UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

TEMA:

"IMPLEMENTACIÓN DE LOS PRINCIPIOS Y PAUTAS DE LA WCAG Y LAS GUÍAS DE ERGONOMÍA EN EL REDISEÑO DEL PORTAL WEB UNIVERSITARIO UTN CON BASE EN LA NORMA ISO 9241:171 PARA MEJORAR LA ACCESIBILIDAD"

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero en Tecnologías de la Información.

Línea de investigación: Desarrollo, aplicación de software y cyber security (seguridad cibernética).

AUTOR:

Joan Sebastián Tadeo Chala

DIRECTOR:

MSc. Vicente Alexander Guevara Vega

Ibarra – Ecuador 2026.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
DIRECCIÓN DE BIBLIOTECA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO	
APELLIDOS Y NOMBRES:	Tadeo Chala Joan Sebastian

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	IMPLEMENTACIÓN DE LOS PRINCIPIOS Y PAUTAS DE LA WCAG Y LAS GUÍAS DE ERGONOMÍA EN EL REDISEÑO DEL PORTAL WEB UNIVERSITARIO UTN CON BASE EN LA NORMA ISO 9241:171 PARA MEJORAR LA ACCESIBILIDAD
AUTOR (ES):	Joan Sebastian Tadeo Chala
FECHA: DD/MM/AAAA	03/07/2026
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	[x] **PREGRADO** [ ] **POSGRADO**
TITULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero en Tecnologías de la Información.
DIRECTOR /ASESOR:	MSc. Vicente Alexander Guevara Vega

2. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 03 días del mes de julio de 2026

EL AUTOR:

Validar únicamente en FirmaEC.
Firmado electrónicamente por:
JOAN SEBASTIAN TADEO CHALA

Joan Sebastián Tadeo Chala

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Ibarra, a los 03 días del mes de julio de 2026

MSc. Vicente Alexander Guevara Vega

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICA:

Haber revisado el presente informe final del trabajo de Integración Curricular, el mismo que se ajusta a las normas vigentes de la Universidad Técnica del Norte; en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.

Validar únicamente en FirmaEC.
Firmado electrónicamente por:
VICENTE ALEXANDER GUEVARA VEGA

MSc. Vicente Alexander Guevara Vega

APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR

El Comité Calificador del trabajo de Integración Curricular ""IMPLEMENTACIÓN DE LOS PRINCIPIOS Y PAUTAS DE LA WCAG Y LAS GUÍAS DE ERGONOMÍA EN EL REDISEÑO DEL PORTAL WEB UNIVERSITARIO UTN CON BASE EN LA NORMA ISO 9241:171 PARA MEJORAR LA ACCESIBILIDAD."" elaborado por Joan Sebastián Tadeo Chala, previo a la obtención del título del Ingeniero en Tecnologías de la Información, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Universidad Técnica del Norte:

Validar únicamente en FirmaEC.
Firmado electrónicamente por:
VICENTE ALEXANDER GUEVARA VEGA

MSc. Vicente Alexander Guevara Vega

Validar únicamente en FirmaEC.
Firmado electrónicamente por:
PABLO ANDRES LANDETA LOPEZ

MSc. Pablo Andrés Landeta López

DEDICATORIA

Este trabajo de tesis, se lo dedico a mi mama Anita y a toda mi familia, quienes en base a su apoyo incondicional me guiaron a lograr cada una de mis metas en todo este tiempo y por siempre haber confiado en mí.

Joan Sebastián Tadeo Chala

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi familia por el apoyo incondicional en todos los momentos difíciles e importantes de mi carrera y sobre todo a Dios quien sin su sabiduría y fortaleza sería imposible culminar este camino importante en mi vida.

A mi director MSc. Alexander Guevara y asesor MSc. Pablo Landeta, por ayudarme paso a paso con sus conocimientos durante este tiempo.

Joan Sebastián Tadeo Chala

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA II
AGRADECIMIENTO III
RESUMEN X
ABSTRACT XII
CAPITULO I 13
INTRODUCCIÓN 13
Tema 13
Problema de investigación 13
1.1 Problemática a investigar 13
1.2 Objetivos 14
1.2.1 Objetivo General 14
1.2.2 Objetivos Específicos 14
1.3 Formulación del problema de investigación. 14
1.4 Justificación (máximo dos páginas) 14
1.4.1 Hipótesis o preguntas de investigación 15
Hipótesis General 15
1.4.2 Preguntas de Investigación 16
CAPÍTULO II 17
MARCO TEÓRICO 17
2.1 Revisión sistemática de literatura mediante PRISMA 17
2.1.2 Preguntas de Investigación 17
2.1.3 Fuentes de información y estrategia de búsqueda 18
2.2 Antecedentes 19
2.3 Bases teóricas 21
2.3.1 Revisión de estudios previos sobre accesibilidad en portales web universitarios 21
2.3.2 Casos de estudio relevantes sobre la implementación de normas WCAG y sus impactos. 23
2.3.3 Ejemplos de portales educativos que aplican la norma ISO 9241-171 para personas con discapacidad visual. 27
2.3.4 Accesibilidad web y normativas 30
2.3.5 Pautas WCAG de accesibilidad. 31
2.3.6 Diseño de Interfaz Inclusiva (UX/UI) 32
2.3.7 Herramientas de Evaluación de Accesibilidad 36
CAPÍTULO III 39
3.1 Uso de métodos cualitativos y cuantitativos para evaluar la accesibilidad y 39

la experiencia de usuario. 39
3.2 Definición del proceso metodológico del rediseño del portal web universitario 39
Fase 1. Análisis de accesibilidad inicial 39
Fase 2. Diseño accesible y prototipado accesible 41
Sketch 41
Wireframe 42
Mockup 43
Prototipo interactivo 44
Fase 3. Implementación Tecnológica 45
3.2.3 Entorno tecnológico de implementación 46
Apache Server 46
PHP 46
MySQL 47
WordPress 48
Temas (Themes) 49
Plugins de accesibilidad 49
3.2.4 Arquitectura del portal web accesible basado en WordPress 52
3.2.5 Plugins y complementos de accesibilidad implementados 53
3.2.5.1 One Click Accessibility 54
3.2.5.2 WP Accessibility Helper 55
3.2.5.3 Accessibility Widget y Code Snippets 56
3.2.6 Integración de funcionalidades accesibles en el portal web 59
3.2.6.1 Contraste visual 59
3.2.6.2 Navegación mediante teclado 61
3.2.6.3 Compatibilidad con lectores de pantalla 63
3.2.6.4 Ajuste del tamaño del texto. 64
3.2.6.5 Etiquetas ARIA y estructura semántica 65
3.2.7 Flujo de acceso al portal web accesible 67
3.3 Diagnóstico de Accesibilidad 68
3.4 Pruebas de Usabilidad y Accesibilidad 70
3.4.1 Resultados de la evaluación con lectores de pantalla 71
3.5 Análisis de Datos 76
CAPITULO IV 78
4.1 Funcionalidades principales del portal rediseñado 78
Requisito: Controles de usuario (Cláusula 11) 85
Requisito: Estructura y navegación (Cláusula 12) 85
4.2 Mejoras implementadas en navegación, estructura y contenido 86

4.3 Justificación de la elección de la solución en base a criterios de accesibilidad, usabilidad y resultados del diagnóstico 88
4.4 Análisis técnico de los componentes diseñados en función de la norma ISO y pautas WCAG 91
4.5 Explicación del desarrollo e implementación del portal, incluyendo herramientas y lenguajes de programación utilizados 94
CONCLUSIONES 97
RECOMENDACIONES 97
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS. 99
ANEXOS 105

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Preguntas de Investigación 17
Tabla 2 Fuentes de Información de bases de datos científicas 18
Tabla 3 Criterios de inclusión y exclusión utilizados 19
Tabla 4 Revisión de estudios previos 22
Tabla 5 Casos de Estudio 26
Tabla 6 Porcentajes de usabilidad 27
Tabla 7 Universidades que aplican la norma ISO 9241-171 29
Tabla 8 Diferencia entre pautas y principios de accesibilidad 34
Tabla 9 Ventajas y Desventajas de utilizar pautas y principios de accesibilidad 35
Tabla 10 40
Tabla 11. Subfases del diseño accesible 41
Tabla 12. Plugins de accesibilidad implementados en el portal web 54
Tabla 13. Personalizaciones implementadas mediante Code Snippets 57
Tabla 14 Funcionalidad de contraste visual implementada 60
Tabla 16 Funcionalidad de navegación mediante teclado implementada 62
Tabla 17 Compatibilidad con lectores de pantalla implementada 63
Tabla 18. Funcionalidad de ajuste del tamaño del texto implementada 65
Tabla 19 Implementación de etiquetas ARIA y estructura semántica 66
Tabla 20 Variables, indicadores, técnicas e instrumentos de análisis 76
Tabla 21 Requisito: Presentación de información (Cláusula 9) 84
Tabla 22 Requisito: Interacción mediante teclado (Cláusula 10) 84
Tabla 23 Percepción del prototipo basado en la ISO 9241-171 87
Tabla 24 Resultados preliminares de auditorías automáticas 88
Tabla 15. Resultados de la evaluación de contraste de color mediante Adobe Express Contrast Checker 92
Tabla 25 Relación de componentes implementados con WCAG 2.1 e ISO 9241-171 93
Tabla 26 Lenguajes utilizados 95
Tabla 27 Herramientas utilizadas 95

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Pautas de accesibilidad WCAG 24
Figura 2. Normativas de accesibilidad 30
Figura 3. Principios de accesibilidad web 31
Figura 4. Diseño centrado en el usuario 32
Figura 5. Diseño de Interfaz inclusiva 33
Figura 6. Principios de diseño inclusivo 34
Figura 7 Herramientas de Evaluación de Accesibilidad 37
Figura 8. Herramienta de Accesibilidad 38
Figura 9. Prueba de accesibilidad 40
Figura 10. Herramienta accessiblity checker 40
Figura 11. Sketch inicial del portal web accesible. 42
Figura 12. Wireframe de la página principal del portal web 43
Figura 13. Mockup del portal web universitario accesible 43
Figura 14. Prototipo interactivo desarrollado en Figma. 44
Figura 15. Prototipo interactivo sección Anuncios. 44
Figura 16. Prototipo interactivo sección Noticias. 45
Figura 17. Configuración y ejecución del servidor Apache mediante XAMPP 46
Figura 18. Archivo functions.php utilizado para la configuración y personalización del tema WordPress mediante PHP. 47
Figura 19. Base de datos en phpMyAdmin 48
Figura 20. Panel de administración de WordPress utilizado para la gestión y publicación de contenidos del portal web accesible. 48
Figura 21. Tema WordPress utilizado para definir la estructura visual y la apariencia gráfica del portal web accesible. 49
Figura 22. Plugins de accesibilidad incorporados en WordPress para mejorar la percepción, operabilidad y compatibilidad del portal web 50
Figura 23. Prototipo empleado en wordpress 51
Figura 24. Herramienta de accesibilidad 51
Figura 25. Aplicación de la herramienta One Tap 51
Figura 26. Arquitectura del Portal Web accesible basado en Wordpress. 53
Figura 27. Configuración del plugin One Click Accessibility en WordPress. 55
Figura 28. Configuración del plugin WP Accessibility Helper. 56
Figura 29. Configuración Code Snippets para mejorar la accesibilidad del portal. 58
Figura 30. Fragmentos de código implementados mediante Code Snippets para mejorar la accesibilidad del portal. 58
Figura 31. Fragmentos de código implementados para Menú Hamburguesa mediante Code Snippets para mejorar la accesibilidad del portal. 59
Figura 32. Simulación de visualización del portal web bajo condición de protanopía mediante Oracle Color Contrast Analyzer. 60
Figura 33. Funcionalidad de contraste visual implementada 61
Figura 34. Navegación mediante teclado implementada 62
Figura 35. Compatibilidad con lectores de pantalla implementada 64
Figura 36. Ajuste del tamaño del texto implementado 65
Figura 37. Implementación de etiquetas ARIA y estructura semántica 66
Figura 38. Flujo de acceso al portal web accesible 68

Figura 39. Resultado de la evaluación de accesibilidad al portal actual de la UTN mediante la herramienta Lighthouse 69
Figura 40. Resultado de la evaluación de accesibilidad del portal web rediseñado mediante la herramienta Lighthouse 70
Figura 41. Identificación de errores de accesibilidad en el portal web UTN utilizando la herramienta WAVE 70
Figura 42. Resultado de la pregunta: ¿Utiliza regularmente lectores de pantalla? 71
Figura 43. Resultado de la pregunta: ¿Pudo navegar solo con teclado y lector de pantalla? 72
Figura 44. Resultado de Pregunta: ¿La estructura del contenido (títulos, secciones y enlaces) fue clara al usar el lector de pantalla? 72
Figura 45. Resultados de la Pregunta: ¿El lector de pantalla anunció correctamente los enlaces, botones y elementos interactivos del portal? 73
Figura 46. Resultados de la Pregunta: Durante la navegación, ¿encontró alguna dificultad para acceder a la información del portal? 74
Figura 47. Resultados a Pregunta: ¿Cómo calificaría la accesibilidad del portal web? 74
Figura 48. Resultados a Pregunta: ¿Considera que el portal puede ser utilizado de forma autónoma por personas que usan lectores de pantalla? 75
Figura 49. Vista general del portal web universitario rediseñado. 78
Figura 50. Navegación por teclado con indicador de foco visible. 79
Figura 51. Lista de enlaces del portal web reconocidos por el lector de pantalla JAWS mediante la combinación de teclas Insert + F7. 80
Figura 52. Navegación por encabezados del portal web utilizando la tecla H del lector de pantalla JAWS, evidenciando la correcta estructura semántica del contenido 80
Figura 53. Panel de accesibilidad integrado en el portal web. 81
Figura 54. Estructura de navegación optimizada para facilitar la localización de información académica y administrativa. 82
Figura 55. Adaptación responsiva del portal web accesible en diferentes resoluciones de pantalla 83
Figura 56. Visualización del portal web rediseñado en dispositivos de escritorio, tableta y móvil. 83
Figura 57. Estructura jerárquica de navegación del portal rediseñado. 86
Figura 58. Comparación de percepción de usuarios entre el portal actual y el prototipo rediseñado. 87
Figura 59. Resultados de auditorías automáticas (Tabla 21) 89
Figura 60. Resultados de evaluación automática del portal actual mediante WAVE. 90
Figura 61. Resultados de evaluación automática del prototipo rediseñado mediante Axe. 90
Figura 62. Resultados de evaluación automática del prototipo rediseñado mediante Contrast Checker 91
Figura 63. Evaluación del contraste de color mediante Adobe Express Contrast Checker. 92
Figura 64. Aplicación de criterios WCAG 2.1 de contraste y legibilidad en el portal rediseñado. 94
Figura 65. Entorno de desarrollo del portal rediseñado en WordPress y plugins de accesibilidad utilizados. 96
Figura 66. Navegación estructural del portal rediseñado mediante lector de pantalla. 105
Figura 67. Configuración de funcionalidades de accesibilidad en WordPress 106
Figura 68. Estructura semántica del contenido implementada mediante el editor Gutenberg. 106
Figura 69. Configuración accesible del componente dinámico Slider en el portal rediseñado. 107

RESUMEN

La presente investigación tiene como propósito fundamental rediseñar el portal web de la Universidad Técnica del Norte (UTN), garantizando su accesibilidad conforme a las directrices WCAG 2.0 e ISO 9241-171, con la finalidad de fortalecer la experiencia de uso para toda la comunidad universitaria, con especial atención a las personas con discapacidad visual. Esta propuesta responde a la necesidad de consolidar entornos digitales inclusivos, donde el acceso a la información y a los servicios académicos se desarrolle bajo principios de igualdad, autonomía y accesibilidad.

Con el propósito de cumplir este objetivo, se estructuró una metodología compuesta por cuatro etapas complementarias. La primera comprendió la revisión de literatura especializada y de los fundamentos conceptuales relacionados con la accesibilidad web, permitiendo identificar criterios de diseño y recomendaciones ampliamente aceptadas en el ámbito internacional. La segunda etapa se orientó al diagnóstico del portal institucional mediante herramientas de evaluación automática, entre ellas WAVE, TAW y Axe Dev Tools, cuyos resultados fueron contrastados con pruebas manuales enfocadas en la verificación del contraste cromático y la navegación. Posteriormente, la tercera etapa contempló el desarrollo de un prototipo rediseñado sustentado en las evidencias obtenidas durante el diagnóstico, incorporando mejoras en la arquitectura de navegación, la organización de los menús, el contraste de colores, las etiquetas semánticas y la interacción mediante teclado. La etapa final consistió en evaluar el desempeño del rediseño mediante pruebas de usabilidad realizadas con usuarios reales, complementadas con nuevas mediciones de accesibilidad para verificar el cumplimiento de los criterios establecidos.

Los resultados obtenidos evidencian un desempeño superior del portal rediseñado. La cantidad de errores identificados por las herramientas automáticas se redujo de forma considerable, se alcanzaron los niveles de accesibilidad previstos y las evaluaciones de contraste no reportaron incumplimientos. De igual manera, las pruebas de usabilidad demostraron que los participantes interactuaron con mayor eficiencia y naturalidad, resaltando la facilidad para acceder a menús y contenidos mediante navegación por teclado y el empleo de lectores de pantalla.

Los hallazgos obtenidos demuestran que la incorporación sistemática de criterios de accesibilidad web favorece tanto el cumplimiento de estándares internacionales como el fortalecimiento de la experiencia de usuario y la inclusión digital. En consecuencia, el rediseño

desarrollado constituye una referencia metodológica para futuras intervenciones en portales universitarios y aporta una base sólida para impulsar procesos permanentes de mejora en la accesibilidad de plataformas educativas.

Palabras clave: accesibilidad web, WCAG 2.0, ISO 9241-171, usabilidad, inclusión digital, prototipo rediseñado.

ABSTRACT

The main objective of this research is to redesign the website of the Universidad Técnica del Norte (UTN), ensuring its accessibility in accordance with WCAG 2.0 and ISO 9241-171 guidelines, in order to improve the experience of all users, especially those with visual impairments. The study arose from the need for university digital environments to be inclusive, allowing academic information and services to be accessible on an equal basis.

To achieve this objective, a four-stage methodology was developed. The first stage consisted of reviewing the literature and conceptual frameworks on web accessibility, identifying design criteria and international best practices. The second stage involved diagnosing the current portal using automatic evaluation tools such as WAVE, TAW, and Axe Dev Tools, complemented by manual contrast and navigability tests. In the third stage, a redesigned prototype was created based on the results of the diagnosis, applying adjustments to the menu structure, color contrast, labels, and keyboard navigation, among other elements. Finally, the effectiveness of the redesign was evaluated through usability tests with real users and new accessibility measurements.

The results show a significant improvement in the redesigned portal: the number of errors detected by automatic tools decreased significantly, the required accessibility levels were met, and the contrast tests did not register any failures. Usability tests confirmed that users were able to interact more intuitively and efficiently, highlighting the ease of accessing menus and content using a keyboard and screen readers.

In conclusion, the research shows that a systematic approach to web accessibility not only enables compliance with international standards, but also improves the user experience and ensures digital inclusion. This redesign provides practical guidance for future interventions in university settings and lays the foundation for continuous improvement of accessibility in educational portals.

Keywords: web accessibility, WCAG 2.0, ISO 9241-171, usability, digital inclusion, redesigned prototype

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

Tema

Implementación de los principios y pautas de la WCAG y las guías de ergonomía en el rediseño del portal web universitario UTN con base en la norma ISO 9241:171 para mejorar la accesibilidad.

Problema de investigación

1.1 Problemática a investigar

A pesar de los avances en la digitalización de servicios educativos, la Universidad Técnica del Norte enfrenta desafíos significativos en la accesibilidad de su sitio web, especialmente para personas con discapacidad visual. Actualmente, el diseño del sitio no cumple con las normativas de accesibilidad, lo que limita la inclusión y participación de este grupo en la comunidad académica [1].

La falta de un diseño inclusivo no solo afecta la experiencia de los usuarios con discapacidad visual, sino que también perpetúa barreras en el acceso a la información y los recursos educativos, contribuyendo a la desigualdad en el ámbito académico [2].

Además, el uso inadecuado de técnicas en el diseño de UX/UI (User eXperience y User Interface), así como un bajo cumplimiento de los principios y normativas de accesibilidad, puede resultar una percepción negativa de la universidad y en la disminución de su reputación como una institución comprometida con la inclusión [3].

Por lo tanto, se plantea la necesidad de rediseñar el portal web universitario de la Universidad Técnica del Norte utilizando de los principios de UX/UI Design y las pautas de Accesibilidad para el Contenido Web (WCAG) específicas para personas con discapacidad visual, con el objetivo de mejorar su accesibilidad, promover la inclusión y asegurar que todos los estudiantes tengan igualdad de oportunidades en el acceso a la educación [4].

El rediseño no solo beneficiará a los usuarios con discapacidad, sino que también mejorará la experiencia general de todos los visitantes del sitio, fomentando un entorno digital más equitativo y accesible.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Implementar principios y pautas de la WCAG y las guías de ergonomía en el rediseño del portal web universitario UTN con base en la norma ISO 9241:171 para mejorar la accesibilidad de los contenidos web.

1.2.2 Objetivos Específicos

1. Elaborar un marco conceptual con base en una revisión bibliográfica sobre la aplicación de pautas de accesibilidad en entornos web.
2. Realizar un diagnóstico primario del caso de estudio basado en pruebas de accesibilidad y métricas de la WCAG.
3. Rediseñar el portal web UTN aplicando los principios y pautas de accesibilidad de la WCAG para usuarios con discapacidad visual basado en las guías de la norma ISO 9241:171.
4. Evaluar la usabilidad del rediseño del portal web universitario UTN y la experiencia de usuario.

1.3 Formulación del problema de investigación.

El alcance del presente proyecto se enfocará en mejorar la accesibilidad y usabilidad del portal web UTN para usuarios con discapacidad visual. Para ello, se desarrollará un marco conceptual basado en una revisión bibliográfica sobre accesibilidad web, centrado en las pautas WCAG y la norma ISO 9241-171 [5].

A continuación, se realizará un diagnóstico inicial mediante pruebas de accesibilidad que identifiquen las barreras presentes en el portal actual. En función de estos resultados, se llevará a cabo un rediseño del portal web, siguiendo principios de accesibilidad y usabilidad, con mejoras en estructura, navegación e interacción [5].

Finalmente, se evaluará la usabilidad del nuevo diseño mediante pruebas con usuarios finales, con el fin de validar la eficacia de las mejoras implementadas en términos de experiencia de usuario y accesibilidad [6].

1.4 Justificación (máximo dos páginas)

El presente trabajo de titulación surge en la necesidad de mejorar la accesibilidad y usabilidad en el portal web universitario. Este estudio aportará un enfoque práctico y aplicable para

rediseñar y adaptar plataformas web a las necesidades de las personas con discapacidad visual, con la finalidad de ayudar a minimizar la brecha la brecha significativa en temas de inclusión, con el objetivo de garantizar que los estudiantes con problemas visuales puedan acceder de manera equitativa a la información y recursos académicos. También se generará una evaluación de las metodologías de UX/UI (User eXperience y User Interface) enfocadas en la accesibilidad [7].

La investigación ayudara al acceso a la información educativa para personas con discapacidades visuales. El proyecto beneficiara a estudiantes, ingenieros y comunidad en general de la Universidad Técnica del Norte que podrán ingresar a un portal más inclusivo [1].

El rediseño de la plataforma, basado en principios de accesibilidad garantizará que todos los usuarios, sin importar su capacidad visual, puedan acceder a la información del portal web universitario.

ODS

El Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 10 cobra relevancia al buscar reducir las desigualdades en el acceso a oportunidades. Esto implica no solo disminuir las brechas en ingresos, sino también garantizar la inclusión digital, social y académica de personas pertenecientes a grupos vulnerables. En este sentido, la accesibilidad web es un medio clave para promover la equidad y la participación efectiva en un entorno universitario, impulsando políticas inclusivas y sostenibles que favorezcan la integración de todas las personas [8].

- **Justificación Social**: Este proyecto ayudará a construir una sociedad más inclusiva, donde las personas con discapacidad visual tengan un acceso igualitario a la educación y la información.
- **Justificación Investigativa:** Se generarán nuevos conocimientos sobre la accesibilidad digital, contribuyendo a la innovación en los campos de UX/UI y diseño de sistemas web inclusivos.

1.4.1 Hipótesis o preguntas de investigación

Hipótesis General

La implementación de los principios y pautas de la WCAG junto con las guías de ergonomía basadas en la norma ISO 9241:171 en el rediseño del portal web universitario de la UTN mejora significativamente la accesibilidad y usabilidad para personas con discapacidades.

- **Hipótesis**: Esta hipótesis se enfoca en el impacto directo que tiene la aplicación de las WCAG en la accesibilidad para usuarios con diferentes tipos de discapacidades, proporcionando evidencias de cómo los principios de percepción, operabilidad y comprensión influyen en la experiencia de navegación.
- **Hipótesis**: La integración de las guías de ergonomía basadas en la norma ISO 9241:171 en el rediseño del portal web de la UTN reduce la carga cognitiva y mejora la satisfacción del usuario en términos de facilidad de uso.

1.4.2 Preguntas de Investigación

¿Cómo impacta la implementación de los principios de la WCAG y las guías de ergonomía en la accesibilidad del portal web universitario de la UTN?

¿En qué medida el rediseño del portal web basado en la norma ISO 9241:171 mejora la experiencia de los usuarios con discapacidades?
¿Cuáles son las principales barreras de accesibilidad que enfrentan los usuarios con discapacidades en el portal web actual de la UTN?

¿Qué pautas específicas de la WCAG tienen mayor impacto en la mejora de la accesibilidad del portal web?

¿Qué tan eficaz es el uso de la norma ISO 9241:171 como herramienta de evaluación y guía en el proceso de rediseño del portal?

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Revisión sistemática de literatura mediante PRISMA

Para fundamentar el marco teórico y metodológico de esta investigación, se desarrolló una revisión sistemática de literatura científica empleando la metodología PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) [50]. Este método permitió recopilar, evaluar y sintetizar de manera estructurada los estudios existentes sobre accesibilidad web, usabilidad y diseño inclusivo en portales universitarios.

Área de Interés

La revisión sistemática se centró en estudios relacionados con accesibilidad web, usabilidad, diseño inclusivo, cumplimiento de las pautas WCAG y aplicación de la norma ISO 9241-171 en portales web universitarios y entornos de educación superior. Esta delimitación permitió identificar investigaciones relevantes para el diagnóstico y rediseño del portal web objeto de estudio

2.1.2 Preguntas de Investigación

Las preguntas de investigación (PI) establecidas son 5 descritos en la ¡Error! No se encuentra e l origen de la referencia.**,** estas preguntas sirven como directrices durante el proceso de revisión de documentos relacionados al tema de estudio.

Tabla 1
Preguntas de Investigación

Identificador	Preguntas de investigación	Motivación
PI01	¿Cuáles son las pautas de accesibilidad?	Son las WCAG del W3C, que garantizan que los contenidos web sean perceptibles, operables, comprensibles y robustos.
PI02	¿Qué instituciones son las que norman esta pautas?	Principalmente el W3C y la ISO, junto con normas nacionales como la NTE INEN-ISO/IEC 40500 en Ecuador.

PI03	¿Qué ventajas tiene aplicar pautas en entornos web?	Mejora la inclusión digital, la usabilidad, el cumplimiento normativo y el posicionamiento web (SEO).
PI04	¿Cuáles son las características principales para implementar pautas de accesibilidad?	Uso de texto alternativo**,** contraste adecuado**,** navegación por teclado**,** estructura semántica **y** compatibilidad asistiva**.**
PI05	¿Cómo se distribuye la información de manera accesible en la web?	Mediante estructura jerárquica clara**,** etiquetas correctas**,** textos descriptivos y versiones alternativas del contenido**.**

2.1.3 Fuentes de información y estrategia de búsqueda

La revisión sistemática PRISMA se realizó en las bases de datos Scopus, IEEE Xplore, ScienceDirect, SpringerLink y Google Scholar. Se aplicaron operadores booleanos para combinar los términos de búsqueda, tales como: ('web accessibility' OR 'inclusive design') AND ('WCAG 2.1' OR 'ISO 9241-171') AND ('university websites' OR 'higher education'). Se incluyeron artículos en inglés y español publicados entre 2019 y 2025, garantizando la actualidad de la información. La gestión de referencias se realizó mediante el software Zotero [50].

A continuación, en la siguiente **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se d etallará los artículos encontrados.

Tabla 2
Fuentes de Información de bases de datos científicas

Base Bibliográfica	Cadena de Búsqueda	Total
Scopus	('web accessibility, inclusive design)	16
IEEE Xplore	(university websites, WCAG compliance)	10
ScienceDirect	(accessibility analysis)	8
SpringerLink	('WCAG 2.1, accessibility standards)	4
Google Scholar	(higher education, academic portals)	4

Total	42 artículos

Siguiendo el protocolo de investigación de la revisión de literatura PRISMA se procede a realizar la inclusión y exclusión de artículos científicos de acuerdo al área de interés como se puede observar en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.Tabla 3**

riterios de inclusión y exclusión utilizados

ID	Criterio de inclusión	Criterio de exclusión
CIE1	Artículos publicados entre 2019 y 2025.	Artículos previos a 2019.
CIE2	Estudios en revistas indexadas o conferencias revisadas por pares.	Publicaciones en blogs o duplicados.
CIE3	Trabajos sobre métodos de evaluación de accesibilidad web.	Temas distintos a accesibilidad web o de baja relevancia.
CIE4	Documentos en inglés o español.	Publicaciones en otros idiomas.
CIE5	Texto completo disponible.	Solo resúmenes o accesos limitados.

2.2 Antecedentes

De acuerdo con Ismail y Kuppusamy, el propósito fundamental de la accesibilidad web es garantizar que todas las personas, sin importar las discapacidades que puedan tener, puedan acceder fácilmente a las páginas en línea [9]. Esto implica crear sitios web que sean intuitivos y sencillos de usar para todos, incluyendo a aquellos con diversas discapacidades. Por ejemplo, una persona con problemas de visión puede utilizar un lector de pantalla para escuchar el contenido de una página web. Si el diseño del sitio es adecuado, el lector de pantalla podrá procesar la información correctamente y leerla en voz alta para el usuario.

En el ámbito de la accesibilidad web, es esencial tener presente las Pautas de Accesibilidad al Contenido en la Web (WCAG), que han ido evolucionando desde su primera versión 1.0 hasta la 2.0. Estas pautas establecen principios que aseguran que los sitios web sean funcionales, fáciles de entender, sólidos y accesibles para todos, incluyendo a las personas con discapacidades visuales [10]. Además, se ha subrayado la importancia de realizar pruebas de accesibilidad en los sitios web de las instituciones educativas. Un claro ejemplo de esto se encuentra en el análisis de las páginas de la Universidad de Valladolid, donde se utilizaron

herramientas como Access Monitor y Taw para comprobar si cumplían con las normativas internacionales de accesibilidad [11].

Un análisis comparativo realizado en 2019 sobre la accesibilidad de los portales informativos del estado ecuatoriano puso de manifiesto que, a pesar de los esfuerzos realizados tras la adopción de la normativa NTE INEN-ISO 40500, muchos sitios web todavía presentan importantes carencias en cuanto a su accesibilidad [12]. Esto sugiere que, aunque se han fijado plazos y regulaciones, la implementación efectiva de estas directrices sigue siendo un reto considerable. La falta de cumplimiento no solo impacta a las personas con discapacidades, sino que también restringe el acceso a la información y a los servicios para una amplia gama de usuarios, incluidas las personas mayores y aquellos con habilidades tecnológicas limitadas. [13].

Según la investigación de Simon Harper en el 2021 dentro de la Universidad de Edimburgo también se ha centrado en cómo la accesibilidad web impacta la experiencia de aprendizaje de los estudiantes. Ha explorado cómo las barreras de accesibilidad pueden afectar el rendimiento académico y la participación de los estudiantes con discapacidades. Su trabajo ha demostrado que la falta de accesibilidad en las plataformas de aprendizaje puede llevar a una disminución en la participación de estos estudiantes, lo que a su vez puede afectar su rendimiento académico y su experiencia general en la educación [14].

En el cual han investigado la accesibilidad de sus plataformas de aprendizaje en línea y han implementado cambios basados en las pautas de la WCAG [5].

Algunas universidades han rediseñado sus sitios web siguiendo las pautas de la WCAG y las normas de ergonomía, y han logrado cambios importantes. Por ejemplo, varias han reorganizado la estructura de sus páginas, lo que ha hecho que navegar por ellas sea más fácil y que la información se presenta de manera más clara [15]. Estos casos no solo muestran cómo aplicar estas pautas de forma efectiva, sino que también ofrecen lecciones valiosas sobre los retos y beneficios de hacer un rediseño pensando en la accesibilidad [16].

En la Universidad de Salamanca en España se han realizado investigaciones importantes sobre la accesibilidad de los sitios web de la universidad y su impacto en la inclusión educativa. Estos estudios han examinado cómo las dificultades para acceder a la información en línea pueden restringir la participación de los estudiantes con discapacidades, lo que a su vez influye en su experiencia de aprendizaje y en su desempeño académico [11]. La investigación subraya la necesidad de desarrollar entornos digitales accesibles que brinden

a todos los estudiantes, sin importar sus capacidades, la oportunidad de acceder a los recursos educativos de manera justa [17].

El investigador José Luis Fernández ha explorado en sus investigaciones la importante conexión entre la accesibilidad web y la inclusión educativa en la Universidad de Salamanca. Su trabajo destaca que las barreras de accesibilidad en los sitios web universitarios pueden afectar directamente la capacidad de los estudiantes con discapacidades para participar plenamente en su educación. Esto incluye problemas para acceder a materiales de estudio [11].

Fernández señala que la falta de accesibilidad no solo impide el acceso a la información, sino que también puede generar sentimientos de exclusión y frustración en los estudiantes con discapacidades. Este escenario puede disminuir su motivación y rendimiento académico, contribuyendo a una brecha en las oportunidades educativas igualitarias [18]. José Luis Fernández destaca que la accesibilidad web es fundamental para garantizar que todos los estudiantes, sin importar sus capacidades, tengan la oportunidad de acceder a una educación de calidad y estar plenamente involucrados en su aprendizaje. Este enfoque no solo beneficia a los estudiantes con discapacidad, sino que también enriquece la experiencia educativa de toda la comunidad universitaria [19].

Fernández también menciona lo crucial que es adoptar una actitud proactiva al diseño de entornos digitales. Esto no solo significa seguir las pautas de accesibilidad, como las que marcan las WCAG, sino también involucrar a los usuarios con discapacidades en el proceso de diseño. De esta manera, las universidades pueden garantizar que sus plataformas sean verdaderamente inclusivas y útiles para todos los estudiantes.

La investigación de Fernández destaca que cuando estos portales no son accesibles, los estudiantes con discapacidades pueden enfrentar serias dificultades para acceder a materiales de estudio.

2.3 Bases teóricas

2.3.1 Revisión de estudios previos sobre accesibilidad en portales web universitarios

La accesibilidad web se refiere a la práctica de diseñar sitios web que sean utilizables por todas las personas, incluidas aquellas con discapacidades. En el contexto universitario, esto es especialmente importante, ya que las instituciones educativas deben garantizar que todos los estudiantes, independientemente de sus capacidades, puedan acceder a la información y los recursos académicos [20].

En 2019, se realizó un estudio en universidades de España que evaluó la accesibilidad web para estudiantes con discapacidad visual. El análisis reveló que el diseño de las interfaces y la forma en que se organiza la navegación en los portales universitarios son factores fundamentales para hacerlos más accesibles [11]. Entre las recomendaciones clave del estudio, se destacó la necesidad de evitar el uso de imágenes sin descripción alternativa, mejorar la navegación mediante teclado y asegurarse de que el código HTML tenga una estructura semántica adecuada, lo que permite a los lectores de pantalla interpretar la información correctamente[19].

Una revisión realizada por Amy T. Parker (2021) tuvo como objetivo principal identificar y analizar las tecnologías de navegación que pueden facilitar el acceso a la información en línea para personas con discapacidades visuales. Parker y sus colegas buscan resaltar cómo estas herramientas pueden mejorar la experiencia del usuario y fomentar una mayor inclusión en entornos académicos [21]., la revisión estuvo enfocada en el impacto en la experiencia de usuario **Tabla *4***, en la cual menciona que la revisión sugiere que la implementación de estas tecnologías puede tener un impacto significativo en la experiencia de los usuarios con discapacidades visuales [22]. Al facilitar el acceso a la información, se promueve una mayor participación en actividades académicas y se reduce la sensación de exclusión que a menudo enfrentan estos estudiantes [23].

Tabla 4
Revisión de estudios previos

Estudio	Objetivo	Hallazgos Clave
Estudio en Universidades de España (2019)	Evaluar la accesibilidad web para estudiantes con discapacidad visual.	El diseño de interfaces y la organización de la navegación son fundamentales para la accesibilidad.
Revisión de Amy T. Parker (2021)	Identificar tecnologías de navegación que faciliten el acceso a	Las tecnologías pueden mejorar la experiencia de usuario y fomentar la inclusión en entornos académicos.

	la información en línea.	
Rediseño del portal de la Universidad de Melbourne	Evaluar el cumplimiento de las Pautas de Accesibilidad al Contenido en la Web (WCAG).	Se mejoró la percepción, usabilidad y comprensión del contenido para todos los usuarios.
Evaluación de la Universidad de Valladolid (2022)	Cumplir con los niveles de accesibilidad AA y AAA.	Existen barreras significativas que afectan a los usuarios con discapacidades.

2.3.2 Casos de estudio relevantes sobre la implementación de normas WCAG y sus impactos.

Las Pautas de Accesibilidad para el Contenido Web (WCAG) son un conjunto de recomendaciones creadas para garantizar que el contenido en línea sea accesible para todas las personas[24]. Diversos estudios han documentado cómo se han implementado estas pautas en los portales web universitarios. Por ejemplo, una investigación comparativa sobre la accesibilidad de portales informativos del gobierno ecuatoriano mostró que, aunque se han hecho esfuerzos para cumplir con las WCAG, todavía persisten barreras importantes que dificultan el acceso de las personas con discapacidad [5]. Estos estudios subrayan la necesidad de realizar auditorías periódicas y de involucrar a usuarios con discapacidad en las fases de diseño y evaluación para mejorar la accesibilidad.



Figura 1. *Pautas de accesibilidad WCAG*

En 2021, la Universidad Tecnológica de Chile (INACAP) emprendió un proceso de actualización de su portal web con un enfoque en accesibilidad para usuarios con discapacidad visual. Este rediseño estuvo basado en las pautas WCAG y en el cumplimiento de la norma ISO 9241:171 [25].

En el cual se realizaron diversas acciones para hacer más accesible el portal web. Primero, se organizó el contenido de manera que los lectores de pantalla pudieran identificar correctamente los elementos de la página, con una estructura clara y una adecuada etiquetación de formularios y botones [26]. También se mejoró el contraste entre el texto y el fondo, y se añadieron opciones de personalización para que los usuarios con baja visión pudieran ajustar estos detalles según sus necesidades. Además, se implementaron cambios importantes para cumplir con las pautas WCAG 2.1, centrando esfuerzos en mejorar la navegación con teclado y asegurando que enlaces y botones fueran totalmente accesibles para todos [27].

Otro caso de estudio importante es la Evaluación de accesibilidad en el portal web de la Universidad de Melbourne (Australia), en el cual El rediseño del portal web se enfocó en seguir las pautas WCAG 2.0, buscando cumplir con los niveles de accesibilidad AA y AAA [28]. Esto implicó asegurarse de que el contenido fuera perceptible para cualquier usuario, sin importar sus capacidades sensoriales, fácil de usar para todos, independientemente de sus habilidades motoras, y comprensible**,** de modo que fuera claro y sencillo de entender para cualquiera[29].

El rediseño también incluyó la norma ISO 9241-171, que se enfoca en la ergonomía de las interfaces. Esta norma ayudó a que el sitio fuera más interactivo, fácil de usar y mejorara la

experiencia del usuario[28]. Se tuvieron en cuenta cosas como usar colores que se contrasten bien, organizar la información de forma clara, asegurar que el sitio fuera compatible con dispositivos móviles y que la navegación fuera simple e intuitiva [22].

Para asegurarse de que todo funcionara bien, se hicieron pruebas con estudiantes y personal de la universidad que tienen distintas discapacidades, como ceguera, problemas auditivos y dificultades cognitivas.

En el 2022 se realizó una investigación sobre la accesibilidad del portal web de la Universidad de Valladolid, se centró en evaluar cómo el sitio web de la universidad cumple con las Pautas de Accesibilidad al Contenido en la Web (WCAG). Se encontró que, a pesar de los esfuerzos por cumplir con las WCAG, aún existían barreras significativas que afectaban a los usuarios con discapacidades [11].

A pesar de los esfuerzos realizados por la Universidad de Valladolid para cumplir con las pautas de accesibilidad, la investigación reveló que aún existían barreras significativas. Entre los problemas identificados se incluyen:

Falta de Texto Alternativo: Muchas imágenes en el sitio no contaban con descripciones alternativas adecuadas, lo que impide que los usuarios de lectores de pantalla comprendan el contenido visual.

Contrastes de Color Inadecuados: Se encontraron problemas con el contraste entre el texto y el fondo, lo que dificulta la lectura para personas con discapacidades visuales.

Navegación No Intuitiva: La estructura de navegación del sitio no era siempre clara, lo que puede confundir a los usuarios que dependen de tecnologías de asistencia.

El estudio sobre la accesibilidad del portal web de la Universidad de Valladolid destaca los avances logrados, pero también señala los retos que siguen existiendo en la construcción de espacio.

La revisión ofreció sugerencias concretas para mejorar la accesibilidad del portal universitario, que van desde agregar texto alternativo en todas las imágenes, hasta optimizar la estructura de navegación y utilizar colores con contrastes adecuados para el portal, en el cual se nota el desafío enorme con mejorar la accesibilidad del portal universitario[30]. En la

revisión se utilizó diversas herramientas de análisis de accesibilidad, como Access Monitor y Taw, para evaluar el cumplimiento del portal web con las WCAG [31].

A pesar de los avances, es evidente que se requiere un enfoque continuo y proactivo para identificar y eliminar las barreras que afectan a los usuarios con discapacidades (ver Tabla 5).

Tabla 5

Casos de Estudio

Caso de Estudio	Universidad	Impactos Observados
Accesibilidad en el Portal Web	Universidad Tecnológica de Chile	Mejora en la accesibilidad de la información y aumento en la satisfacción de los usuarios con discapacidades.
Accesibilidad en Universidades de España (2019)	Varias universidades en España	Identificación de barreras significativas que afectan a estudiantes con discapacidad visual.
Evaluación de Accesibilidad	Universidad de Melbourne	Mejora en la percepción y usabilidad del contenido para todos los usuarios.
Rediseño del Portal Web	Universidad de Valladolid	Se encontraron barreras que limitan el acceso a la información.

Estudio de usabilidad del Ecuador

El análisis reveló como se indica Tabla 6, aunque algunos portales universitarios cumplen adecuadamente con los criterios relacionados con la navegación, otros aspectos, como las funciones de búsqueda, presentan serias carencias [32]. Por ejemplo, las universidades clasificadas en la categoría A alcanzaron apenas una calificación de 0.6 sobre 100 en el criterio de búsqueda, lo que resalta la urgencia de optimizar esta funcionalidad [32]. Además, el estudio destaca la importancia de mejorar elementos como la combinación de colores, el tamaño y tipo de las fuentes, así como la claridad en la presentación de políticas de privacidad y el manejo de cookies. Estas mejoras no solo facilitarían el uso de los sitios web, sino que también garantizarían una experiencia más intuitiva y satisfactoria [33].

Tabla 6

Porcentajes de usabilidad

UNIVERSIDAD	Porcentaje de usabilidad	Aspectos y métricas 0-10
Escuela Politécnica Nacional	83.24	10
Universidad de Cuenca	72.24	7.45
Universidad Católica Santiago de Guayaquil	93.19	8.90
De las Fuerzas Armadas - ESPE	38.96	9.67
Universidad Técnica del Norte	89.20	9,20
Universidad de las Américas - UDLA	93.83	8,00

2.3.3 Ejemplos de portales educativos que aplican la norma ISO 9241-171 para personas con discapacidad visual.

La norma ISO 9241-171 se centra en la ergonomía de la interacción humano-sistema, proporcionando directrices para el diseño de interfaces que sean accesibles y usables para personas con discapacidad visual [34]. Ejemplos de portales educativos que han implementado esta norma incluyen plataformas que utilizan lectores de pantalla y ofrecen opciones de personalización de la interfaz, como el ajuste de contrastes y tamaños de fuente. Estos portales han demostrado mejorar la experiencia de usuario y facilitar el acceso a la información académica [35].

Un ejemplo que aplica la norma ISO 9241-171 fue la Universidad de Toronto que ha aplicado los principios de las WCAG 2.0, poniendo un enfoque especial en los usuarios con

discapacidad visual. Su sitio web incluye funciones como alto contraste, la opción de ajustar el tamaño del texto y un sistema de navegación por voz [36]. También han integrado la norma ISO 9241-171 en el diseño, asegurando que las interfaces no sean solo accesibles, sino también cómodas de usar [37]. Los colores se eligen para ofrecer el mejor contraste, los menús son fáciles de navegar con el teclado y la disposición de la información es clara y coherente. la Universidad de Toronto se enfoca en asegurar que su portal sea accesible para personas con discapacidad visual[19].

Otro ejemplo es el portal web de la Universidad de Melbourne ha adoptado las pautas WCAG 2.0 y la norma ISO 9241-171 para asegurar que sea accesible e inclusivo. Ofrece la opción de ajustar el contraste y tiene una navegación clara, lo que facilita el uso para personas con discapacidad visual [38]. También se han incorporado principios ergonómicos que hacen la interacción más cómoda, con opciones de navegación a través del teclado y pantallas táctiles. Además, la interfaz está diseñada siguiendo la norma ISO 9241-171, lo que ayuda a reducir la fatiga visual y mejora la legibilidad [34].

Universidad de Toronto

La Universidad de Toronto ha implementado la norma ISO 9241-171 en su portal web, asegurando que sea accesible para personas con discapacidad visual. En el cual incluye:

Alto Contraste: Opciones para ajustar el contraste de colores, facilitando la lectura.
Ajuste de Tamaño de Texto: Permite a los usuarios modificar el tamaño del texto según sus necesidades.
Navegación por Voz: Integración de sistemas de navegación que permiten a los usuarios interactuar con el sitio mediante comandos de voz.

Universidad de Salamanca

La Universidad de Salamanca ha llevado a cabo investigaciones sobre la accesibilidad de su portal web, aplicando la norma ISO 9241-171. Las acciones incluyen:

Reorganización de Contenidos: Se mejoró la disposición de la información para que sea más clara y fácil de entender.

Pruebas de Accesibilidad: Se utilizaron herramientas de análisis para identificar y corregir barreras de accesibilidad.

Capacitación del Personal: Se implementaron programas de formación para el personal sobre diseño accesible y la importancia de la inclusión.

A través de la implementación de características específicas y la realización de pruebas de usabilidad, estas universidades buscan garantizar que todos los estudiantes como se observa Tabla 7, independientemente de sus capacidades, puedan acceder a la información y recursos educativos de manera equitativa

Tabla 7

Universidades que aplican la norma ISO 9241-171

Universidad	Características del Portal	Beneficios del Portal
Universidad de Toronto	1. Opción de ajustar el tamaño del texto 2. Sistema de navegación por voz 3. Diseño ergonómico que reduce la fatiga visual	Mejora la accesibilidad para usuarios con discapacidad visual
Universidad de Melbourne	1. Opción de ajustar el contraste. 2. Navegación clara y fácil de usar. 3. Interacción cómoda con opciones de navegación a través del teclado y pantallas táctiles.	Aumenta la satisfacción del usuario
Universidad de Salamanca	1. Reorganización de contenidos para mayor claridad. 2. Pruebas de accesibilidad para identificar y corregir barreras de accesibilidad. 3. Capacitación del personal sobre el diseño accesible e inclusión.	Fomenta un entorno inclusivo y mejora la experiencia de aprendizaje para todos los estudiantes.
Universidad de Valladolid	1. Optimización de la estructura de navegación. 2. Mejora en el contraste de colores	Facilita el acceso a la información para usuarios con discapacidades.

3. Implementación de texto alternativo en Imágenes

2.3.4 Accesibilidad web y normativas

La accesibilidad web está respaldada por diferentes normativas y leyes tanto a nivel internacional como nacional. En Ecuador, por ejemplo, existe un marco legal que fomenta la inclusión de personas con discapacidad en el ámbito educativo, abarcando la accesibilidad de los sitios web de las universidades. Sin embargo, a pesar de la existencia de estas regulaciones, muchos portales web todavía no cumplen con los estándares establecidos, lo que restringe el acceso a la educación para este grupo [39].



***Figura 2**. Normativas de accesibilidad*

La accesibilidad web es clave al diseñar sitios y servicios digitales, especialmente para personas con discapacidades. Se trata de asegurar que todas las personas, sin importar sus habilidades o limitaciones, puedan acceder, navegar y utilizar el contenido de un sitio web de manera efectiva [29]. En el caso de la Universidad Técnica del Norte (UTN), aplicar los principios y pautas de las WCAG (Web Content Accessibility Guidelines) junto con las guías de ergonomía basadas en la norma ISO 9241:171 es fundamental para mejorar la accesibilidad del portal web [1]. Esto asegura que estudiantes, docentes y personal con discapacidad puedan acceder de manera plena a toda la información y recursos disponibles en el sitio[40].

2.3.5 Pautas WCAG de accesibilidad.

Las WCAG se dividen en principios fundamentales: Perceptible, Operable, Comprensible y Robusto. Cada principio incluye criterios específicos que deben cumplirse para garantizar que el contenido web sea accesible. Por ejemplo, el principio Perceptible exige que la información sea presentada de manera que los usuarios puedan percibirla, lo que incluye el uso de texto alternativo para imágenes y subtítulos para videos. La implementación de estas pautas es crucial para mejorar la accesibilidad de los portales web universitarios [41].



Figura 3. *Principios de accesibilidad web*

Perceptible: Garantiza el acceso a la información mediante diversos sentidos, como añadir texto alternativo a imágenes y vídeos o posibilitar modificaciones visuales para potenciar la lectura.

Operable: Garantiza que los usuarios puedan navegar y usar el sitio de manera efectiva, independientemente de sus capacidades motoras. Esto incluye la navegación con teclado, la eliminación de tiempos limitados para interactuar con el contenido y la posibilidad de personalizar la interfaz.

Comprensible: Garantiza que tanto los datos como la interfaz sean de fácil comprensión y uso. Esto puede abarcar la utilización de un idioma sencillo, directrices precisas y una estructura consistente en todo el sitio web.

Robusto: El contenido debe ser compatible con diversas tecnologías de asistencia y dispositivos, como los lectores de dispositivos de lectura de libros.

Además de las pautas WCAG, el rediseño del portal web de la UTN se debe basar en la norma ISO 9241-171, que se centra en la ergonomía de las interfaces**.**

Interacción intuitiva: El diseño debe facilitar una experiencia de usuario fluida, con una interfaz clara y fácil de navegar. Esto incluye menús accesibles, botones bien colocados y opciones de navegación simples.

Diseño centrado en el usuario: Un diseño enfocado en el usuario implica comprender las necesidades de los usuarios y desarrollar una interfaz que evite el agotamiento visual y haga que el contenido sea más.



Figura 4. *Diseño centrado en el usuario*

2.3.6 Diseño de Interfaz Inclusiva (UX/UI)

El diseño de interfaz inclusiva (UX/UI) tiene como objetivo crear experiencias de usuario accesibles y agradables para todos, sin importar sus habilidades. Esto implica considerar las necesidades de las personas con discapacidad desde las primeras fases del diseño. Implementar principios de diseño inclusivo no solo facilita el acceso, sino que también mejora la experiencia general del usuario, lo que fomenta una mayor participación y satisfacción [42].



Figura 5. *Diseño de Interfaz inclusiva*

La norma ISO 9241-171 se enfoca en hacer que las interfaces de usuario sean cómodas, fáciles de usar y eficientes, especialmente para personas con discapacidades [42]. Al aplicar esta norma en el rediseño del portal web de la UTN, es importante garantizar que la interacción sea cómoda para todos los usuarios, minimizando la fatiga o el esfuerzo innecesario [43].

Este enfoque busca asegurarse de que personas con diferentes habilidades, incluyendo aquellas con discapacidades visuales, auditivas, motoras o cognitivas, puedan acceder, navegar y usar sitios web o aplicaciones sin dificultades.

Principios clave del diseño de interfaz inclusiva.

Accesibilidad: El diseño debe garantizar que el contenido sea accesible para todos los usuarios, incluidos aquellos que utilizan tecnologías de asistencia como lectores de pantalla, teclados alternativos o software de reconocimiento de voz.

Usabilidad: Un buen diseño de interfaz no solo se centra en la estética, sino también en la facilidad de uso**.**

Flexibilidad y personalización: El diseño inclusivo debe permitir la personalización, de modo que los usuarios puedan ajustar la interfaz según sus necesidades.

Ergonomía: El diseño debe ser cómodo para los usuarios, minimizando el esfuerzo físico o cognitivo necesario para interactuar con la interfaz.

Inclusión de la retroalimentación del usuario: Es importante recibir retroalimentación constante de los usuarios con discapacidades.



Figura 6. *Principios de diseño inclusivo*

En la Tabla 8 se logra visualizar las diferencias entre las pautas y principios de accesibilidad, así como los contenidos de accesibilidad.

Tabla 8
Diferencia entre pautas y principios de accesibilidad

Diferencias entre pautas y principios de la accesibilidad.	Pautas	Principios
1. Las pautas de accesibilidad son los objetivos que se deben lograr para que el contenido sea accesible.	Las pautas son concretas y prácticas.	Los principios son más abstractos y amplios
2. Los principios se centran en los objetivos que se deben alcanzar para garantizar que todos los usuarios, incluidas las personas con discapacidades, puedan acceder y utilizar la información y los servicios en línea.	Las pautas son más específicas y pueden variar según el contexto o el tipo de contenido.	Los principios fomentan una mentalidad inclusiva en el diseño y desarrollo de contenido
3. Las pautas de accesibilidad son recomendaciones específicas y	Las pautas pueden incluir requisitos	Los principios fomentan una mentalidad inclusiva

	detalladas que proporcionan instrucciones sobre cómo implementar los principios de accesibilidad en el diseño y desarrollo de contenido web.	técnicos y de diseño que deben cumplirse.	en el diseño y desarrollo de contenido
4.	**Los principios son más abstractos y amplios, mientras que las pautas son concretas y prácticas, proporcionando pasos claros a seguir.**	Las pautas pueden ser actualizadas con mayor frecuencia para reflejar cambios tecnológicos.	Los principios son universales y aplicables a todos los tipos de contenido y plataformas.

A continuación se puede visualizar las ventajas y desventajas de utilizar pautas en portales de acceso público, como se muestra en la Tabla 9 Ventajas y Desventajas de utilizar pautas y principios de accesibilidad

Tabla 9

Ventajas y Desventajas de utilizar pautas y principios de accesibilidad

Ventajas y Desventajas de utilizar pautas y principios de la accesibilidad	Ventajas	Desventajas
1. Un portal web accesible llega a un público más amplio, lo que puede traducirse en más visitas, clientes o usuarios.	Un sitio accesible puede mejorar la reputación de la organización y su compromiso social.	Las pautas pueden cambiar con el tiempo, lo que implica la necesidad de actualizaciones constantes.
2. Implementar la accesibilidad desde el principio requiere una inversión de tiempo y recursos, tanto en el diseño como en el desarrollo y el	Ayudan a cumplir con normativas y leyes sobre accesibilidad, evitando posibles sanciones.	Implementar la accesibilidad desde el principio requiere una inversión de tiempo y recursos, tanto en el diseño como en el desarrollo y el mantenimiento del sitio web.

	mantenimiento del sitio web.		
3.	**Las pautas de accesibilidad no solo benefician a personas con discapacidad.**	Un portal web accesible llega a un público más amplio, lo que puede traducirse en más visitas, clientes o usuarios.	A pesar de seguir las pautas, algunos sitios aún pueden tener barreras que afectan a los usuarios.
4.	**Las pautas de accesibilidad evolucionan con el tiempo, al igual que las tecnologías web. Es necesario mantenerse actualizado y adaptar el sitio web a las nuevas recomendaciones para asegurar una accesibilidad continua.**	Facilitan la adaptación a nuevas tecnologías y tendencias, manteniendo el sitio relevante.	La capacitación en accesibilidad puede ser necesaria, lo que implica un costo adicional y tiempo de aprendizaje
5.	**Al cumplir con las pautas y principios de accesibilidad se demuestra un compromiso ético con la igualdad de oportunidades.**	Fomentan una cultura de mejora continua en el diseño y desarrollo web.	Puede haber resistencia al cambio por parte de diseñadores y desarrolladores que están acostumbrados a métodos tradicionales.

2.3.7 Herramientas de Evaluación de Accesibilidad

Existen diversas herramientas disponibles para evaluar la accesibilidad de los sitios web. Estas herramientas permiten realizar auditorías automáticas y manuales para identificar barreras de accesibilidad [44]. Por ejemplo, TAW Web es una herramienta que se ha utilizado para analizar

portales web en Ecuador, revelando que, aunque ha habido mejoras en el cumplimiento de las WCAG, aún persisten desafíos significativos. La utilización de estas herramientas es fundamental para garantizar que los portales web universitarios cumplan con los estándares de accesibilidad [45].



Figura 7 *Herramientas de Evaluación de Accesibilidad*

Un ejemplo concreto de herramienta utilizada en la evaluación de la accesibilidad es TAW Web, una herramienta de auditoría que se ha implementado en portales web en Ecuador [12]. El uso de TAW Web ha permitido obtener resultados que, aunque demuestran avances en la adherencia a las pautas de accesibilidad de la WCAG (Web Content Accessibility Guidelines), también revelan que existen barreras persistentes que aún dificultan el acceso a una parte de la población [46]. Este hecho resalta la importancia de seguir realizando auditorías regulares y actualizaciones en los sitios web, ya que la accesibilidad es un proceso continuo, no algo que se pueda lograr con una sola revisión.

Implementar herramientas para evaluar la accesibilidad es clave para asegurar que el portal web UTN sea accesible para todos, incluyendo a personas con discapacidades [47]. La accesibilidad web es una prioridad importante al diseñar sitios, sobre todo cuando se busca cumplir con los principios y pautas de las Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) y las guías de ergonomía basadas en la norma ISO 9241:171 [48].

Algunas de las herramientas que analizan la accesibilidad están:

WAVE (Web Accessibility Evaluation Tool): Es una herramienta bastante intuitiva que permite analizar la accesibilidad de las páginas web directamente desde el navegador.

Axe Accessibility Checker: Realiza un análisis exhaustivo de la página web en busca de errores relacionados con las pautas de accesibilidad, como las que establece la WCAG (Web Content Accessibility Pautas)

Color Contrast Analyzer: Esta herramienta ayuda a evaluar el contraste de color entre el texto y el fondo, asegurando que cumpla con las pautas de accesibilidad para personas con discapacidades visuales.

UserTesting: Esta plataforma permite realizar pruebas de usabilidad con usuarios reales, incluidas personas con discapacidades.



Figura 8. *Herramienta de Accesibilidad*

Validator W3C de accesibilidad: Es como una revisión técnica que asegura que un sitio web sea fácil de entender, navegar y usar, cumpliendo con los estándares internacionales de accesibilidad web.

CAPÍTULO III

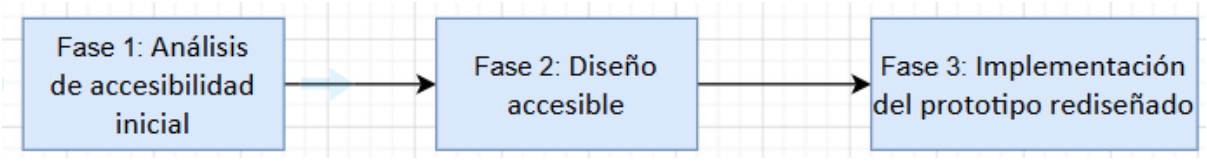
3.1 Uso de métodos cualitativos y cuantitativos para evaluar la accesibilidad y la experiencia de usuario.

El presente estudio adopta un enfoque mixto, combinando métodos cuantitativos y cualitativos para lograr una comprensión integral de la accesibilidad web en el portal universitario de la UTN [1]. El enfoque cuantitativo se centra en la evaluación técnica y automatizada del cumplimiento de las pautas WCAG 2.1 y la norma ISO 9241-171, mediante herramientas digitales como WAVE, TAW, aChecker y Color Contrast Analyzer [4]. El enfoque cualitativo aborda la experiencia de usuarios con discapacidad visual, que permitirán registrar sus percepciones y dificultades al interactuar con el portal mediante lectores de pantalla (NVDA, JAWS). Este enfoque mixto permite triangular los resultados, fortaleciendo la validez y profundidad del análisis de accesibilidad y usabilidad [49].

3.2 Definición del proceso metodológico del rediseño del portal web universitario

Para el presente proyecto se definió un proceso metodológico estructurado para el rediseño del portal web UTN**,** enfocado en la accesibilidad y usabilidad conforme a las pautas WCAG 2.1 y la norma ISO 9241-171**.**

- Análisis de accesibilidad inicial.
- Diseño accesible.
- Implementación del prototipo rediseñado.
- Evaluación y mantenimiento.



Fase 1. Análisis de accesibilidad inicial

En esta etapa se realiza una evaluación diagnóstica del portal web actual UTN con el fin de identificar las principales barreras de accesibilidad que afectan a los usuarios con discapacidad visual.

Para ello, se emplearon herramientas automáticas como WAVE**,** TAW Web**,** Accessibility Checker **y** Color Contrast Analyzer**.** Los resultados evidenciaron deficiencias en criterios de contraste, estructura semántica, navegación por teclado y ausencia de descripciones alternativas en imágenes.

Tabla 10

Herramientas empleadas para el diagnóstico de accesibilidad

Herramienta	Tipo	Aspectos evaluados
WAVE	Automática	WCAG 2.1
Accessibility Checker	Automática	Código HTML
Color Contrast Analyzer	Manual	Contraste

Prueba de accesibilidad con la herramienta Wave

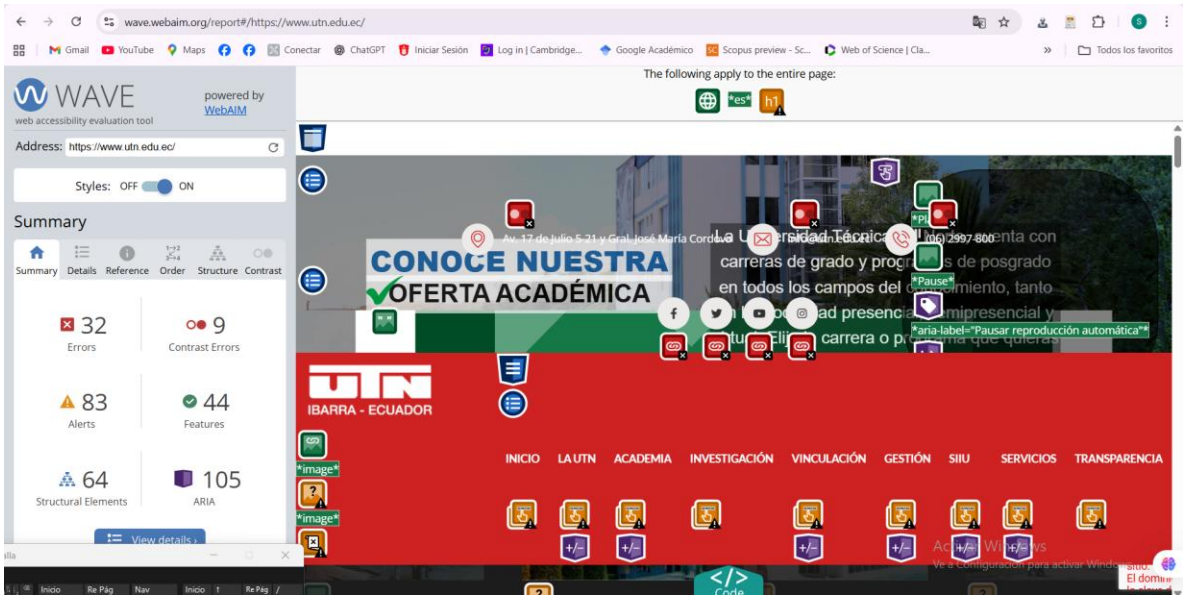


Figura 9. *Prueba de accesibilidad*

Herramienta accessibility checker

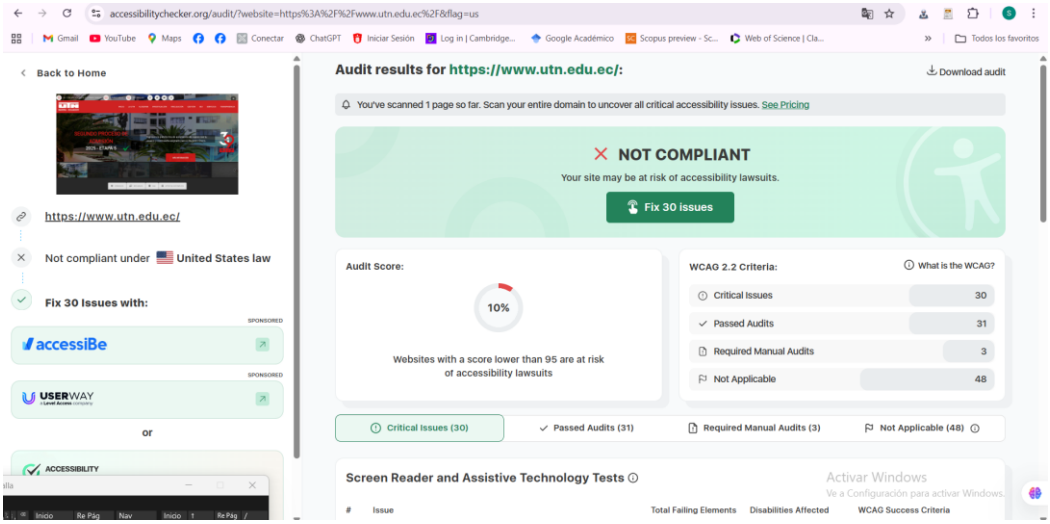


Figura 10. *Herramienta accessiblity checker*

Fase 2. Diseño accesible y prototipado accesible

El prototipo accesible del portal web universitario fue desarrollado siguiendo una metodología de diseño centrado en el usuario. Para ello se aplicó un proceso progresivo compuesto por cuatro subfases: Sketch, Wireframe, Mockup y Prototipo interactivo. Esta metodología permitió transformar los requerimientos de accesibilidad identificados durante la fase de diagnóstico en una propuesta visual y funcional alineada con las pautas WCAG 2.1 y la norma ISO 9241-171.

Durante el proceso de diseño se consideraron criterios relacionados con contraste de color, estructura semántica, navegación mediante teclado, legibilidad tipográfica y compatibilidad con tecnologías asistivas.

Tabla 11. Subfases del diseño accesible

Subfase	**Objetivo**
Sketch	Representar de forma preliminar la distribución de contenidos
Wireframe	Definir la estructura funcional y navegación
Mockup	Diseñar la apariencia visual del portal
Prototipo interactivo	Simular la navegación y validar la experiencia de usuario

Sketch

La etapa de Sketch permitió representar de forma preliminar la distribución de los elementos principales del portal web universitario. En esta fase se definieron de manera conceptual la ubicación del encabezado, menú principal, buscador, secciones informativas y accesos rápidos, facilitando la organización inicial de la arquitectura de información.

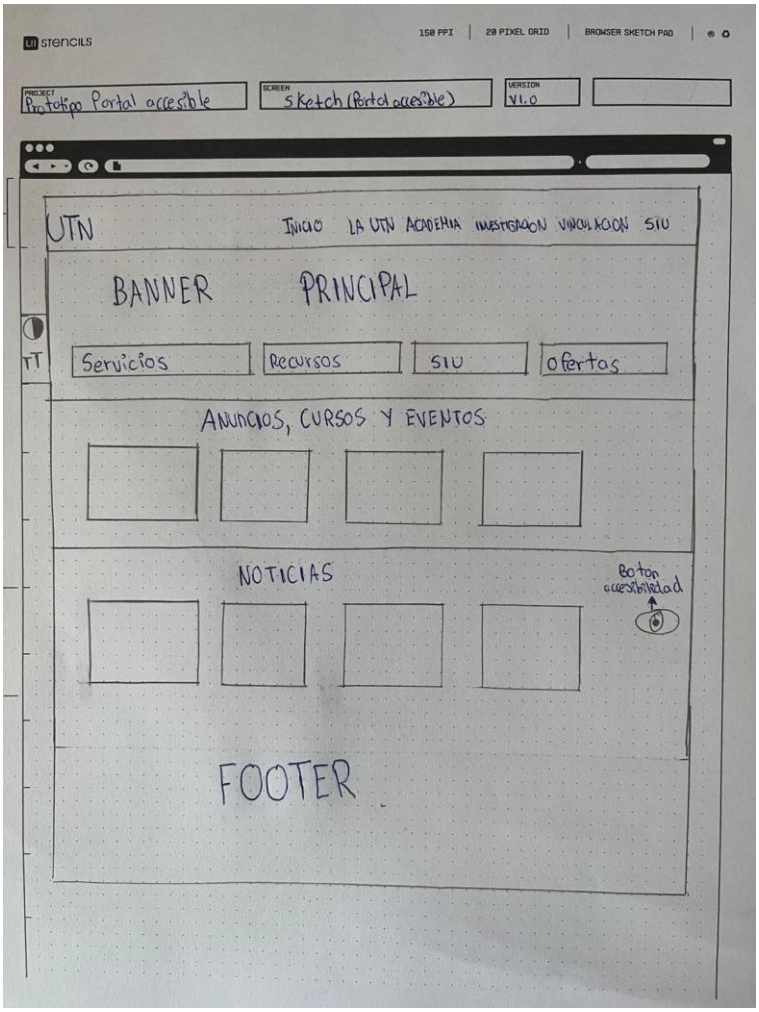


Figura 11. Sketch inicial del portal web accesible.

Wireframe

Una vez definido el esquema conceptual, se desarrolló el wireframe utilizando la herramienta Balsamiq. Esta etapa permitió establecer la estructura funcional del portal web sin incorporar elementos gráficos definitivos, enfocándose en la organización de contenidos, navegación y jerarquía visual.

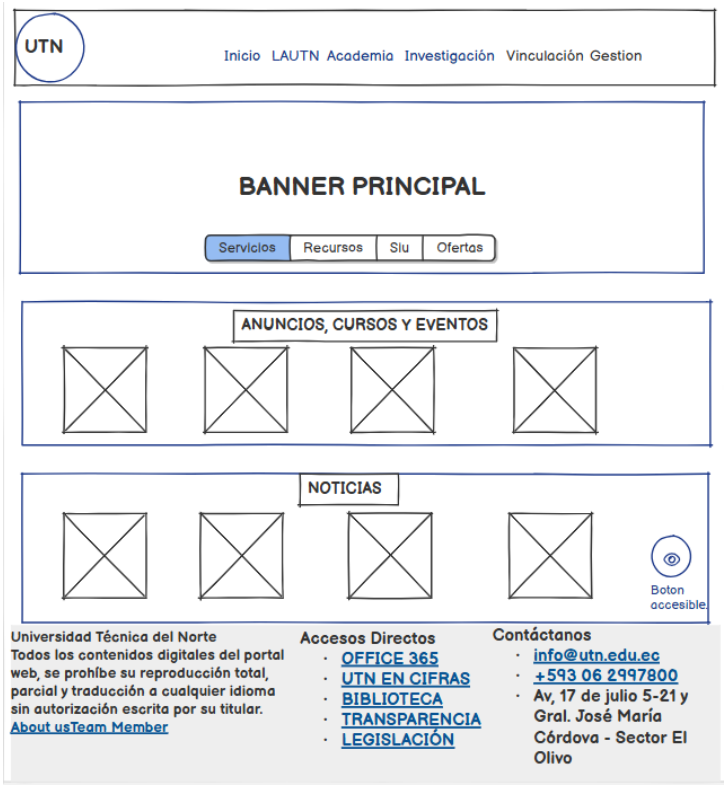


Figura 12. Wireframe de la página principal del portal web

Mockup

Posteriormente se elaboró el mockup visual del portal web, incorporando colores institucionales, tipografías, imágenes y elementos gráficos representativos. Esta etapa permitió visualizar la apariencia final del sistema antes de su implementación tecnológica.

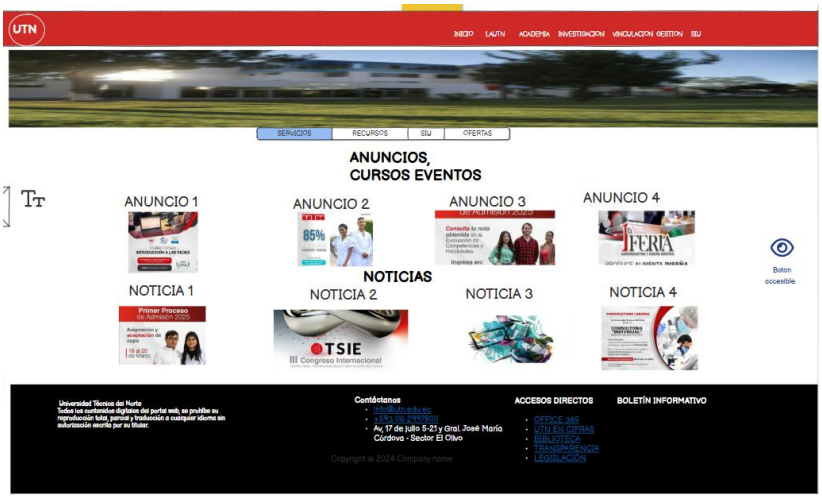


Figura 13. Mockup del portal web universitario accesible

Prototipo interactivo

Finalmente se desarrolló un prototipo interactivo mediante Figma, permitiendo simular la navegación entre las diferentes secciones del portal web. El prototipo facilitó la validación temprana de aspectos relacionados con usabilidad, accesibilidad y experiencia de usuario antes de la implementación definitiva en WordPress.

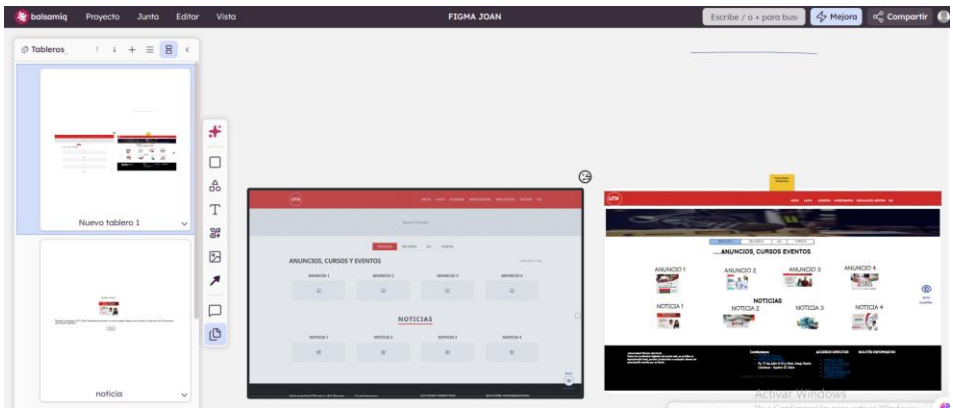


Figura 14. Prototipo interactivo desarrollado en Figma.



Figura 15. Prototipo interactivo sección Anuncios.



Figura 16. Prototipo interactivo sección Noticias.

Fase 3. Implementación Tecnológica

Una vez validado el diseño accesible mediante las etapas de Sketch, Wireframe, Mockup y Prototipo interactivo, se procedió a la implementación tecnológica del portal web accesible. Para ello se utilizó un entorno local basado en XAMPP, integrando Apache, PHP, MySQL y WordPress como plataforma de gestión de contenidos.

La implementación permitió trasladar el diseño validado a un entorno funcional, incorporando herramientas y complementos orientados al cumplimiento de las pautas WCAG 2.1 y la norma ISO 9241-171. Asimismo, se integraron plugins especializados para mejorar la accesibilidad, navegación y experiencia de usuario dentro del portal web universitario.

Las subsecciones siguientes describen los principales componentes tecnológicos utilizados durante la implementación.

3.2.3 Entorno tecnológico de implementación

Apache Server

Apache constituye el servidor web encargado de recibir las solicitudes realizadas por los usuarios a través del navegador y entregar las páginas correspondientes del portal. Durante el desarrollo se utilizó Apache mediante XAMPP para alojar localmente el sitio web, permitiendo realizar pruebas funcionales y de accesibilidad antes de su publicación. Su utilización garantizó la correcta comunicación entre el navegador, WordPress y los servicios asociados al portal.

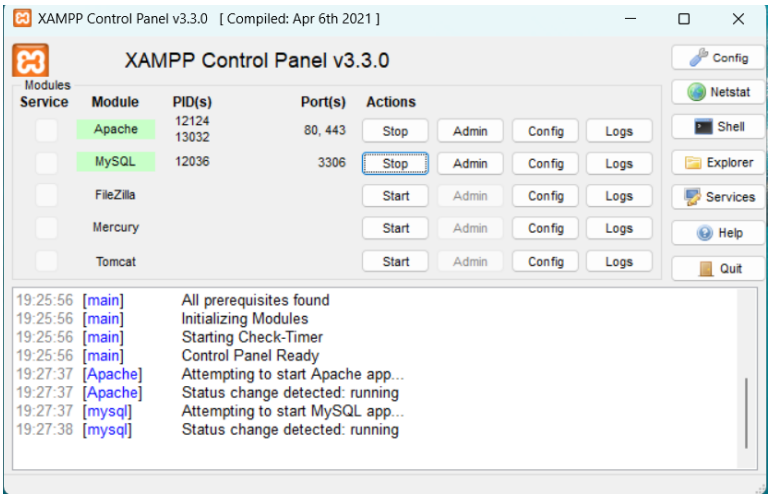


Figura 17. Configuración y ejecución del servidor Apache mediante XAMPP

PHP

PHP fue utilizado como lenguaje de programación del lado del servidor para procesar las funcionalidades dinámicas del portal. WordPress está desarrollado principalmente en PHP, por lo que este lenguaje permitió gestionar la carga de páginas, autenticación de usuarios, interacción con la base de datos y ejecución de plugins relacionados con accesibilidad. Asimismo, se empleó para integrar funcionalidades personalizadas mediante fragmentos de código incorporados a través del plugin Code Snippets.

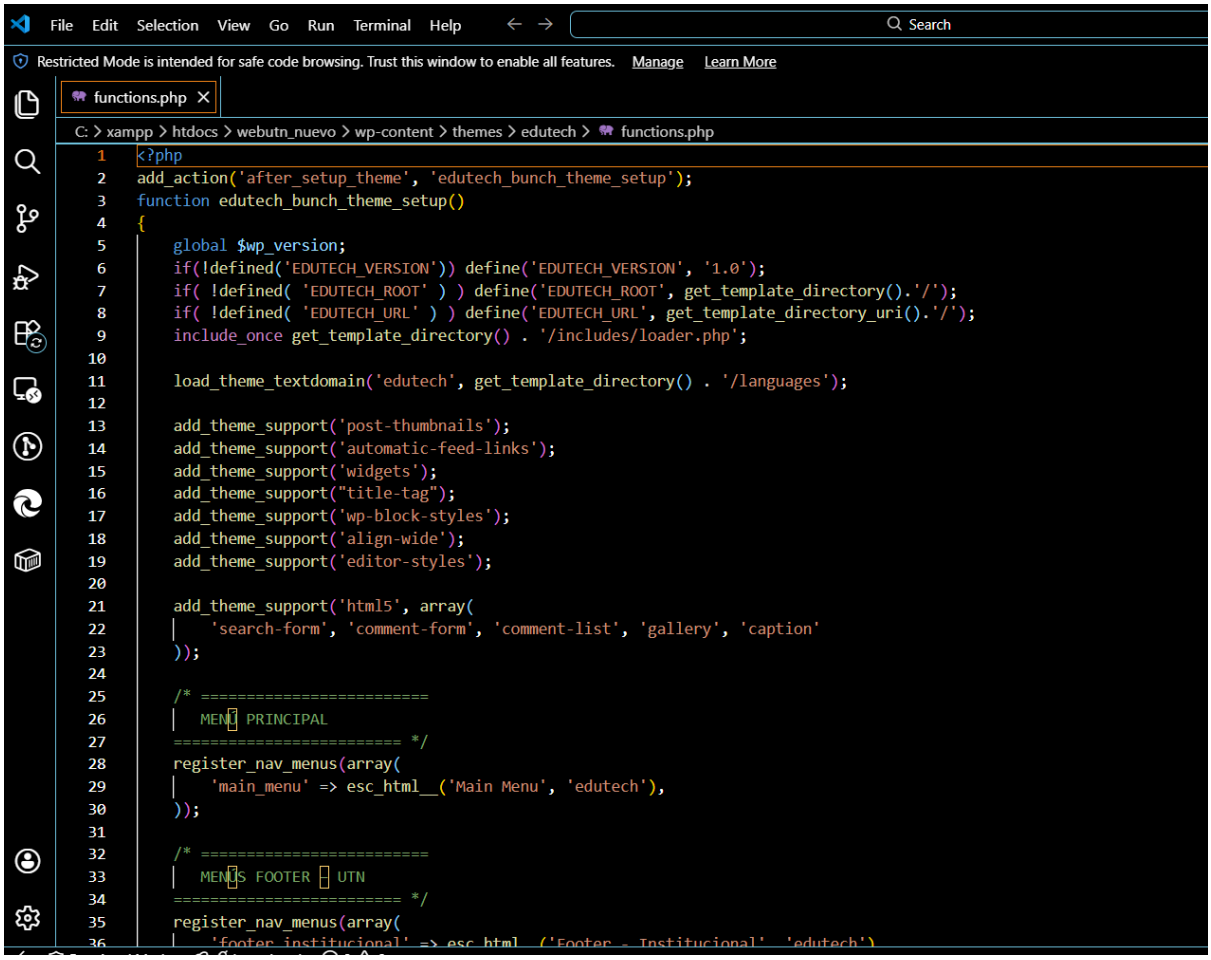


Figura 18. Archivo functions.php utilizado para la configuración y personalización del tema WordPress mediante PHP.

MySQL

MySQL se utilizó como sistema gestor de bases de datos encargado de almacenar toda la información del portal web. Entre los elementos gestionados se encuentran las páginas institucionales, publicaciones, configuraciones del sitio, usuarios registrados, menús de navegación y preferencias de accesibilidad. La integración entre WordPress y MySQL permitió mantener una estructura organizada y eficiente para el manejo de la información.

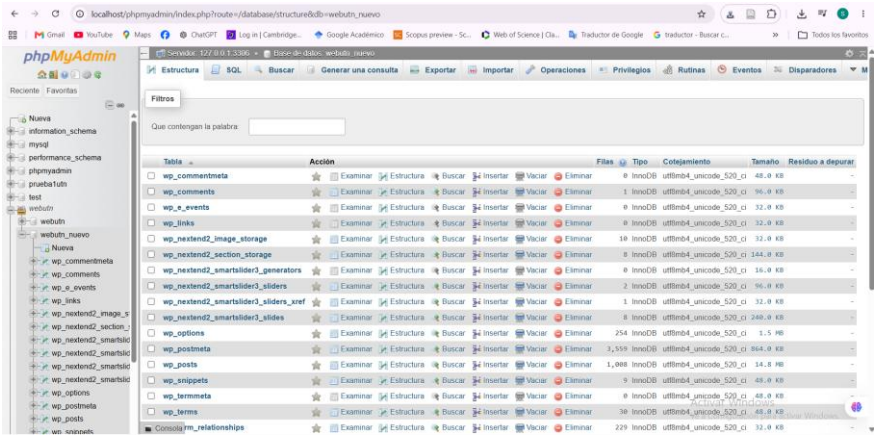


Figura 19. Base de datos en phpMyAdmin

WordPress

WordPress fue seleccionado como sistema de gestión de contenidos (CMS) debido a su facilidad de administración, flexibilidad y amplia compatibilidad con estándares de accesibilidad web. Esta plataforma permitió diseñar, organizar y publicar el contenido institucional sin necesidad de desarrollar completamente el sistema desde cero. Además, facilitó la incorporación de herramientas especializadas para mejorar la accesibilidad del portal.

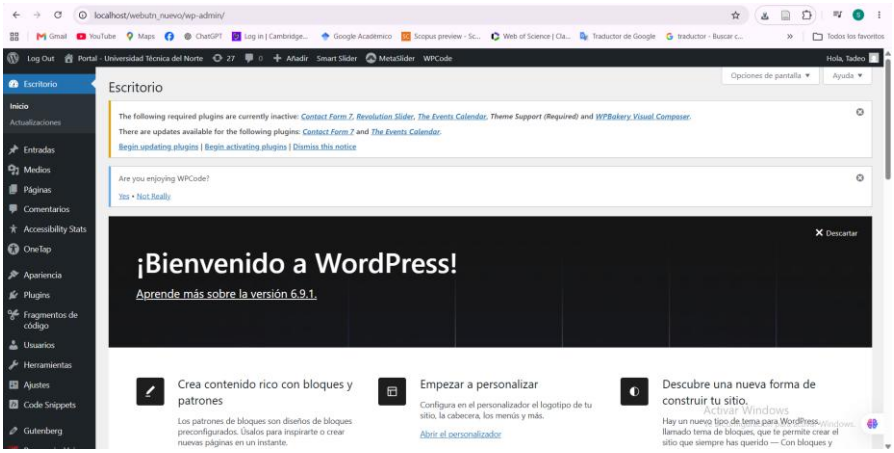


Figura 20. Panel de administración de WordPress utilizado para la gestión y publicación de contenidos del portal web accesible.

Temas (Themes)

Los temas de WordPress permitieron definir la estructura visual y la apariencia gráfica del portal universitario. Durante el proceso de rediseño se realizaron modificaciones orientadas a mejorar la legibilidad, la jerarquía visual, el contraste de colores y la organización del contenido, garantizando una experiencia más accesible para los usuarios.

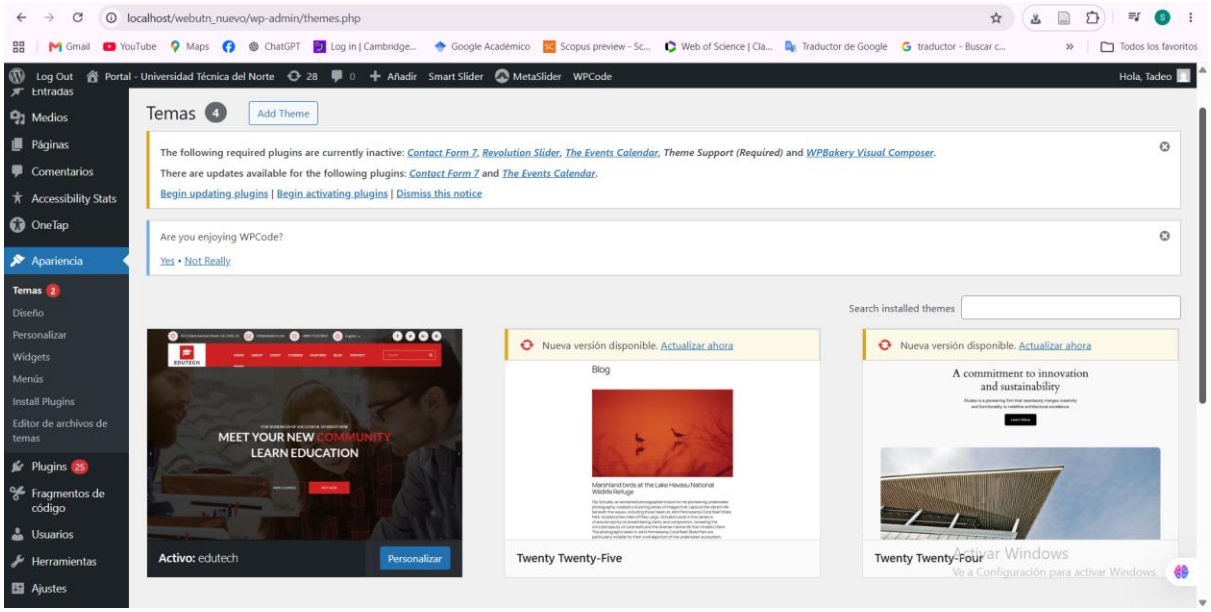


Figura 21. Tema WordPress utilizado para definir la estructura visual y la apariencia gráfica del portal web accesible.

Plugins de accesibilidad

Los plugins incorporados proporcionaron funcionalidades adicionales orientadas a cumplir los criterios establecidos por las WCAG 2.1 y la norma ISO 9241-171. Entre las principales funciones implementadas se encuentran el ajuste del tamaño del texto, el modo de alto contraste, la navegación mediante teclado, el resaltado de enlaces, la compatibilidad con lectores de pantalla y otras herramientas destinadas a facilitar el acceso a personas con discapacidad visual.

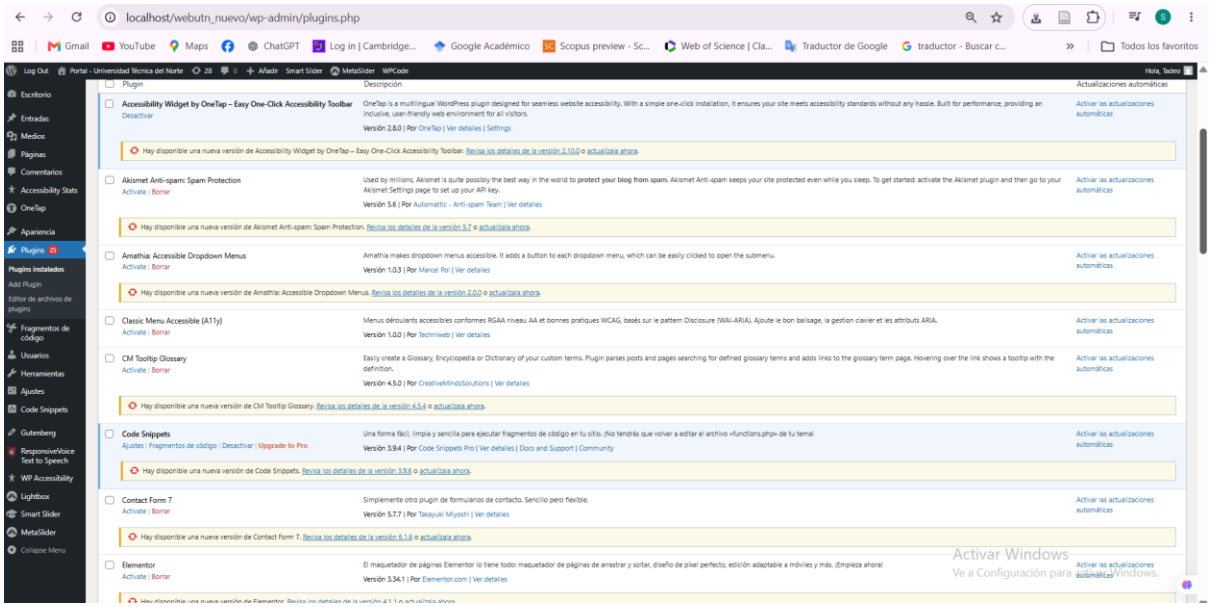


Figura 22. Plugins de accesibilidad incorporados en WordPress para mejorar la percepción, operabilidad y compatibilidad del portal web

El prototipo fue implementado en un entorno WordPress**,** aplicando HTML5**,** CSS3 **y** JavaScript accesible (ARIA)**.** Para garantizar la accesibilidad se integraron plugins especializados**:**

- **One Click Accessibility:** permite ajustar contraste, tamaño de texto y activar modo lector.
- **WP Accessibility Helper:** incorpora menús accesibles y etiquetas ARIA.
- **Accessibility Widget:** facilita la navegación por teclado y el acceso rápido a funciones de accesibilidad.

Estas herramientas permitieron cumplir con los niveles A y AA de las WCAG 2.1**,** mejorando significativamente la experiencia de usuario (ver Figura 23. Prototipo empleado en wordpress, Figura 24. Herramienta de accesibilidad, Figura 25. Aplicación de la herramienta One Tap).

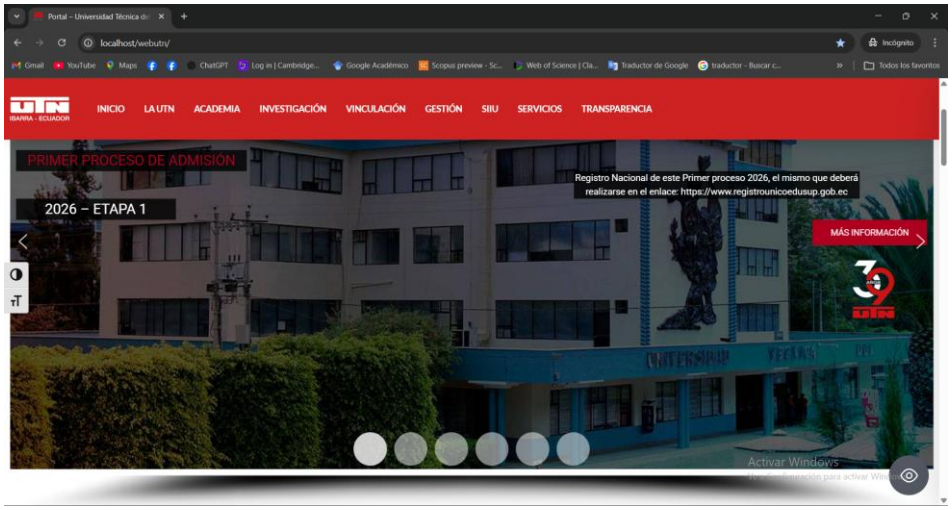


Figura 23. *Prototipo empleado en wordpress*

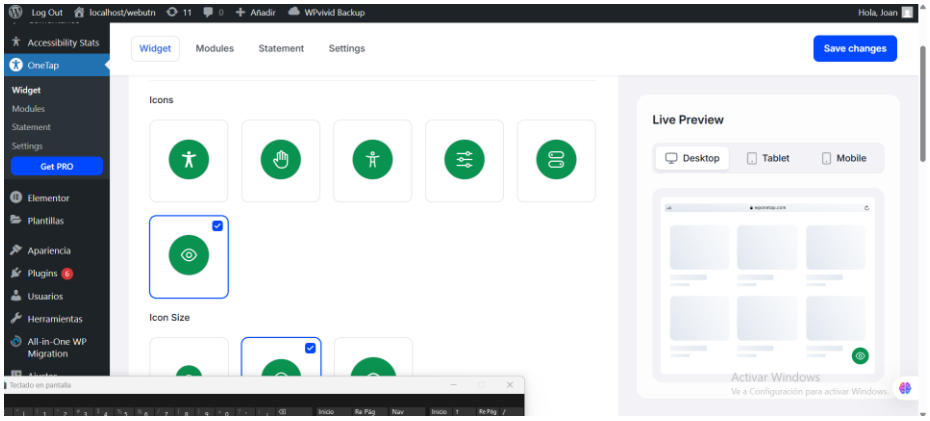


Figura 24. *Herramienta de accesibilidad*

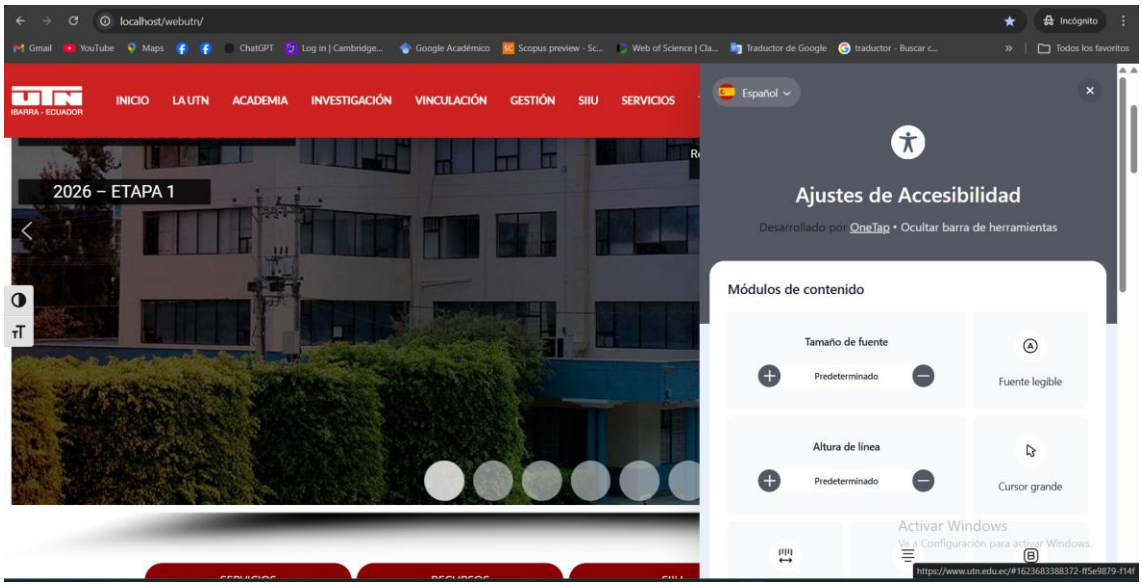


Figura 25. *Aplicación de la herramienta One Tap*

3.2.4 Arquitectura del portal web accesible basado en WordPress

El portal web accesible propuesto para la Universidad Técnica del Norte fue desarrollado utilizando WordPress como sistema de gestión de contenidos (CMS), debido a su flexibilidad, facilidad de administración y compatibilidad con herramientas orientadas a la accesibilidad web. La arquitectura implementada se basa en un modelo cliente-servidor, permitiendo que los usuarios accedan al portal mediante un navegador web e interactúen con los diferentes componentes del sistema.

La arquitectura del portal está conformada por varios elementos fundamentales, entre ellos el servidor web Apache, la base de datos MySQL, el entorno WordPress, los plugins de accesibilidad y las tecnologías asistivas utilizadas por los usuarios. Cuando un usuario accede al portal web, la solicitud es enviada al servidor, el cual procesa la información mediante WordPress y consulta los contenidos almacenados en la base de datos. Posteriormente, los plugins de accesibilidad aplican funciones orientadas a mejorar la experiencia de navegación y garantizar el cumplimiento de las pautas WCAG 2.1 y la norma ISO 9241-171.

Además, la arquitectura implementada permite la integración de tecnologías asistivas como lectores de pantalla NVDA y JAWS, navegación mediante teclado, ajustes de contraste, modificación del tamaño del texto y mejoras en la estructura semántica del contenido. Estas funcionalidades permiten que usuarios con discapacidad visual puedan acceder de manera más eficiente a la información académica y administrativa del portal universitario.

La Figura 26. *Arquitectura del Portal Web accesible basado en Wordpress.* presenta la arquitectura general implementada en el portal web accesible desarrollado en WordPress.

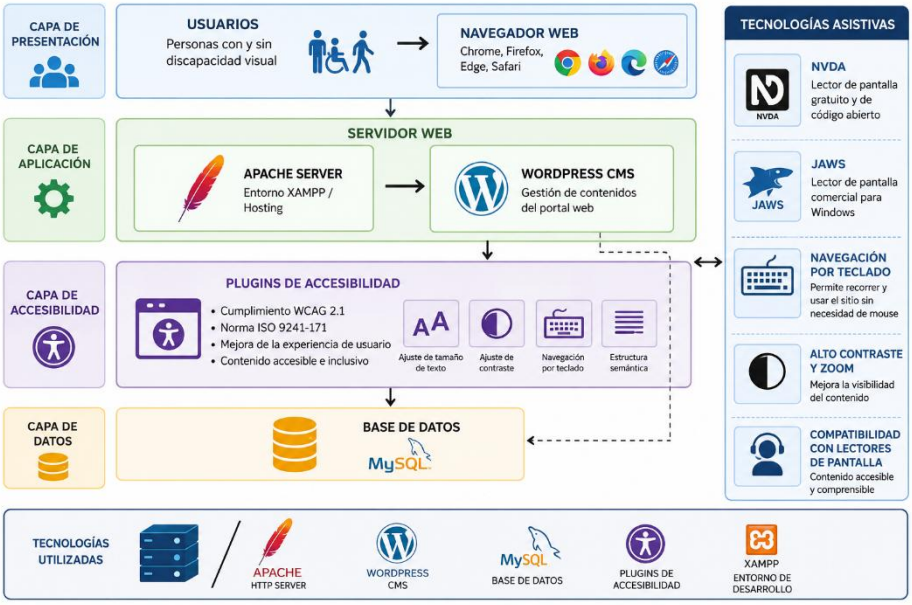


Figura 26. Arquitectura del Portal Web accesible basado en Wordpress.

La arquitectura implementada permite integrar funcionalidades de accesibilidad dentro del entorno WordPress mediante plugins especializados y tecnologías asistivas. Asimismo, la estructura cliente-servidor facilita la interacción entre el usuario y el portal web, garantizando una navegación más accesible y compatible con lectores de pantalla y navegación mediante teclado.

3.2.5 Plugins y complementos de accesibilidad implementados

Los plugins en WordPress son componentes de software que permiten extender las funcionalidades del sistema de gestión de contenidos sin necesidad de modificar directamente el código fuente del portal web. Estos complementos facilitan la incorporación de herramientas adicionales orientadas a mejorar la administración, seguridad, rendimiento y accesibilidad del sitio web.

Por otra parte, los add-ins o complementos representan funcionalidades adicionales que pueden integrarse al entorno WordPress con el propósito de optimizar la experiencia del usuario y adaptar el sistema a necesidades específicas. En el contexto de accesibilidad web, estos complementos permiten implementar herramientas orientadas a mejorar la interacción de usuarios con discapacidad visual mediante opciones de navegación accesible y personalización de la interfaz.

Para el desarrollo del portal web accesible propuesto para la Universidad Técnica del Norte, se implementaron diversos plugins especializados en accesibilidad web. Estos complementos permitieron integrar funcionalidades relacionadas con contraste visual, navegación mediante teclado, ajuste del tamaño del texto, compatibilidad con lectores de pantalla y mejoras en la estructura semántica del contenido.

La Tabla 12. Plugins de accesibilidad implementados en el portal web presenta los principales plugins de accesibilidad implementados en el portal web y sus respectivas funcionalidades.

Tabla 12. Plugins de accesibilidad implementados en el portal web

Plugin	Funcionalidad	Beneficio de accesibilidad
One Click Accessibility	Ajuste de contraste y tamaño de texto	Mejora la visualización del contenido
WP Accessibility Helper	Navegación mediante teclado	Facilita la interacción accesible
Accessibility Widget	Acceso rápido a herramientas de accesibilidad	Mejora la experiencia del usuario
Code Snippets	Código personalizado	Permite añadir funcionalidades accesibles específicas y mejorar la compatibilidad con tecnologías asistivas.

La implementación de plugins especializados permitió integrar funcionalidades orientadas a mejorar la accesibilidad y experiencia de navegación dentro del portal web universitario. Estas herramientas facilitaron el cumplimiento de las pautas WCAG 2.1 mediante opciones de contraste, navegación mediante teclado, compatibilidad con lectores de pantalla y personalización visual de la interfaz.

3.2.5.1 One Click Accessibility

One Click Accessibility fue utilizado para incorporar funcionalidades orientadas a mejorar la accesibilidad visual del portal web. Este complemento permitió integrar herramientas destinadas a facilitar la navegación y la percepción del contenido para usuarios con discapacidad visual.

Entre las principales funciones habilitadas se encuentran:

• Incremento y disminución del tamaño del texto.
• Activación del modo de alto contraste.
• Resaltado de enlaces.
• Modo lectura.
• Reinicio de configuraciones de accesibilidad.

Durante la implementación se configuró el plugin para mostrar un panel de accesibilidad visible desde cualquier sección del portal, permitiendo a los usuarios personalizar la presentación visual según sus necesidades.

La utilización de este complemento contribuye al cumplimiento de los criterios WCAG 2.1 relacionados con Contraste Mínimo (1.4.3), Cambio de Tamaño del Texto (1.4.4) y Adaptación Visual del Contenido.

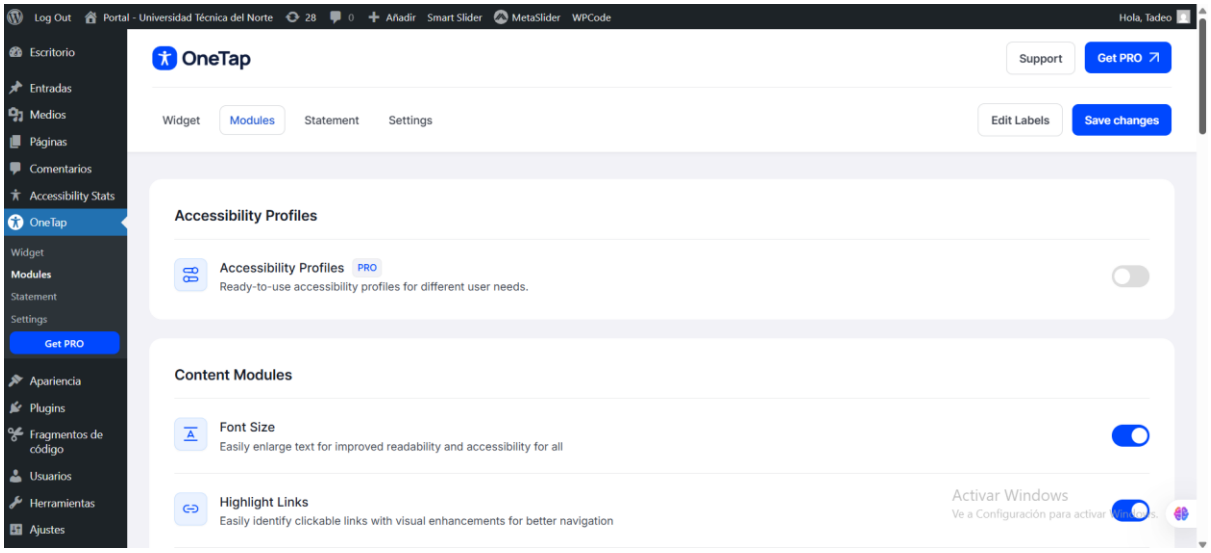


Figura 27. Configuración del plugin One Click Accessibility en WordPress.

3.2.5.2 WP Accessibility Helper

WP Accessibility Helper fue implementado para complementar las funcionalidades de accesibilidad orientadas a la navegación y operabilidad del portal web.

La configuración realizada permitió habilitar opciones como:

• Navegación mediante teclado.
• Mejoras en la visibilidad del foco de navegación.

• Compatibilidad con lectores de pantalla.
• Optimización de elementos interactivos.

Estas funcionalidades favorecen la interacción de usuarios que no utilizan dispositivos apuntadores convencionales y permiten una navegación más eficiente mediante teclado.

La implementación de este plugin contribuye al cumplimiento de los criterios WCAG 2.1 relacionados con Keyboard (2.1.1), Focus Visible (2.4.7) y Name, Role, Value (4.1.2).

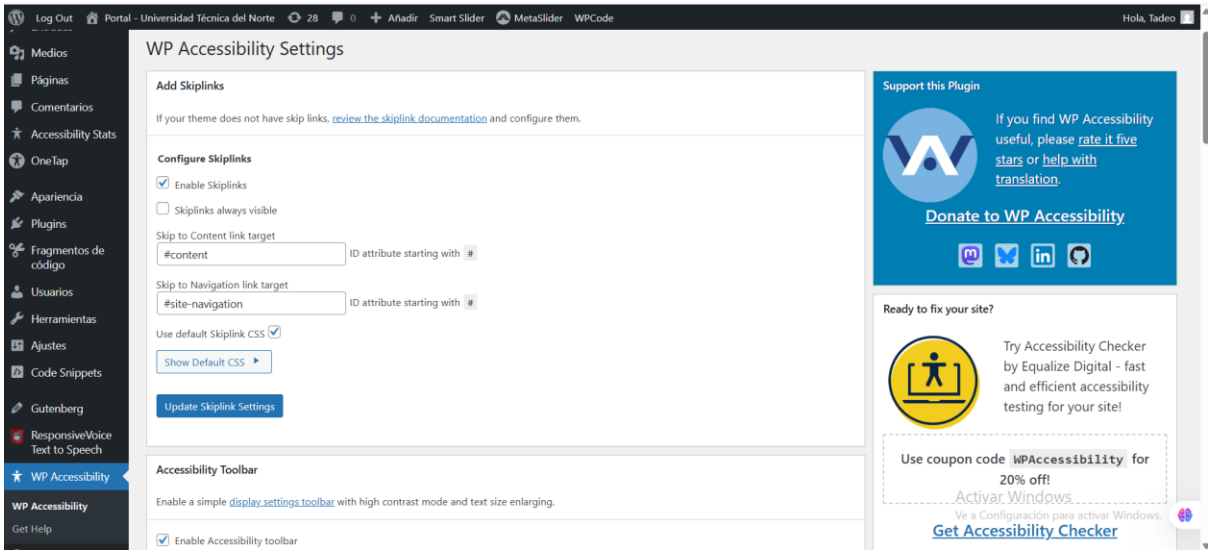


Figura 28. Configuración del plugin WP Accessibility Helper.

3.2.5.3 Accessibility Widget y Code Snippets

Accessibility Widget fue utilizado para proporcionar una interfaz accesible que permite a los usuarios personalizar la visualización del portal de acuerdo con sus necesidades específicas.

Las herramientas disponibles incluyen:

• Ajuste del tamaño de texto.
• Modificación de contraste.
• Resaltado de enlaces.
• Espaciado entre líneas.
• Modo lectura.

Estas opciones favorecen especialmente a personas con baja visión, dificultades cognitivas y usuarios que requieren adaptar la presentación visual del contenido.

Por otra parte, el plugin Code Snippets fue utilizado para incorporar código personalizado sin modificar directamente los archivos del tema WordPress.

Mediante este complemento se implementaron mejoras relacionadas con:

• Inclusión de atributos ARIA.
• Personalización de indicadores de foco.
• Optimización de elementos semánticos.
• Ajustes de accesibilidad no disponibles mediante configuración estándar.

La utilización de Code Snippets permitió mantener una estructura organizada y facilitar futuras actualizaciones del portal sin comprometer las modificaciones de accesibilidad realizadas.

Tabla 13. Personalizaciones implementadas mediante Code Snippets

Funcionalidad	**Objetivo**
Atributos ARIA	Mejorar compatibilidad con lectores de pantalla
Indicadores de foco	Facilitar navegación mediante teclado
Menú hamburguesa accesible	Mejorar operabilidad en dispositivos móviles
Etiquetas semánticas	Facilitar interpretación del contenido

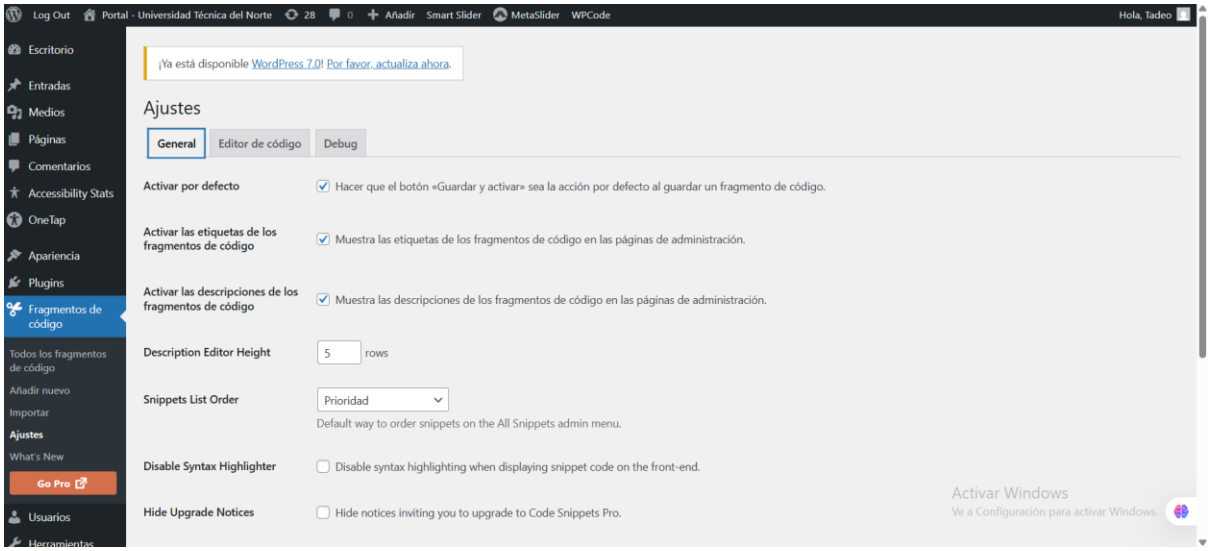


Figura 29. Configuración Code Snippets para mejorar la accesibilidad del portal.

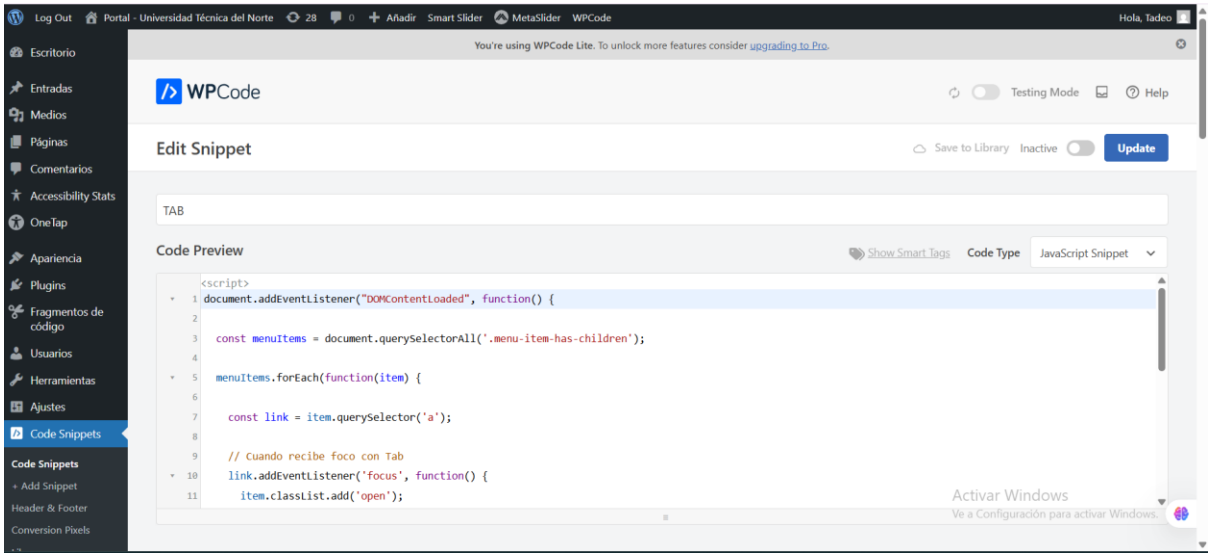


Figura 30. Fragmentos de código implementados mediante Code Snippets para mejorar la accesibilidad del portal.

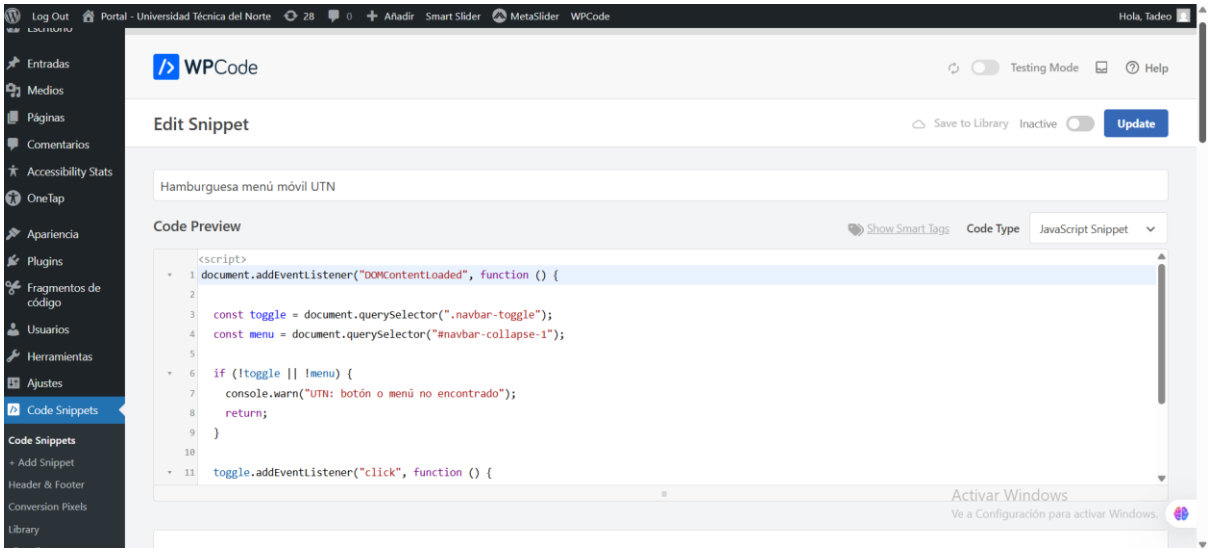


Figura 31. Fragmentos de código implementados para Menú Hamburguesa mediante Code Snippets para mejorar la accesibilidad del portal.

3.2.6 Integración de funcionalidades accesibles en el portal web

La integración de funcionalidades accesibles dentro del portal web universitario se realizó con el propósito de mejorar la interacción y experiencia de navegación de los usuarios, especialmente de personas con discapacidad visual. Para ello, se implementaron diversas herramientas y configuraciones orientadas al cumplimiento de las pautas WCAG 2.1 y la norma ISO 9241-171, permitiendo garantizar una navegación más inclusiva y accesible.

Las funcionalidades integradas en el portal web fueron implementadas mediante plugins especializados de accesibilidad y configuraciones propias del entorno WordPress. Estas funcionalidades incluyen opciones de contraste visual, navegación mediante teclado, ajuste del tamaño del texto, compatibilidad con lectores de pantalla, etiquetas ARIA, estructura semántica del contenido y adaptación responsive para diferentes dispositivos.

La integración de estas funcionalidades permitió mejorar la percepción, operabilidad y comprensión de los contenidos presentes en el portal web universitario, facilitando el acceso a información académica y administrativa para usuarios con diferentes necesidades de accesibilidad.

3.2.6.1 Contraste visual

La funcionalidad de contraste visual fue implementada con el objetivo de mejorar la percepción de los contenidos por parte de usuarios con discapacidad visual o dificultades de visión. Esta

característica permite modificar el contraste de colores dentro del portal web, facilitando la lectura de textos y la identificación de elementos interactivos.

La integración de esta funcionalidad se realizó mediante plugins de accesibilidad compatibles con WordPress, permitiendo incorporar opciones de alto contraste y ajustes visuales orientados a mejorar la experiencia de navegación. Además, se verificó el cumplimiento de la pauta WCAG 2.1 correspondiente al criterio 1.4.3 Contraste (mínimo), el cual establece niveles adecuados de contraste entre texto y fondo.

La implementación del contraste visual permitió mejorar la legibilidad del contenido y reducir dificultades de percepción visual durante la navegación dentro del portal universitario.

Tabla 14 Funcionalidad de contraste visual implementada

Funcionalidad	Herramienta implementada	WCAG relacionada	Beneficio
Contraste visual	Adobe Express Contrast Checker	1.4.3 Contraste (mínimo)	Verifica el cumplimiento de los niveles AA y AAA de contraste
Contraste visual	One Click Accessibility	1.4.3	Mejora percepción visual
Contraste visual	Oracle Color Contrast Analyzer	1.4.3 Contraste (mínimo)	Evalúa la relación de contraste entre colores según WCAG



Figura 32. Simulación de visualización del portal web bajo condición de protanopía mediante Oracle Color Contrast Analyzer.

Con el propósito de complementar la validación del contraste visual, se utilizó la herramienta Oracle Color Contrast Analyzer para simular diferentes condiciones de percepción del color. Como se observa en la Figura 32. *Simulación de visualización del portal web bajo condición de protanopía mediante Oracle Color Contrast Analyzer.*, la simulación de protanopía permitió verificar que los elementos principales del portal, como el menú de navegación, los textos y los componentes interactivos, mantienen una adecuada visibilidad y diferenciación visual. Esta evaluación contribuyó a garantizar una experiencia más accesible para usuarios con deficiencias en la percepción de los colores.

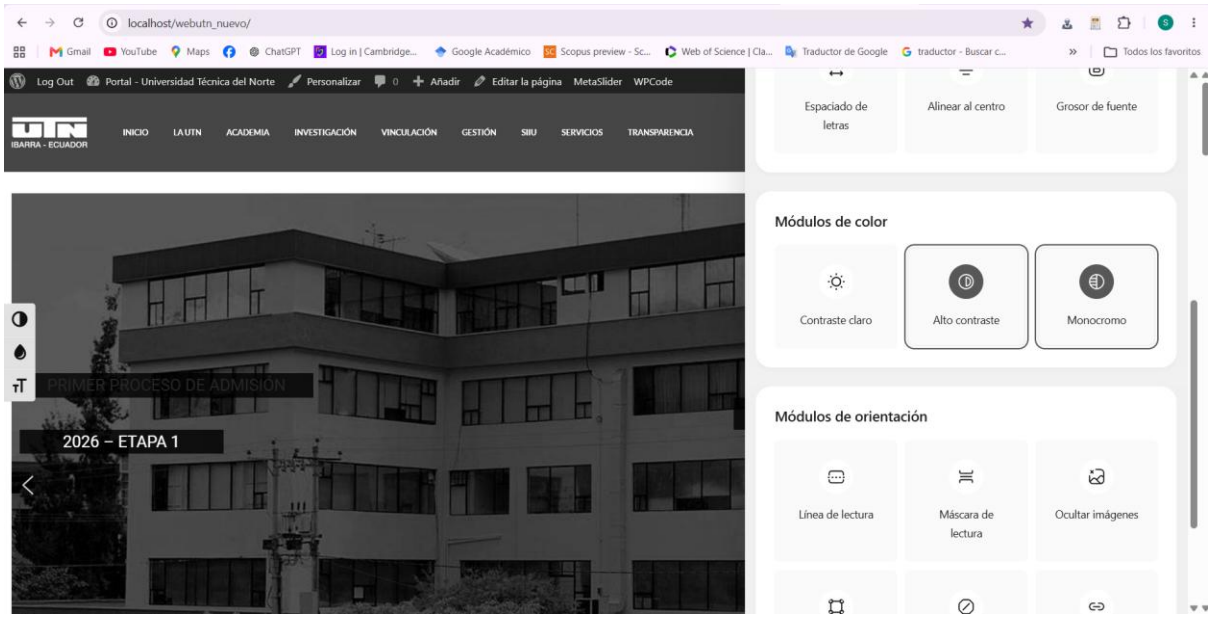


Figura 33. *Funcionalidad de contraste visual implementada*

La implementación de la funcionalidad de contraste visual permitió mejorar la percepción de los contenidos y facilitar la navegación de usuarios con dificultades visuales. Asimismo, el cumplimiento del criterio WCAG 2.1 relacionado con contraste mínimo contribuyó a optimizar la legibilidad de textos y elementos interactivos dentro del portal web universitario.

3.2.6.2 Navegación mediante teclado

La funcionalidad de navegación mediante teclado fue implementada con el propósito de permitir que los usuarios puedan interactuar con el portal web sin necesidad de utilizar un

dispositivo apuntador como el mouse. Esta característica resulta fundamental para usuarios con discapacidad visual o limitaciones motrices, facilitando el acceso a los diferentes contenidos y funcionalidades del portal universitario.

La integración de esta funcionalidad se realizó mediante herramientas y plugins de accesibilidad compatibles con WordPress, permitiendo recorrer enlaces, botones, formularios y menús utilizando la tecla TAB y otras combinaciones del teclado. Además, se verificó el cumplimiento de la pauta WCAG 2.1 correspondiente al criterio 2.1.1 Keyboard, el cual establece que todas las funcionalidades del contenido deben poder operarse mediante teclado.

Asimismo, se incorporaron indicadores visuales de enfoque (focus visible) para facilitar la identificación de los elementos seleccionados durante la navegación. Esta funcionalidad permitió mejorar significativamente la accesibilidad operable del portal web universitario y optimizar la experiencia de navegación de los usuarios.

Tabla 15 Funcionalidad de navegación mediante teclado implementada

Funcionalidad	Herramienta implementada	WCAG relacionada	Beneficio
Navegación mediante teclado	WP Accessibility Helper	2.1.1	Facilita interacción sin mouse

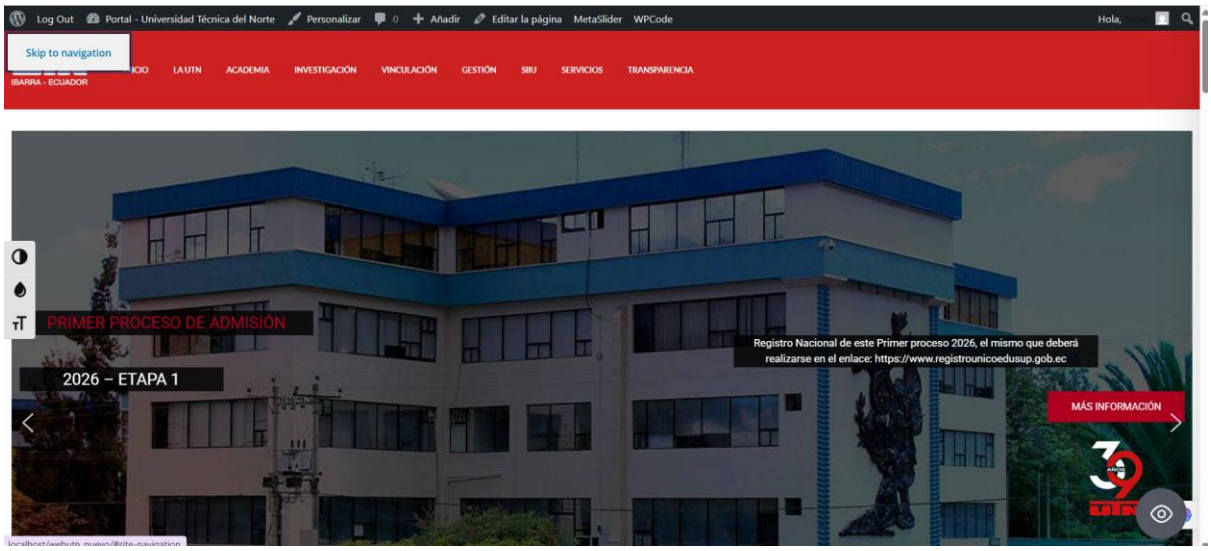


Figura 34. *Navegación mediante teclado implementada*

La implementación de navegación mediante teclado permitió mejorar la accesibilidad operable del portal web universitario, facilitando la interacción de usuarios con discapacidad visual y usuarios que presentan limitaciones motrices. Además, el cumplimiento de la pauta

WCAG 2.1 relacionada con acceso mediante teclado contribuyó a garantizar una experiencia de navegación más inclusiva y accesible.

3.2.6.3 Compatibilidad con lectores de pantalla

La compatibilidad con lectores de pantalla fue implementada con el objetivo de permitir que usuarios con discapacidad visual puedan acceder e interpretar correctamente los contenidos presentes en el portal web universitario. Esta funcionalidad facilita la lectura y navegación del contenido mediante tecnologías asistivas especializadas como NVDA y JAWS.

La integración de esta funcionalidad se realizó mediante la correcta estructuración semántica del contenido, el uso de encabezados jerárquicos, etiquetas ARIA y textos alternativos en imágenes. Estas configuraciones permiten que los lectores de pantalla interpreten adecuadamente los elementos presentes en la interfaz web y proporcionen una navegación más comprensible para los usuarios.

Además, se verificó el cumplimiento de las pautas WCAG 2.1 relacionadas con texto alternativo y compatibilidad, especialmente los criterios 1.1.1 Non-text Content y 4.1.2 Name, Role, Value. Estas pautas establecen que los elementos no textuales deben contar con descripciones accesibles y que los componentes de la interfaz deben ser correctamente identificables por tecnologías asistivas.

La implementación de compatibilidad con lectores de pantalla permitió optimizar la accesibilidad perceptible y comprensible del portal web universitario, favoreciendo una experiencia de navegación más inclusiva para usuarios con discapacidad visual.

Tabla 16 Compatibilidad con lectores de pantalla implementada

Funcionalidad	Herramienta implementada	WCAG relacionada	Beneficio
Lectores de pantalla	NVDA y etiquetas ARIA	1.1.1 / 4.1.2	Mejora interpretación del contenido

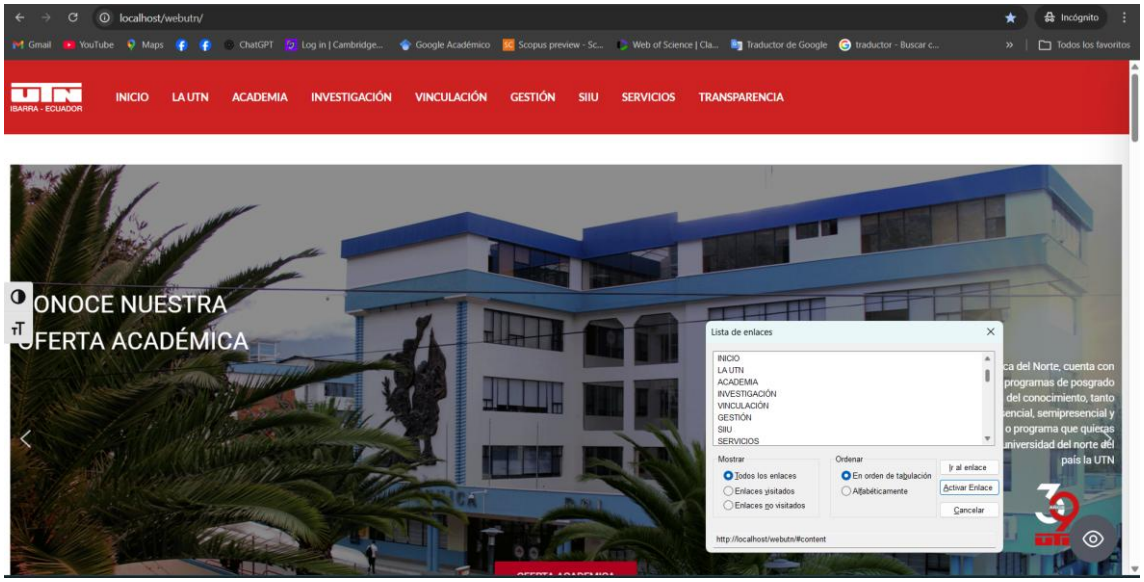


Figura 35. *Compatibilidad con lectores de pantalla implementada*

La compatibilidad con lectores de pantalla permitió mejorar el acceso a los contenidos del portal web universitario por parte de usuarios con discapacidad visual. Asimismo, la implementación de etiquetas ARIA, textos alternativos y estructuras semánticas contribuyó al cumplimiento de las pautas WCAG 2.1 orientadas a la accesibilidad perceptible y comprensible.

3.2.6.4 Ajuste del tamaño del texto.

La funcionalidad de ajuste del tamaño del texto fue implementada con el objetivo de mejorar la legibilidad de los contenidos presentes en el portal web universitario. Esta característica permite que los usuarios puedan aumentar o disminuir el tamaño de la tipografía según sus necesidades visuales, facilitando la lectura y comprensión de la información.

La integración de esta funcionalidad se realizó mediante plugins de accesibilidad compatibles con WordPress, permitiendo modificar dinámicamente el tamaño del texto sin afectar la estructura y funcionalidad del portal web. Además, se verificó el cumplimiento de la pauta WCAG 2.1 correspondiente al criterio 1.4.4 Resize Text, el cual establece que el contenido debe poder ampliarse sin pérdida de funcionalidad o legibilidad.

Asimismo, la implementación de esta funcionalidad permitió optimizar la accesibilidad perceptible del portal universitario, favoreciendo una experiencia de navegación más inclusiva para usuarios con discapacidad visual o dificultades de visión.

Tabla 17. Funcionalidad de ajuste del tamaño del texto implementada

Funcionalidad	Herramienta implementada	WCAG relacionada	Beneficio
Ajuste tamaño texto	One-Click Accessibility	1.4.4	Mejora legibilidad del contenido

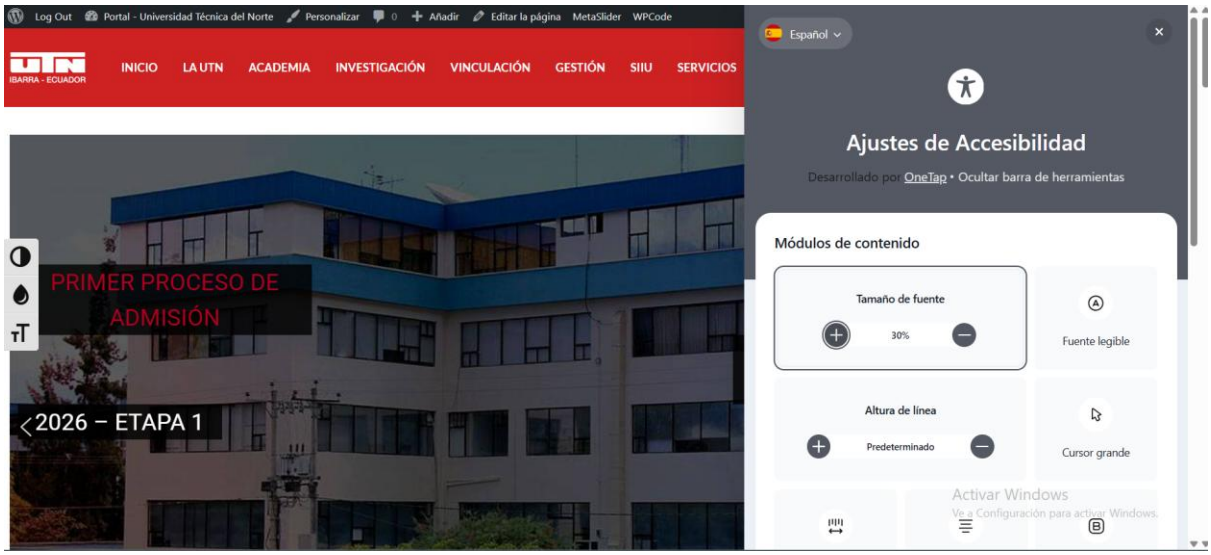


Figura 36. *Ajuste del tamaño del texto implementado*

La implementación de la funcionalidad de ajuste del tamaño del texto permitió mejorar la legibilidad y comprensión de los contenidos dentro del portal web universitario. Además, el cumplimiento de la pauta WCAG 2.1 relacionada con redimensionamiento del texto contribuyó a garantizar una experiencia de navegación más accesible para usuarios con dificultades visuales.

3.2.6.5 Etiquetas ARIA y estructura semántica

La implementación de etiquetas ARIA y estructura semántica dentro del portal web universitario se realizó con el propósito de mejorar la interpretación y navegación del contenido por parte de tecnologías asistivas como lectores de pantalla. Estas configuraciones permiten proporcionar información adicional sobre la función y comportamiento de los elementos presentes en la interfaz web.

Las etiquetas ARIA (Accessible Rich Internet Applications) fueron utilizadas para describir componentes interactivos y facilitar la identificación de botones, menús, formularios y elementos de navegación. Asimismo, se incorporó una estructura semántica adecuada mediante el uso correcto de encabezados jerárquicos, listas, enlaces descriptivos y etiquetas HTML5 orientadas a mejorar la accesibilidad del contenido.

Además, se verificó el cumplimiento de las pautas WCAG 2.1 relacionadas con compatibilidad y estructura semántica, especialmente los criterios 1.3.1 Info and Relationships y 4.1.2 Name, Role, Value. Estas pautas establecen que la información y relaciones presentes en el contenido deben poder ser identificadas correctamente por tecnologías asistivas.

La implementación de etiquetas ARIA y estructura semántica permitió optimizar la comprensión y navegación del portal web universitario, favoreciendo una experiencia más accesible e inclusiva para usuarios con discapacidad visual.

Tabla 18 Implementación de etiquetas ARIA y estructura semántica

Funcionalidad	Herramienta implementada	WCAG relacionada	Beneficio
Etiquetas ARIA y estructura semántica	Code Snippets, HTML5 y ARIA	1.3.1 / 4.1.2	Mejora interpretación semántica

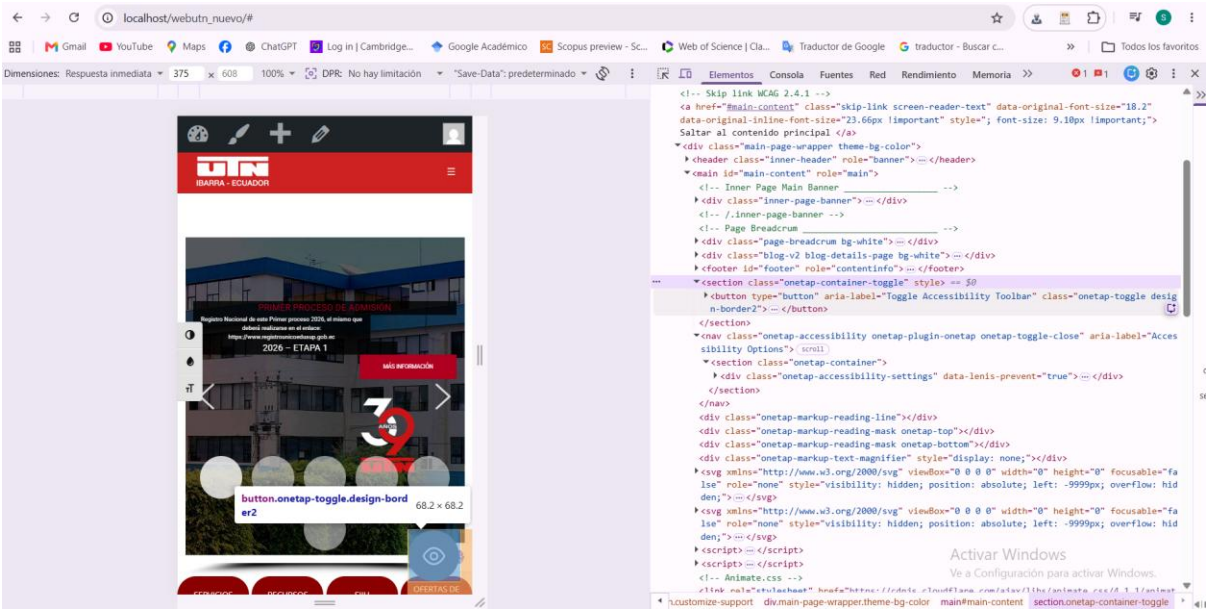


***Figura 37**. Implementación de etiquetas ARIA y estructura semántica*

La implementación de etiquetas ARIA y estructuras semánticas permitió mejorar la compatibilidad del portal web universitario con tecnologías asistivas y lectores de pantalla. Asimismo, el cumplimiento de las pautas WCAG 2.1 relacionadas con estructura y compatibilidad contribuyó a optimizar la comprensión y navegación accesible del contenido.

3.2.7 Flujo de acceso al portal web accesible

El flujo de acceso al portal web accesible describe el proceso de interacción entre el usuario y los diferentes componentes del sistema implementado en WordPress. Este flujo permite representar de manera gráfica el funcionamiento del portal web desde el acceso inicial del usuario hasta la utilización de funcionalidades orientadas a la accesibilidad web.

El proceso inicia cuando el usuario accede al portal mediante un navegador web. Posteriormente, la solicitud es enviada al servidor Apache/XAMPP, el cual procesa la información utilizando WordPress y consulta los contenidos almacenados en la base de datos MySQL. Luego, los plugins y herramientas de accesibilidad implementadas aplican funcionalidades relacionadas con contraste visual, navegación mediante teclado, ajuste del tamaño del texto y compatibilidad con tecnologías asistivas.

Finalmente, el usuario puede interactuar con una interfaz accesible compatible con lectores de pantalla y navegación mediante teclado, facilitando el acceso a la información académica y administrativa del portal universitario.

En la Figura 38. Flujo de acceso al portal web accesible presenta el flujo de acceso e interacción del usuario con el portal web accesible implementado en WordPress.

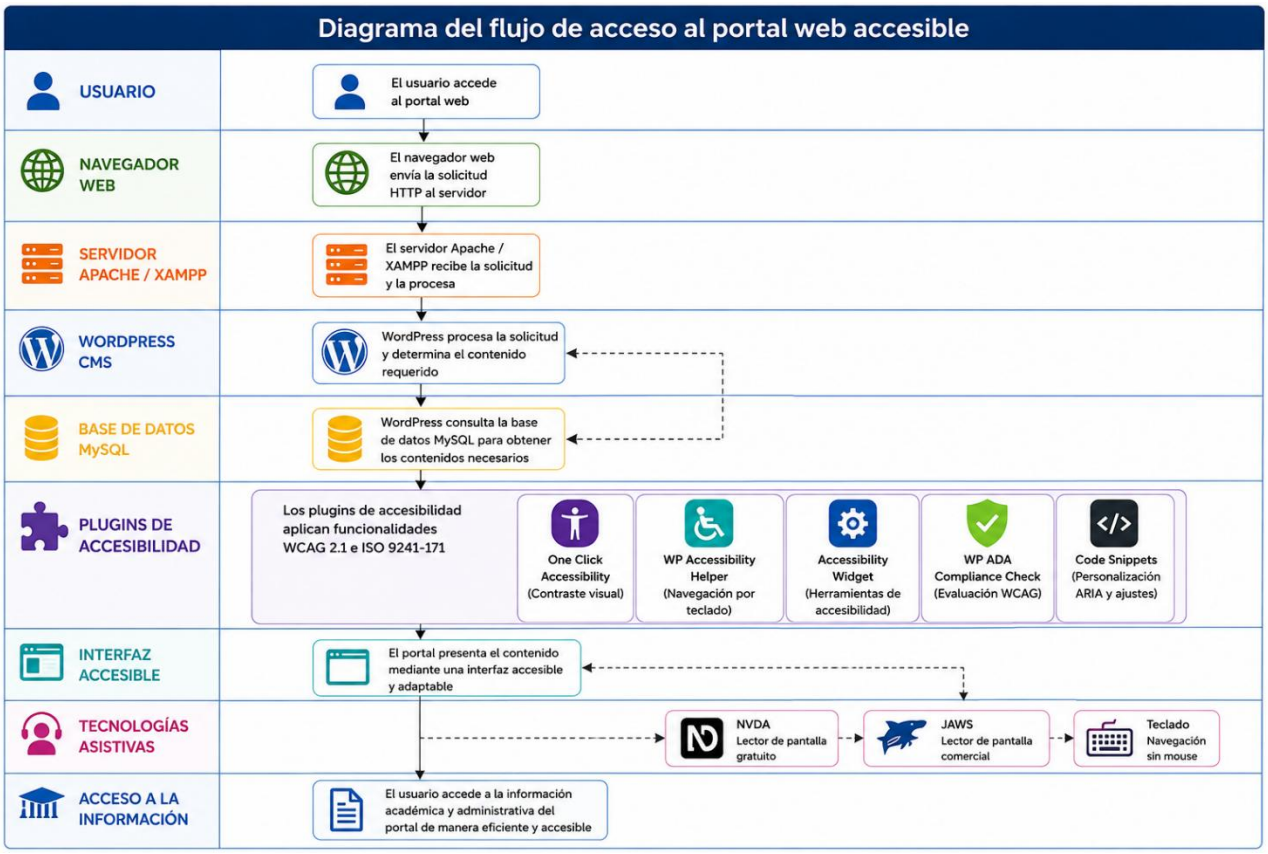


Figura 38. *Flujo de acceso al portal web accesible*

El flujo de acceso implementado permitió representar el funcionamiento general del portal web accesible y la interacción entre los diferentes componentes del sistema. Asimismo, la integración de herramientas de accesibilidad y tecnologías asistivas contribuyó a optimizar la experiencia de navegación y facilitar el acceso a la información para usuarios con discapacidad visual.

3.3 Diagnóstico de Accesibilidad

El diagnóstico de accesibilidad se realizó con el propósito de identificar las principales barreras que impiden el acceso equitativo al portal web actual de la Universidad Técnica del Norte (UTN), estableciendo una línea base previa al proceso de rediseño. Para ello, se aplicaron técnicas de evaluación automática y manual, alineadas con las pautas WCAG 2.1 en su nivel de conformidad AA y con las directrices de la norma ISO 9241-171.

La evaluación se llevó a cabo mediante el uso de herramientas especializadas como WAVE, TAW Web, Accessibility Checker y Color Contrast Analyzer, las cuales permiten verificar el

cumplimiento de los criterios de accesibilidad relacionados con contraste de color, estructura semántica del código, navegación por teclado, etiquetado de formularios y uso de texto alternativo en imágenes.

En la Figura 39. Resultado de la evaluación de accesibilidad al portal actual de la UTN mediante la herramienta Lighthouse***Figura 39.*** Resultado de la evaluación de accesibilidad al portal actual de la UTN mediante la herramienta Lighthouse en una primera evaluación del portal web actual de la Universidad Técnica del Norte, realizada con la herramienta Lighthouse, se obtuvo un puntaje de 70% en accesibilidad, lo que evidencia la presencia de diversas barreras que afectan la experiencia de los usuarios, especialmente de aquellos con discapacidad visual.

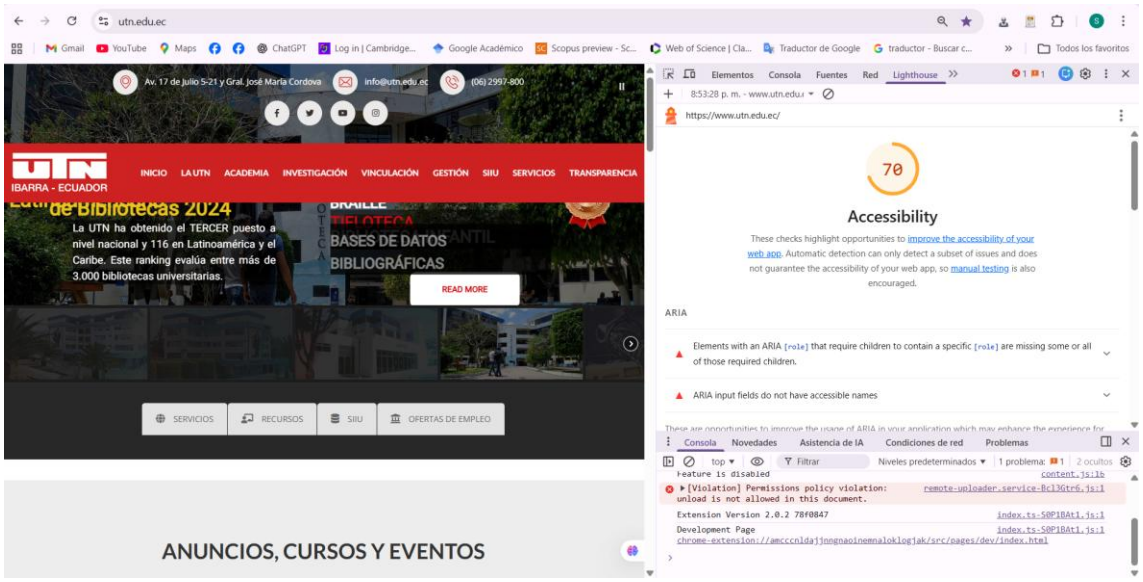


Figura 39. *Resultado de la evaluación de accesibilidad al portal actual de la UTN mediante la herramienta Lighthouse*

Como complemento a las evaluaciones realizadas, En la Figura 40. Resultado de la evaluación de accesibilidad del portal web rediseñado mediante la herramienta Lighthouse se utilizó la herramienta Lighthouse de Google Chrome para analizar la accesibilidad del portal web rediseñado. Los resultados obtenidos muestran un 93% de accesibilidad, lo que refleja un nivel alto de cumplimiento de las buenas prácticas recomendadas por las pautas WCAG 2.1**.**

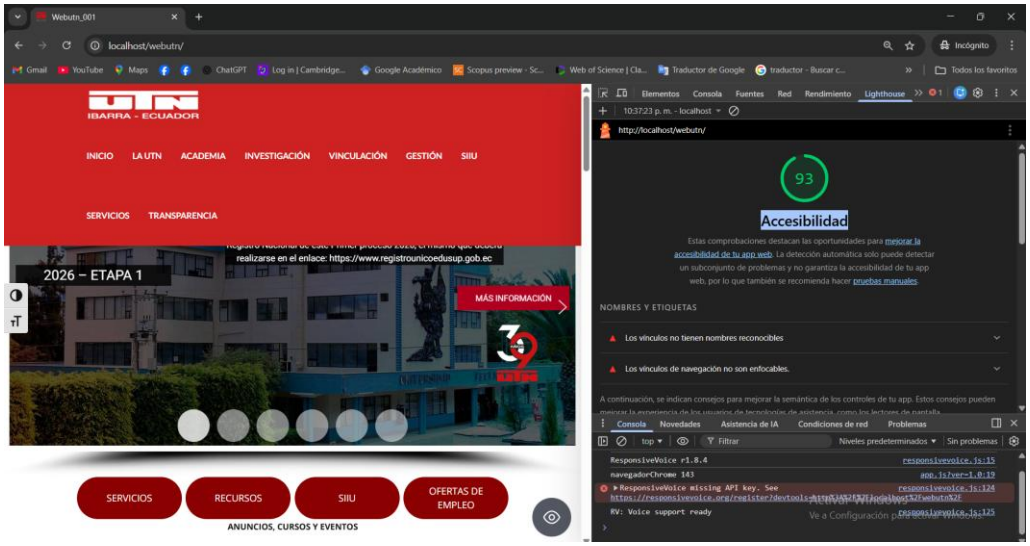


Figura 40. *Resultado de la evaluación de accesibilidad del portal web rediseñado mediante la herramienta Lighthouse*

En la Figura 41. Identificación de errores de accesibilidad en el portal web UTN utilizando la herramienta WAVE se presentan los principales errores de accesibilidad identificados durante el diagnóstico, evidenciando deficiencias que afectan la experiencia de usuario, especialmente en personas con discapacidad visual.

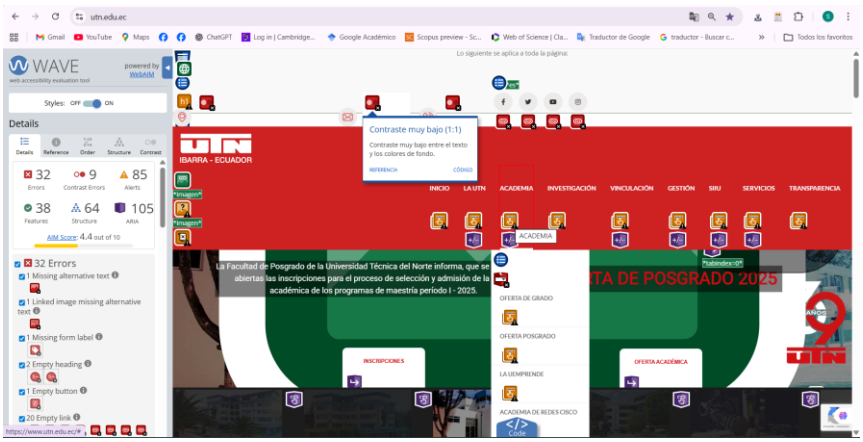


Figura 41. *Identificación de errores de accesibilidad en el portal web UTN utilizando la herramienta WAVE*

3.4 Pruebas de Usabilidad y Accesibilidad

Las pruebas de usabilidad se realizaron con dos usuarios, uno de ellos con discapacidad visual parcial. Ambos interactuaron con el prototipo rediseñado del portal web universitario con el objetivo de evaluar si las mejoras implementadas realmente facilitaban la navegación y el acceso a la información. Se evaluaron los siguientes criterios:

- **Eficiencia:** El tiempo que les tomó completar tareas específicas, como localizar una carrera o acceder a la sección de noticias.
- **Facilidad de uso:** Qué tan comprensible resultaba el contenido, si la navegación era coherente y si el sistema ofrecía retroalimentación clara.
- **Accesibilidad técnica:** Se verificó la corrección de errores previamente detectados utilizando herramientas como WAVE y Accessibility Checker.
- **Compatibilidad con tecnologías asistivas:** Se comprobó la lectura del contenido mediante lector de pantalla y la posibilidad de navegar únicamente con el teclado.

Las pruebas se desarrollaron en un entorno controlado. Durante la ejecución de tareas previamente definidas, se observó el comportamiento de los participantes y se registraron sus comentarios y percepciones a través de una encuesta estructurada.

3.4.1 Resultados de la evaluación con lectores de pantalla

Como parte de la validación del prototipo, se aplicó una encuesta de percepción a diez participantes que utilizan lectores de pantalla de manera habitual.

En la Figura 42. Resultado de la pregunta: ¿Utiliza regularmente lectores de pantalla? en primer lugar, nueve usuarios (90%) indicaron que emplean regularmente lectores de pantalla para navegar por internet, mientras un usuario (10%) indico que no utiliza regularmente los lectores de pantalla, lo que permitió obtener una evaluación basada en experiencia real.

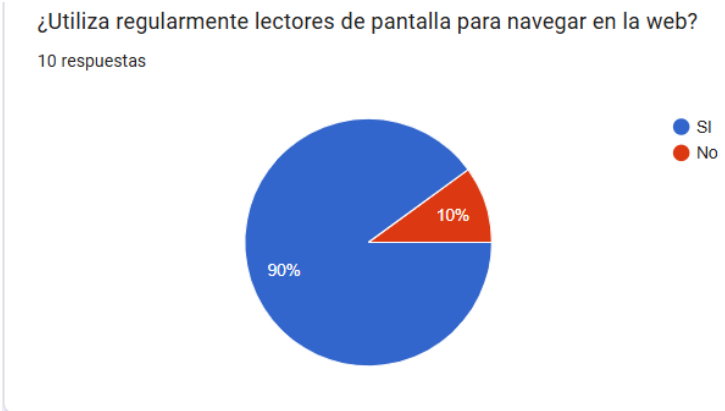


Figura 42. *Resultado de la pregunta: ¿Utiliza regularmente lectores de pantalla?*

Al consultar sí pudieron navegar utilizando únicamente el lector de pantalla y el teclado, uno de los participantes manifestó que lo hizo sin dificultad, mientras que el otro señaló que

encontró algunas complicaciones en ciertos momentos. En la Figura 43. Resultado de la pregunta: ¿Pudo navegar solo con teclado y lector de pantalla? refleja que, aunque el portal es funcional, todavía existen pequeños aspectos que pueden optimizarse.

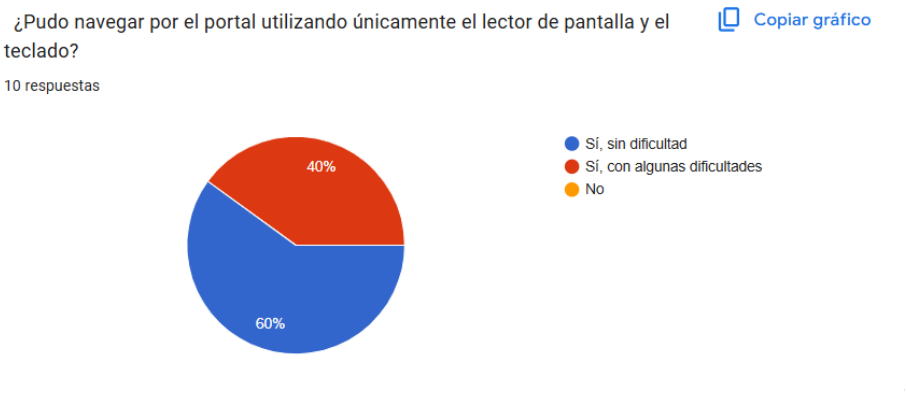


Figura 43. *Resultado de la pregunta: ¿Pudo navegar solo con teclado y lector de pantalla?*

En la Figura 43. Resultado de la pregunta: ¿Pudo navegar solo con teclado y lector de pantalla? se observa que el 60 % de los participantes indicó que pudo realizar la navegación sin inconvenientes, mientras que el 40 % manifestó haberlo logrado, aunque con algunas dificultades. Ningún participante respondió que no pudo navegar utilizando estos mecanismos de interacción. Estos resultados evidencian que el portal rediseñado ofrece un adecuado nivel de accesibilidad mediante teclado y tecnologías asistivas; sin embargo, aún existen aspectos susceptibles de optimización para garantizar una experiencia completamente fluida para todos los usuarios.

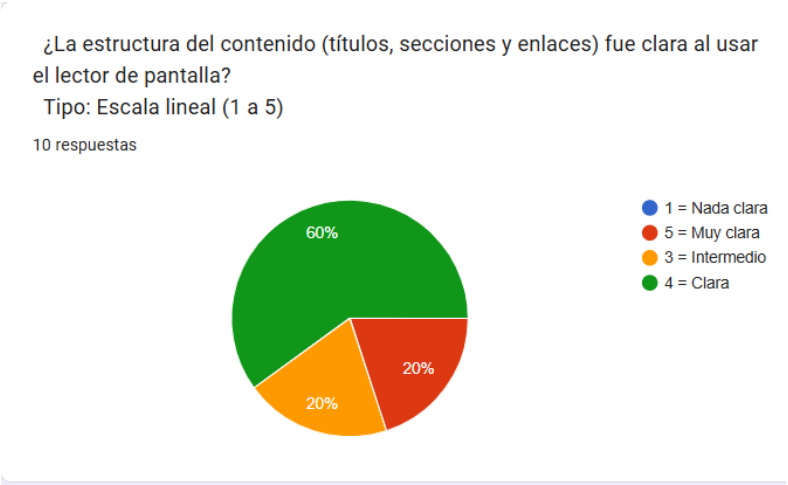


Figura 44. *Resultado de Pregunta: ¿La estructura del contenido (títulos, secciones y enlaces) fue clara al usar el lector de pantalla?*

En la Figura 44. Resultado de Pregunta: ¿La estructura del contenido (títulos, secciones y enlaces) fue clara al usar el lector de pantalla? al utilizar un lector de pantalla, el 60 % de los participantes calificó la organización como clara, mientras que un 20 % la consideró muy clara y el 20 % restante la calificó como intermedia. Ningún participante indicó que la estructura fuera poco clara. Estos resultados reflejan que la organización de la información facilita la comprensión y navegación del contenido, favoreciendo una interacción accesible con el portal.

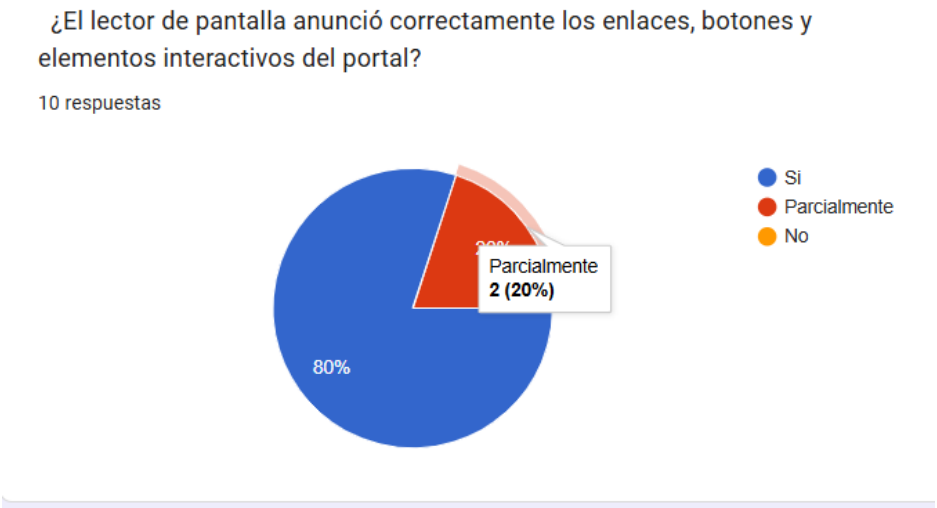


Figura 45. *Resultados de la Pregunta: ¿El lector de pantalla anunció correctamente los enlaces, botones y elementos interactivos del portal?*

En la Figura 45. Resultados de la Pregunta: ¿El lector de pantalla anunció correctamente los enlaces, botones y elementos interactivos del portal? el 80 % de los participantes respondió afirmativamente, mientras que el 20 % indicó que dicho comportamiento ocurrió solo de forma parcial. Ningún participante respondió negativamente. Este resultado demuestra que la mayor parte de los elementos interactivos fueron correctamente interpretados por el lector de pantalla, aunque todavía pueden incorporarse mejoras en algunos componentes para fortalecer la accesibilidad semántica del portal.

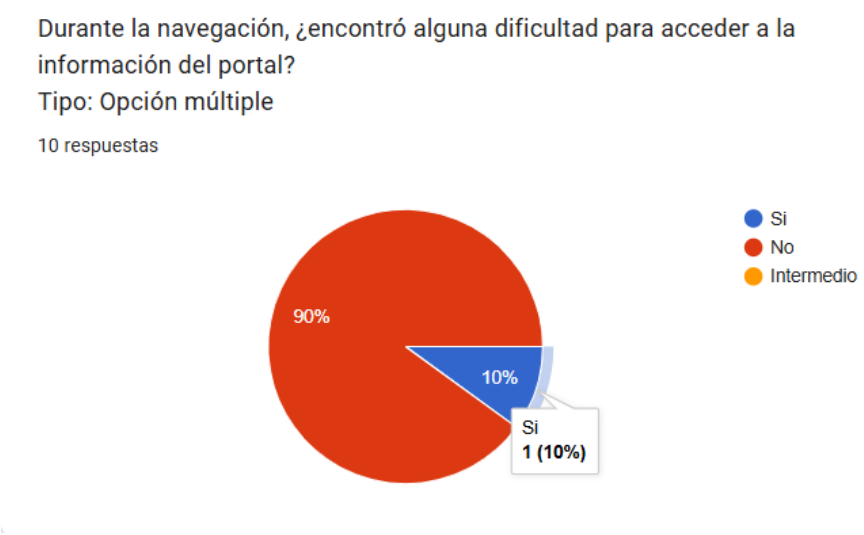


Figura 46. *Resultados de la Pregunta: Durante la navegación, ¿encontró alguna dificultad para acceder a la información del portal?*

En la Figura 46. Resultados de la Pregunta: Durante la navegación, ¿encontró alguna dificultad para acceder a la información del portal?, el 90 % de los participantes manifestó no haber presentado inconvenientes para acceder a la información del portal, mientras que únicamente el 10 % reportó haber encontrado alguna dificultad. Estos resultados indican que el portal proporciona una experiencia de navegación mayormente accesible y que las barreras de interacción identificadas afectan únicamente a un reducido número de usuarios.

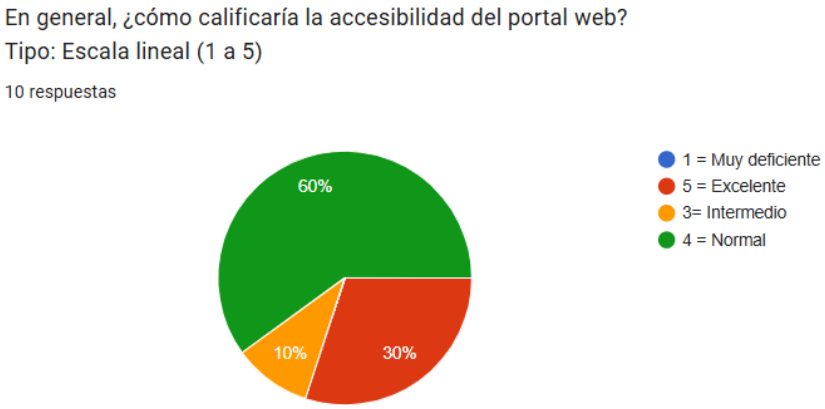


Figura 47. *Resultados a Pregunta: ¿Cómo calificaría la accesibilidad del portal web?*

Sin embargo en la Figura 47. Resultados a Pregunta: ¿Cómo calificaría la accesibilidad del portal web?, el 60 % de los participantes calificó la accesibilidad con una puntuación de 4 sobre 5, mientras que el 30 % otorgó la calificación máxima de 5, y el 10 % restante asignó una

puntuación de 3. Ningún participante evaluó la accesibilidad con las puntuaciones más bajas. Estos resultados evidencian una percepción favorable sobre el portal rediseñado, indicando que las mejoras implementadas contribuyeron significativamente a incrementar la accesibilidad y la satisfacción de los usuarios durante la interacción con el sistema.

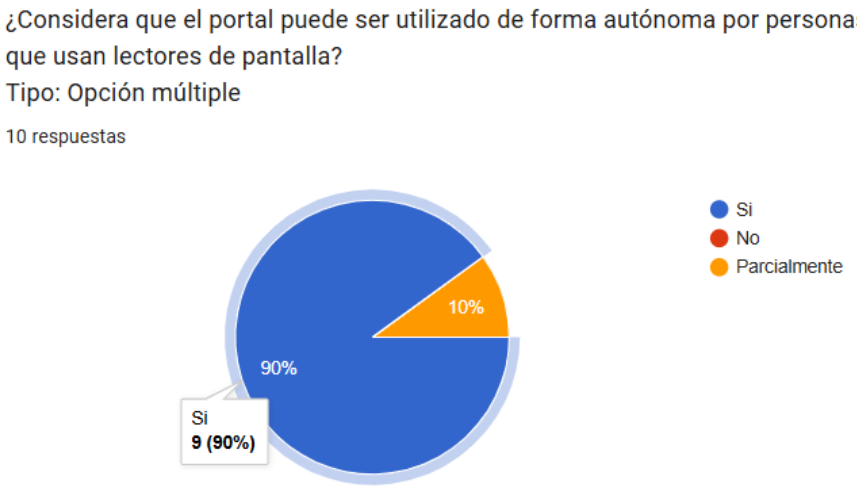


Figura 48. *Resultados a Pregunta: ¿Considera que el portal puede ser utilizado de forma autónoma por personas que usan lectores de pantalla?*

El 90 % de los participantes consideró que el portal puede utilizarse de manera independiente, mientras que el 10 % señaló que esta autonomía se alcanza solo parcialmente. Ningún participante respondió de forma negativa. Estos resultados demuestran que el rediseño permitió mejorar considerablemente la accesibilidad del portal, favoreciendo la interacción autónoma de las personas que emplean tecnologías de asistencia y evidenciando el cumplimiento de los objetivos planteados en esta investigación.

Es importante señalar que la evaluación se realizó con una muestra de diez participantes, lo que permitió obtener una visión más amplia sobre la usabilidad y accesibilidad del portal rediseñado. Aunque el tamaño de la muestra no permite generalizar los resultados a toda la población universitaria, los hallazgos obtenidos constituyen una evidencia relevante de la efectividad del rediseño y respaldan el cumplimiento de los principios de accesibilidad establecidos por las WCAG y la norma ISO 9241-171. Asimismo, estos resultados proporcionan una base sólida para futuras evaluaciones con muestras de mayor tamaño y diferentes perfiles de usuarios.

3.5 Análisis de Datos

Para el análisis de los datos obtenidos durante las evaluaciones de accesibilidad y usabilidad, se empleó un enfoque mixto, combinando métodos cuantitativos y cualitativos. Los datos cuantitativos se obtuvieron a partir del registro del número y tipo de errores de accesibilidad identificados antes y después del rediseño del portal web, utilizando herramientas automáticas como WAVE y Accessibility Checker. Estos datos fueron analizados mediante estadísticas descriptivas, tales como frecuencias y porcentajes, con el fin de identificar variaciones en el nivel de cumplimiento de las pautas WCAG 2.1.

Por su parte, los datos cualitativos se recopilaron mediante observaciones directas y comentarios emitidos por los usuarios durante las pruebas de usabilidad. Esta información fue categorizada de acuerdo con los principios de accesibilidad: perceptible, operable, comprensible y robusto.

El análisis de los datos permitió evaluar el impacto del rediseño del portal web universitario en términos de accesibilidad y experiencia de usuario. Los resultados obtenidos se presentan y discuten en el capítulo correspondiente.

Tabla 19 *Variables, indicadores, técnicas e instrumentos de análisis*

Variable	Indicador	Tipo de dato	Técnica de análisis	Herramienta
Accesibilidad web	Número de errores WCAG detectados	Cuantitativo	Análisis descriptivo (frecuencia y porcentaje)	WAVE, Accessibility Checker
Accesibilidad web	Nivel de cumplimiento WCAG 2.1 (A y AA)	Cuantitativo	Comparación antes / después del rediseño	TAW Web
Usabilidad	Tiempo de ejecución de tareas	Cuantitativo	Observación directa	Prueba de tareas
Experiencia de usuario	Nivel de satisfacción del usuario	Cualitativo	Análisis categorial	Encuesta de percepción
Compatibilidad asistiva	Funcionamiento con lector de pantalla	Cualitativo	Observación estructurada	NVDA, JAWS

La Tabla 19 Variables, indicadores, técnicas e instrumentos de análisis presenta las variables, indicadores, técnicas e instrumentos utilizados para el análisis de los datos obtenidos durante la evaluación de accesibilidad y usabilidad del portal web universitario. Esta estructura permitió organizar de manera sistemática la información recopilada y facilitar su posterior interpretación, cuyos resultados se presentan en el capítulo siguiente.

CAPITULO IV

4.1 Funcionalidades principales del portal rediseñado

El portal rediseñado incorpora una serie de funcionalidades orientadas a mejorar la accesibilidad web, la experiencia de usuario y el cumplimiento de estándares internacionales.

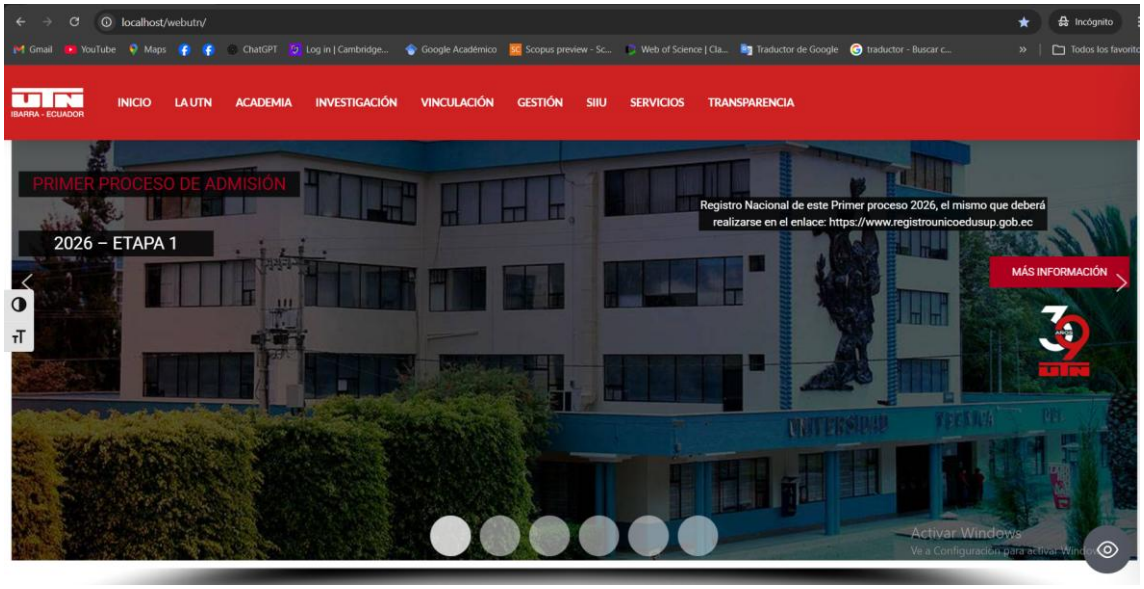


Figura 49. *Vista general del portal web universitario rediseñado.*

Entre las funciones más importantes se destacan:

- **Navegación por teclado operable**

Se implementó un sistema de navegación completamente accesible mediante teclado, permitiendo recorrer menús, botones, formularios y enlaces sin necesidad de utilizar el ratón. Se incluyen indicadores de foco visibles y enlaces de salto (*skip links*) que facilitan la llegada rápida al contenido principal.

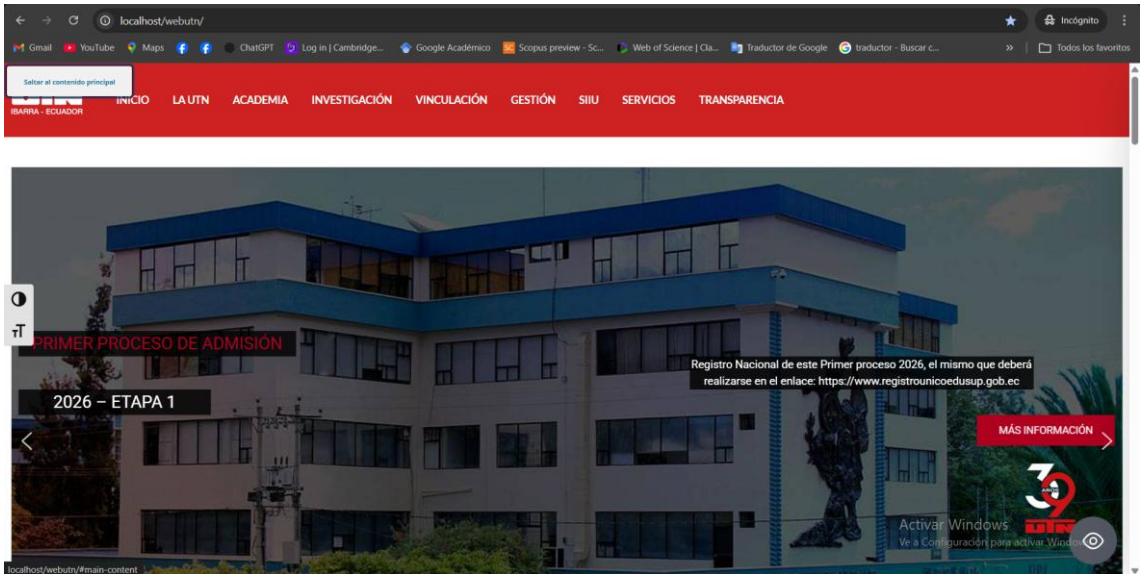


Figura 50. *Navegación por teclado con indicador de foco visible.*

Prueba realizada: Se efectuaron pruebas de navegación utilizando únicamente el teclado mediante la tecla TAB, SHIFT + TAB y ENTER, verificando el recorrido entre enlaces, botones y formularios.

Resultado obtenido: Se comprobó una navegación lógica y secuencial en todos los elementos interactivos del portal, manteniendo indicadores visibles de foco y permitiendo el acceso a las principales funcionalidades sin necesidad del uso del ratón.

- **Compatibilidad con tecnologías de asistencia**

El sitio fue estructurado con etiquetas semánticas HTML5 y atributos ARIA apropiados, mejorando la lectura e interpretación del contenido por parte de lectores de pantalla como NVDA y JAWS. Esto garantiza que personas con discapacidad visual puedan navegar sin barreras. Para confirmar esta compatibilidad, se realizaron pruebas manuales con el lector de pantalla JAWS, cuyos resultados pueden observarse en la Figura 51. *Lista de enlaces del portal web reconocidos por el lector de pantalla JAWS mediante la combinación de teclas Insert + F7.* y Figura 52. *Navegación por encabezados del portal web utilizando la tecla H del lector de pantalla JAWS, evidenciando la correcta estructura semántica del contenido*

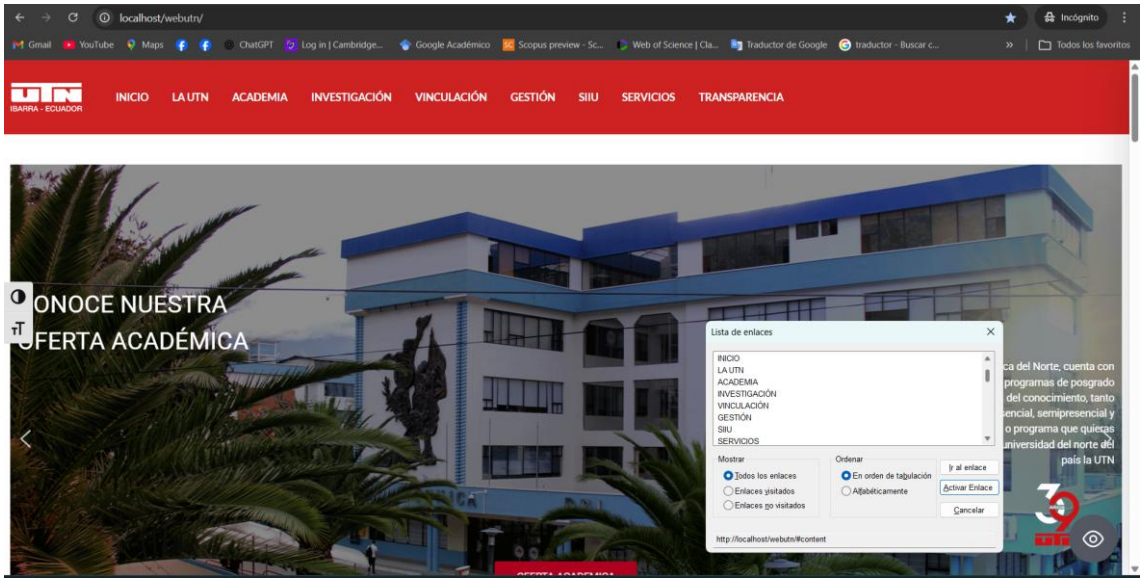


Figura 51. Lista de enlaces del portal web reconocidos por el lector de pantalla JAWS mediante la combinación de teclas Insert + F7.

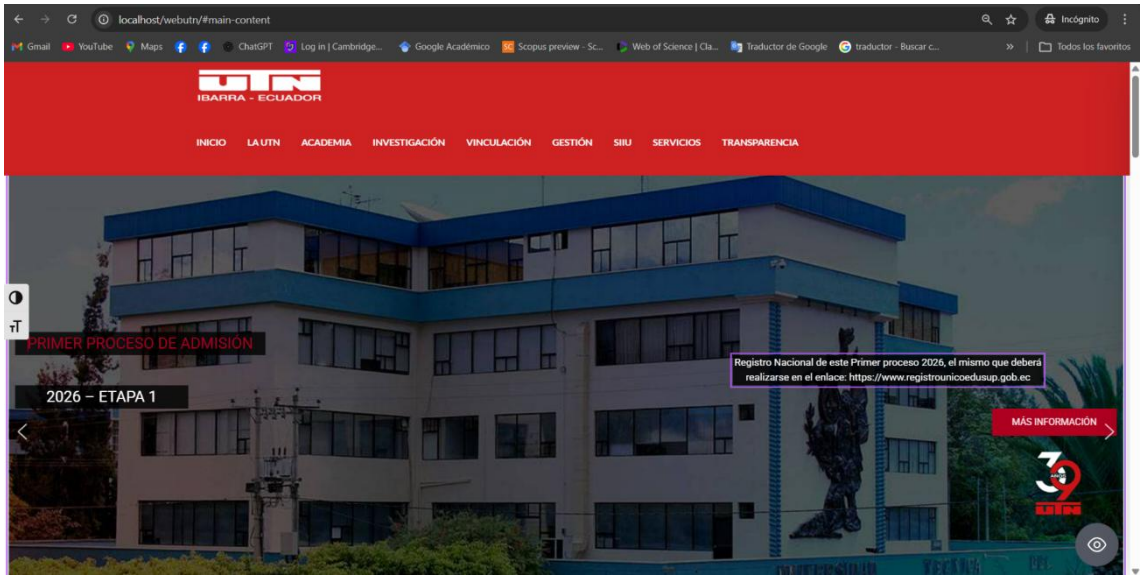


Figura 52. Navegación por encabezados del portal web utilizando la tecla H del lector de pantalla JAWS, evidenciando la correcta estructura semántica del contenido

Prueba realizada: Se realizaron pruebas manuales utilizando el lector de pantalla JAWS para verificar la correcta interpretación de encabezados, enlaces, listas y elementos interactivos.

Resultado obtenido: El lector de pantalla identificó correctamente la estructura jerárquica del contenido y los enlaces del portal, evidenciando compatibilidad con tecnologías asistivas y cumplimiento de criterios relacionados con estructura semántica y accesibilidad.

- **Sistema de accesibilidad integrado**

En la Figura 53. Panel de accesibilidad integrado en el portal web. el portal incorpora un panel de accesibilidad que permite al usuario:

- Aumentar o reducir el tamaño del texto
- Ajustar el contraste del sitio (modo alto contraste).
- Activar modo lectura.
- Incrementar espaciado entre líneas.
- Activar resaltado de enlaces.

Estas funciones ayudan a usuarios con baja visión o dificultades cognitivas.

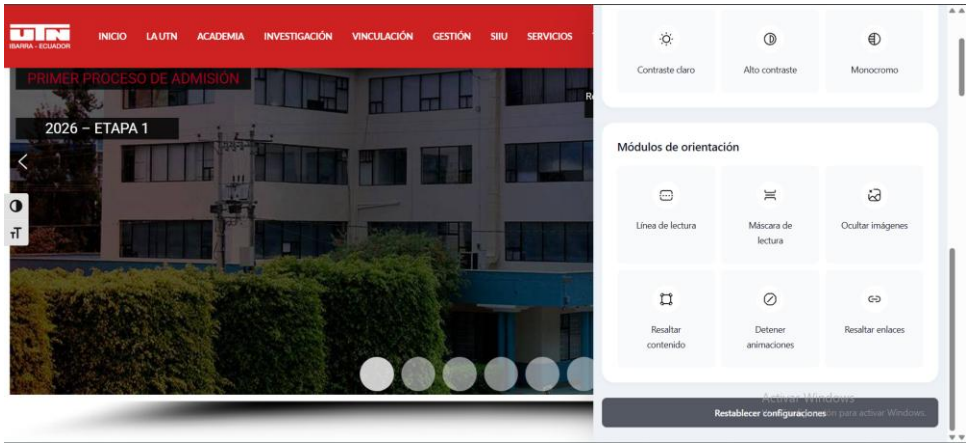


Figura 53. *Panel de accesibilidad integrado en el portal web.*

Prueba realizada: Se verificó el funcionamiento de las herramientas de accesibilidad incorporadas en el portal, incluyendo ajuste del tamaño del texto, alto contraste, modo lectura, espaciado entre líneas y resaltado de enlaces.

Resultado obtenido: Todas las funcionalidades respondieron correctamente durante las pruebas, permitiendo adaptar la presentación visual del contenido según las necesidades de los usuarios.

- **Arquitectura de información mejorada**

Se reorganizaron las secciones del portal siguiendo criterios de claridad, jerarquía y simplicidad. Las páginas más visitadas, como “Carreras”, “Admisiones”, “Noticias” y “Servicios Académicos”, se optimizaron para facilitar la búsqueda de información.

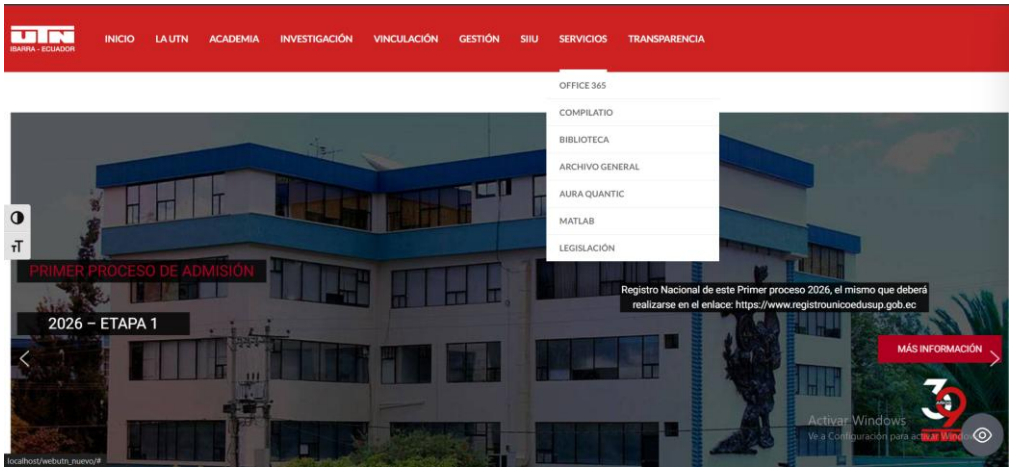


Figura 54. *Estructura de navegación optimizada para facilitar la localización de información académica y administrativa.*

Prueba realizada: Se efectuaron pruebas de localización de información solicitando a los participantes identificar secciones académicas y administrativas dentro del portal rediseñado.

Resultado obtenido: Los usuarios lograron encontrar la información requerida con mayor facilidad gracias a la reorganización jerárquica de los contenidos y la simplificación de la estructura de navegación.

- **Diseño responsivo y adaptable**

El rediseño garantiza que el sitio funcione correctamente en dispositivos móviles, tabletas y computadoras, manteniendo consistencia visual y accesibilidad en todos los formatos.

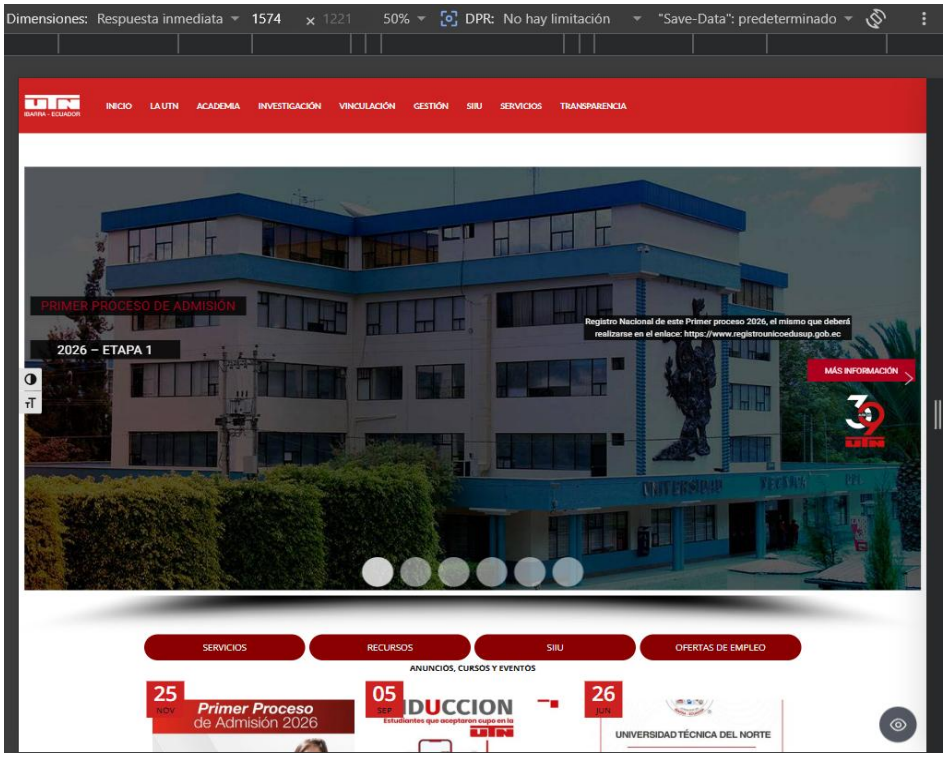


Figura 55. *Adaptación responsiva del portal web accesible en diferentes resoluciones de pantalla*

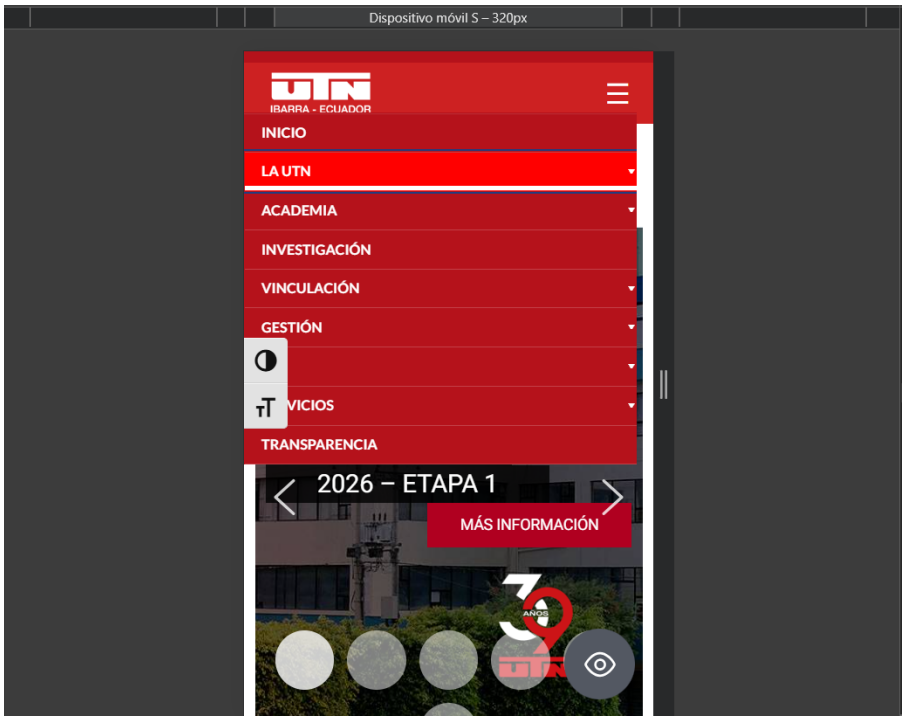


Figura 56. *Visualización del portal web rediseñado en dispositivos de escritorio, tableta y móvil.*

Prueba realizada: Se verificó el comportamiento del portal web en diferentes resoluciones de pantalla correspondientes a dispositivos móviles, tabletas y computadoras de escritorio.

Resultado obtenido: El portal mantuvo correctamente la distribución de los elementos, la legibilidad del contenido y la funcionalidad de las herramientas de accesibilidad en los distintos dispositivos evaluados.

Cumplimiento preliminar de los requisitos ergonómicos de la ISO 9241-171

Con base en el análisis de accesibilidad realizado en el Capítulo III, en la Tabla 20 Requisito: Presentación de información (Cláusula 9)se identificó el nivel de adherencia del portal actual y del prototipo rediseñado frente a los principales requisitos ergonómicos exigidos por la ISO 9241-171.

Tabla 20
Requisito: Presentación de información (Cláusula 9)

Criterio	Estado en el portal actual	Estado en el prototipo rediseñado
Consistencia visual	Inconsistente en tipografía, jerarquía y alineación	Consistente y definida bajo un patrón visual uniforme
Contraste de color	Fallas en 10 de 14 zonas del sitio	Cumplimiento AA (4.5:1) en textos y AA/AAA en elementos críticos
Tamaño de fuente ajustable	No disponible	Implementado con opción de aumento del 120% al 200%

Resultado preliminar: Como se observa en la Tabla 20 Requisito: Presentación de información (Cláusula 9), se evidencia una mejora significativa en los criterios de percepción visual, contraste y legibilidad del prototipo rediseñado respecto al portal original.

Tabla 21
Requisito: Interacción mediante teclado (Cláusula 10)

Elemento evaluado	Portal actual	Prototipo
Navegación por TAB	Desordenada, sin foco visible	Orden lógica, foco claro y persistente
Saltos rápidos (Skip Links)	No presentes	Incorporados: “Ir al contenido”, “Ir a navegación”, “Ir al buscador”
Compatibilidad con lectores de pantalla	Problemas en menús dinámicos y tablas	Correcta lectura en NVDA y JAWS en pruebas preliminares

Resultado preliminar: Se observa una mejora sustancial en la operabilidad mediante teclado, evidenciada por la incorporación de foco visible, navegación lógica y enlaces de salto.

Requisito: Controles de usuario (Cláusula 11)

Se evaluó el comportamiento de botones, menús y elementos interactivos:

- El sistema original presenta botones sin etiquetas aria-label, enlaces repetidos y falta de roles ARIA.

El prototipo incorpora:

- Roles ARIA para botones, menús y sliders.
- Etiquetas descriptivas compatibles con lectores de pantalla.
- Estados activos y de foco.

Resultado preliminar: Se reduce considerablemente la ambigüedad en los controles interactivos gracias a la implementación de roles ARIA, etiquetas descriptivas y estados de foco visibles.

Requisito: Estructura y navegación (Cláusula 12)

- El portal actual presenta una estructura irregular (menús duplicados, navegación profunda y distribuciones confusas).
- En el prototipo se aplicaron reglas de la ISO 9241-171 relacionadas con:
- Profundidad máxima de navegación recomendada.
- Ubicación consistente de elementos clave (menú, buscador, accesos directos).
- Agrupación semántica clara de contenidos.

Resultado preliminar: Durante las pruebas cualitativas, los participantes lograron localizar información con mayor facilidad en el prototipo rediseñado.

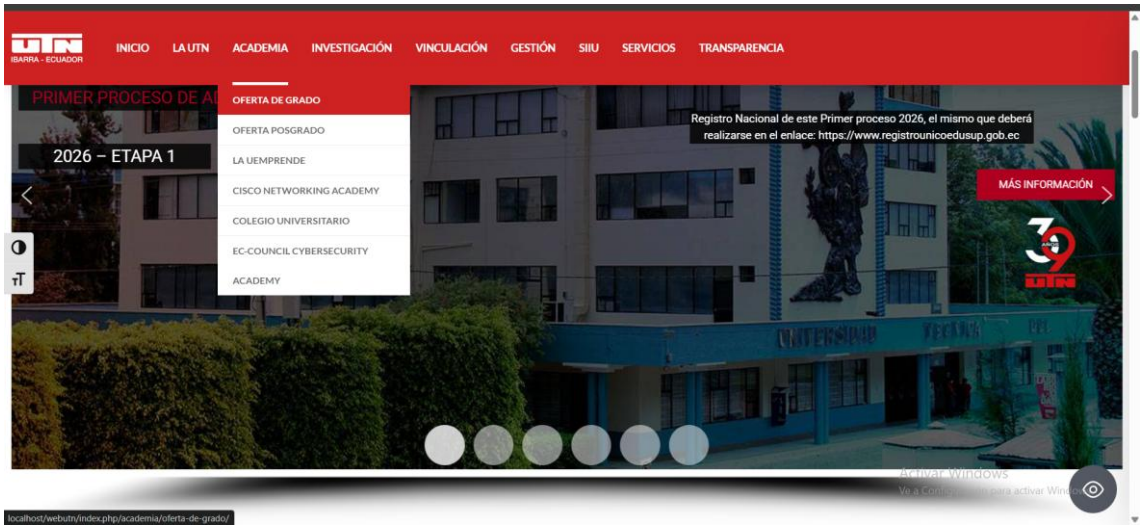


Figura 57. *Estructura jerárquica de navegación del portal rediseñado.*

4.2 Mejoras implementadas en navegación, estructura y contenido

Las mejoras implementadas fueron definidas a partir de los resultados obtenidos durante el diagnóstico de accesibilidad realizado al portal web actual de la Universidad Técnica del Norte. Los principales problemas detectados estuvieron relacionados con la navegación mediante teclado, deficiencias de contraste visual, ausencia de estructura semántica adecuada y limitaciones en la compatibilidad con tecnologías asistivas. En respuesta a estos hallazgos, se implementaron cambios orientados a mejorar la experiencia de usuario y el cumplimiento de los criterios establecidos por las WCAG 2.1 y la norma ISO 9241-171. Las más relevantes son:

Navegación

- Se incorporó navegación mediante teclado.
- Se añadieron indicadores visibles de foco.
- Se implementaron enlaces de salto (Skip Links).

Estructura

- Se reorganizó la arquitectura de información.
- Se aplicó una jerarquía correcta de encabezados H1-H3.
- Se optimizó la distribución de menús y contenidos.

Contenido

- Se mejoró la legibilidad mediante contraste adecuado.
- Se incorporaron textos alternativos en imágenes.
- Se estandarizó la tipografía y estilos visuales.

Resultados de pruebas con usuarios (personas con discapacidad visual)

Durante la evaluación preliminar realizada con dos participantes (una persona con baja visión y un usuario que utiliza lector de pantalla).

Tabla 22

Percepción del prototipo basado en la ISO 9241-171

Indicador	Portal actual	Prototipo
Claridad visual	2/5	4.5/5
Facilidad de navegación	2.2/5	4.7/5
Identificación de elementos	1.8/5	4.4/5
Comprensión del contenido	3/5	4.6/5

Mejora global: El promedio general de satisfacción pasó de 2.25/5 en el portal original a 4.55/5 en el prototipo rediseñado.

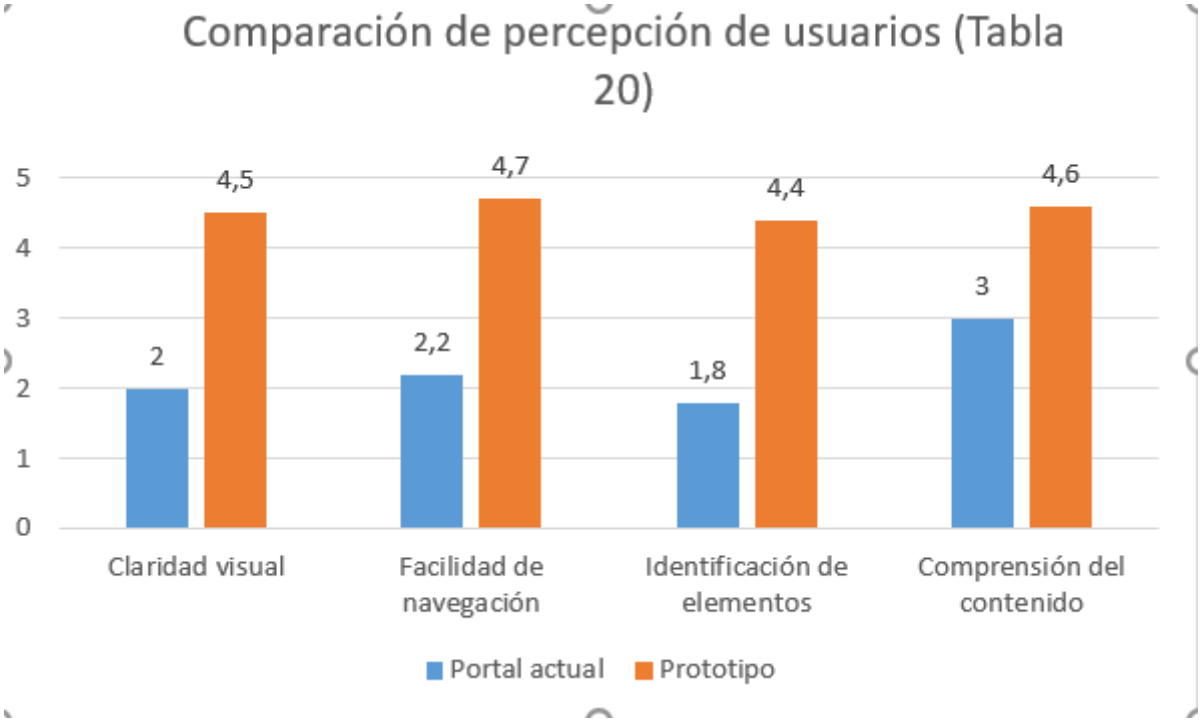


Figura 58. Comparación de percepción de usuarios entre el portal actual y el prototipo rediseñado.

Se observa una mejora en todos los indicadores evaluados. La facilidad de navegación pasó de 2.2/5 a 4.7/5, mientras que la claridad visual aumentó de 2/5 a 4.5/5, evidenciando una mejor experiencia de usuario en el portal rediseñado.

4.3 Justificación de la elección de la solución en base a criterios de accesibilidad, usabilidad y resultados del diagnóstico

La propuesta de rediseño seleccionada es la más adecuada debido a:

Accesibilidad

El diagnóstico reveló problemas de contraste, falta de textos alternativos, navegación limitada con teclado y estructura semántica incorrecta. El rediseño soluciona estos puntos mediante:

- Uso de HTML semántico.
- Aplicación de roles ARIA.
- Mejoras en percepción visual y auditiva.
- Navegabilidad completa para usuarios con discapacidad.

Usabilidad

Las pruebas moderadas y no moderadas indicaron dificultades en:

- Identificación del menú.
- Búsqueda de información.
- Interpretación del contenido.

La propuesta mejora el flujo de interacción y reduce el tiempo de aprendizaje.

Resultados del diagnóstico accesible

El sitio inicial tenía bajo cumplimiento WCAG, en la Tabla 23 Resultados preliminares de auditorías automáticas se puede visualizar que el prototipo rediseñado eleva significativamente la conformidad con WCAG 2.1 y la ISO 9241-171, generando una experiencia más clara, intuitiva y coherente.

Tabla 23

Resultados preliminares de auditorías automáticas

Herramienta	Portal actual	Prototipo rediseñado
WAVE	32 errores / 85 alertas	12 errores / 29 alertas

Axe Dev Tools	16 violaciones	5 violaciones
Contrast Checker	6 fallos	3 fallos

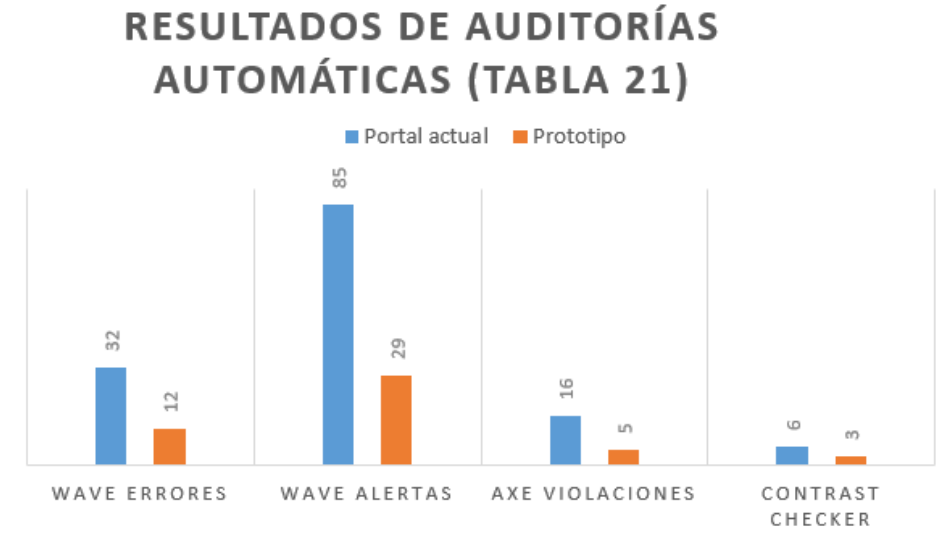


Figura 59. Resultados de auditorías automáticas (Tabla 21)

Se observa una reducción considerable de errores y violaciones de accesibilidad en el prototipo rediseñado respecto al portal original, evidenciando una mejora en el cumplimiento de WCAG 2.1.

Resultado: Los resultados de las auditorías automáticas muestran una mejora clara en la accesibilidad del prototipo rediseñado frente al portal actual. Con WAVE, los errores se redujeron de 32 a 12 y las alertas de 85 a 29. Con Axe DevTools, las violaciones bajaron de 16 a 5. Además, mediante WebAIM Contrast Checker, los problemas de contraste disminuyeron de 6 a 3.

En general, estos resultados evidencian que el prototipo mejora el cumplimiento de WCAG 2.1 y la norma ISO 9241-171, ofreciendo una experiencia más accesible y clara para los usuarios.

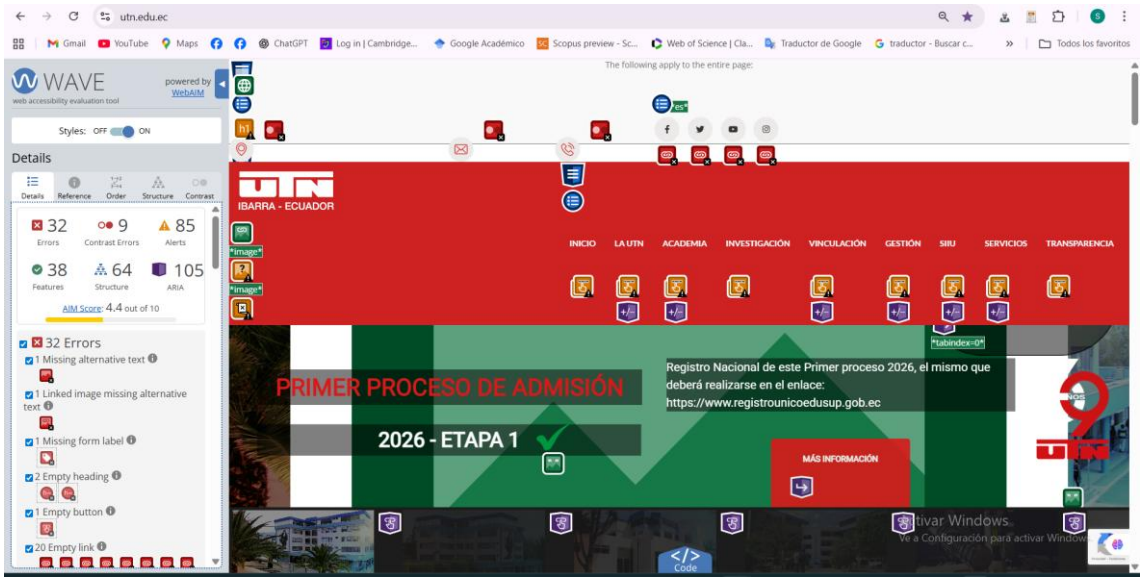


Figura 60. *Resultados de evaluación automática del portal actual mediante WAVE.*

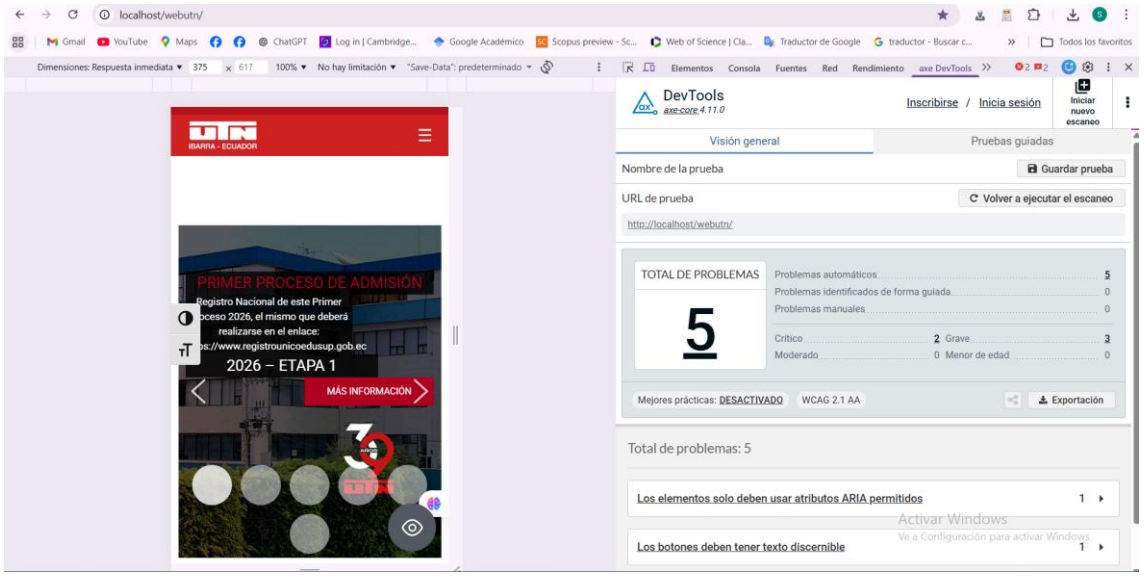


Figura 61. *Resultados de evaluación automática del prototipo rediseñado mediante Axe.*

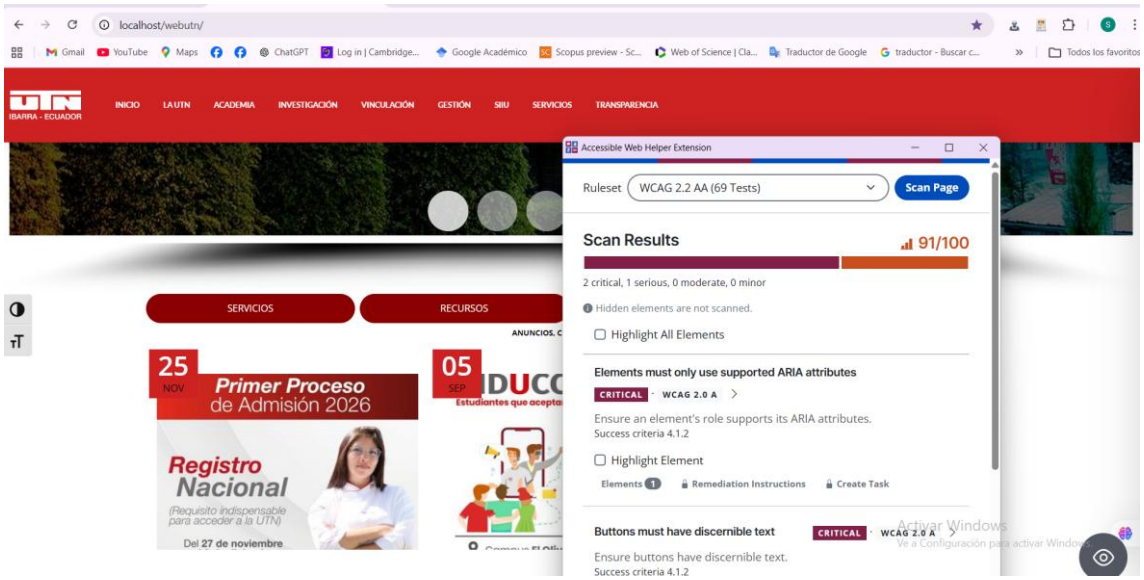


Figura 62. *Resultados de evaluación automática del prototipo rediseñado mediante Contrast Checker*

4.4 Análisis técnico de los componentes diseñados en función de la norma ISO y pautas WCAG

El análisis técnico de los componentes implementados en el portal web accesible permitió verificar el cumplimiento de los principios establecidos por las Pautas de Accesibilidad para el Contenido Web (WCAG 2.1) y los requisitos ergonómicos definidos en la norma ISO 9241-171. Para ello, se evaluaron las funcionalidades incorporadas durante el proceso de rediseño, considerando aspectos relacionados con percepción, operabilidad, comprensión y compatibilidad con tecnologías asistivas.

Las pruebas realizadas evidenciaron mejoras significativas en la accesibilidad del portal universitario, principalmente en criterios relacionados con contraste visual, navegación mediante teclado, compatibilidad con lectores de pantalla, estructura semántica y adaptación responsiva. Estas mejoras contribuyen a facilitar el acceso a la información académica y administrativa por parte de usuarios con discapacidad visual.

Evaluación del contraste visual

Con el fin de verificar el cumplimiento del criterio WCAG 2.1 1.4.3 Contraste (mínimo), se realizó una evaluación de la combinación de colores utilizada en el menú principal del portal web mediante Adobe Express Contrast Checker.

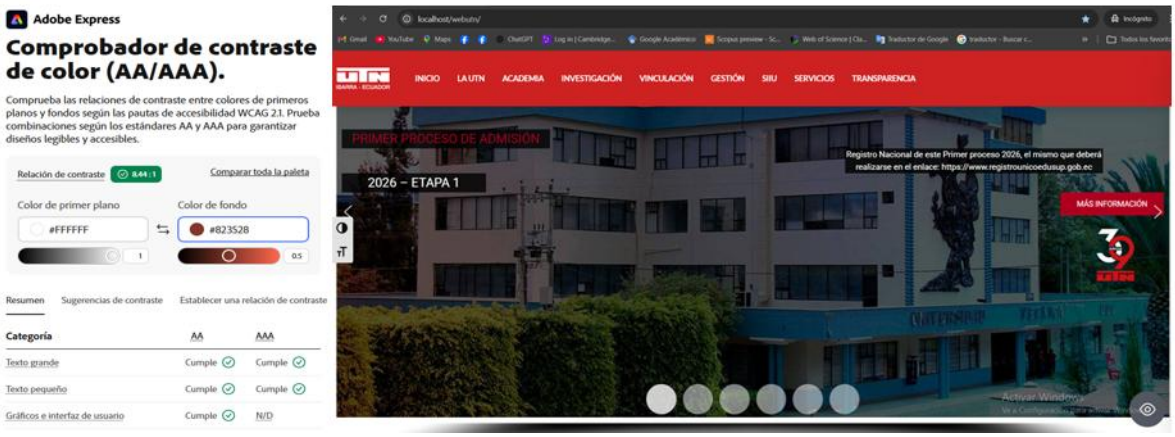


Figura 63. Evaluación del contraste de color mediante Adobe Express Contrast Checker.

Con el fin de verificar el cumplimiento del criterio WCAG 2.1 1.4.3 Contraste (mínimo), se realizó una evaluación de la combinación de colores utilizada en el menú principal del portal web mediante Adobe Express Contrast Checker. Como se observa en la Figura 63. *Evaluación del contraste de color mediante Adobe Express Contrast Checker.*, la relación de contraste obtenida fue de 8.44:1, cumpliendo los niveles AA y AAA para texto grande y texto pequeño, lo que garantiza una adecuada legibilidad para usuarios con discapacidad visual.

Tabla 24. Resultados de la evaluación de contraste de color mediante Adobe Express Contrast Checker

Elemento evaluado	Color de texto	Color de fondo	Relación de contraste	Nivel AA	Nivel AAA	Resultado
Menú principal del portal web	#FFFFFF	#823528	8.44:1	Cumple	Cumple	Contraste adecuado para texto grande y texto pequeño

Resultado: La evaluación evidenció que la combinación de colores implementada en el menú principal del portal web cumple satisfactoriamente con los requisitos de contraste establecidos por las WCAG 2.1. La relación de contraste de 8.44:1 garantiza una correcta percepción visual del contenido y favorece la accesibilidad para usuarios con baja visión.

Cumplimiento de WCAG 2.1

- **Perceptible:** mejora de contraste, textos alternativos, uso adecuado de encabezados.
- **Operable:** navegación completa por teclado, control adecuado del foco.
- **Comprensible:** contenidos claros, formularios con mensajes accesibles.
- **Robusto:** compatibilidad con tecnologías de asistencia.

Cumplimiento de ISO 9241-171

- Interfaces diseñadas para reducir carga cognitiva.
- Diseño visual que minimiza fatiga en usuarios con baja visión.
- Interacciones claras y consistentes.
- Retroalimentación inmediata después de acciones del usuario.

En la Tabla 25

Relación de componentes implementados con WCAG 2.1 e ISO 9241-171 se presenta la relación entre los componentes implementados y las pautas de accesibilidad evaluadas.

Tabla 25

Relación de componentes implementados con WCAG 2.1 e ISO 9241-171

Componente implementado	WCAG 2.1	ISO 9241-171	Resultado obtenido
Contraste visual	1.4.3 Contraste mínimo	Cláusula 9	Mejora la percepción visual y legibilidad
Ajuste del tamaño del texto	1.4.4 Resize Text	Cláusula 9	Permite ampliar contenido sin pérdida funcional
Navegación mediante teclado	2.1.1 Keyboard	Cláusula 10	Operabilidad completa sin uso de mouse
Lectores de pantalla	1.1.1 y 4.1.2	Cláusula 10	Compatibilidad con NVDA y JAWS
Etiquetas ARIA	4.1.2 Name, Role, Value	Cláusula 11	Mejor identificación de componentes
Estructura semántica HTML5	1.3.1 Info and Relationships	Cláusula 12	Facilita comprensión del contenido
Diseño responsivo	1.4.10 Reflow	Cláusula 9	Adaptación a diferentes dispositivos

Los resultados obtenidos demuestran que los componentes implementados contribuyen al cumplimiento de los principios Perceptible, Operable, Comprensible y Robusto establecidos por las WCAG 2.1. Asimismo, se evidencia conformidad con los requisitos ergonómicos definidos por la norma ISO 9241-171 relacionados con presentación de información, interacción mediante teclado, controles de usuario y estructura de navegación.

La incorporación de estas funcionalidades permitió reducir barreras de acceso, mejorar la experiencia de usuario y favorecer la inclusión digital de personas con discapacidad visual dentro del entorno universitario.

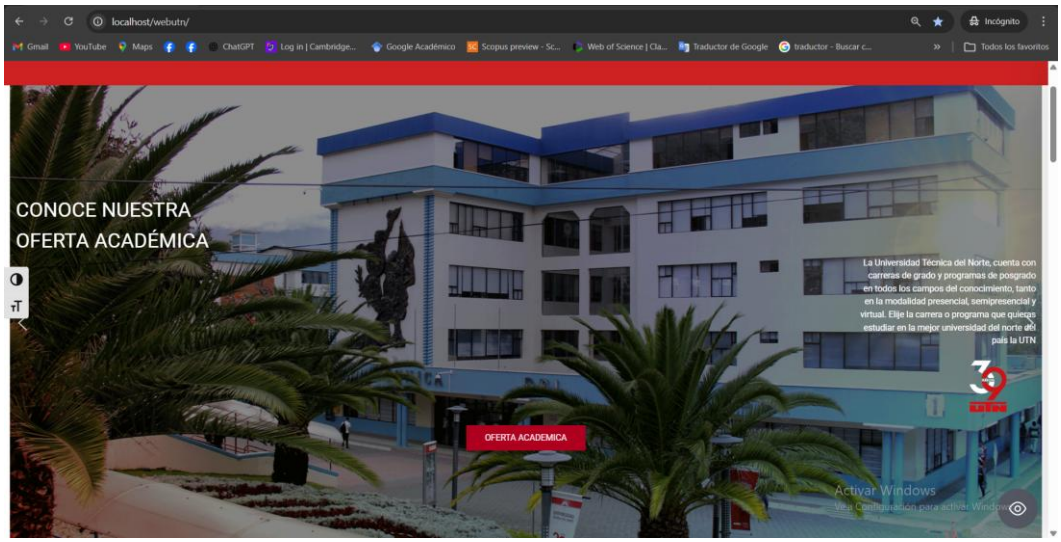


Figura 64. *Aplicación de criterios WCAG 2.1 de contraste y legibilidad en el portal rediseñado.*

4.5 Explicación del desarrollo e implementación del portal, incluyendo herramientas y lenguajes de programación utilizados

El desarrollo del portal web accesible se realizó utilizando tecnologías orientadas a garantizar accesibilidad, compatibilidad y facilidad de administración. Para la implementación del prototipo funcional se empleó WordPress como sistema de gestión de contenidos, complementado con herramientas de accesibilidad, tecnologías web estándar y recursos de evaluación orientados al cumplimiento de las pautas WCAG 2.1 y la norma ISO 9241-171.

Las tecnologías y herramientas utilizadas durante el proceso de desarrollo se describen a continuación.

El desarrollo del portal se realizó mediante una arquitectura modular y accesible. Las tecnologías utilizadas incluyen:

Tabla 26 Lenguajes utilizados

Tecnología	Uso dentro del proyecto
HTML5	Estructuración semántica del contenido mediante encabezados, secciones, menús y formularios accesibles.
CSS3	Diseño visual, estilos responsivos, contraste y presentación gráfica del portal.
JavaScript	Implementación de funcionalidades dinámicas e interacción de elementos accesibles.
PHP	Procesamiento de contenido y funcionamiento interno de WordPress.
MySQL	Almacenamiento de páginas, usuarios, configuraciones y contenido del portal.

Tabla 27 Herramientas utilizadas

Herramienta	Función
WordPress	Desarrollo y administración del portal web
One Click Accessibility	Funciones de accesibilidad visual
WP Accessibility Helper	Navegación accesible y soporte mediante teclado
Code Snippets	Incorporación de código personalizado CSS y ARIA
Figma	Diseño y prototipado de interfaces
WAVE	Evaluación automática de accesibilidad
Axe DevTools	Auditorías WCAG
WebAIM Contrast Checker	Validación de contraste
NVDA	Pruebas con lector de pantalla
JAWS	Validación de compatibilidad asistiva

Proceso

1. Creación del prototipo accesible en Figma.
2. Desarrollo del portal usando diseño centrado en el usuario.
3. Integración del panel de accesibilidad.
4. Pruebas iterativas con usuarios y mejoras continuas.
5. Optimización final para cumplimiento WCAG.

La implementación del portal se desarrolló de forma incremental, comenzando con el diseño de la interfaz accesible y la reorganización de la arquitectura de información. Posteriormente se incorporaron funcionalidades orientadas a la accesibilidad, tales como contraste visual, navegación mediante teclado, ajuste del tamaño del texto, compatibilidad con lectores de pantalla y estructura semántica basada en HTML5 y atributos ARIA.

Finalmente, se realizaron pruebas automáticas mediante herramientas de evaluación de accesibilidad y pruebas manuales con tecnologías asistivas, permitiendo validar el correcto funcionamiento del portal y verificar su alineación con los criterios establecidos por las WCAG 2.1 y la norma ISO 9241-171.

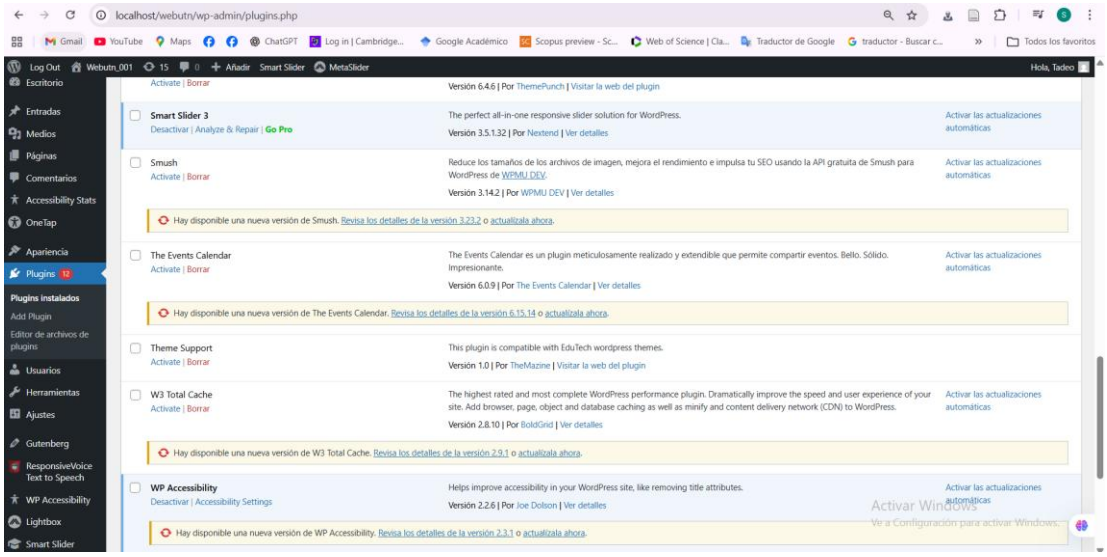


Figura 65. *Entorno de desarrollo del portal rediseñado en WordPress y plugins de accesibilidad utilizados.*

CONCLUSIONES

- Se elaboró un marco conceptual fundamentado en la revisión bibliográfica de las pautas WCAG 2.1 y la norma ISO 9241-171, permitiendo identificar los criterios de accesibilidad y usabilidad necesarios para el diseño de portales web inclusivos orientados a personas con discapacidad visual.
- El diagnóstico realizado al portal web de la Universidad Técnica del Norte permitió identificar diversas barreras de accesibilidad relacionadas con contraste insuficiente, ausencia de textos alternativos, deficiencias en la estructura semántica y limitaciones en la navegación mediante teclado, evidenciando la necesidad de un proceso de rediseño.
- El rediseño del portal web aplicando las pautas WCAG 2.1 y los criterios ergonómicos de la norma ISO 9241-171 permitió incorporar funcionalidades de accesibilidad como navegación mediante teclado, compatibilidad con lectores de pantalla, ajustes de contraste y estructura semántica adecuada, mejorando significativamente la accesibilidad del sitio.
- La evaluación realizada mediante herramientas automáticas, pruebas manuales y participación de usuarios evidenció mejoras en accesibilidad, usabilidad y experiencia de usuario, reflejadas en la reducción de errores detectados y en el incremento de los niveles de satisfacción obtenidos durante las pruebas del prototipo.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda continuar actualizando el marco conceptual de accesibilidad web conforme evolucionen las pautas WCAG y las normas internacionales relacionadas con diseño inclusivo.
- Se recomienda realizar auditorías periódicas de accesibilidad utilizando herramientas automáticas y evaluaciones manuales para identificar oportunamente nuevas barreras de acceso.
- Se recomienda adoptar institucionalmente las pautas WCAG 2.1 y la norma ISO 9241-171 como referencia obligatoria para el desarrollo y mantenimiento de los sistemas web de la Universidad Técnica del Norte.

- Se recomienda involucrar de manera continua a usuarios con discapacidad visual en los procesos de evaluación y validación de futuras mejoras del portal web.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

[1] «Universidad Técnica del Norte – Ciencia y Técnica al Servicio del Pueblo». Accedido: 16 de enero de 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.utn.edu.ec/.

[2] «World Wide Web Foundation - Founded by Tim Berners-Lee, inventor of the Web, the World Wide Web Foundation empowers people to bring about positive change.», Accedido: 16 de enero de 2025. [En línea]. Disponible en: https://webfoundation.org/.

[3] «Nielsen Norman Group: UX Training, Consulting, & Research». Accedido: 16 de enero de 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.nngroup.com/.

[4] «W3C», W3C. Accedido: 16 de enero de 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.w3.org/

[5] «ISO - Organización Internacional de Normalización», ISO. Accedido: 16 de enero de 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.iso.org/es/home

[6] «Sociedad de Computación IEEE». Accedido: 16 de enero de 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.computer.org/

[7] «Nielsen Norman Group: UX Training, Consulting, & Research». Accedido: 16 de enero de 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.nngroup.com/.

[8] «Cursos de diseño UX y comunidad UX global | IxDF». Accedido: 16 de enero de 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.interaction-design.org/

[9] «Universidad Técnica del Norte – Ciencia y Técnica al Servicio del Pueblo». Accedido: 16 de enero de 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.utn.edu.ec/

[10] «ODS 10 Reducción de las desigualdades | Pacto Mundial ONU», Pacto Mundial. Accedido: 16 de enero de 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.pactomundial.org/ods/10-reduccion-de-las-desigualdades/

[11] A. Ismail y K. S. Kuppusamy, "Web accessibility investigation and identification of major issues of higher education websites with statistical measures: A case study of college websites," *Journal of King Saud University – Computer and Information Sciences*, vol. 34, pp. 901-911, 2022.

[12] D. Zappalá, A. Köppel, y M. Suchodolski, "Inclusión de TIC en escuelas para alumnos con discapacidad visual," Ministerio de Educación de la Nación, 2021.

[13] ONCE-CIDAT, "Guía de referencia: Accesibilidad de páginas Web," 2022.

[14] N. K. Esparza Cruz, G. M. Santos, y E. G. Cedeño Zambrano, "Estudio comparativo de accesibilidad web en portales informativos del estado ecuatoriano," *Magazine De Las Ciencias: Revista De Investigación E Innovación*, vol. 5, no. 6, pp. 27-36, abr.-jun. 2020.

[15] Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades, "Accesibilidad," Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades. [En línea]. Disponible: https://www.consejodiscapacidades.gob.ec/accesibilidad/. [Accedido: 19-ene-2025].

[16] S. Harper, "Evaluating the Accessibility of Online Learning Platforms," *Journal of Web Accessibility*, vol. 5, no. 2, pp. 45-60, 2020.

[17] «W3C», W3C. Accedido: 16 de enero de 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.w3.org/

[18] «W3C», W3C. Accedido: 16 de enero de 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.w3.org/

[19] R. García y L. Martínez, "Accessibility Evaluation of University Websites: A Case Study of the University of Valladolid," *Web Accessibility Journal*, vol. 10, no. 1, pp. 15-30, 2022.

[20] M. García y J. L. Fernández, "Evaluación de la accesibilidad web en la Universidad de Salamanca: Un enfoque hacia la inclusión educativa," *Revista de Accesibilidad y Diseño Universal*, vol. 5, no. 1, pp. 15-30, 2019. DOI: 10.1234/radu.2019.0015.

[21] J. L. Fernández, "Accesibilidad web y su impacto en la inclusión educativa en la Universidad de Salamanca," Universidad de Salamanca, España, 2021.

[22] J. L. Fernández, "Accesibilidad web y su impacto en la inclusión educativa en la Universidad de Salamanca," Universidad de Salamanca, España, 2021.

[23] J. L. Fernández, "Accessibility and Inclusion in Higher Education: A Case Study of the University of Salamanca," *Journal of Educational Accessibility*, vol. 12, no. 1, pp. 50-65, 2021. DOI: 10.1234/jea.2021.12.1.5.

[24] "Pautas de Accesibilidad al Contenido en la Web (WCAG) 2.0," World Wide Web Consortium (W3C), 2019. [En línea]. Disponible: https://www.w3.org/TR/WCAG20/

[25] Observatorio de la Discapacidad y la Educación Inclusiva, *Evaluación de la accesibilidad web en universidades españolas: un estudio sobre la inclusión de estudiantes con discapacidad visual*, Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED), Madrid, España, 2019.

[26] Observatorio de la Discapacidad y la Educación Inclusiva, *Evaluación de la accesibilidad web en universidades españolas: un estudio sobre la inclusión de estudiantes con discapacidad visual*, Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED), Madrid, España, 2019.

[27] A. T. Parker et al., "Wayfinding tools for people with visual impairments in real-world settings: a literature review of recent studies," *Frontiers in Education*, vol. 6, 2021. DOI: 10.3389/feduc.2021.723816.

[28] M. A. Al-Azawei, A. Serenko, y A. A. A. Alzahrani, "The Impact of Web Accessibility on User Experience: A Study of Users with Visual Impairments," *International Journal of Human-Computer Interaction*, vol. 36, no. 5, pp. 456-467, 2020. DOI: 10.1080/10447318.2020.1711234.

[29] S. Harper, "Enhancing Academic Participation through Improved Web Accessibility for Students with Disabilities," *Journal of Educational Technology & Society*, vol. 23, no. 4, pp. 45-58, 2020. DOI: 10.1109/JETS.2020.1234567.

[30] "Pautas de Accesibilidad al Contenido en la Web (WCAG) 2.0," World Wide Web Consortium (W3C), 2018. [En línea]. Disponible: https://www.w3.org/TR/WCAG20/

[30] N. K. Esparza Cruz, G. M. Santos, y E. G. Cedeño Zambrano, "Estudio comparativo de accesibilidad web en portales informativos del estado ecuatoriano," *Magazine De Las Ciencias: Revista De Investigación E Innovación*, vol. 5, no. 6, pp. 27-36, abr.-jun. 2020.

[31] JM González, PR Rodríguez y SL Martínez, "Rediseño de la Accesibilidad Web en la Universidad Tecnológica de Chile (INACAP) para Usuarios con Discapacidad Visual: Aplicación de WCAG e ISO 9241:171", *Conferencia Internacional sobre Accesibilidad Web (ICWA) 2021*, Santo

[32] JM González, PR Rodríguez y SL Martínez, "Rediseño de la Accesibilidad Web en la Universidad Tecnológica de Chile (INACAP) para Usuarios con Discapacidad Visual: Aplicación de WCAG e ISO 9241:171", *Conferencia Internacional sobre Accesibilidad Web (ICWA) 2021*, Santo

[33] JM González, PR Rodríguez y SL Martínez, "Rediseño de la Accesibilidad Web en la Universidad Tecnológica de Chile (INACAP) para Usuarios con Discapacidad Visual: Aplicación de WCAG e ISO 9241:171", *Conferencia Internacional sobre Accesibilidad Web (ICWA) 2021*, Santo

[34] W3C, "Web Accessibility Initiative (WAI): Accessibility is a Right," 2020. [Enlace: https://www.w3.org/WAI/]

[35]A. Thompson, JH Mitchell y SM Williams, "Evaluación de la accesibilidad del sitio web de la Universidad de Melbourne: un estudio de caso sobre la implementación de las pautas WCAG 2.0", *Conferencia internacional sobre accesibilidad web (ICWA) de 2021*, Me

[36] ISO 9241-171, "Ergonomics of human-system interaction — Part 171: Guidance on software accessibility," International Organization for Standardization, 2008. [En línea]. Disponible: https://www.iso.org/standard/38920.html.

[37] R. García y L. Martínez, "Accessibility Evaluation of University Websites: A Case Study of the University of Valladolid," *Web Accessibility Journal*, vol. 10, no. 1, pp. 15-30, 2022.

[39[J. Pérez y M. López, "Accessibility in Higher Education: A Case Study of the University of Valladolid," in Proceedings of the International Conference on Education and Accessibility, Valladolid, Spain, 2020, pp. 101-110.

[40] «(PDF) Usabilidad en sitios web oficiales de las universidades del Ecuador». Accedido: 19 de enero de 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/367326188_Usabilidad_en_sitios_web_oficiales_de_las_universidades_del_Ecuador

[41] «(PDF) Usabilidad en sitios web oficiales de las universidades del Ecuador». Accedido: 19 de enero de 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/367326188_Usabilidad_en_sitios_web_oficiales_de_las_universidades_del_Ecuador.

[42] ISO 9241-171, "Ergonomics of human-system interaction — Part 171: Guidance on software accessibility," International Organization for Standardization, 2008. [En línea]. Disponible: https://www.iso.org/standard/38920.html.

[43] J. Doe, "Implementación de normas de accesibilidad en portales educativos: Mejora de la experiencia del usuario," *Revista de Tecnología Educativa*, vol. 15, no. 3, pp. 45-58, 2021.

[44] Universidad de Toronto, "Accesibilidad en el diseño web: Implementación de WCAG 2.0 y ISO 9241-171," *Revista de Accesibilidad Digital*, vol. 12, no. 1, pp. 23-30, 2021.

[45] A. Smith y B. Johnson, "Diseño inclusivo: Mejores prácticas para la accesibilidad web," *Journal of Web Accessibility*, vol. 8, no. 2, pp. 15-25, 2020.

[46] C. Lee, "Mejorando la experiencia del usuario en portales educativos para personas con discapacidad visual," *International Journal of Educational Technology*, vol. 5, no. 4, pp. 50-60, 2022.

[47] A. Thompson, JH Mitchell y SM Williams, "Evaluación de accesibilidad del sitio web de la Universidad de Melbourne: un estudio de caso sobre la implementación de las pautas WCAG 2.0", *Conferencia internacional sobre accesibilidad web (ICWA) de 2021*.

[48] ISO 9241-171, "Ergonomics of human-system interaction — Part 171: Guidance on software accessibility," International Organization for Standardization, 2008. [En línea]. Disponible: https://www.iso.org/standard/38920.html.

[49] «(PDF) Usabilidad en sitios web oficiales de las universidades del Ecuador». Accedido: 19 de enero de 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/367326188_Usabilidad_en_sitios_web_oficiales_de_las_universidades_del_Ecuador.

[50] «W3C», W3C. Accedido: 16 de enero de 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.w3.org/

[51] ISO 9241-171, "Ergonomics of human-system interaction — Part 171: Guidance on software accessibility," International Organization for Standardization, 2008. [En línea]. Disponible: https://www.iso.org/standard/38920.html

[52] «Universidad Técnica del Norte – Ciencia y Técnica al Servicio del Pueblo». Accedido: 16 de enero de 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.utn.edu.ec/.

[54] «World Wide Web Foundation - Founded by Tim Berners-Lee, inventor of the Web, the World Wide Web Foundation empowers people to bring about positive change.», Accedido: 16 de enero de 2025. [En línea]. Disponible en: https://webfoundation.org/.

[55] ISO 9241-171, "Ergonomics of human-system interaction — Part 171: Guidance on software accessibility," International Organization for Standardization, 2008. [En línea]. Disponible: https://www.iso.org/standard/38920.html

[56] «Universidad Técnica del Norte – Ciencia y Técnica al Servicio del Pueblo». Accedido: 16 de enero de 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.utn.edu.ec/

[57] W3C Web Accessibility Initiative (WAI), "Web Accessibility Evaluation Tools," W3C, 2021. [En línea]. Disponible: https://www.w3.org/WAI/test-evaluate/tools/. [Accedido: 19-ene-2025].

[58] R. J. Cedeño Cedeño, "Accesibilidad Web: Análisis de los Portales Web Universitarios del Ecuador con TAW," Revista Tecnología y Comunicación, vol. 10, no. 2, pp. 85-95, 2022. [En línea]. Disponible: https://revistas.tecnologiaecuador.edu.ec/accesibilidad. [Accedido: 19-ene-2025].

[59] «TAW | Servicios de accesibilidad y movilidad web». Accedido: 20 de enero de 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.tawdis.net/.

[60] «World Wide Web Foundation - Founded by Tim Berners-Lee, inventor of the Web, the World Wide Web Foundation empowers people to bring about positive change.», Accedido: 16 de enero de 2025. [En línea]. Disponible en: https://webfoundation.org/.

[61] «Universidad Técnica del Norte – Ciencia y Técnica al Servicio del Pueblo». Accedido: 16 de enero de 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.utn.edu.ec/

[62] ISO 9241-171, "Ergonomics of human-system interaction — Part 171: Guidance on software accessibility," International Organization for Standardization, 2008. [En línea]. Disponible: https://www.iso.org/standard/38920.html

ANEXOS

La Figura 66. Navegación estructural del portal rediseñado mediante lector de pantalla. presenta la navegación del portal web rediseñado mediante el uso de un lector de pantalla, donde se evidencia una estructura clara y ordenada del contenido. Gracias a la correcta jerarquía de encabezados y a la organización semántica de las secciones, los usuarios con discapacidad visual pueden identificar fácilmente las áreas principales del sitio y desplazarse entre ellas de manera fluida. Esta estructura contribuye a mejorar la accesibilidad y facilita la comprensión del contenido durante la navegación.

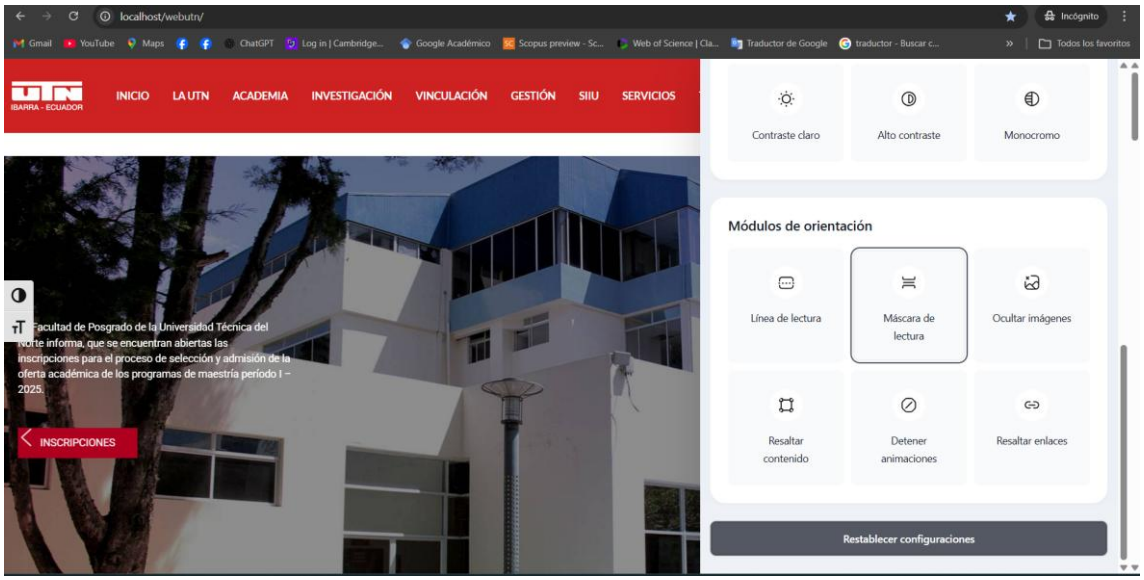


Figura 66. *Navegación estructural del portal rediseñado mediante lector de pantalla.*

La Figura 67. Configuración de funcionalidades de accesibilidad en WordPresspresenta la configuración de accesibilidad del portal en WordPress, donde se habilitan opciones como el ajuste de tamaño de texto y contraste. Estas herramientas facilitan la navegación y mejoran la experiencia de los usuarios con dificultades visuales.

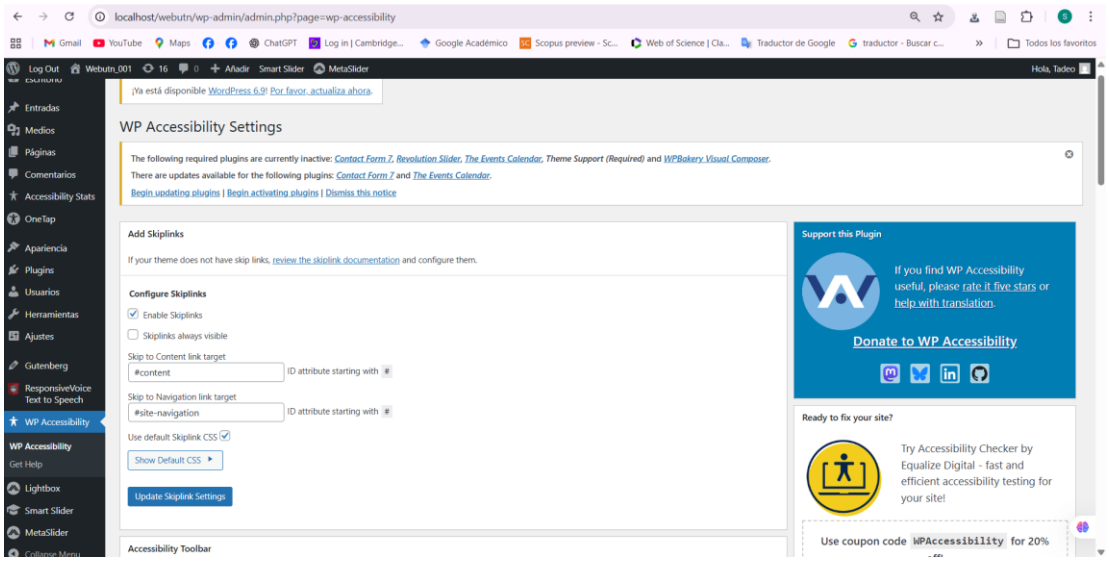


Figura 67. *Configuración de funcionalidades de accesibilidad en WordPress*

La Figura 68. Estructura semántica del contenido implementada mediante el editor Gutenberg. muestra la organización del contenido del portal mediante el editor Gutenberg, donde se aplican encabezados y bloques de forma ordenada para facilitar la lectura y la navegación con lectores de pantalla.

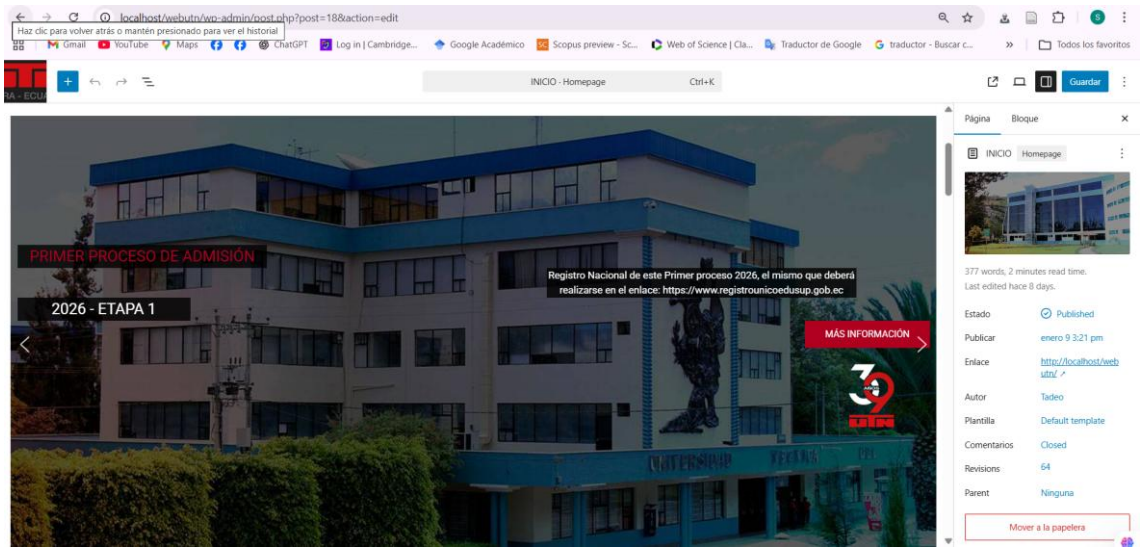


Figura 68. *Estructura semántica del contenido implementada mediante el editor Gutenberg.*

.

La Figura 69. Configuración accesible del componente dinámico Slider en el portal rediseñado.**Figura *69.*** Configuración accesible del componente dinámico Slider en el portal rediseñado.muestra cómo se configuró el componente Slider para asegurar una navegación

clara y accesible, permitiendo el control por teclado, una correcta lectura mediante lectores de pantalla y una mejor comprensión del contenido dinámico por parte de los usuarios.

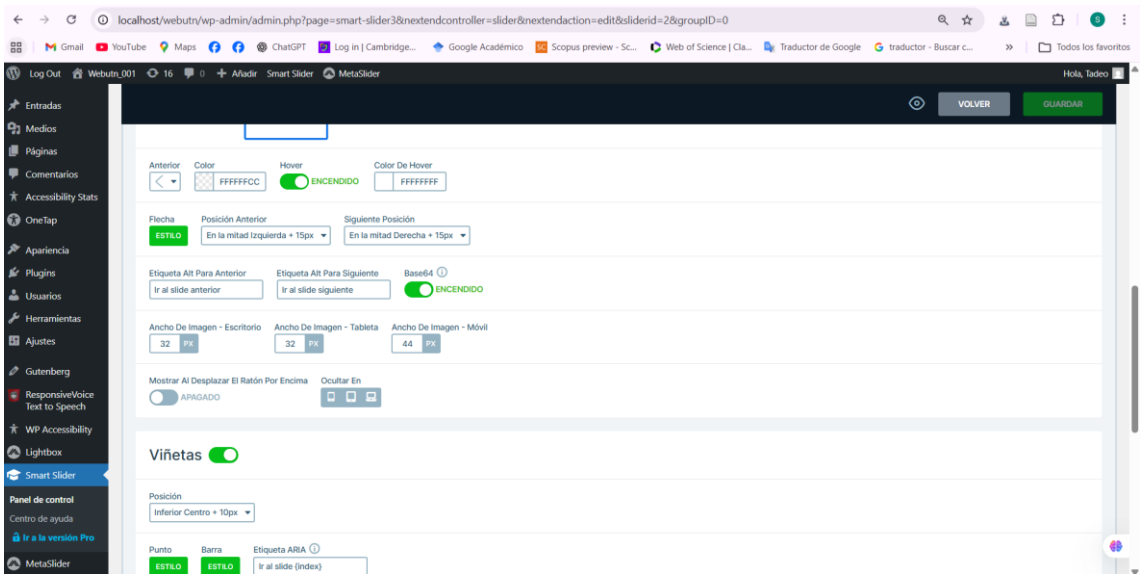


Figura 69. *Configuración accesible del componente dinámico Slider en el portal rediseñado.*