

## **Diseño de estrategias y procesos ergonómicos aplicados al Portal Web del Centro Regional Universitario de Panamá Este (CRUPE), Panamá.**

*Design of ergonomic strategies and processes applied to the Web Portal of the Regional University Center of East Panama (CRUPE), Panama.*

**Ricardo M. Candanedo Yau**

Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Panamá Este. Panamá.

[ricardo.candanedo@up.c.pa](mailto:ricardo.candanedo@up.c.pa); <https://orcid.org/0009-0002-5017-9830>

Artículo recibido: 24 de noviembre de 2025

Artículo aceptado: 10 de marzo de 2026

DOI <https://doi.org/10.48204/j.colegiada.v7n2.a9696>

### **RESUMEN**

El presente artículo analiza y diseña estrategias y procesos de normas ergonómicas aplicadas al portal web del Centro Regional Universitario de Panamá Este (CRUPE), de la Universidad de Panamá, con el objetivo de optimizar la interacción usuario–interfaz en un entorno académico digital. El estudio se fundamenta en principios de ergonomía cognitiva, visual y organizacional, integrando criterios de usabilidad, accesibilidad, eficiencia informativa y prevención de fatiga digital. Asimismo, incorpora modelos de experiencia de usuario (UX) y carga cognitiva, reforzando la relevancia de un diseño web inclusivo y centrado en el usuario. Se emplea un enfoque descriptivo–propositivo y una metodología mixta que combina observación técnica de la interfaz, encuestas a usuarios y análisis documental de estándares internacionales de diseño centrado en el usuario. Entre los referentes normativos se destacan las recomendaciones de la serie ISO 9241, ISO 6385, UNE-EN ISO 14915 y las pautas de accesibilidad WCAG 2.1. Los hallazgos evidencian problemas de navegabilidad, jerarquización de contenidos, contraste visual y accesibilidad para usuarios con limitaciones visuales, así como una elevada carga cognitiva durante la búsqueda de información académica. Con base en este diagnóstico, se proponen estrategias ergonómicas que optimizan la estructura informativa, fortalecen la percepción visual, estandarizan indicadores de usabilidad y promueven la adaptación interactiva para diferentes perfiles de usuario. Las propuestas buscan consolidar una cultura institucional de diseño web sostenible, accesible y centrado en el usuario, contribuyendo a la calidad del servicio educativo digital. Se concluye que la integración de normas ergonómicas en plataformas universitarias es un factor decisivo para mejorar la experiencia de navegación, fomentar entornos tecnológicos inclusivos y fortalecer la formación digital.

**PALABRAS CLAVE:** Accesibilidad, enseñanza superior, ergonomía, interfaz de usuario, interacción hombre - máquina.

### **ABSTRACT**

This research analyzes and designs ergonomic strategies and procedural standards applied to the website of the Regional University Center of Panama Este (CRUPE), University of Panama, to enhance user–interface interaction in a digital academic environment. The study is grounded in cognitive, visual, and organizational ergonomics principles, integrating usability, accessibility, informational efficiency, digital fatigue prevention, user experience (UX) models, and cognitive load considerations to promote technological well-being.



A descriptive–propositional approach and mixed methodology were applied, combining technical interface observation, user surveys, and documentary analysis of international standards related to user-centered design, including ISO 9241 series, ISO 6385, UNE-EN ISO 14915, and WCAG 2.1 accessibility principles. Findings indicate limitations in navigability, content hierarchy, visual contrast, accessibility for users with visual impairments, and high cognitive load. Ergonomic design strategies are proposed to improve site structure, enhance visual perception, standardize usability indicators, and support adaptive interaction for diverse user profiles. These measures aim to establish an institutional culture of sustainable, accessible, user-centered web design, improving digital educational services. The study concludes that integrating ergonomic standards in university platforms is crucial for enhancing navigation experience, fostering inclusive technological environments, and strengthening digital education.

**KEYWORDS:** Accessibility, higher education, ergonomics, user interface, human-machine interaction.

## INTRODUCCIÓN

La expansión de las tecnologías de información y comunicación ha transformado los procesos educativos, haciendo imprescindible el uso de plataformas digitales que faciliten el acceso a información institucional, la gestión académica y la comunicación entre los actores universitarios. En las instituciones de educación superior, los portales web constituyen el principal medio digital de interacción entre estudiantes, docentes, administrativos y visitantes externos. Su efectividad no depende únicamente de sus contenidos y funciones, sino también de la calidad de su diseño y del bienestar que garantizan durante la navegación. Como señalan Arroyave, Gamboa y Unamuno (2021), la experiencia de usuario en plataformas universitarias se ve directamente influenciada por criterios de diseño visual y organizacional, lo que refuerza la necesidad de enfoques ergonómicos aplicados al desarrollo web institucional. Desde esta perspectiva, la ergonomía aplicada a interfaces universitarias se presenta como un factor crítico para la comodidad, eficiencia, accesibilidad y seguridad informativa, respaldada por estándares como la ISO 9241-210 (International Organization for Standardization, 2019), los principios de diálogo de la UNE-EN ISO 9241-110 (UNE, 2020) y la guía de accesibilidad del software establecida en la UNE-EN ISO 9241-171 (UNE, 2008).

La ergonomía, orientada al bienestar humano en sistemas de trabajo, integra dimensiones cognitivas, visuales y organizacionales que inciden en el desempeño de quienes interactúan con interfaces digitales. Su aplicación en el diseño web reduce la carga mental, previene la fatiga visual, optimiza el esfuerzo para la búsqueda de información y favorece la accesibilidad universal mediante diseños adaptativos. La fatiga visual digital —uno de los principales efectos derivados del uso prolongado de pantallas— se encuentra asociada a problemas tipográficos, bajo contraste, saturación de elementos visuales y desorganización informativa (Sheppard & Wolffsohn, 2018; Alcívar Quijano, 2024). Estos riesgos son regulados en la normativa técnica de pantallas de visualización de datos (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, 2020) y complementados por normas relacionadas con multimedia (UNE-EN ISO 14915-2; UNE, 2004), principios de trabajo digital (ISO 6385; ISO, 2016) y heurísticas para interfaces eficientes (Nielsen, 2020).

El portal institucional del Centro Regional Universitario de Panamá Este (CRUPE) constituye una herramienta esencial para la información académica y la realización de trámites estudiantiles. No obstante, presenta limitaciones relacionadas con contraste tipográfico, jerarquización de contenidos, navegación y consistencia gráfica, una problemática documentada en portales universitarios de Chile (Ortiz Ruiz, 2022), bibliotecas españolas (Martínez-Zaragoza & Cánovas-Gómez, 2017) y sitios institucionales panameños (López, 2014). Además, investigaciones latinoamericanas evidencian que los entornos web educativos pueden presentar barreras informativas que restringen la participación plena de usuarios con discapacidad (Sosa et al., 2015; Scanlon et al., 2021; Wedasinghe et al., 2023), lo cual resalta la necesidad de

modelos integrativos que aborden de manera conjunta la usabilidad, accesibilidad y experiencia del usuario (Sauer, Sonderegger & Schmutz, 2020).

En este marco, la presente investigación propone un modelo de evaluación ergonómica aplicado al portal web del CRUPE. La literatura regional indica que la falta de accesibilidad y de pruebas de usabilidad genera entornos digitales excluyentes (Pagnoni & Mariño, 2018; Kimmons, 2017), mientras que la adopción de estándares como las WCAG 2.1 promueve el acceso equitativo a información académica (World Wide Web Consortium, 2018). Así, el estudio permitirá diseñar estrategias ergonómicas orientadas a minimizar riesgos visuales y cognitivos, mejorar la navegabilidad y fortalecer la imagen institucional mediante un portal inclusivo, seguro y centrado en el usuario.

La investigación se fundamenta en el análisis del Sistema Hombre-Máquina aplicado al portal del CRUPE. Cuando la interfaz se aleja de los principios ergonómicos, surgen errores de navegación, sobrecarga cognitiva y baja satisfacción, enfatizando que los sistemas deben crear patrones predecibles de uso y evitar que el usuario deba reaprender la plataforma en cada interacción. Estos efectos se relacionan con la ISO 6385 (2016), que establece que los sistemas deben minimizar el esfuerzo físico y mental durante las tareas digitales, lo que demuestra que el diseño web no puede limitarse a criterios estéticos, sino que debe cumplir normativas que aseguren accesibilidad, legibilidad y facilidad de uso.

A partir de este planteamiento, surge la siguiente pregunta de investigación que orienta el estudio: *¿Cómo pueden diseñarse estrategias y procesos sustentados en normas ergonómicas que optimicen la interfaz del portal web del Centro Regional Universitario de Panamá Este y mejoren la experiencia de interacción de sus usuarios?*

El propósito central de este trabajo es diseñar un conjunto de estrategias y procesos estandarizados basados en normas ergonómicas internacionales para mejorar la interfaz del portal web del CRUPE. Para ello, el estudio desarrolla un diagnóstico mediante auditoría ergonómica, análisis visual, evaluación de contraste tipográfico, revisión de accesibilidad, análisis de estructura informativa y aplicación de las normas ISO y UNE-EN pertinentes. A partir de los resultados, se propondrán medidas correctivas y procedimientos preventivos que permitan optimizar el diseño del portal en términos de usabilidad, accesibilidad, claridad visual, seguridad informativa y bienestar digital.

En síntesis, la integración de normas ergonómicas en plataformas universitarias no solo fortalece los procesos formativos y mejora la experiencia de navegación, sino que también promueve entornos tecnológicos inclusivos y eficientes. Este estudio representa una oportunidad para impulsar una cultura institucional de diseño web centrado en el usuario, alineada con estándares internacionales y orientada a la mejora continua de los servicios educativos digitales.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

La investigación se desarrolló con un enfoque mixto, integrando métodos documentales y de campo para analizar la aplicabilidad de normas ergonómicas al portal web del Centro Regional Universitario de Panamá Este (CRUPE) y diseñar estrategias de mejora orientadas a optimizar la interacción usuario-sistema. Se trató de un estudio descriptivo-propositivo y de carácter aplicado, debido a que diagnostica la situación actual del portal y propone procedimientos ergonómicos derivados de estándares internacionales. La población estuvo conformada por estudiantes, docentes, administrativos y público externo que utilizan el portal institucional. La muestra fue seleccionada mediante muestreo no probabilístico por conveniencia, quedando constituida por 100 usuarios que respondieron el instrumento de evaluación. El objeto de estudio fue el portal web institucional del CRUPE, elegido por su relevancia como recurso de comunicación, gestión académica y consulta informativa. El marco metodológico se sustentó en la UNE-EN ISO 9241 —referida a interacción persona-sistema y pantallas de visualización de datos— y en la UNE-EN ISO 14915, enfocada en diseño multimedia; además, se incorporaron las pautas WCAG 2.1. Estas normas constituyeron el parámetro fundamental para contrastar el

portal y orientar la propuesta de corrección. La recolección de datos se llevó a cabo mediante una auditoría ergonómica basada en una lista de verificación construida según criterios ISO, evaluando legibilidad tipográfica, contraste, organización informativa, consistencia operativa y sistemas de apoyo al usuario. Esta evaluación objetiva se complementó con una encuesta tipo Likert dirigida a usuarios, con el fin de valorar percepción de usabilidad, accesibilidad, organización visual, eficiencia de navegación y satisfacción. Adicionalmente, se realizaron entrevistas semiestructuradas para profundizar en dificultades y experiencias de navegación.

El procedimiento metodológico se ejecutó de manera secuencial: (1) revisión teórico-normativa, (2) observación técnica del portal, (3) recolección de datos mediante encuestas y entrevistas, y (4) integración de la evidencia para elaborar las estrategias ergonómicas correctivas. El análisis de datos se realizó desde una perspectiva mixta. La información cualitativa proveniente de la auditoría y entrevistas fue examinada mediante análisis categorial, mientras que los datos cuantitativos de las encuestas se procesaron con estadística descriptiva para estimar la prevalencia y severidad de los problemas percibidos. La integración de ambos enfoques permitió fundamentar el diseño de estrategias ergonómicas aplicables al portal institucional.

## RESULTADOS

Los hallazgos obtenidos provienen del análisis documental de normas internacionales, la observación técnica del portal web del CRUPE y la recolección de datos mediante encuestas aplicadas a sus usuarios. Los resultados permiten determinar el nivel de usabilidad, accesibilidad, organización visual y eficiencia de navegación del portal, así como su grado de cumplimiento frente a parámetros ergonómicos ISO aplicados a la interacción persona-sistema.

Asimismo, se examina la frecuencia de uso del portal institucional al ser un indicador del grado de utilidad percibida y de permanencia del usuario en la plataforma, ver tabla 1.

**Tabla 1**

*Frecuencia de uso del portal web del CRUPE*

Frecuencia de uso	Porcentaje (%)
Diario	18
Semanal	47
Mensual	27
Casi nunca	8

Los datos evidencian que el 47% de los usuarios accede semanalmente, lo cual refuerza el rol del portal como medio de gestión académica. Sin embargo, el 27% lo consulta solo una vez al mes, lo cual sugiere que la experiencia de uso no promueve una interacción continua, posiblemente debido a problemas de navegabilidad, orientación del usuario y accesibilidad.

Posteriormente, se evaluó la satisfacción asociada a la claridad visual, organización interna y legibilidad tipográfica del portal, véase la tabla 2.

**Tabla 2**

*Satisfacción sobre la interfaz visual del portal*

Ítem evaluado (Escala Likert)	Muy satisfecho	Satisfecho	Indiferente	Insatisfecho	Muy insatisfecho
Claridad visual	11%	24%	36%	20%	9%
Organización de contenidos	10%	21%	34%	25%	10%

Ítem evaluado (Escala Likert)	Muy satisfecho	Satisfecho	Indiferente	Insatisfecho	Muy insatisfecho
Legibilidad	12%	29%	31%	20%	8%

*Nota.* Resultados basados en la recolección de datos, obtenidos mediante la *Encuesta de percepción de usabilidad (2025)*.

Los valores predominantes de indiferencia e insatisfacción reflejan deficiencias en jerarquización visual, orden informativo y legibilidad, aspectos esenciales del diseño ergonómico. Para contrastar estas percepciones con requisitos técnicos normativos, se aplicó una lista de verificación basada en la ISO 9241-210 y las WCAG 2.1, véase tabla 3 que detalla los resultados.

**Tabla 3**  
*Cumplimiento de criterios ergonómicos del portal*

Criterio evaluado	Cumple	No cumple
Contraste adecuado de colores	X	
Adaptación a personas con discapacidad		X
Adecuado tamaño de fuente	X	
Jerarquización de menús		X
Facilidad para ubicar enlaces principales		X

*Nota.* Lista de verificación adaptada de Ergonomía de la interacción persona-sistema- parte 210 (ISO 9241-210) y Pautas de *Accesibilidad para el Contenido Web (WCAG 2.1)*. Datos recopilados en 2025.

El análisis revela fortalezas en contraste y tamaño de fuente, pero un bajo cumplimiento en accesibilidad, orden jerárquico y localización de enlaces críticos, lo que coincide con la percepción de los usuarios. A partir de la integración entre evaluación documental y empírica, se definieron prioridades de intervención, ver Tabla 4.

**Tabla 4**  
*Prioridades de mejora ergonómica en el portal del CRUPE*

Necesidad identificada	Prioridad
Reorganización de menús	Alta
Implementar accesibilidad (discapacidad)	Alta
Mejorar jerarquización visual	Media
Simplificar búsqueda de información	Alta
Aumentar alcance interactivo del portal	Media

*Nota.* Evaluación comparativa entre criterios ISO, WCAG y percepción de usuarios. Lista de verificación adaptada de *Ergonomía de la interacción persona-sistema — Parte 210 (ISO 9241-210)* y *Pautas de Accesibilidad para el Contenido Web (WCAG 2.1)*. Datos recopilados en 2025.

Estas prioridades confirman la necesidad de adoptar un enfoque de diseño centrado en el usuario sustentado en normas internacionales. Durante la auditoría, además, se identificó que el 68% de los usuarios experimenta fatiga visual o mental tras 30 minutos de navegación, asociada a problemas de contraste en secciones específicas, tipografía inconsistente y sobrecarga cognitiva provocada por menús extensos y enlaces dispersos. Adicionalmente, el 55% calificó la interfaz como “regular” o “mala”, señalando que las tareas requieren pasos innecesarios y carecen de orientación intuitiva.

La auditoría técnica específica, basada en el Sistema Hombre–Máquina, permitió detectar incumplimientos críticos frente a normas UNE-EN ISO, véase la Tabla 5.

**Tabla 5**

*Hallazgos Críticos de Incumplimiento de Normas Ergonómicas ISO en el Portal Web del CRUPE*

<b>Norma ISO Incumplida</b>	<b>Principio Ergonómico</b>	<b>Porcentaje de Incumplimiento</b>	<b>Descripción del Hallazgo</b>
UNE-EN ISO 9241-110	Adecuación a la Tarea	70%	Existencia de múltiples pasos y menús anidados para tareas frecuentes. El sistema fuerza al usuario a seguir secuencias no optimizadas para el flujo de trabajo real.
UNE-EN ISO 9241-110	Consistencia	85%	Variación notoria en la ubicación de elementos de navegación, uso de iconos y terminología entre las secciones principales (e.g., "Contacto" versus "Contáctenos" en diferentes módulos).
UNE-EN ISO 14915-2	Presentación Visual (Legibilidad)	60%	Problemas recurrentes de contraste insuficiente entre el texto y el fondo en ciertas secciones, y el uso de un tamaño de fuente que cae por debajo del mínimo recomendado para la lectura en pantalla prolongada.
UNE-EN ISO 9241-110	Controlabilidad	50%	El sistema no siempre ofrece al usuario la posibilidad de deshacer acciones o corregir errores de manera simple; los mensajes de error son crípticos (no se relacionan con las acciones del usuario).

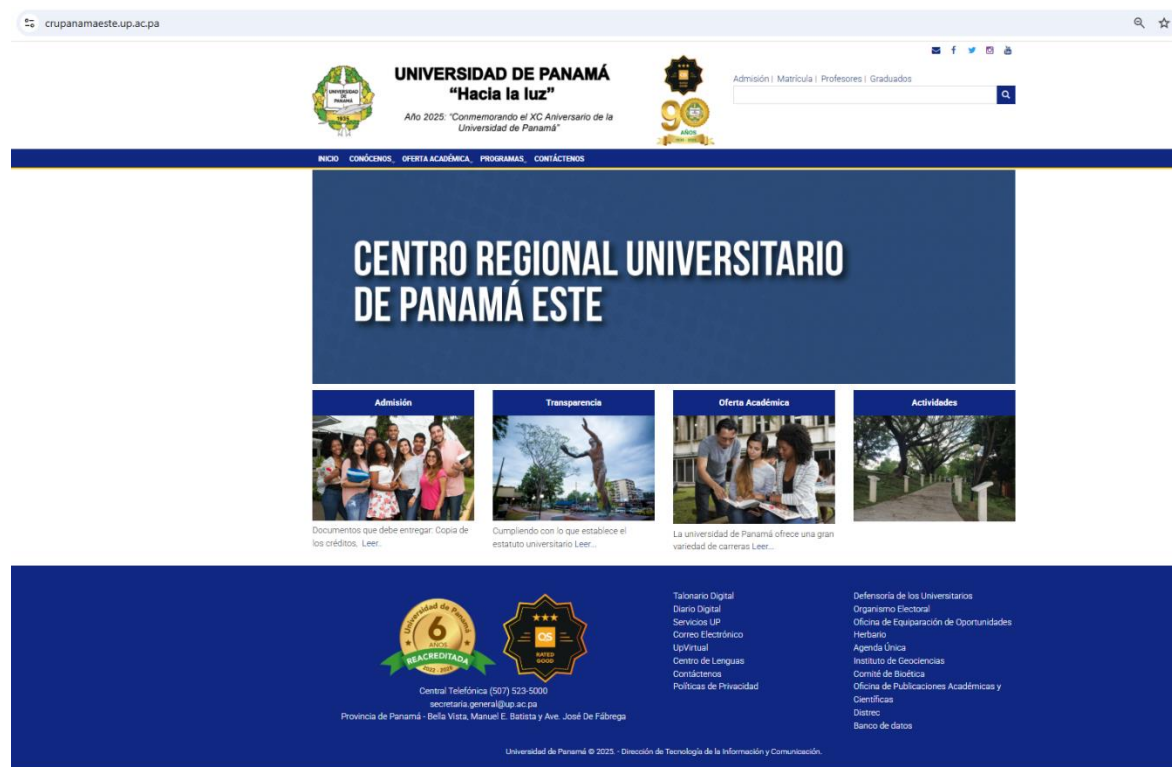
*Nota.* La tabla muestra los principios ergonómicos de las normas UNE-EN ISO con mayor índice de incumplimiento en la interfaz del portal, sustentando la necesidad de rediseño del sistema.

El incumplimiento más crítico corresponde a la falta de consistencia operativa, lo que obliga a los usuarios a reaprender la interfaz en cada sección, provocando sobrecarga cognitiva y disminución de la eficiencia. Estos aspectos violan directamente los principios de claridad, controlabilidad y accesibilidad establecidos en la UNE-EN ISO 9241.

Finalmente, con el propósito de contextualizar la evaluación técnica del Sistema Hombre–Máquina, se incluye la estructura visual del sitio examinado (véase Figura 1).

**Figura 1**

Página principal del Portal web del CRUPE



*Nota.* La imagen expone el menú principal, banner informativo y accesos rápidos sujetos a evaluación ergonómica (Admisión, Transparencia, Oferta Académica, Actividades).

Para complementar el análisis de interacción usuario–sistema, se midió el tiempo promedio que requieren los usuarios para localizar información académica en diferentes secciones del portal del CRUPE. Esta medida permite evaluar la eficiencia del sistema y la carga cognitiva generada durante la navegación. Los resultados se presentan en la Tabla 6.

**Tabla 6.**

Tiempo promedio de búsqueda de información en el portal del CRUPE

Tipo de tarea	Tiempo promedio (min)	Comentario
Consultar calendario académico	4.2	Alta dificultad debido a menús anidados y falta de orientación clara
Descargar certificados	3.5	Usuarios requieren pasos repetitivos para completar la acción
Acceso a plataforma externa	5.1	Necesidad de reingreso de datos y navegación dispersa
Consulta de noticias y eventos	2.0	Información más accesible y estructurada

*Nota.* El tiempo promedio se obtuvo mediante seguimiento de usuarios durante tareas simuladas. Datos recopilados del estudio en 2025.

Los datos evidencian que tareas críticas como el acceso a plataformas externas y la consulta de calendarios requieren tiempos prolongados, lo que indica sobrecarga cognitiva y baja eficiencia. Esta situación coincide con los hallazgos de la auditoría ISO/WCAG, donde se detectaron problemas de jerarquización de menús, inconsistencias operativas y falta de guía contextual para el usuario.

Adicionalmente, se evaluaron las preferencias de los usuarios respecto a posibles mejoras en la interfaz del portal. La Tabla 7 muestra los aspectos considerados prioritarios por los encuestados.

**Tabla 7**

*Aspectos de mejora percibidos por los usuarios*

<b>Aspecto a mejorar</b>	<b>Porcentaje de usuarios que lo solicita (%)</b>
Mejorar jerarquización de menús	78
Aumentar contraste visual	65
Mejorar buscador interno	60
Adaptabilidad para discapacitados	55
Optimización para dispositivos móviles	50

*Nota.* Resultados obtenidos a partir de encuesta de percepción de mejora de la interfaz. Datos recopilados en 2025.

La jerarquización de menús, el contraste visual y la funcionalidad del buscador se perciben como necesidades críticas para mejorar la usabilidad y accesibilidad del portal. Estos resultados refuerzan la prioridad de implementar estrategias ergonómicas centradas en el usuario, siguiendo las normas ISO 9241-210 y las pautas WCAG 2.1, con el objetivo de reducir la fatiga cognitiva y mejorar la experiencia de navegación.

Los resultados demuestran que el portal web del CRUPE presenta deficiencias ergonómicas significativas en accesibilidad, jerarquización visual, consistencia operativa y carga cognitiva, lo cual compromete la eficacia, seguridad y confort del usuario durante la interacción. Estos hallazgos justifican la necesidad inmediata de diseñar e implementar estrategias correctivas basadas en normas internacionales, eje central de esta investigación.

## **DISCUSIÓN**

Los resultados evidencian que el portal web del CRUPE presenta un desempeño aceptable en estructura informativa y navegación general; sin embargo, requiere optimización en ergonomía visual, accesibilidad, consistencia operativa y eficiencia cognitiva. La presencia de contrastes insuficientes, tamaño tipográfico inadecuado y ausencia de opciones adaptativas para personas con limitaciones visuales incide directamente en la experiencia del usuario y su bienestar ocular. Este escenario coincide con lo planteado por Alcívar (2024), quien advierte que la interacción prolongada con interfaces deficientes incrementa el riesgo de fatiga visual, especialmente cuando existen fallas en contraste o legibilidad.

A pesar de que el portal constituye una herramienta imprescindible para los procesos académicos de la comunidad universitaria, el porcentaje de usuarios que declara ingresar esporádicamente sugiere que la navegabilidad afecta la intención de uso, limitando su función como medio de consulta permanente. La necesidad de reaprender la interfaz debido a la inconsistencia de elementos, como rutas, iconos y terminología, incrementa el esfuerzo cognitivo y disminuye la eficiencia operativa, lo cual coincide con investigaciones previas en portales

universitarios de Panamá (López, 2014). Este hallazgo evidencia que la falta de estandarización ergonómica genera frustración operativa, sobrecarga cognitiva y menor satisfacción del usuario.

El tiempo promedio de búsqueda de información evidencia que tareas críticas, como el acceso a plataformas externas o la consulta del calendario académico, requieren más de 4 minutos en promedio. Este retraso refleja la complejidad de menús extensos, enlaces dispersos y falta de orientación intuitiva, generando sobrecarga cognitiva y disminuyendo la eficiencia operativa. La relación entre tiempo de búsqueda y percepción de usabilidad destaca la importancia de diseñar menús claros, estructuras jerárquicas y funciones de búsqueda eficientes, alineadas con las normas ISO 9241-210 y las pautas WCAG 2.1 (World Wide Web Consortium, 2018).

El predominio de respuestas neutras y parcialmente insatisfechas ante indicadores visuales refleja una percepción de incomodidad asociada a la jerarquización y claridad informativa. Esta situación implica un incremento en la carga mental, ya que el usuario debe dedicar esfuerzo interpretativo para localizar contenido y comprender la estructura. En concordancia, la ISO 6385 (2016) establece que los sistemas deben minimizar el esfuerzo mental requerido para operar, pues la complejidad innecesaria compromete la eficiencia y la satisfacción del usuario.

La evaluación de aspectos de mejora percibidos por los usuarios refuerza la prioridad de implementar estrategias de reorganización de menús, aumento de contraste visual y optimización del buscador interno. Estos hallazgos son consistentes con la auditoría técnica, donde se identificaron incumplimientos críticos en consistencia, controlabilidad y adecuación a la tarea. La evidencia empírica confirma que, aunque algunos elementos visuales cumplen con los estándares, la falta de adaptación y coherencia limita la accesibilidad y eficiencia, afectando la experiencia integral del usuario.

En relación con las Normas ISO 9241-210 y las pautas WCAG, los resultados demuestran que, aunque el portal integra ciertos elementos adecuados, persisten deficiencias críticas en accesibilidad universal. Según el W3C (2018), la accesibilidad no es un complemento, sino un requisito indispensable que debe considerarse desde el diseño inicial de los entornos educativos digitales. La falta de adaptación funcional contraviene el enfoque de diseño centrado en el usuario, cuyo principio fundamental es responder a necesidades específicas mediante evaluación sistemática.

La priorización de mejoras detectada en este estudio confirma que la reorganización de menús, la incorporación de funciones accesibles y la reestructuración del contenido deben planificarse desde metodologías orientadas a la experiencia del usuario (UX). La evidencia empírica también revela la ausencia de herramientas de apoyo, como lectores de pantalla, ampliación de textos y mensajes de error funcionales, lo que limita el aprendizaje autónomo y aumenta la dependencia de soporte técnico. Este hallazgo coincide con las recomendaciones de la UNE-EN ISO 9241-171 (2008), que subrayan la importancia de integrar accesibilidad funcional en entornos educativos digitales para garantizar la inclusión de todos los usuarios.

Otro hallazgo relevante corresponde al incumplimiento de los principios de consistencia y adecuación a la tarea establecidos en la UNE-EN ISO 9241-110 (2020). La variación de terminología, rutas y ubicación de elementos obliga al usuario a reaprender en cada sección, generando frustración operativa y esfuerzo innecesario. Asimismo, se identifican deficiencias tipográficas y de contraste visual reguladas por la UNE-EN ISO 14915-2 (2004), cuyo incumplimiento incrementa la sobrecarga perceptual y la fatiga ocular, fenómeno que también ha sido documentado por Sheppard y Wolffsohn (2018). Esto evidencia la conexión interdisciplinaria de la ergonomía del software, integrando la interfaz con la salud ocupacional y el desempeño académico.

La discusión de estos resultados resalta la importancia de un enfoque integrador que combine ergonomía visual, cognitiva y organizacional. La mejora de la estructura informativa, la jerarquización de menús y la implementación de adaptaciones accesibles no solo aumenta la

eficiencia, sino que también fortalece la satisfacción, la intención de uso y la percepción de confiabilidad institucional. La implementación de normas ISO y pautas WCAG constituye un factor crítico para transformar el portal del CRUPE en un entorno digital inclusivo, seguro y eficiente.

En síntesis, la aplicación de normas ergonómicas constituye una oportunidad estratégica para transformar el portal del CRUPE en una plataforma eficiente, accesible e inclusiva. La evidencia empírica confirma que la falta de estandarización no solo afecta el rendimiento funcional de la interfaz, sino que también genera riesgos para el bienestar visual y cognitivo de los usuarios. La adopción de estrategias de diseño centrado en el usuario, alineadas con ISO 9241-210, UNE-EN ISO 14915-2 y WCAG 2.1, permitirá optimizar la interacción, reducir la fatiga digital y consolidar un portal universitario accesible, eficiente y moderno, en línea con buenas prácticas internacionales de diseño web educativo.

## CONCLUSIONES

El análisis integral del portal web del CRUPE evidencia que, si bien mantiene una estructura informativa básica y permite un nivel funcional de navegación, presenta deficiencias significativas en ergonomía visual, accesibilidad, consistencia operativa y eficiencia cognitiva. Los problemas de contraste visual, tipografía inadecuada y ausencia de adaptaciones para usuarios con discapacidad generan fatiga ocular, aumentan la sobrecarga cognitiva y disminuyen la calidad de interacción, lo que confirma el incumplimiento de normativas UNE-EN ISO y pautas WCAG orientadas a la ergonomía del software y la accesibilidad digital.

Los hallazgos revelan que tareas críticas, como la búsqueda de información académica, requieren un tiempo promedio elevado, lo que evidencia menús extensos, enlaces dispersos y falta de orientación intuitiva. Esta situación limita la eficiencia operativa y la intención de uso del portal, reforzando la necesidad de diseñar estructuras jerárquicas claras, funciones de búsqueda optimizadas y elementos interactivos consistentes con los principios de ISO 9241-210 y WCAG 2.1.

Asimismo, la investigación confirma que el portal no cumple plenamente con el diseño centrado en el usuario. La ausencia de herramientas de apoyo, como lectores de pantalla, ampliación de textos y mensajes de error funcionales, limita el aprendizaje autónomo, incrementa la dependencia del soporte técnico y afecta la eficiencia de los procesos académicos. Esta deficiencia subraya la importancia de implementar evaluaciones continuas con usuarios reales y ajustes iterativos basados en estándares internacionales.

La percepción de los usuarios respecto a la interfaz resalta la prioridad de reorganizar menús, aumentar el contraste visual y optimizar el buscador interno, con el fin de mejorar la navegación y reducir la fatiga cognitiva. Estas mejoras permitirán no solo una experiencia más eficiente, sino también una mayor satisfacción, intención de uso y confianza en la plataforma institucional, fortaleciendo la imagen digital de la universidad.

Desde el punto de vista visual y organizacional, se concluye que es necesario modernizar el diseño del portal, incorporando jerarquías claras de contenido, patrones gráficos consistentes, distribución equilibrada de elementos texto-imagen y tipografías legibles. La adopción de estándares UNE-EN ISO 14915 permitirá reducir la carga cognitiva y mejorar el bienestar del usuario durante la interacción.

Finalmente, la investigación reafirma que la accesibilidad en entornos digitales de educación superior no es opcional, sino un requisito ético, técnico y estratégico. La integración obligatoria de lineamientos WCAG y UNE-EN ISO en el desarrollo, actualización y auditoría del portal garantiza igualdad de acceso, seguridad informativa, ergonomía visual y eficiencia operativa. La implementación de estas estrategias permitirá que el CRUPE consolide un portal web inclusivo, seguro, eficiente y centrado en el usuario, promoviendo una experiencia académica más equitativa, innovadora y sostenible.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcívar Quijano, A. T. (2024). *Estrategias para reducir la fatiga visual causada por el uso de dispositivos electrónicos*. Dominio de las Ciencias, 10(3), 1440–1466. <https://doi.org/10.23857/dc.v10i3.3991>
- Arroyave, J. C., Gamboa, J. A., & Unamuno, E. A. (2021). *Análisis de criterios de experiencia de usuario en el desarrollo de la interfaz gráfica de usuario del módulo framework de la plataforma Temonet de la Universidad de Guayaquil*. Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas, 14(9), 95–105. <https://portal.amelica.org/ameli/journal/572/5724522016>
- Gu, Z., Jin, C., Dong, Z., & Chang, D. (2018). *Predicting webpage aesthetics with heatmap entropy* [Preprint]. arXiv. <https://arxiv.org/abs/1803.01537>
- He, T., Isenberg, P., Dachsel, R., & Isenberg, T. (2022). *BeauVis: A validated scale for measuring the aesthetic pleasure of visual representations* [Preprint]. arXiv. <https://arxiv.org/abs/2207.14147>
- Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. (2020). *Normativa técnica sobre pantallas de visualización de datos (PVD)*. Ministerio de Trabajo y Economía Social. <https://www.insst.es/documents/94886/518403/Normativa+t%C3%A9cnica+PVD>
- International Organization for Standardization. (2019). *ISO 9241-210: Ergonomics of human–system interaction — Part 210: Human-centred design for interactive systems*. ISO. <https://www.iso.org/standard/77520.html>
- ISO (International Organization for Standardization). (2016). *ISO 6385: Ergonomic principles in the design of work systems*. <https://www.insst.es/documents/94886/4155701/Tema1-Ergonomía.pdf>
- Kimmons, R. (2017). *Open to all? Nationwide evaluation of high-priority web accessibility considerations among higher education websites*. Journal of Computing in Higher Education, 29(3), 434–450. <https://doi.org/10.1007/s12528-017-9151-3>
- López, S. (2014). *Evaluación de la usabilidad de sitios web de cuatro instituciones de educación superior gubernamentales de Panamá, de acuerdo con la Norma UNE-EN ISO 9241-151:2008* [Proyecto monográfico, Universidad Tecnológica de Panamá]. <https://rida2.utp.ac.pa/handle/123456789/18501>
- Mariño, S. I., & Alfonzo, P. L. (2017). *Evaluación de la accesibilidad web en plataformas educativas: Un análisis desde las pautas WCAG 2.0*. Campus Virtuales, 6(2), 21–30. <https://www.upo.es/revistas/index.php/IJERI/article/view/4606>
- Martínez-Zaragoza, A., & Cánovas-Gómez, R. (2017). *Evaluación de usabilidad de los portales web de las bibliotecas universitarias españolas a partir de un modelo heurístico cognitivo-emocional*. Revista Española de Documentación Científica, 40(1), e163. <https://doi.org/10.3989/redc.2017.1.1378>
- Nielsen, J. (2020). *10 usability heuristics for user interface design*. Nielsen Norman Group. <https://www.nngroup.com/articles/ten-usability-heuristics/>
- Ortiz Ruiz, Y. T. (2022). *Accesibilidad web en Chile: Evaluación de portal educativo*. Educación y Tecnología, (15), 1–10. <https://revistas.umce.cl/index.php/edytec/article/view/1585>
- Pagnoni, V. K., & Mariño, S. I. (2018). *Accesibilidad web centrada en revisiones manuales: Estudio de un EVA de formación docente continua*. Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología, (36). <https://doi.org/10.24215/18509959.36.e5>
- Rodríguez Lorenzo, A. B. (2024). *Aplicación de pruebas para mejorar la usabilidad de un portal universitario*. Cuadernos Técnicos Universitarios de la DGTIC, 2(2), 49–62. <https://doi.org/10.22201/dgtic.ctud.2024.2.2.49>

- Sauer, J., Sonderegger, A., & Schmutz, S. (2020). *Usability, user experience and accessibility: Towards an integrative model*. *Ergonomics*, 63(10), 1207–1220. <https://doi.org/10.1080/00140139.2020.1774080>
- Scanlon, E., James, W., Lamons, K., Spilka, R., & Chini, J. J. (2021). *Physics webpages create barriers to participation for people with disabilities*. *International Journal of STEM Education*, 8, Article 14. <https://doi.org/10.1186/s40594-021-00282-3>
- Sheppard, A. L., & Wolffsohn, J. S. (2018). *Digital eye strain: Prevalence, measurement and amelioration*. *BMJ Open Ophthalmology*, 3(1), e000143. <https://doi.org/10.1136/bmjophth-2017-000143>
- Sosa, H., Gaetán, G., & Martín, A. E. (2015). *Rediseño de un portal web universitario aplicando patrones de accesibilidad*. *Informes Científicos Técnicos – UNPA*, 7(2), 137–166. <https://doi.org/10.22305/ict-unpa.v7i2.131>
- UNE (Asociación Española de Normalización). (2004). *UNE-EN ISO 14915-2: Ergonomía del software para interfaces de usuario multimedia. Parte 2: Navegación y control multimedia (ISO 14915-2:2003)*. AENOR. <https://tienda.aenor.com/norma-une-en-iso-14915-2-2004-n0030992>
- UNE (Asociación Española de Normalización). (2008). *UNE-EN ISO 9241-171: Ergonomía de la interacción persona-sistema. Parte 171: Guía sobre accesibilidad del software (ISO 9241-171:2008)*. AENOR. <https://tienda.aenor.com/norma-une-en-iso-9241-171-2008-n0047817>
- UNE (Asociación Española de Normalización). (2020). *UNE-EN ISO 9241-110: Ergonomía de interacción persona-sistema. Parte 110: Principios de diálogo*. AENOR. <https://tienda.aenor.com/norma-une-en-iso-9241-110-2020-n0064691>
- Wedasinghe, N., Sirisoma, N. T., & Wickramarachchi, A. P. R. (2023). *A design guideline to overcome web accessibility issues challenged by visually impaired community in Sri Lanka* [Preprint]. arXiv. <https://arxiv.org/abs/2304.06924>
- World Wide Web Consortium. (2018). *Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.1*. <https://www.w3.org/WAI/WCAG21/>