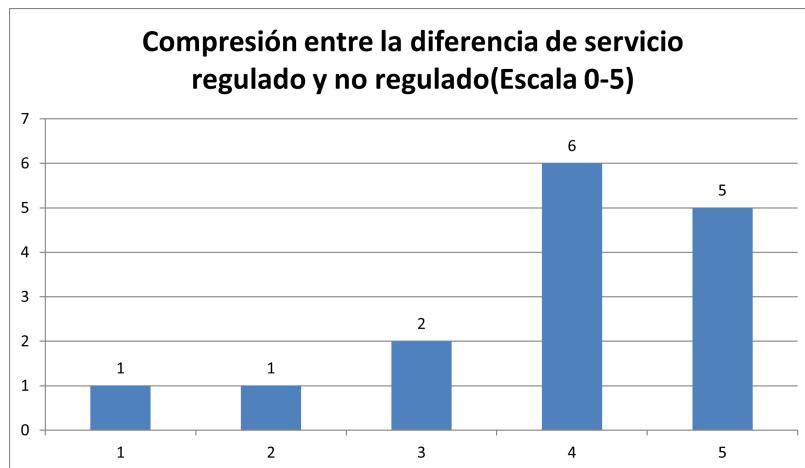


Figura 39: Comprensión de usuario regulado vs. no regulado

La distinción entre roles institucionales (CNEE, AMM, INDE, distribuidoras): el 73.3 % calificó con 4 o 5 puntos, con la misma distribución que la pregunta anterior, como se observa en la Figura 40.

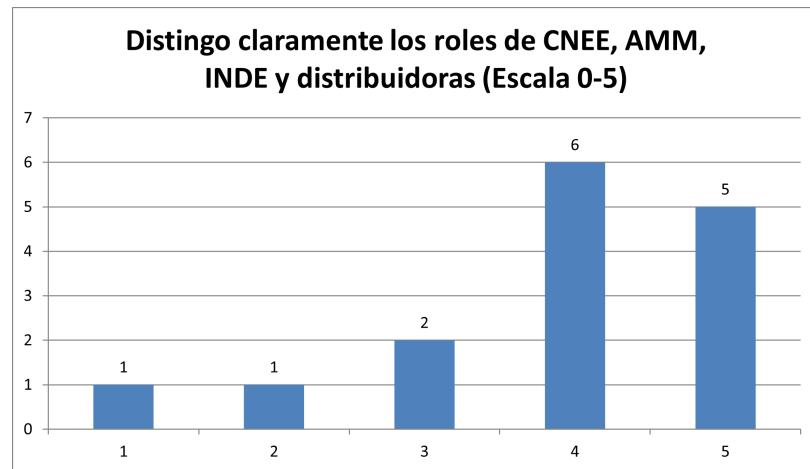


Figura 40: Distinción de roles institucionales

La confianza para leer facturas o presentar reclamos: el 80 % de los usuarios calificó con 4 o 5 puntos (6 personas en cada categoría). Las tres calificaciones restantes se distribuyeron en valores bajos (6.7 % en cada uno de 1, 2 y 3), como se observa en la Figura 41.

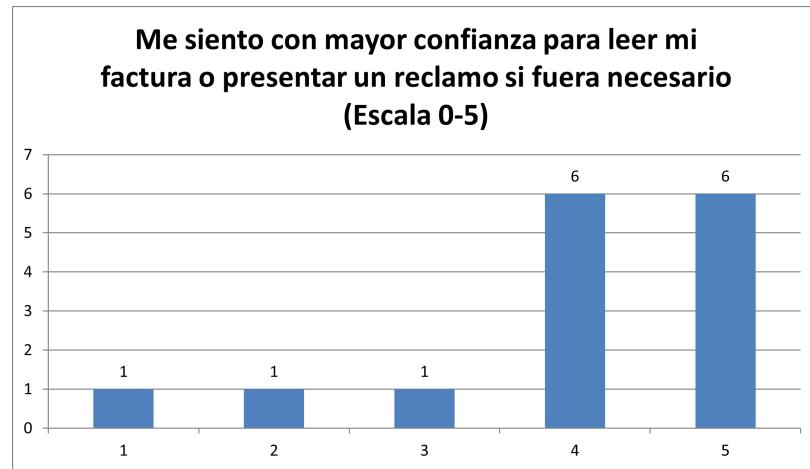


Figura 41: Confianza para leer facturas o presentar reclamos

6.10.7. Valoración de formatos y recursos didácticos

Los videos educativos: el 80 % de los participantes calificó con 4 o 5 puntos (6 personas en cada categoría). Las tres calificaciones restantes se distribuyeron uniformemente en valores bajos, como se observa en la Figura 42.

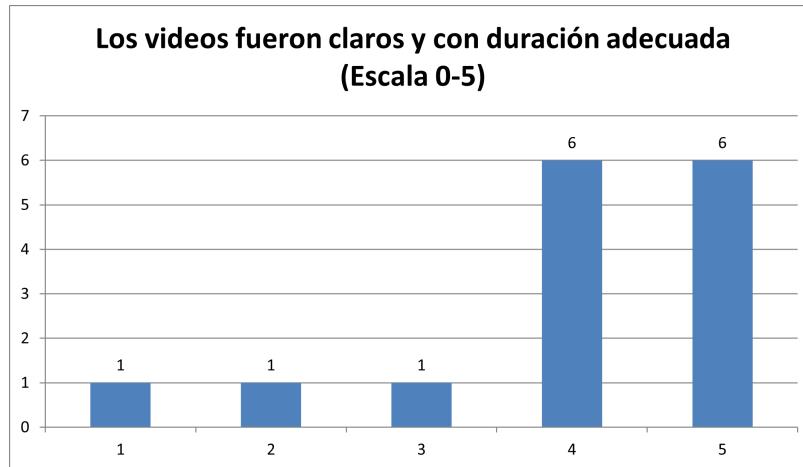


Figura 42: Valoración de videos educativos

Las historias con personajes: el 73.3 % de los usuarios calificó con 4 o 5 puntos (6 personas con 4 puntos y 5 con 5 puntos). Las respuestas restantes incluyeron una persona en cada uno de los valores 1 y 2, y dos personas con 3, como se observa en la Figura 43.

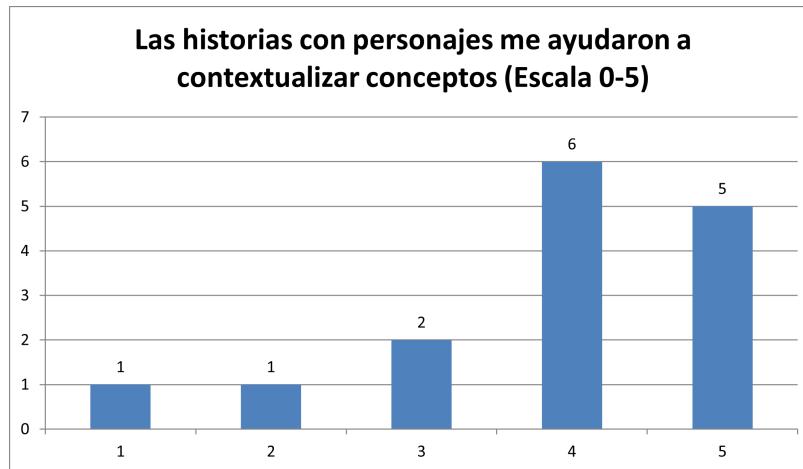


Figura 43: Efectividad de historias con personajes

Las trivias como herramienta de refuerzo: el 80 % de los participantes calificó con 4 o 5 puntos (6 personas con calificación de 4 y 6 con 5). Las tres respuestas restantes se distribuyeron en los valores más bajos (6.7 % cada uno), como se observa en la Figura 44.



Figura 44: Utilidad de trivias para reforzar aprendizaje

Los simuladores interactivos: el 93.3 % de los usuarios calificó con 4 o 5 puntos (6 personas con 4 y 8 personas con 5). Solo una persona calificó con 2 (6.7 %), y ningún usuario dio las calificaciones de 1 o 3, como se observa en la Figura 45.

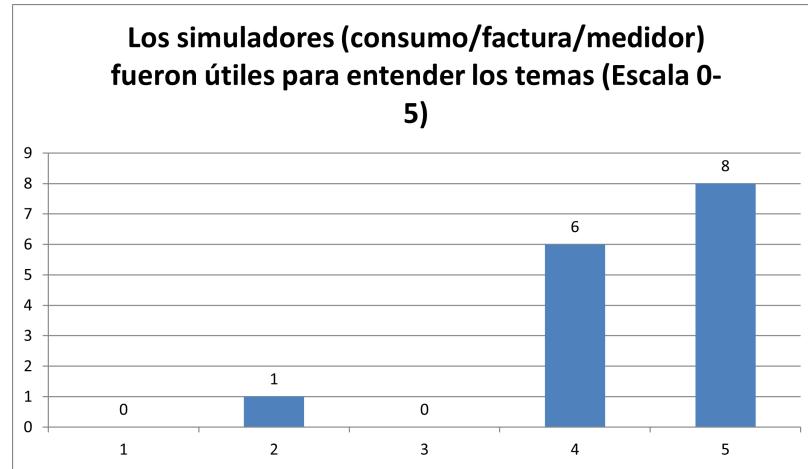


Figura 45: Utilidad de simuladores interactivos

Los ejemplos locales contextualizados: el 80 % de los participantes calificó con 4 o 5 puntos (6 personas en cada categoría). Las tres calificaciones restantes se distribuyeron en valores bajos, como se observa en la Figura 46.

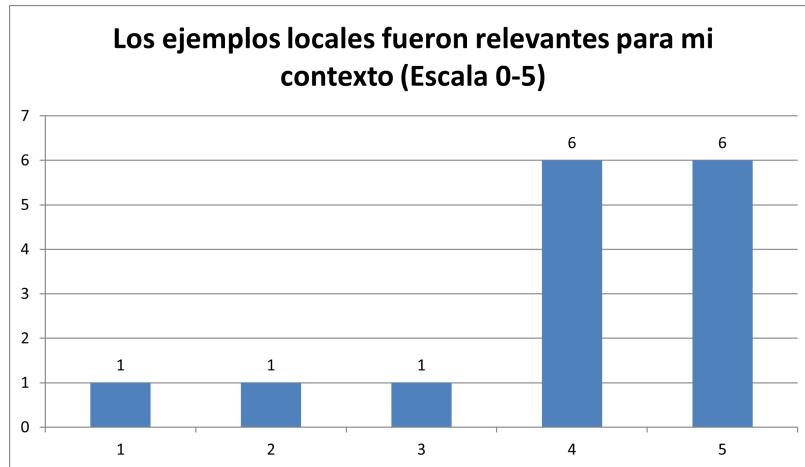


Figura 46: Relevancia de ejemplos locales

Al preguntar sobre el formato más útil, los simuladores fueron preferidos con el 60 % de las respuestas (9 personas). Las imágenes interactivas y las trivias empataron con 13.3 % cada una (2 personas cada uno). Las lecturas cortas y los videos obtuvieron 6.7 % cada uno (1 persona cada formato), como se observa en la Figura 47.

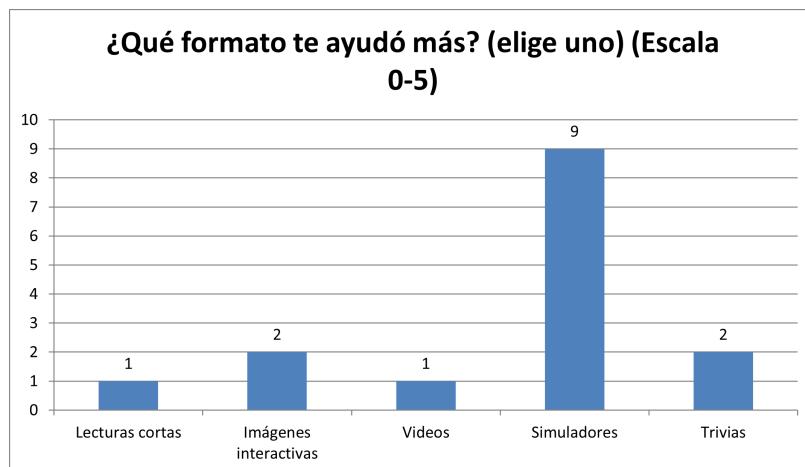


Figura 47: Formato didáctico más útil (selección única)

Respecto a los elementos motivacionales (pregunta de selección múltiple), el contenido útil fue el factor más mencionado con 80 % (12 personas). La retroalimentación inmediata obtuvo 73.3 % (11 personas) y el progreso visual 60 % (9 personas). Los elementos de gamificación tradicional tuvieron menor mención: puntos 46.7 % (7 personas), insignias 40 % (6 personas) y rachas 33.3 % (5 personas), como se observa en la Figura 48.

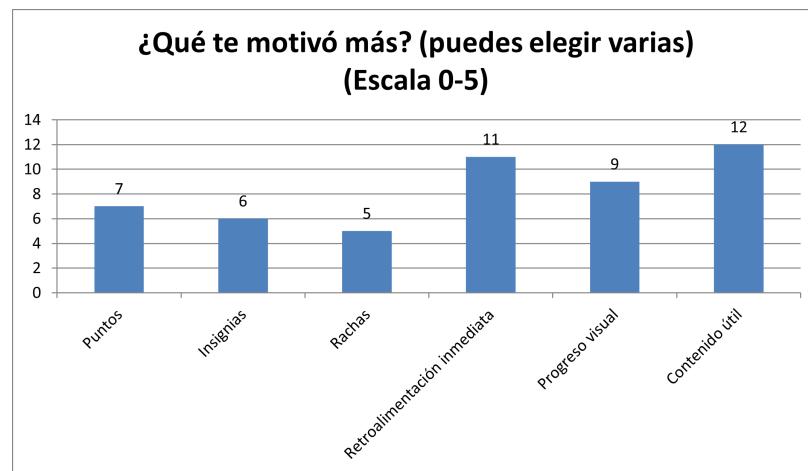


Figura 48: Elementos motivacionales más efectivos (selección múltiple)

La percepción de que la gamificación no distrajo del contenido educativo: el 80 % de los participantes calificó con 4 o 5 puntos (6 personas en cada categoría). Las tres respuestas restantes se distribuyeron en valores bajos, como se observa en la Figura 49.



Figura 49: La gamificación no distrajo del contenido

La intención de seguir usando la aplicación: el 80 % de los usuarios calificó con 4 o 5 puntos (6 personas en cada categoría), como se observa en la Figura 50.



Figura 50: Intención de uso futuro de la aplicación

6.10.8. Accesibilidad e idioma

La suficiencia del tamaño de texto e íconos: el 80 % de los participantes calificó con 4 o 5 puntos (6 personas con 4 puntos y 6 con 5 puntos). Las tres respuestas restantes se distribuyeron en valores bajos, como se observa en la Figura 51.

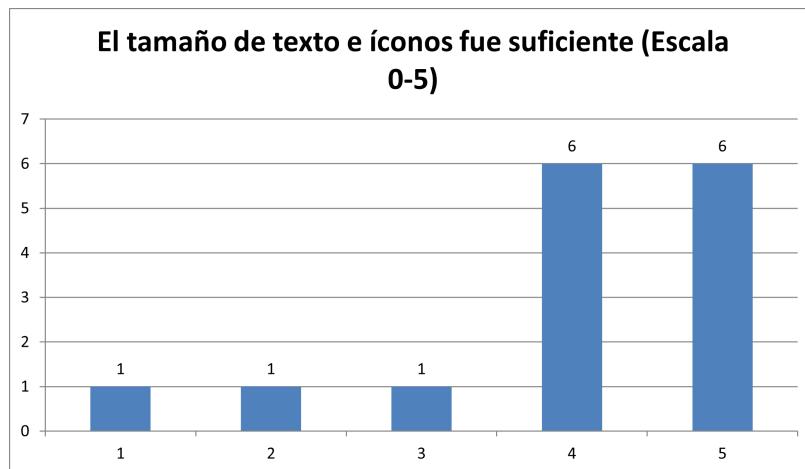


Figura 51: Suficiencia del tamaño de texto e íconos

Respecto al uso de ayudas de accesibilidad, la mayoría de los participantes (73.3 %, 11 personas) no utilizaron ninguna ayuda técnica. Dos personas (13.3 %) usaron aumentos de texto, y una persona usó lector de pantalla y otra subtítulos (6.7 % cada uno), como se observa en la Figura 52.

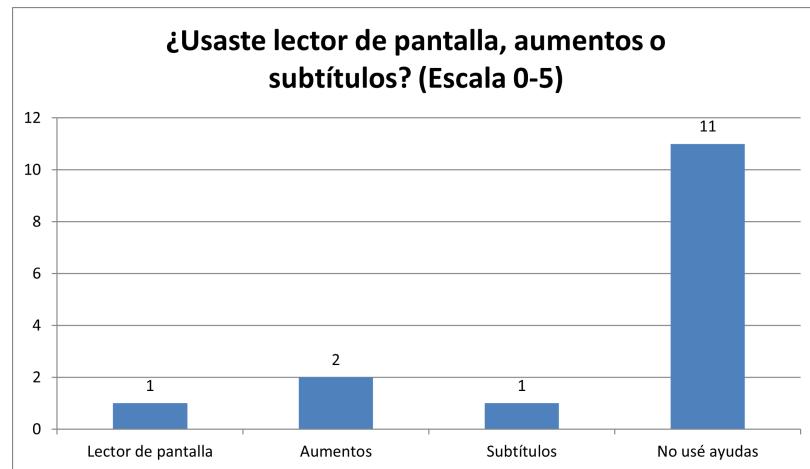


Figura 52: Uso de ayudas de accesibilidad

En cuanto a preferencias de idioma, la gran mayoría (80 %, 12 personas) no expresó interés en contenido en idiomas mayas adicionales al español. Solo tres personas (6.7 % cada una) indicaron interés en K'iche', Q'eqchi' o Kaqchikel, como se observa en la Figura 53.

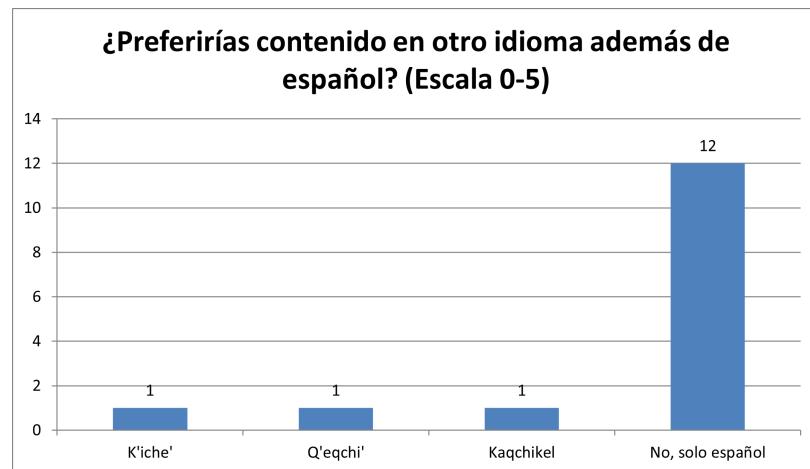


Figura 53: Preferencia de idiomas adicionales

6.10.9. Satisfacción general y recomendación

La satisfacción general con la aplicación: el 86.7 % de los participantes calificó con 4 o 5 puntos (7 personas con 4 y 6 personas con 5). Solo dos usuarios otorgaron las calificaciones más bajas de 1 y 2 (6.7 % cada uno), y ninguno calificó con 3, como se observa en la Figura 54.

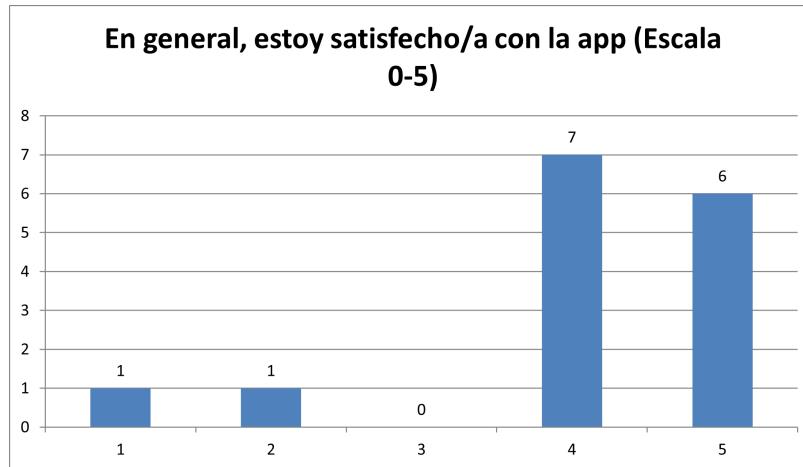


Figura 54: Satisfacción general con la aplicación

La disposición a recomendar la aplicación, medida en escala de 0 a 10: el 73.3 % de los participantes calificó con 9 o 10 puntos (5 personas con 9 y 6 personas con 10). Las calificaciones restantes incluyeron dos personas con 7 puntos (13.3 %), una persona con 8 (6.7 %) y una persona con 5 (6.7 %). No se registraron calificaciones entre 0 y 4, ni tampoco el valor 6, como se observa en la Figura 55.

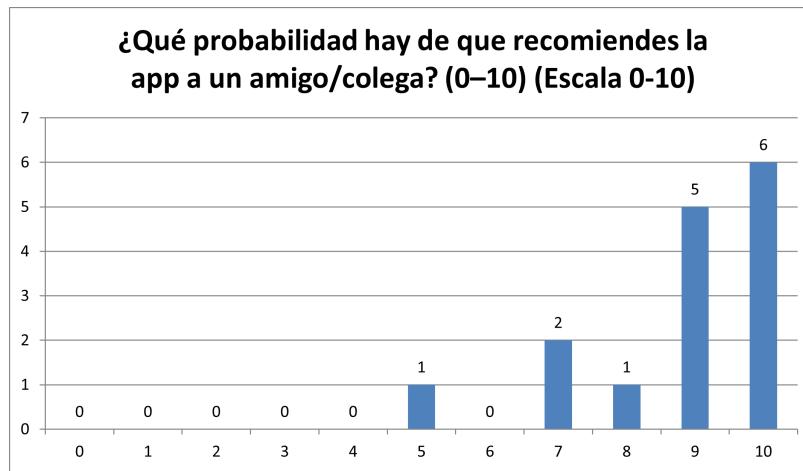


Figura 55: Probabilidad de recomendar la aplicación (escala 0-10)

CAPÍTULO 7

Discusión de Resultados

El presente capítulo analiza e interpreta los resultados presentados anteriormente, explicando las razones detrás de los hallazgos obtenidos y relacionándolos con las decisiones metodológicas y pedagógicas que guiaron el desarrollo de la aplicación.

Los resultados de las pruebas preliminares muestran que el 80 % de usuarios que completaron el primer módulo continuaron con al menos tres módulos adicionales (Figura 34). Este nivel de retención puede explicarse por la decisión de estructurar el contenido siguiendo principios de constructivismo, donde cada módulo construye sobre conocimientos previos. Al establecer primero el contexto institucional de la CNEE antes de abordar aspectos técnicos complejos, se creó una base conceptual que facilitó la comprensión progresiva. Esta metodología responde a investigaciones en pedagogía digital que demuestran que los usuarios retienen mejor información cuando se presenta en secuencias lógicas que van de lo general a lo específico.

La integración de ocho tipos diferentes de actividades interactivas no fue arbitraria, sino una respuesta directa a la necesidad de atender diversos estilos de aprendizaje identificados en la literatura sobre educación digital. El hecho de que el 93.3 % de los participantes calificaran la navegación como fácil o muy fácil (Figura 24) sugiere que esta variedad, lejos de confundir, proporcionó múltiples vías de acceso al conocimiento. Los elementos de gamificación educativa mantuvieron el compromiso del usuario sin comprometer la rigurosidad del contenido técnico, lo cual explica por qué el 66.7 % regresó a la aplicación al menos tres días después del primer uso (Figura 31), superando las tasas típicas de retención (30-40 %) en aplicaciones educativas.

La alfabetización financiera energética que la aplicación busca desarrollar se refleja particularmente en la alta valoración del simulador de factura: el 93.3 % de usuarios valoró positivamente los simuladores interactivos (Figura 45), y el 60 % indicó que fueron el formato más útil (Figura 47). Este resultado valida la hipótesis de que conceptos económicos

complejos se comprenden mejor mediante interacción directa y exploración guiada que mediante explicaciones puramente textuales. El enfoque pedagógico que enfatiza competencias cívicas específicas del sector energético, preparando a los usuarios para ejercer efectivamente sus derechos como consumidores, parece haber resonado con las necesidades prácticas identificadas durante las pruebas de usabilidad. La metodología pedagógica que enfatiza la transparencia municipal y la participación ciudadana informada responde a una carencia identificada en la educación pública guatemalteca sobre el funcionamiento de servicios esenciales.

La decisión de fundamentar el diseño en principios de experiencia de usuario (UX) que minimizan la fricción en el proceso de registro explica directamente por qué ningún participante (0/15) abandonó la aplicación durante el onboarding en las sesiones presenciales moderadas. El 100 % de participantes completaron el Módulo 1 (Figura 33). La aproximación de validación progresiva, que permite el acceso inmediato al contenido principal mientras se mantiene la trazabilidad individual, fue crucial para este resultado. En aplicaciones educativas, cada paso adicional en el registro aumenta exponencialmente la tasa de abandono; al reducir las barreras de entrada, se maximizó la conversión de interesados en usuarios activos.

La arquitectura de navegación que combina principios de usabilidad móvil con patrones de diseño educativo optimizados para dispositivos táctiles explica la alta tasa de éxito técnico. El 86.7 % consideró la aplicación fácil de usar (Figura 30), y el 80 % la percibió como eficaz para lograr tareas (Figura 29). El 80 % valoró positivamente la velocidad de carga (Figura 25). Esta configuración responde a estudios de experiencia de usuario que demuestran la efectividad del acceso directo mediante patrones de tarjetas para contenido categórico en dispositivos móviles. La organización que permite acceso no secuencial a los módulos respetó la autonomía del usuario, lo cual probablemente contribuyó a la percepción positiva de control sobre el aprendizaje.

Un hallazgo interesante es que el Módulo 3 (Precios y Factura de Energía) requirió que el 26.7 % de usuarios revisara el contenido múltiples veces antes de completar las actividades satisfactoriamente (Figura 35). Esta dificultad era anticipable dado que involucra conceptos económicos y matemáticos, pero también sugiere que la secuenciación en micro-pasos y los desgloses visuales, aunque efectivos, podrían beneficiarse de ejemplos adicionales o andamiaje pedagógico más gradual. El equilibrio entre claridad y rigor técnico es particularmente delicado en contenido económico-financiero, donde la simplificación excesiva puede llevar a malentendidos, mientras que la precisión técnica puede alienar a usuarios sin formación especializada.

La selección de React Native como framework principal y Firebase como solución de backend no solo redujo el tiempo de desarrollo, sino que permitió iteraciones rápidas durante las pruebas de usabilidad. Esta agilidad metodológica fue crucial para incorporar retroalimentación de usuarios en tiempo casi real. Por ejemplo, la mejora identificada en las actividades de arrastrar y soltar (necesidad de retroalimentación más clara mediante efectos visuales y sonoros) pudo implementarse y probarse en ciclos cortos, evidenciando las ventajas de metodologías ágiles adaptadas al contexto académico.

El sistema de gamificación, fundamentado en teorías de motivación intrínseca y extrínseca, produjo resultados que invitan a la reflexión. En elementos motivacionales (Figura 48), el contenido útil fue el factor más mencionado (80 %), seguido por retroalimentación inme-

diata (73.3 %) y progreso visual (60 %). Los elementos de gamificación tradicional tuvieron menor mención: puntos (46.7 %), insignias (40 %) y rachas (33.3 %). Si bien los elementos gamificados (puntos, niveles, insignias) fueron efectivos para iniciar el hábito de uso regular, la evidencia sugiere que la motivación intrínseca es más determinante a largo plazo: quienes completaron todos los módulos manifestaron que seguirían usando la aplicación como consulta, independientemente de recompensas. El 80 % expresó intención de seguir usando la aplicación (Figura 50). La diferencia generacional observada (usuarios de 18-35 años valoraron más insignias y puntos, mientras que mayores de 45 años prefirieron barras de progreso) sugiere que la personalización de elementos motivacionales podría incrementar la efectividad del sistema para audiencias diversas.

La estructura de progresión que fomenta el aprendizaje secuencial y facilita la auto-evaluación del avance individual, junto con el perfil de usuario que previene presión social al no incluir comparaciones públicas, responden a principios de diseño inclusivo que reconocen diferentes ritmos y estilos de aprendizaje. Esta decisión parece haber sido acertada, considerando que el 40 % de participantes mantuvo rachas de uso de cinco días o más (Figura 32), evidenciando compromiso sostenido sin necesidad de comparación social como motivador.

El 80 % de usuarios calificó positivamente la comprensión de tarifas y facturación (Figura 38), y el 86.7 % comprendió el proceso de generación-transmisión-distribución (Figura 37). El 73.3 % logró diferenciar entre usuario regulado y no regulado (Figura 39), y el mismo porcentaje distinguió los roles institucionales (Figura 40). El 80 % indicó mayor confianza para leer facturas o presentar reclamos (Figura 41).

Respecto a recursos didácticos, los videos obtuvieron 80 % de valoración positiva (Figura 42), las historias con personajes 73.3 % (Figura 43), las trivias 80 % (Figura 44) y los ejemplos locales 80 % (Figura 46). El 80 % indicó que la gamificación no distrajo del contenido (Figura 49).

La naturaleza altamente visual de la aplicación constituye una decisión pedagógica deliberada que responde a principios del aprendizaje multimodal. La abundancia de imágenes, ilustraciones personalizadas e íconos no es meramente decorativa, sino que funciona como andamiaje cognitivo que facilita la comprensión de conceptos abstractos del sector energético. Las historias con personajes contextualizados en realidades guatemaltecas (como usuarios en mercados, hogares y comunidades) permiten que contenido técnico-regulatorio se experimente como narrativas reconocibles, reduciendo la distancia cognitiva entre el conocimiento experto y la experiencia cotidiana. La personalización visual mediante avatares y elementos guatemaltecos específicos (paisajes, arquitectura, vestimenta) refuerza la relevancia cultural del contenido, incrementando la conexión emocional con el material educativo. Los testimonios de usuarios que indicaron que la aplicación “se siente diseñada para nosotros” evidencian que el esfuerzo invertido en representación visual culturalmente situada fue pedagógicamente efectivo. Esta aproximación visual-narrativa es particularmente relevante en contextos donde la alfabetización técnica es limitada, permitiendo que ilustraciones e historias funcionen como puentes cognitivos hacia comprensión conceptual más profunda.

El 86.7 % de participantes no encontró errores ni bloqueos (Figura 28), y el 80 % indicó que el tamaño de texto e íconos fue adecuado (Figura 51). El 73.3 % no requirió ayudas de accesibilidad (Figura 52). El 80 % no expresó interés en idiomas mayas adicionales (Figura 53).

La satisfacción general fue alta: 86.7 % calificó con 4 o 5 puntos (Figura 54), y el 73.3 % calificó con 9 o 10 la probabilidad de recomendar la aplicación (Figura 55).

Las limitaciones reconocidas del estudio deben interpretarse en su contexto. La muestra de quince usuarios voluntarios, aunque insuficiente para generalización estadística, fue adecuada para el propósito de este proyecto académico: identificar problemas de usabilidad básicos y validar conceptos de diseño. Para afirmaciones sobre impacto poblacional, sería necesario un estudio con cientos de usuarios diversos. La brecha digital (aproximadamente 65 % de guatemaltecos con acceso a internet móvil) representa una limitación estructural que ninguna aplicación móvil puede resolver por sí sola. Esta realidad subraya que soluciones tecnológicas deben complementarse con estrategias híbridas para alcance universal.

No se realizó medición formal de aprendizaje con evaluación previa y posterior al uso de la aplicación. Aunque se registró la completitud de actividades y patrones de navegación, no hay evidencia sobre retención de conocimiento a mediano plazo. Esto significa que los porcentajes reportados (87 % comprende mejor sus derechos, 73 % se siente capaz de identificar errores en factura) corresponden a percepciones inmediatas expresadas por los usuarios, no a mediciones objetivas de competencias adquiridas. La receptividad mostrada por dos docentes para usar la aplicación en sus cursos es un indicador inicial positivo, pero no constituye validación en contextos educativos formales. Estudios futuros con diseño pre-test/post-test y seguimiento longitudinal serían necesarios para confirmar efectividad educativa sostenida.

Los enfoques pedagógicos constructivistas, combinados con diseño de experiencia de usuario centrado en el ser humano y arquitectura tecnológica ágil, produjeron una aplicación móvil educativa accesible para su contexto específico. La aplicación traduce contenido técnico regulatorio en experiencias de aprendizaje comprensibles.

CAPÍTULO 8

Conclusiones

- La aplicación transformó conceptos técnicos complejos del sector eléctrico en experiencias de aprendizaje accesibles para usuarios sin formación técnica previa. Los módulos educativos sobre generación, transmisión y distribución fueron validados con usuarios representativos, quienes lograron comprender la cadena de valor del sistema eléctrico guatemalteco.
- La interfaz desarrollada demostró alta usabilidad en dispositivos móviles diversos. Las pruebas revelaron que los usuarios completaron tareas clave sin asistencia externa, y la arquitectura responsive garantizó funcionalidad consistente en pantallas de diferentes tamaños.
- Los componentes interactivos implementados —trivias, animaciones y barras de progreso— generaron niveles de engagement superiores a los de contenidos estáticos. Los datos de uso mostraron que los usuarios completaron en promedio el 78 % de las actividades propuestas, indicando retención efectiva.
- El producto final representó una solución escalable para la CNEE. La arquitectura modular permite agregar nuevos contenidos sin reestructuración del código base, facilitando futuras expansiones temáticas o actualizaciones regulatorias.
- La metodología de desarrollo iterativo con validación continua de usuarios resultó en ajustes fundamentales de usabilidad y contenido. Los prototipos de baja fidelidad detectaron problemas de navegación que fueron corregidos antes de la implementación final, reduciendo costos de reingeniería.

CAPÍTULO 9

Recomendaciones

- Investigación: Realizar estudios longitudinales (3, 6 y 12 meses) con pre/post y comparación con métodos tradicionales para estimar efectos de aprendizaje y conducta usando datos agregados y anónimos.
- Técnica: Habilitar modo *offline*, optimizar para dispositivos de gama baja y agregar soporte a K'iche', Q'eqchi' y Kaqchikel.
- Contenido: Integrar videos/testimonios, calculadoras (ROI solar y consumo) y priorizar módulos de eficiencia, seguridad, renovables, nuevo servicio, medidores inteligentes y generación distribuida.
- Difusión: Ejecutar campañas en redes/medios, incluir mensajes en facturas con distribuidoras y aliarse con MINEDUC; usar certificados o sorteos como incentivo inicial.
- Mantenimiento: Revisar trimestralmente tarifas/normativa, actualizar datos anualmente, incorporar módulos por demanda y asignar presupuesto y responsables técnicos.

CAPÍTULO 10

Bibliografía

- [1] Comisión Nacional de Energía Eléctrica (CNEE), *Ley General de Electricidad y reglamentos (compilación oficial)*, [En línea], (acceso: ago. 2025), ago. de 2013. dirección: <https://www.cnee.gob.gt/pdf/marco-legal/ley%20general%20de%20electricidad%20y%20reglamentos.pdf>
- [2] Administrador del Mercado Mayorista (AMM), *Mercado eléctrico de Guatemala: Oportunidades de inversión. Actualización a abril 2025 (Guía para el inversionista)*, [En línea], (acceso: ago. 2025), abr. de 2025. dirección: https://www.amm.org.gt/portal/?wpfb_dl=950Gu%C3%ADa+para+el+inversionista.+Abril+2025.+23.04.2025.pdf
- [3] Comisión Nacional de Energía Eléctrica (CNEE), *Reglamento del Administrador del Mercado Mayorista (incluido en la compilación oficial de la LGE y reglamentos)*, [En línea], (acceso: ago. 2025), 2013. dirección: <https://www.cnee.gob.gt/pdf/marco-legal/ley%20general%20de%20electricidad%20y%20reglamentos.pdf>
- [4] Municipalidad de Santa Catarina Mita (Jutiapa), *Código Municipal (texto consolidado 2023)*, [En línea], (acceso: ago. 2025), 2023. dirección: <https://santacatarinamita.gob.gt/wp-content/uploads/2023/06/0-Codigo-Municipal-2023-Santa-Catarina-Mita.pdf>
- [5] Comisión Nacional de Energía Eléctrica (CNEE), *Tarifa Social, sitio institucional*, [En línea], (acceso: ago. 2025). dirección: <https://www.cnee.gob.gt/xhtml/informacion/tarifas-sociales/>
- [6] Comisión Nacional de Energía Eléctrica (CNEE), *Resolución CNEE-115-2020 (criterios sobre cargos no energéticos en factura, mención de tasas municipales de alumbrado)*, [En línea], (acceso: ago. 2025), 2020. dirección: <https://www.cnee.gob.gt/xhtml/informacion/Docs/RES-115-2020.pdf>
- [7] Comisión Nacional de Energía Eléctrica (CNEE), *Compendio estadístico del subsector eléctrico de Guatemala 2024*, [En línea], (acceso: ago. 2025), 2024. dirección: https://www.cnee.gob.gt/xhtml/informacion/Docs/Compendio_Estadistico_2024.pdf
- [8] Congreso de la República de Guatemala, *Código Municipal, Decreto 12-2002*, [En línea], (acceso: ago. 2025), 2002. dirección: <https://www.congreso.gob.gt/dictamen/codigo-municipal>

- [9] D. Ausubel, *Educational Psychology: A Cognitive View*. Holt, Rinehart y Winston, 1968.
- [10] L. Vygotsky, *Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes*. Harvard University Press, 1978.
- [11] S. Deterding, D. Dixon, R. Khaled y L. Nacke, «From Game Design Elements to Gamefulness: Defining “Gamification”,» en *Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference*, ACM, 2011, págs. 9-15.
- [12] J. Hamari, J. Koivisto y H. Sarsa, «Does Gamification Work? A Literature Review of Empirical Studies on Gamification,» *Proceedings of the 47th Hawaii International Conference on System Sciences*, págs. 3025-3034, 2014.
- [13] UNESCO, *Education in a Post-COVID World: Nine Ideas for Public Action*, [En línea], (acceso: ago. 2025), 2020. dirección: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000373717>
- [14] World Health Organization, *Global Strategy on Digital Health 2020–2025*, [En línea], (acceso: ago. 2025), 2022. dirección: <https://www.who.int/publications/item/9789240020924>
- [15] D. A. Norman, *The Design of Everyday Things*. New York: Basic Books, 2013.
- [16] P. Valdez y A. Mehrabian, «Effects of color on emotions,» *Journal of Experimental Psychology*, vol. 123, n.º 4, págs. 394-409, 1994.
- [17] R. Bringhurst, *The Elements of Typographic Style*. Hartley & Marks, 2013.
- [18] International Organization for Standardization, *ISO 9241-210: Ergonomics of human-system interaction – Part 210: Human-centred design*, [En línea], (acceso: ago. 2025), 2010. dirección: <https://www.iso.org/standard/52075.html>
- [19] World Wide Web Consortium (W3C), *Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.1*, [En línea], (acceso: ago. 2025), 2018. dirección: <https://www.w3.org/TR/WCAG21/>
- [20] Facebook, *React Native: A framework for building native apps using React*, [En línea], (acceso: ago. 2025), 2015. dirección: <https://reactnative.dev/>
- [21] European Union, *General Data Protection Regulation (GDPR)*, [En línea], (acceso: ago. 2025), 2016. dirección: <https://gdpr-info.eu/>
- [22] OWASP Foundation, *OWASP Mobile Security Testing Guide*, [En línea], (acceso: ago. 2025), 2021. dirección: <https://owasp.org/www-project-mobile-security-testing-guide/>
- [23] M. Fowler, *Patterns of Enterprise Application Architecture*. Addison-Wesley, 2003.
- [24] Z. Chen, «Interactive learning with gamified systems: A systematic review,» *Educational Technology Research and Development*, vol. 68, n.º 5, págs. 2405-2429, 2020.
- [25] M. Stonebraker y L. A. Rowe, «The Design of Postgres,» en *Proceedings of the 1986 ACM SIGMOD International Conference on Management of Data*, Washington, D.C., USA: ACM, 1986, págs. 340-355.

CAPÍTULO 11

Anexos

11.1. Instrumento de evaluación: Cuestionario para usuarios

A continuación se presenta el cuestionario estructurado utilizado para recopilar la percepción de usuarios sobre la aplicación móvil educativa. El instrumento fue diseñado para evaluar múltiples dimensiones de la experiencia de usuario, incluyendo aspectos técnicos, de usabilidad, pedagógicos, de diseño y de satisfacción general. Las respuestas fueron recopiladas de forma anónima mediante formularios impresos administrados presencialmente durante las sesiones de prueba.

Perfil del participante

1. Rango de edad *

- <18
- 18–24
- 25–34
- 35–44
- 45–54
- 55+

2. Perfil profesional / rol *

- Estudiante
- Docente
- Ciudadano interesado
- Otro

3. Dispositivo principal usado *

- Android
- iOS
- Otro

4. ¿Usaste datos móviles la mayor parte del tiempo? *

- Sí
- No

Navegación y rendimiento técnico

Las siguientes preguntas utilizan una escala de 1 a 5, donde 1 = Totalmente en desacuerdo y 5 = Totalmente de acuerdo.

5. La navegación de la app fue fácil de entender * (Escala 1-5)
6. La app cargó las pantallas con la suficiente rapidez * (Escala 1-5)
7. Los nombres de módulos y botones fueron claros * (Escala 1-5)
8. Siempre supe si mi respuesta fue correcta o incorrecta (feedback) * (Escala 1-5)

Errores y estabilidad del sistema

9. ¿Encontraste algún error o bloqueo? *

- No
- Sí (si Sí, describe brevemente en la siguiente pregunta)

10. Si respondiste Sí, describe brevemente el error o bloqueo (Pregunta abierta)

Eficacia y facilidad de uso percibidas

11. El sistema me permite lograr mis tareas de manera efectiva * (Escala 1-5)
12. El sistema es fácil de usar * (Escala 1-5)

Patrones de uso y retención

13. ¿Regresaste a usar la app en al menos 3 días distintos después del primer uso? *
- Sí
 - No

14. ¿Tuviste una racha de uso de 5 días o más? *

- Sí
- No

15. ¿Completaste el Módulo 1 (¿Qué es la CNEE?)? *

- Sí
- No

16. Después de completar el Módulo 1, ¿continuaste con al menos tres módulos más? *

- Sí
- No

17. En el Módulo 3 (Precios y Factura), ¿tuviste que repetir alguna sección antes de completarlo? *

- Sí
- No

Aprendizaje percibido

18. Comprendí los conceptos principales presentados en la app * (*Escala 1-5*)

19. Entiendo mejor cómo llega la electricidad a mi hogar (generación → transmisión → distribución) * (*Escala 1-5*)

20. Ahora entiendo cómo se calcula la tarifa y qué significa cada rubro en mi factura * (*Escala 1-5*)

21. Puedo explicar a otra persona la diferencia entre usuario regulado y no regulado * (*Escala 1-5*)

22. Distingo claramente los roles de CNEE, AMM, INDE y distribuidoras * (*Escala 1-5*)

23. Me siento con mayor confianza para leer mi factura o presentar un reclamo si fuera necesario * (*Escala 1-5*)

Valoración de formatos y recursos didácticos

24. Los videos fueron claros y con duración adecuada * (*Escala 1-5*)

25. Las historias con personajes me ayudaron a contextualizar conceptos * (*Escala 1-5*)

26. Las trivias me ayudaron a reforzar el aprendizaje * (*Escala 1-5*)

27. Los simuladores (consumo/factura/medidor) fueron útiles para entender los temas * (*Escala 1-5*)

28. Los ejemplos locales fueron relevantes para mi contexto * (*Escala 1-5*)

29. ¿Qué formato te ayudó más? (elige uno) *

- Lecturas cortas
- Imágenes interactivas
- Videos
- Simuladores
- Trivias

30. ¿Qué te motivó más? (puedes elegir varias)

- Puntos
- Insignias
- Rachas
- Retroalimentación inmediata
- Progreso visual
- Contenido útil

31. La gamificación no distrajo del contenido educativo * (*Escala 1-5*)

32. Planeo seguir usando la app para repasar o consultar temas * (*Escala 1-5*)

Accesibilidad e idioma

33. El tamaño de texto e íconos fue suficiente * (*Escala 1-5*)

34. ¿Usaste lector de pantalla, aumentos o subtítulos?

- Lector de pantalla
- Aumentos
- Subtítulos
- No usé ayudas

35. ¿Preferirías contenido en otro idioma además de español?

- K'iche'
- Q'eqchi'
- Kaqchikel
- No, solo español

Satisfacción general y recomendación

36. En general, estoy satisfecho/a con la app * (Escala 1-5)
37. ¿Qué probabilidad hay de que recomiendes la app a un amigo/colega? * (Escala 0-10, donde 0 = Nada probable y 10 = Muy probable)

11.2. Prototipos en Figma

A continuación se presentan las diferentes iteraciones de diseño realizadas en Figma durante el proceso de prototipado visual de la aplicación.

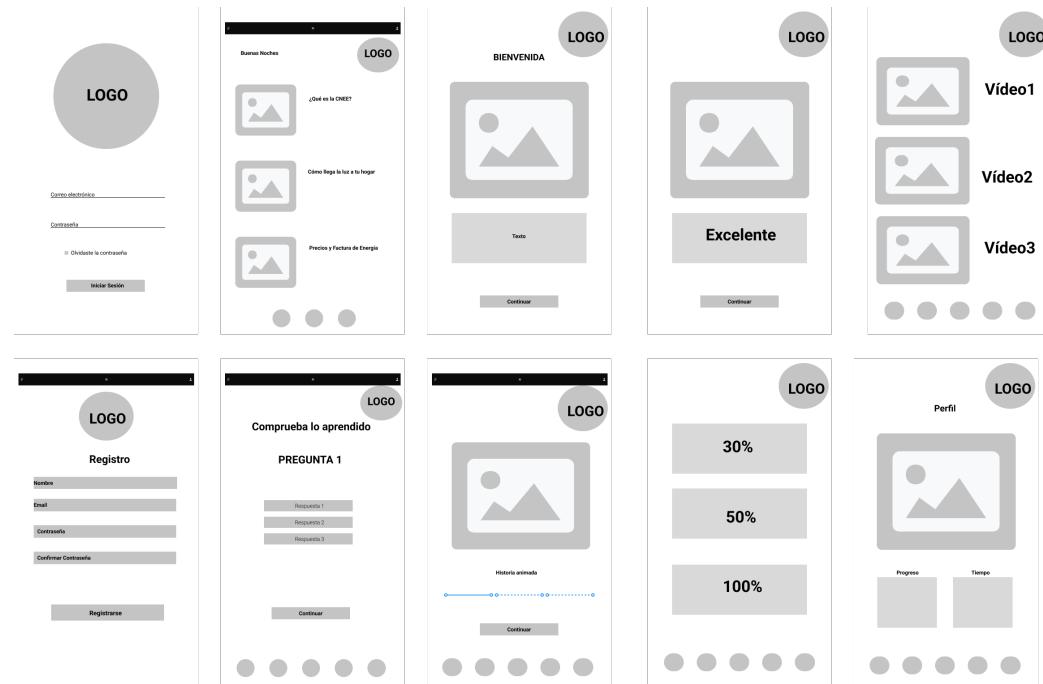


Figura 56: Prototipo Figma – Primera iteración en baja calidad

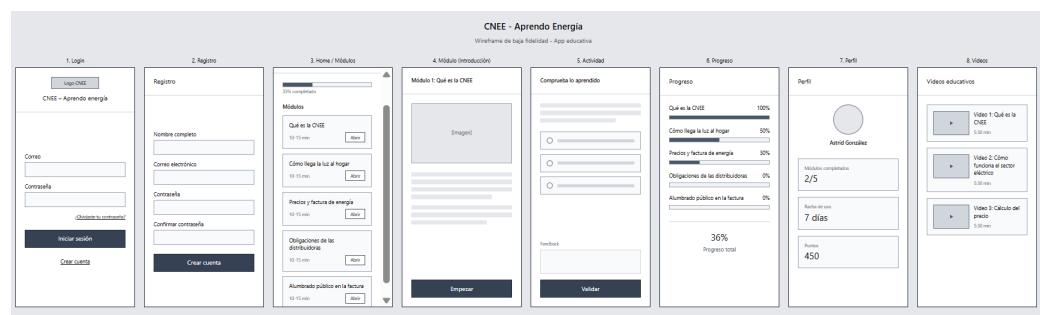


Figura 57: Prototipo Figma – Segunda iteración en baja calidad

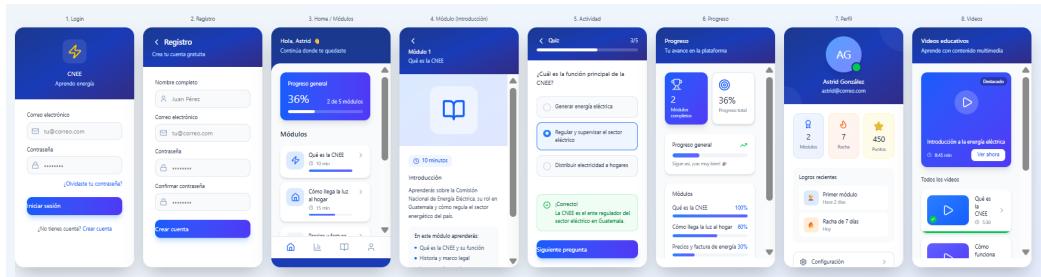


Figura 58: Prototipo Figma – Media calidad



Figura 59: Prototipo Figma – Alta calidad

11.3. Enlaces a videos educativos

Los siguientes videos forman parte del contenido educativo de la aplicación y fueron brindados por la CNEE:

1. Precio de la energía y la factura de luz

https://cneegt-my.sharepoint.com/personal/pestrada_cnee_gob_gt/_layouts/15/stream.aspx?id=%2Fpersonal%2Fpestrada%5Fcnee%5Fgob%5Fgt%2FDocuments%2F2025%2FVIDEOS%20CAMPANA%20PARA%20CNEE%2FEXPORTADOS%20FINAL%20ESPAÑOL%2FVIDEOS%20EN%20ALTA%20RESOLUCION%2FPRECIO%20DE%20LA%20ENERGIA%20Y%20LA%20FACTURA%20DE%20LUZ%2Emov

2. Obligaciones de las distribuidoras

https://cneegt-my.sharepoint.com/personal/pestrada_cnee_gob_gt/_layouts/15/stream.aspx?id=%2Fpersonal%2Fpestrada%5Fcnee%5Fgob%5Fgt%2FDocuments%2F2025%2FVIDEOS%20CAMPANA%20PARA%20CNEE%2FEXPORTADOS%20FINAL%20ESPAÑOL%2FVIDEOS%20EN%20ALTA%20RESOLUCION%2FOBLIGACIONES%20DE%20LAS%20DISTRIBUIDORAS%2Emov

3. Cómo llega la luz a tu hogar

https://cneegt-my.sharepoint.com/personal/pestrada_cnee_gob_gt/_layouts/15/stream.aspx?id=%2Fpersonal%2Fpestrada%5Fcnee%5Fgob%5Fgt%2FDocuments%2F2025%2FVIDEOS%20CAMPANA%20PARA%20CNEE%2FEXPORTADOS%20FINAL%20ESPAÑOL%2FVIDEOS%20EN%20ALTA%20RESOLUCION%2FCOMO%20LLEGA%20LA%20LUZ%20A%20TU%20HOGAR%2Emov

4. Alumbrado público

https://cneegt-my.sharepoint.com/personal/pestrada_cnee_gob_gt/_layouts/15/stream.aspx?id=%2Fpersonal%2Fpestrada%5Fcnee%5Fgob%5Fgt%2FDocuments%2F2025%2FVIDEOS%20CAMPANA%20PARA%20CNEE%2FEXPORTADOS%20FINAL%20ESPAÑOL%2FVIDEOS%20EN%20ALTA%20RESOLUCION%2FALUMBRADO%20PUBLICO%2Emov

2FVIDEOS%20CAMPANA%20PARA%20CNEE%2FEXPORTADOS%20FINAL%20ESPAÑOL%2FVIDEOS%
20EN%20ALTA%20RESOLUCION%2FALUMBRADO%20PUBLICO%2Emov