

Políticas públicas para la transformación digital en el sector público: un estudio de caso en la Universidad Nacional de Chimborazo

Public policies for digital transformation in the public sector: a case study at the Universidad Nacional de Chimborazo

Sharon Luz Paredes Barrigas*

Universidad Nacional de Chimborazo
Riobamba-Ecuador
sharon.paredes@unach.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0002-7323-9007>

Omar Patricio Negrete Costales

Universidad Nacional de Chimborazo
Riobamba-Ecuador
onegrete@unach.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0001-6737-5657>

*Correspondencia:

sharon.paredes@unach.edu.ec

Cómo citar este artículo:

Paredes, S., & Negrete, O. (2025). Políticas públicas para la transformación digital en el sector público: un estudio de caso en la Universidad Nacional de Chimborazo. *Esprint Investigación*, 4(1), 498-514. <https://doi.org/10.61347/ei.v4i1.125>

Recibido: 19 de abril de 2025

Aceptado: 19 de mayo de 2025

Publicado: 27 de mayo de 2025

Resumen: La investigación evaluó la efectividad de políticas públicas para la transformación digital en la Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH). Mediante un enfoque cualitativo con entrevistas a cinco actores institucionales y un experto externo, complementado con análisis documental del marco regulatorio, se examinaron implementaciones, desafíos y beneficios. Los resultados muestran que la UNACH ha logrado avances tecnológicos significativos en dos décadas, especialmente en infraestructura y sistemas académicos. Sin embargo, estas iniciativas funcionan como “islas de digitalización” sin articulación, debido a la ausencia de un plan específico de transformación digital, a pesar de que en el plan estratégico de la institución este aspecto se articula como un eje transversal. El marco normativo ecuatoriano ha evolucionado significativamente, culminando en la Ley Orgánica para la Transformación Digital y la Política Pública 2025-2030, que establecen mandatos específicos para universidades. Las principales barreras incluyen limitaciones presupuestarias, resistencia cultural al cambio y la percepción del gasto digital como no prioritario. El estudio concluye que la efectividad de las políticas se ve limitada por la falta de un plan institucional específico. Se recomienda desarrollar dicho plan alineado con ejes estratégicos nacionales, fortalecer la capacitación como herramienta de gestión del cambio, mejorar mecanismos de evaluación, priorizar interoperabilidad y promover la colaboración interinstitucional.

Palabras clave: Educación superior, políticas públicas, tecnologías digitales, transformación digital, universidad.

Abstract: The research evaluated the effectiveness of public policies for digital transformation at the Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH). Using a qualitative approach with interviews with five institutional actors and an external expert, complemented with documentary analysis of the regulatory framework, implementations, challenges and benefits were examined. The results show that UNACH has achieved significant technological advances in two decades, especially in infrastructure and academic systems. However, these initiatives function as “islands of digitization” without articulation, due to the absence of a specific digital transformation plan despite the fact that in the institution’s strategic plan this aspect is articulated as a transversal axis. The Ecuadorian regulatory framework has evolved significantly, culminating in the Organic Law for Digital Transformation and Public Policy 2025-2030, which establish specific mandates for universities. The main barriers include budgetary constraints, cultural resistance to change, and the perception of digital spending as a non-priority. The study concludes that policy effectiveness is limited by the lack of a specific institutional plan. It is recommended to develop such a plan aligned with national strategic axes, strengthen training as a tool for change management, improve evaluation mechanisms, prioritize interoperability and promote inter-institutional collaboration.

Keywords: Digital technologies, digital transformation, higher education, public policies, university.

Copyright: Derechos de autor 2025 Sharon Luz Paredes Barrigas, Omar Patricio Negrete Costales.



Esta obra está bajo una licencia internacional Creative Commons Atribución-NonComercial 4.0.

1. Introducción

La transformación digital en el sector público se ha convertido en una prioridad para los gobiernos e instituciones a nivel mundial, impulsada por la necesidad de modernizar la administración, optimizar la prestación de servicios y promover la participación ciudadana. Este proceso complejo exige un enfoque estratégico que aborde diversas variables interrelacionadas, cuyo análisis resulta crucial para comprender los desafíos y las oportunidades que presenta la digitalización del sector público (Wiggberg et al., 2022).

La implementación exitosa de políticas de transformación digital depende en gran medida de un liderazgo sólido y visionario por parte de los responsables políticos y directivos institucionales (Cárdenas et al., 2023). Estos líderes deben poseer una comprensión profunda de las posibilidades que ofrece la tecnología y ser capaces de articular una estrategia digital clara y coherente con los objetivos organizacionales (Apolo, et. al., 2020; Universidad de Cuenca, 2022). La capacidad de inspirar, motivar y guiar a los equipos hacia la adopción de nuevas tecnologías y la adaptación a nuevos modelos de trabajo resulta fundamental para el éxito de la transformación digital (Irfan et al., 2024).

En el ámbito de la educación superior, la transformación digital adquiere características particulares, constituyéndose en un proceso orientado a la modernización de las instituciones académicas mediante la integración de tecnologías en sus procesos administrativos y académicos (Cueva, 2020). Esta digitalización no solo modifica la gestión interna y los procesos académicos, sino que redefine las relaciones entre los miembros de la comunidad universitaria y su interacción con la sociedad (Sánchez et al., 2021). En este contexto, la gobernanza digital juega un papel fundamental en el establecimiento de un marco de gestión efectivo (Cárdenas et al., 2023), donde la definición clara de roles, responsabilidades y mecanismos de coordinación resulta esencial para garantizar la coherencia, eficiencia y transparencia en la implementación de las políticas digitales (Hernández-Medina et al., 2024).

Romero et al. (2023) en su investigación sobre transformación digital en universidades señalan que este proceso debe abordar tanto la adopción de tecnologías como los cambios estructurales en la enseñanza, la investigación y la administración. Asimismo, se destaca la necesidad de alinear la implementación tecnológica con estrategias institucionales precisas, garantizando que el proceso no se limite a la mera digitalización de contenidos.

Otro aspecto fundamental para el éxito de la transformación digital es la infraestructura tecnológica, que debe ser robusta, segura y escalable para soportar la provisión de servicios digitales de calidad (Novianto, 2023; Bondarenko, 2020). Asimismo, resulta crucial la inversión en sistemas y plataformas que permitan la interoperabilidad y el intercambio eficiente de información (Wiggberg et al., 2022). Esta arquitectura tecnológica debe caracterizarse por su flexibilidad y adaptabilidad para responder a las necesidades cambiantes de la administración y de los usuarios. En el caso de las universidades, como la Universidad de Cuenca, se busca alcanzar un nivel de madurez “transformador” mediante la implementación de una infraestructura digital sólida (Universidad de Cuenca, 2022).

El desarrollo de capacidades digitales del personal constituye otro factor determinante en este proceso. Los funcionarios deben ser capaces de utilizar las nuevas tecnologías de manera efectiva para mejorar la eficiencia de los procesos y la calidad de los servicios. Programas de capacitación y formación continua resultan necesarios para mantener el ritmo de los avances tecnológicos y fomentar una cultura de aprendizaje permanente (Granja et al., 2019).

La transformación digital también implica un cambio cultural profundo en las instituciones, pues promueve una mentalidad abierta a la innovación, la colaboración y la adopción de nuevas formas de trabajo (Salazar-Granizo et al., 2024). Según Trujillo et al. (2022), en la educación superior y particularmente en el sector público, la transformación tecnológica se ha convertido en una prioridad para las autoridades institucionales, dada la creciente modernización de las formas de administración, prestación de servicios y fomento de la participación ciudadana. Este proceso de transición exige un enfoque estratégico que aborde diversas variables interrelacionadas, orientado a identificar áreas de mejora y determinar dónde tiene mayor impacto esta transformación (Castañeda et al., 2023).

En el contexto ecuatoriano, las universidades han implementado diferentes métodos para avanzar hacia una transformación que mejore la gestión de sus procesos administrativos y académicos. Sin embargo, estos no son homogéneos y aún presentan limitaciones como la disponibilidad de recursos o la capacitación del personal (Cueva, 2020). Almache et al. (2024) señalan que la digitalización en la educación superior ecuatoriana ha traído consigo una reformulación de los métodos tradicionales, promoviendo un modelo de aprendizaje basado en plataformas interactivas y contenidos digitales, donde la adaptación de docentes y estudiantes a los entornos digitales resulta indispensable para el éxito del proceso.

Es importante destacar que los estudios sobre transformación digital en instituciones de educación superior identifican elementos comunes que condicionan su implementación efectiva. El Banco Interamericano de Desarrollo (BID, 2021), en su informe sobre transformación digital en la educación superior en América Latina y el Caribe, señala que los principales desafíos incluyen la integración de tecnologías en los planes de estudio, la mejora en la conectividad y el fortalecimiento de las competencias digitales. Estos hallazgos son consistentes con la realidad de las universidades ecuatorianas, donde la digitalización enfrenta obstáculos relacionados con infraestructura, formación docente y resistencia al cambio.

En este espacio, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar la efectividad de las políticas públicas implementadas para promover la transformación digital en la Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH), con el fin de proponer recomendaciones para una adopción exitosa de la digitalización en el sector público universitario.

Para ello, se desarrollaron objetivos específicos orientados a analizar de manera integral el marco normativo ecuatoriano y las políticas públicas institucionales que regulan la transformación digital en educación superior, incluyendo tanto la perspectiva normativa nacional como la implementación específica en la UNACH; examinar los desafíos y barreras surgidos durante la implementación, incorporando el análisis de estrategias de gestión del cambio organizacional; identificar y evaluar los beneficios y oportunidades derivados de la adopción de tecnologías digitales en la gestión universitaria, considerando aspectos de sostenibilidad y mecanismos de evaluación institucional; determinar las motivaciones institucionales que impulsaron el proceso de transformación digital a lo largo de dos décadas; establecer las interrelaciones causales y significativas entre los factores que influyen en la transformación digital; así como extraer lecciones aprendidas que permitan formular recomendaciones estratégicas para otras instituciones del sector público universitario ecuatoriano, considerando tanto las fortalezas identificadas como las limitaciones del proceso de digitalización institucional analizado.

2. Metodología

El estudio evaluó la efectividad de las políticas públicas de transformación digital en la UNACH mediante un enfoque cualitativo que integró tanto percepciones de actores institucionales como evidencia documental. La investigación se clasificó como descriptiva y explicativa, con diseño no experimental y transversal, pues se recolectaron datos en un único momento temporal sin manipulación de variables.

La tabla 1 presenta la caracterización detallada de los seis informantes que participaron en la investigación, esta caracterización permitió obtener una visión integral del fenómeno estudiado desde múltiples ángulos: estratégico-gerencial, técnico-operativo, académico-pedagógico y de innovación, asegurando que el análisis capturara las diferentes dimensiones y complejidades del proceso de transformación digital institucional.

Tabla 1

Caracterización de informantes

Código	Rol en la institución	Área/Facultad	Nivel jerárquico	Nivel de involucramiento en transformación digital	Perspectiva predominante
INF-01	Directivo administrativo	Vicerrectorado	Alto	Alto	Estratégica y de gestión
INF-02	Personal técnico	Dirección de TIC	Medio	Alto	Técnica y operativa
INF-03	Directivo académico	Secretaría académica	Alto	Alto	Académica y administrativa
INF-04	Docente	Facultad de Educación	Medio	Medio	Académica y pedagógica
INF-05	Docente	Facultad de Educación	Medio	Medio	Académica y de usuario
INF-06	Experto en transformación digital	Servidor público	Alto	Alto	Estratégico y de innovación

La población estudiada incluyó personal directivo, técnico y docente de la UNACH con funciones relacionadas con la implementación de políticas de transformación digital. Se utilizó una muestra intencionada de cinco participantes, seleccionados según criterios específicos: vinculación directa o indirecta con procesos de transformación digital, representatividad de diferentes niveles jerárquicos, diversidad de perspectivas (técnica, administrativa y académica) y experiencia relevante en la institución. Para preservar el anonimato, cada informante fue identificado mediante un código alfanumérico.

Las técnicas de recolección de datos incluyeron entrevistas semiestructuradas y análisis documental. Se diseñó un protocolo de entrevista organizado en siete bloques temáticos: contexto general de la transformación digital, implementación y desafíos, gestión del cambio, beneficios y oportunidades, evaluación y sostenibilidad, lecciones aprendidas y recomendaciones, y cierre con comentarios adicionales. Las entrevistas tuvieron una duración aproximada de 30-45 minutos y fueron grabadas en audio con el consentimiento informado de los participantes. Paralelamente, se realizó una revisión sistemática de documentos oficiales relacionados con la transformación digital en la UNACH, incluyendo normativas institucionales, planes estratégicos, el Modelo Educativo “Introspección y prospectiva” y el marco normativo nacional.

Para el procesamiento y análisis de los datos cualitativos se utilizó el software ATLAS.ti, siguiendo un riguroso protocolo analítico. Las entrevistas fueron transcritas y posteriormente analizadas mediante un proceso sistemático de codificación y categorización. La codificación se realizó en dos etapas: codificación abierta, donde se identificaron unidades de significado relevantes para los objetivos de investigación, y codificación axial, donde se establecieron relaciones entre las categorías identificadas. Este proceso permitió construir una estructura jerárquica de códigos y familias de códigos que facilitó la interpretación de los datos.

Las categorías principales que emergieron del análisis incluyeron: motivaciones para la transformación digital, marco normativo y políticas públicas, desafíos y barreras, gestión del cambio, beneficios y oportunidades, evaluación y sostenibilidad, y lecciones aprendidas. Cada categoría principal se dividió en subcategorías que permitieron un análisis más detallado de los aspectos específicos de la transformación digital en la UNACH.

Una vez establecida la estructura de códigos, se realizó un análisis de co-ocurrencia para identificar patrones de relación entre las diferentes categorías. Este análisis determinó cómo ciertos factores se relacionaban entre sí y su frecuencia de aparición en el discurso de los entrevistados. Los resultados se organizaron en matrices de co-ocurrencia que mostraban la frecuencia con que diferentes códigos relacionados, proporcionando una base empírica para comprender las dinámicas complejas de la transformación digital en la institución.

Para enriquecer la visualización e interpretación de los datos, se elaboró un diagrama de Sankey que representó gráficamente los flujos y relaciones entre los diferentes elementos identificados en el proceso de transformación digital. Dicho diagrama facilitó la identificación de los factores críticos y sus interconexiones, ofreciendo una perspectiva integral del fenómeno estudiado.

3. Resultados

Marco normativo y políticas públicas

La transformación digital en la UNACH se ha desarrollado dentro de un marco normativo que incluye políticas públicas orientadas al fortalecimiento de la educación superior y modernización tecnológica, particularmente las directrices de la Ley Orgánica de Educación Superior [LOES] (2010) y su Reglamento, así como la política de transformación digital 2022-2025 que exige a las instituciones universitarias proporcionar acceso a tecnologías emergentes y digitalizar sus procesos. La base legal se complementa con la Constitución de la República del Ecuador (2008), el Reglamento de régimen académico [RRA] (2022), y a nivel institucional, con el Modelo educativo “Introspección y Prospectiva” (2023) y políticas internas de seguridad de la información alineadas con estándares internacionales como ISO 27001; además de la incorporación de la transformación digital como eje transversal en el Plan Estratégico Institucional.

Perspectiva del marco normativo y políticas públicas en la transformación digital de la UNACH (Análisis de entrevista realizado a experto en transformación digital: INF-06)

El análisis revela una significativa evolución del marco normativo ecuatoriano en materia de digitalización institucional. Inicialmente existía la Ley de comercio electrónico, firmas y mensajes de datos (2002), que representó un primer esfuerzo, aunque limitado. Actualmente, este ecosistema se ha enriquecido con la Ley Orgánica para la Transformación Digital y Audiovisual (2023), su reglamento, la Política pública para la transformación digital del Ecuador 2025-2030 (2025), la Ley Orgánica de Protección de Datos Personales (2021) y la Ley Orgánica para el Desarrollo, Regulación y Control de Servicios Financieros y Tecnológicos (Ley Fintech, 2022).

Un aspecto crucial es el carácter obligatorio que imponen estas normativas como lo indica INF-06: La Ley Orgánica para la Transformación Digital y Audiovisual (2023) señala que todas las instituciones públicas y privadas deben contar con un plan orientado a la transformación digital. La Política Pública para la transformación digital del Ecuador 2025-2030 (2025) establece siete ejes estratégicos: infraestructura digital, economía digital, tecnologías emergentes, análisis de datos, interoperabilidad, seguridad informática y participación multidisciplinaria. El experto INF-06 destaca la interoperabilidad: "Ya todos los datos que tienen las empresas deben ser interoperables".

Respecto a la UNACH, se identifica un cumplimiento parcial. La universidad en las palabras de INF-06: "ha tenido una escalada paulatina y ordenada en el tiempo de ir generando productos tecnológicos", pero existe la duda de si "estos productos tecnológicos no trabajan de manera individual, sino que todos puedan confluir en un plan y en un objetivo único". Entre los desafíos, INF-06 menciona que "muchas instituciones no le ven esto como beneficios. Esto le ven como un gasto". Sobre seguridad informática el informante indica que: "tenemos el concepto en las instituciones, pero de ahí a tener una verdadera seguridad informática, tendríamos que hacer evaluaciones externas". También preocupa la brecha digital: "¿Qué pasa si mis usuarios tienen una gran brecha digital? (...) ¿qué pasa si mis usuarios no tienen la capacidad de utilizar esas herramientas o esa tecnología?" La principal recomendación es desarrollar un plan específico: la institución debe "generar su plan de transformación digital con ese nombre. O sea, no puede ser parte de un plan general, sino establecer un plan específico".

Análisis del marco normativo ecuatoriano para la transformación digital en instituciones de educación superior

El análisis revela la estructuración de un ecosistema legal que posiciona a las universidades como actores estratégicos en el proceso nacional de digitalización. La Ley Orgánica para la Transformación Digital y Audiovisual (2023) constituye su pilar, al establecer el objetivo explícito de fomentar la utilización e integración de tecnologías digitales en los ámbitos productivo, académico y social. Se identifican siete áreas principales de intervención normativa universitaria: la obligatoriedad de implementar planes de formación digital, la transformación de mallas curriculares, la dotación mínima del 5 % de docentes para modalidad virtual, el desarrollo de competencias digitales como eje transversal, el fortalecimiento de formación en nuevas tecnologías, la regulación de recursos tecnológicos en el diseño curricular, y la priorización de servicios digitales educativos.

El Ministerio de Telecomunicaciones (MINTEL) es designado como ente rector, con capacidad para emitir políticas de obligatorio cumplimiento, utilizando la Agenda Digital Integral como instrumento programático principal. Se establecen áreas transversales críticas: seguridad digital, protección de datos, interoperabilidad entre plataformas, identidad digital, firma electrónica y optimización de trámites administrativos. La evolución normativa muestra un desarrollo progresivo: inicia con la Ley del Sistema Nacional de Registro de Datos (2010), continúa con la Ley orgánica de telecomunicaciones

(2015), la Ley Orgánica de la Gestión de la Identidad y Datos Civiles (2016), y se acelera entre 2022-2024 con regulaciones sobre Fintech, servicios en la nube y protección de derechos intelectuales digitales. El hito central es la Ley Orgánica para la Transformación Digital (2023-2024), culminando con la Política Pública para la Transformación Digital 2025-2030, que establece siete ejes estratégicos: Infraestructura, Cultura, Economía, Tecnologías Emergentes, Gobierno Digital, Interoperabilidad y Seguridad.

Aunque el marco normativo es integral, no profundiza en mecanismos de financiamiento específicos ni establece indicadores de evaluación claramente definidos, lo que podría afectar su implementación efectiva considerando las limitaciones presupuestarias de las instituciones públicas ecuatorianas. El análisis de los instrumentos normativos muestra una clara evolución desde un enfoque inicialmente legislativo, centrado en leyes orgánicas, hacia una diversificación que incorpora normas técnicas, políticas específicas y planes estratégicos más detallados. Esta maduración del ecosistema normativo refleja un abordaje progresivamente más específico y operativo de la transformación digital, complementando el marco legal general con instrumentos de implementación concretos y aplicables.

En el ámbito de la educación superior, la cronología normativa evidencia cómo las universidades han sido posicionadas como actores fundamentales en la implementación de la estrategia digital nacional. Los mandatos específicos establecidos incluyen: implementación obligatoria de planes de formación digital, transformación de mallas curriculares para incorporar competencias tecnológicas, establecimiento de cuotas mínimas de profesores dedicados a modalidad virtual (5 %), desarrollo sistemático de competencias digitales como eje transversal, y participación en investigación sobre tecnologías emergentes orientadas al desarrollo sostenible. Esta vinculación explícita del sector universitario con la estrategia nacional de transformación digital representa un reconocimiento de su doble función: como beneficiario directo de los procesos de digitalización y simultáneamente como agente activo e impulsor de su implementación en la sociedad.

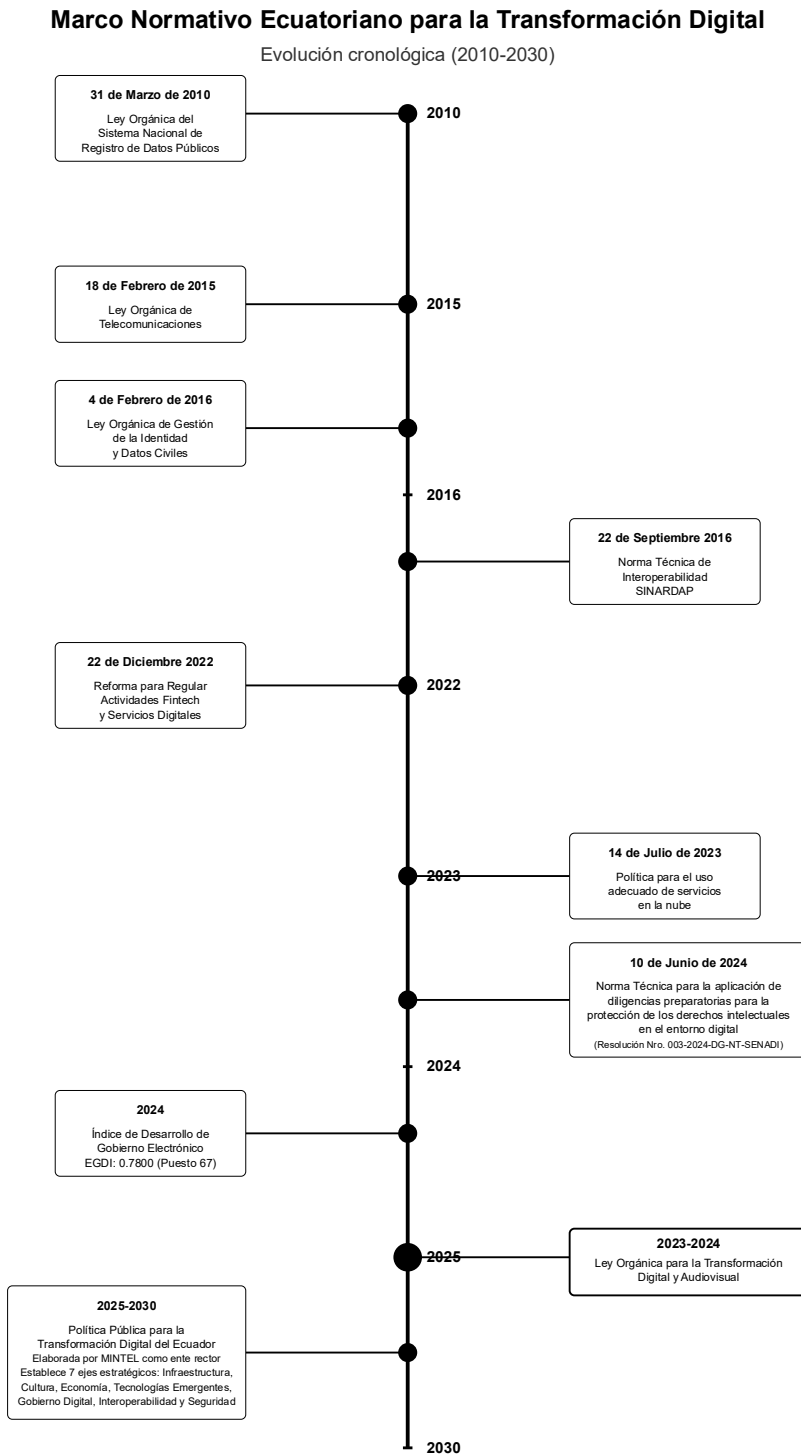
La figura 1 muestra la línea de tiempo con una visualización cronológica vertical que abarca la evolución del marco normativo ecuatoriano para la transformación digital desde 2010 hasta 2030, destacando particularmente su impacto en las instituciones de educación superior. La estructura se organiza a lo largo de un eje vertical central que representa la progresión temporal, con hitos normativos distribuidos alternadamente a izquierda y derecha para optimizar el espacio y la legibilidad.

El recorrido normativo inicia en 2010 con la Ley Orgánica del Sistema Nacional de Registro de Datos Públicos [SINARDAP] (2010), que establece las bases para la gestión digital de datos en instituciones estatales. Este primer hito marca una etapa temprana centrada en la estructuración y acceso a información pública. En 2015, la Ley Orgánica de Telecomunicaciones amplía el alcance hacia la infraestructura de comunicaciones, elemento fundamental para cualquier proceso de digitalización. El año 2016 se caracteriza por un desarrollo normativo intensificado con dos instrumentos complementarios: la Ley Orgánica de Gestión de la Identidad y Datos Civiles, que establece el marco para la identidad digital ciudadana, y la Norma Técnica de Interoperabilidad (2015), que define estándares técnicos para la comunicación entre sistemas gubernamentales. Estos instrumentos evidencian una progresión hacia aspectos más específicos y operativos de la transformación digital.

El periodo 2022-2024 muestra una aceleración notable en el desarrollo regulatorio, y refleja la creciente prioridad de la digitalización en la agenda nacional. En diciembre de 2022, la reforma para regular Actividades Fintech y Servicios Digitales extiende el marco hacia el sector financiero-tecnológico. Durante 2023, la política para el uso adecuado de servicios en la nube aborda aspectos tecnológicos específicos para instituciones públicas.

Figura 1

Evolución del marco normativo ecuatoriano para la transformación digital en instituciones de educación superior



Las universidades son consideradas actores clave en la implementación de la transformación digital del país según el marco normativo vigente

- Impacto en Educación Superior**
- Planes obligatorios de formación y capacitación digital para la comunidad universitaria
 - Transformación digital de mallas curriculares y modalidades virtuales de estudio
 - 5% mínimo de profesores contratados o titulares para modalidad virtual
 - Desarrollo de competencias digitales y alfabetización digital
 - Participación en investigación y desarrollo de tecnologías emergentes para el desarrollo sostenible

El año 2024 culmina con la Norma Técnica para la aplicación de Diligencias Preparatorias para la Protección de los Derechos Intelectuales en el Entorno Digital (2024) en el entorno digital y la evaluación del Índice de Desarrollo de Gobierno Electrónico, que posiciona a Ecuador en el puesto 67 mundial con una puntuación de 0.7800. El elemento central de la línea de tiempo corresponde a la Ley Orgánica para la Transformación Digital y Audiovisual (2023-2024), representada con mayor prominencia visual debido a su carácter articulador del ecosistema normativo.

Esta ley consolida y amplía los avances regulatorios previos, estableciendo un marco integral para la digitalización nacional con mandatos específicos para las instituciones de educación superior. La proyección hacia el futuro se plasma con la Política Pública para la Transformación Digital del Ecuador (2025-2030), elaborada por el MINTEL como ente rector. Este instrumento establece siete ejes estratégicos: infraestructura digital, cultura e inclusión digital, economía digital, tecnologías emergentes para el desarrollo sostenible, gobierno digital, interoperabilidad y tratamiento de datos, y seguridad digital y confianza. Su inclusión evidencia un enfoque de planificación de largo plazo que trasciende ciclos políticos tradicionales.

Desafíos y barreras

Los principales desafíos para la transformación digital en la UNACH abarcan múltiples dimensiones: infraestructura tecnológica insuficiente, brechas digitales entre usuarios, dificultades de integración entre sistemas, preocupaciones de ciberseguridad, insuficiente capacitación técnica, retos de mantenimiento y actualización de equipos, resistencia al cambio organizacional, y problemas de conectividad. El factor económico se identifica como obstáculo fundamental, al ser una universidad pública, el presupuesto estatal asignado debe distribuirse entre múltiples actividades institucionales, no solo en desarrollo tecnológico. Asimismo, se evidencian desafíos relacionados con el desarrollo de competencias digitales que requieren capacitación continua para docentes, el desconocimiento sobre procesos que necesitan digitalización, la dependencia excesiva de medios físicos, limitaciones en el número de equipos disponibles en laboratorios y su mantenimiento, y la necesidad de redefinir procesos administrativos y académicos para alinearlos efectivamente con las nuevas tecnologías implementadas.

Gestión del cambio

La UNACH ha implementado diversas estrategias para facilitar la adaptación del personal a la transformación digital, destacando la capacitación continua mediante cursos para el uso de herramientas y plataformas como Moodle, Quipux, Compilatio, Bibliotecas Virtuales y bases de datos científicas como Scopus. Durante los veinte años de implementación tecnológica, la institución ha ido incorporando y mejorando herramientas, logrando que el personal administrativo, docente y estudiantil se relacione positivamente con los sistemas. Las capacitaciones, socializaciones e inducciones han sido fundamentales para superar la resistencia al cambio, ayudando a los usuarios a entender la utilidad de las herramientas y sus beneficios. Adicionalmente, cada período intersemestral se ofrecen cursos dirigidos a docentes en diferentes áreas, incluyendo tecnología, con recomendaciones de seguir fortaleciendo estos programas con temas actuales y mejorar la infraestructura. Como parte de las estrategias institucionales, se han optimizado los procesos mediante la integración de plataformas interoperables, fortalecido la infraestructura de red e implementado nuevas políticas y directrices que regulan el uso de las tecnologías.

Beneficios, oportunidades y sostenibilidad

La implementación de tecnologías digitales en la UNACH ha generado múltiples beneficios organizacionales, destacando la automatización de procesos administrativos que ha reducido tiempos

de respuesta y mejorado la eficiencia en la gestión de recursos. Esta transformación ha optimizado la comunicación entre departamentos, incrementado la accesibilidad a la información y facilitado la toma de decisiones institucionales. Entre las mejoras significativas se encuentran: mayor agilidad en trámites, reducción de errores manuales y tiempos de espera, acceso a información en tiempo real, mayor transparencia en la gestión de recursos, optimización del uso de recursos y avances en la gestión documental digital. En el ámbito académico, el desarrollo de herramientas digitales ha aportado sustancialmente a las actividades de docencia, estudiantes y personal administrativo, permitiendo además que, durante situaciones como la pandemia, los procesos educativos continuaran sin interrupciones mediante el acceso remoto a clases, recursos y servicios universitarios. Adicionalmente, la digitalización ha implementado evaluaciones en línea bajo estándares de seguridad, obteniendo resultados en tiempo real que facilitan el seguimiento del progreso académico y mejoran los procesos de retroalimentación.

Evaluación y sostenibilidad

La UNACH evalúa el éxito de su transformación digital mediante el seguimiento de objetivos específicos como la mejora en eficiencia operativa, acceso a servicios digitales y satisfacción de usuarios. Las principales herramientas de medición son encuestas dirigidas a la comunidad universitaria (estudiantes, docentes y personal administrativo) a través del sistema SICOA y correo institucional, utilizando instrumentos basados en escala de valoración Likert que evalúan la satisfacción con los nuevos servicios, facilidad de uso, efectividad en procesos y adopción de tecnologías. Un indicador clave de éxito ha sido la continuidad educativa durante el confinamiento, donde los estudiantes mantuvieron sus actividades en línea y su desempeño de manera asíncrona. Para garantizar la sostenibilidad, la universidad implementa cursos de capacitación periódicos durante los períodos intersemestrales en uso de herramientas digitales y metodologías activas, mientras las autoridades mantienen una visión orientada al desarrollo tecnológico con asignación de recursos necesarios. Adicionalmente, la institución ha iniciado la migración gradual hacia tecnologías en la nube, complementando su infraestructura tecnológica propia para asegurar la continuidad y evolución de sus servicios digitales.

Factores que influyen en la transformación digital, interrelaciones causales. Análisis de co-ocurrencia y relaciones entre códigos

La tabla 2 presenta una matriz de co-ocurrencias de códigos que muestra las relaciones entre ocho factores clave identificados en la transformación digital de la UNACH a partir del análisis cualitativo. Se construyó a partir del análisis sistemático de las transcripciones de entrevistas semiestructuradas realizadas a cinco actores institucionales y un experto externo, procesadas mediante el software ATLAS.ti. Cada celda indica el número de veces que dos códigos específicos (Infraestructura, Capacitación, Recursos presupuestarios, Resistencia al cambio, Políticas institucionales, Liderazgo, Sostenibilidad e Integración de sistemas) aparecieron conjuntamente en el mismo segmento de texto durante las entrevistas, revelando las interconexiones conceptuales percibidas por los participantes.

El análisis de la matriz de códigos reveló relaciones significativas entre los factores que influyen en la transformación digital de la UNACH. Destaca la fuerte vinculación entre “Infraestructura” y “Recursos presupuestarios” (12 co-ocurrencias), evidenciando que las limitaciones financieras propias de una universidad pública condicionan decisivamente el desarrollo de la infraestructura tecnológica, ya que el presupuesto estatal debe distribuirse entre múltiples actividades institucionales, no solo en tecnología. Igualmente, relevante es la asociación entre “Capacitación” y “Resistencia al cambio” (11 co-ocurrencias), confirmando que las estrategias formativas son fundamentales para superar barreras culturales en la adopción tecnológica. Los procesos de capacitación, socialización e inducción no solo

desarrollan competencias técnicas, sino que modifican actitudes al ayudar a los usuarios a comprender la utilidad y beneficios de las nuevas herramientas.

Tabla 2

Co-ocurrencias de códigos de categorías de análisis

Código	Infraestructura	Capacitación	Recursos presupuestarios	Resistencia al cambio	Políticas institucionales	Liderazgo	Sostenibilidad	Integración de sistemas
Infraestructura	-	8	12	4	5	7	9	6
Capacitación	8	-	6	11	7	5	8	4
Recursos presupuestarios	12	6	-	3	9	10	11	7
Resistencia al cambio	4	11	3	-	6	8	5	3
Políticas institucionales	5	7	9	6	-	12	8	7
Liderazgo	7	5	10	8	12	-	9	6
Sostenibilidad	9	8	11	5	8	9	-	8
Integración de sistemas	6	4	7	3	7	6	8	-

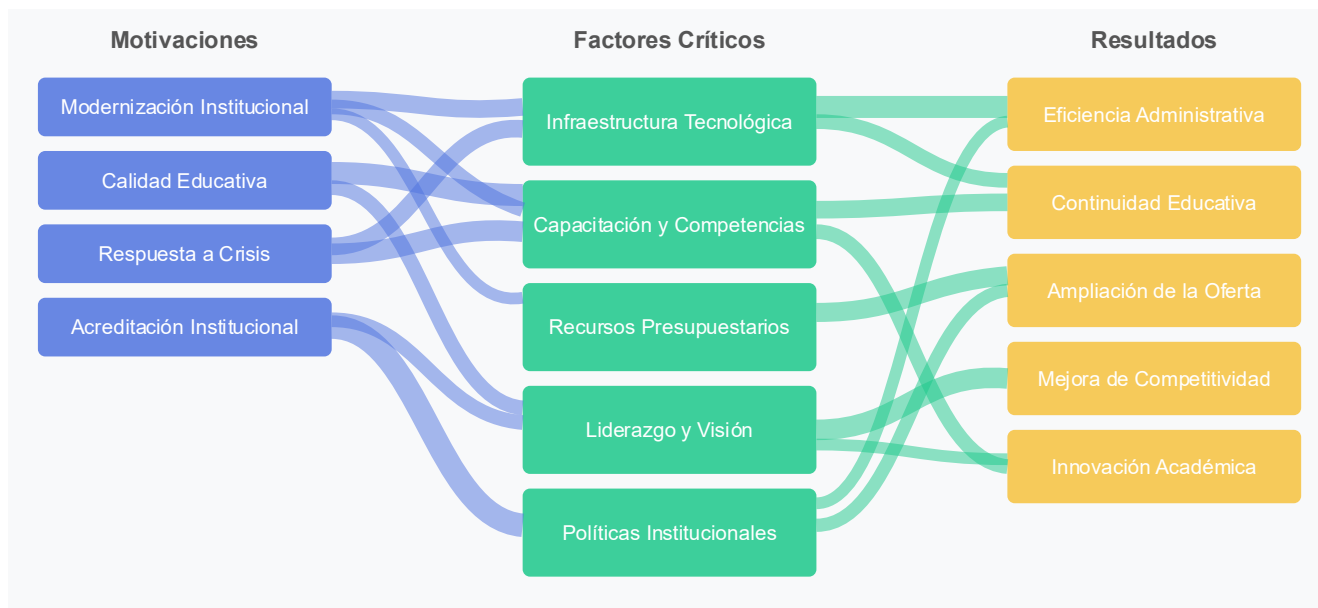
La estrecha relación entre “Políticas institucionales” y “Liderazgo” (12 co-ocurrencias) destaca cómo el compromiso directivo resulta determinante para el desarrollo e implementación efectiva de normativas que orienten la transformación digital, donde la visión de las autoridades resulta decisiva para la sostenibilidad de las iniciativas digitales.

El análisis de la figura 2 (Diagrama de Sankey) revela las interrelaciones causales en el proceso de transformación digital de la UNACH. En la primera columna (Motivaciones), la “Calidad educativa” emerge como el impulsor principal que genera mayor flujo hacia los factores críticos, especialmente hacia “Capacitación y competencias”, evidenciando que la búsqueda de excelencia académica funciona como motor fundamental para el desarrollo de habilidades digitales universitarias. Paralelamente, la “Acreditación institucional” muestra un fuerte vínculo con las “Políticas institucionales”, mientras que la “Respuesta a crisis” conecta significativamente tanto con “Infraestructura tecnológica” como con “Capacitación”, confirmando que eventos como la pandemia aceleraron inversiones en ambos aspectos para mantener la continuidad educativa.

En la segunda columna (Factores críticos), la “Infraestructura tecnológica” se destaca como el elemento con mayor influencia en los resultados, particularmente en la “Eficiencia administrativa”, subrayando que la inversión tecnológica optimiza significativamente la gestión operativa institucional. El “Liderazgo y visión” impacta en la “Mejora de competitividad”, mientras que los “Recursos presupuestarios” condicionan la “Ampliación de la oferta” educativa, principalmente hacia modalidades virtuales.

Figura 2

Diagrama de Sankey



En contraste, las débiles asociaciones entre “Resistencia al cambio” y “Recursos presupuestarios” (3 co-ocurrencias), así como entre “Integración de sistemas” y “Resistencia al cambio” (3 co-ocurrencias), sugieren que los factores económicos no se perciben directamente vinculados a las resistencias culturales, mientras que los desafíos de integración tecnológica responden más a cuestiones técnicas que a barreras actitudinales.

Un hallazgo relevante es la multiplicidad de conexiones de “Capacitación y competencias”, que influye tanto en la “Continuidad educativa” como en la “Innovación académica”, demostrando su carácter transversal y estratégico para la transformación institucional. El diagrama revela una interconexión sistémica donde las motivaciones institucionales se traducen en factores críticos que generan resultados tangibles, con los flujos más intensos concentrados en las conexiones entre motivaciones académicas y factores relacionados con capacitación e infraestructura, así como entre estos factores y los resultados de eficiencia e innovación.

Motivaciones para la transformación digital

La UNACH inició su proceso de transformación digital impulsada por diversas motivaciones institucionales. Según los informantes, estas incluyen la necesidad de modernizar procesos para mejorar la eficiencia operativa, fortalecer la seguridad de la información y optimizar la gestión académica-administrativa mediante plataformas tecnológicas que aumenten la transparencia y automatización. Desde la perspectiva docente, un factor motivacional clave fue el proceso de acreditación de carreras y la mejora de indicadores para posicionar a la institución entre las mejores del país. El personal técnico señala motivaciones adicionales como la adaptación a las demandas del siglo XXI, mejora de la calidad educativa, ampliación del acceso a la educación y la aceleración digital provocada por la pandemia de COVID-19. Históricamente, se destaca que este proceso comenzó hace aproximadamente 20 años, reflejando la visión institucional de que la universidad, como centro generador de conocimiento, no podía mantenerse al margen del desarrollo tecnológico.

4. Discusión

El principal hallazgo de esta investigación revela que la UNACH ha implementado iniciativas significativas de transformación digital, pero su efectividad se ve limitada por la ausencia de un plan estratégico específico que articule coherentemente estos esfuerzos con las políticas públicas nacionales. La evaluación de las políticas públicas implementadas en la institución muestra un patrón de desarrollo caracterizado por lo que se podría denominar “islas de digitalización”, es decir, implementaciones tecnológicas valiosas, pero insuficientemente articuladas entre sí. Esta realidad contrasta con la visión integral propuesta por la Ley Orgánica para la Transformación Digital y Audiovisual y la reciente Política Pública para la Transformación Digital 2025-2030, que conciben la digitalización como un proceso holístico que abarca desde infraestructura hasta aspectos culturales y organizacionales.

Al analizar el marco normativo y las políticas existentes, se evidencia una evolución significativa en el ecosistema regulatorio ecuatoriano, pasando de normativas generales sobre gestión de datos a un marco integral con mandatos específicos para el sector universitario. Este hallazgo coincide con lo señalado por Cárdenas et al. (2023), quienes identifican la gobernanza digital como un factor determinante para establecer un marco de gestión efectivo. Sin embargo, la UNACH aún no ha desarrollado un plan específico de transformación digital; a pesar de que, como señala el experto entrevistado, esta brecha entre el mandato normativo y la realidad institucional representa un desafío significativo para la efectividad de las políticas públicas en este ámbito.

El análisis de co-ocurrencia reveló una fuerte asociación entre infraestructura y recursos presupuestarios, así como entre capacitación y resistencia al cambio. Estos resultados confirman los hallazgos de Novianto (2023) sobre la necesidad de una infraestructura robusta, segura y escalable, pero añaden una dimensión económica que no siempre recibe suficiente atención en la literatura especializada.

La capacitación emerge como un factor transversal con múltiples conexiones, confirmando lo señalado por Granja et al. (2019) sobre la necesidad de programas de formación continua. Sin embargo, los resultados añaden una dimensión adicional al vincular la capacitación con la superación de resistencias culturales, algo que no ha sido suficientemente explorado en estudios previos. Lo que sugiere que las estrategias de capacitación deben ser conceptualizadas no solo como instrumentos para desarrollar competencias técnicas, sino como herramientas de gestión del cambio cultural.

La conexión entre la búsqueda de calidad educativa y el desarrollo de competencias digitales confirma lo planteado por Romero et al. (2023) sobre la necesidad de abordar tanto la adopción de tecnologías como los cambios estructurales en la enseñanza. Sin embargo, el presente estudio añade precisión al identificar la calidad educativa como el principal motor motivacional que impulsa las inversiones en capacitación. De manera similar, la identificación de la infraestructura tecnológica como el factor con mayor impacto en la eficiencia administrativa precisa los hallazgos de Wiggberg et al. (2022) sobre la importancia de la interoperabilidad y el intercambio eficiente de información.

Los beneficios y oportunidades identificados confirman las investigaciones de Almache et al. (2024) sobre cómo la digitalización en la educación superior ecuatoriana ha traído consigo una reformulación de los métodos tradicionales. Sin embargo, este estudio denotó una categorización más detallada de estos beneficios, diferenciando entre mejoras administrativas (automatización de procesos, reducción de errores manuales), impacto en procesos académicos (evaluación en tiempo real, seguimiento del progreso) y oportunidades de innovación (modalidades virtuales, nuevas carreras). Esta capacidad de

mantener la continuidad educativa en contextos adversos representa un valor añadido de la transformación digital que trasciende las mejoras en eficiencia administrativa.

La evaluación de la efectividad de las políticas públicas revela que, si bien se han logrado avances significativos en aspectos específicos (automatización de trámites, implementación de aulas virtuales, modularidad de sistemas), la ausencia de un plan estratégico integral limita el potencial transformador de estas iniciativas. Este hallazgo coincide con las conclusiones del Banco Interamericano de Desarrollo (2021) sobre los desafíos de la transformación digital en la educación superior en América Latina, pero añade una dimensión institucional específica al contexto ecuatoriano.

Entre las recomendaciones el INF-06, particularmente determina la necesidad de “generar su plan de transformación digital con ese nombre” y “mantener una infraestructura tecnológica flexible y escalable”, además ofrece orientaciones prácticas para mejorar la efectividad de las políticas públicas. Estas recomendaciones están alineadas con los siete ejes estratégicos de la Política Pública para la Transformación Digital 2025-2030 (infraestructura, cultura, economía, tecnologías emergentes, gobierno digital, interoperabilidad y seguridad), lo que sugiere una convergencia entre las necesidades institucionales percibidas y las directrices nacionales.

Finalmente, el análisis del marco normativo ecuatoriano a través de la línea de tiempo revela una aceleración significativa en el desarrollo regulatorio durante el periodo 2022-2024, con la Ley Orgánica para la Transformación Digital y Audiovisual como hito central y la Política Pública 2025-2030 como proyección futura. Esta evolución normativa representa una oportunidad para las instituciones de educación superior, pero también impone desafíos de cumplimiento que requieren transformaciones profundas. La UNACH, con 20 años de implementaciones tecnológicas progresivas, se encuentra en una posición favorable para aprovechar este marco normativo, siempre que articule sus iniciativas bajo un plan estratégico coherente.

Sobre las limitaciones de la investigación se focalizó en una sola institución de educación superior, lo que restringe la generalización de los hallazgos a otras universidades que presentan contextos y niveles de madurez digital diferentes, para estudios futuros considerar el tamaño de la muestra de informantes, aunque diversa en perspectivas, fue limitado y podría no representar la totalidad de experiencias institucionales. El diseño transversal proporcionó una perspectiva temporal específica sin permitir el seguimiento de la evolución del proceso de transformación digital.

5. Conclusiones

La evaluación de políticas públicas para la transformación digital en la UNACH revela la ausencia de un plan específico de transformación digital institucional, a pesar de que el marco normativo ecuatoriano establece explícitamente su obligatoriedad para entidades públicas. Ningún entrevistado mencionó la existencia de este instrumento de planificación estratégica, evidenciando una brecha fundamental entre el mandato normativo y la implementación institucional, aunque la transformación digital sí figura como eje transversal en el marco estratégico institucional. A lo largo de dos décadas, la institución ha desarrollado implementaciones tecnológicas valiosas, especialmente en infraestructura, sistemas académicos y herramientas de comunicación digital. Sin embargo, estas iniciativas han operado como “islas de digitalización”, careciendo de la cohesión y direccionalidad que proporcionaría un plan específico. El análisis del marco normativo muestra una significativa evolución del ecosistema regulatorio ecuatoriano, que ha madurado desde enfoques iniciales sobre gestión de datos públicos hacia un sistema integral que abarca dimensiones técnicas, educativas, económicas y sociales. Esta progresión ha culminado en un marco robusto que reconoce explícitamente a las

universidades como actores clave en la transformación digital nacional. No obstante, la UNACH no ha aprovechado plenamente estas oportunidades para estructurar y formalizar sus iniciativas de digitalización.

La experiencia de transformación digital en la UNACH ha generado importantes lecciones y recomendaciones para otras instituciones educativas. Entre las principales enseñanzas destacan la necesidad de una planificación estratégica detallada pero flexible, que permita adaptarse a desafíos imprevistos, y la importancia de la participación de todos los actores institucionales para garantizar el éxito del proceso. Los informantes subrayan que el apoyo y compromiso de los líderes institucionales resulta fundamental para impulsar y sostener los cambios, así como la formación constante del personal y estudiantes en el uso de tecnologías digitales. Las recomendaciones para otras instituciones incluyen iniciar con una evaluación clara de necesidades tecnológicas y desarrollar un plan estructurado a largo plazo, definir una visión y estrategia clara respaldada por el compromiso del liderazgo, invertir adecuadamente en infraestructura tecnológica, implementar políticas claras y duraderas, mantener una infraestructura tecnológica flexible y escalable que pueda adaptarse a crecimientos futuros, y fomentar la colaboración interuniversitaria para aprovechar experiencias existentes y adaptar soluciones a las realidades específicas de cada institución.

Referencias

- Almache, D. V., Jiménez, A. A., Calderón, G. D., & Vásquez, R. S. (2024). *Transformación digital en los procesos de aprendizaje de la educación superior*. Magazine de las Ciencias, 9(1), 52-73. <https://n9.cl/addkd>
- Apolo, D., Melo, M., Solano, J., & Aliaga-Sáez, F. (2020). Pending issues from digital inclusion in Ecuador: Challenges for public policies, programs and projects developed and ICT-mediated teacher training. *Digital Education Review*, 37, 130–153. <https://doi.org/10.1344/der.2020.37.130-153>
- Banco Interamericano de Desarrollo. (2021). *Transformación digital en la educación superior América Latina y el Caribe*. <https://n9.cl/q0x0q>
- Bondarenko, S., Liganenko, I., & Mykytenko, V. (2020). Transformation of public administration in digital conditions: World experience, prospects of Ukraine. *Journal of Scientific Papers «Social Development and Security»*, 10(2), 76–89. <https://doi.org/10.33445/sds.2020.10.2.9>
- Cárdenas, H. A., Rubiano, S. H., & Cabra, L. C. (2023). Liderazgo, gobernanza y transformación digital en el diseño organizacional de la educación superior colombiana. Una revisión sistémica. *Miradas*, 18(2), 164–189. <https://doi.org/10.22517/25393812.25468>
- Castañeda, L., Esteve-Mon, F., & Adell, J. (2023). La universidad digital: aproximación a un análisis crítico de los planes de transformación digital de las universidades públicas españolas. *Profesorado*, 27(1), 176–198. <https://n9.cl/bp7fu>
- Constitución de la República del Ecuador. (2008).
- Cueva, G. D. (2020). Transformación digital en la Universidad actual. *Conrado*, 16(77), 483–489. <https://n9.cl/hugrq>
- Granja, F. M., Rafael, G. D., Cabezas, E., & Lozada, R. Y. (2019). Implementation of the PREDECI model in the prosecution of Chimborazo in Ecuador: A case study evaluation. *International Journal of Electronic Security and Digital Forensics*, 11(1), 29. <https://doi.org/10.1504/IJESDF.2019.096526>

- Hernández-Medina, P., Chogllo-Tenezaca, J., & Ramirez-Torres, G. (2024). Public Universities and Regional economy in Ecuador: A panel data study. *Regional and Sectoral Economic Studies*, 24(2), 21–40. <https://n9.cl/skbzu1>
- Irfan, B., Djabbari, M. H., Herianto, D., Yanto, E., & Faisal, A. F. (2024). Digital Leadership: Its Influence on Driving Digital Policy Adoption in the Public Sector. *Perkembangan Kajian Sosial*, 1(2), 111–118. <https://doi.org/10.69616/perkasa.v1i2.37>
- Ley de Comercio Electrónico, Firmas y Mensajes de Datos. Registro Oficial Suplemento 557 de 17 de abril de 2002, Ley 67 (2002).
- Ley del Sistema Nacional de Registro de Datos. Suplemento del Registro Oficial 162 de 31 de marzo de 2010, Ley s/n 14 (2010).
- Ley Orgánica de Educación Superior [LOES]. Registro Oficial Suplemento 298 de 12 de octubre de 2010, Ley 0 92 (2010).
- Ley Orgánica de la Gestión de la Identidad y Datos Civiles. Registro Oficial Suplemento 684 de 04 de febrero de 2016, Ley 0 36 (2016).
- Ley Orgánica de Protección de Datos Personales. Registro Oficial Suplemento 459 de 26 de mayo de 2021.
- Ley Orgánica del Sistema Nacional de Registro de Datos Públicos [SINARDAP]. Registro Oficial Suplemento 162 de 31 de marzo de 2010, Ley 0 15 (2010).
- Ley Orgánica de Telecomunicaciones. Registro Oficial No. 439, Año II (2015).
- Ley Orgánica para el Desarrollo, Regulación y Control de Servicios Financieros y Tecnológicos (Ley Fintech). Registro Oficial Segundo Suplemento No. 215 (2022).
- Ley Orgánica para la Transformación Digital y Audiovisual. Tercer Suplemento del Registro Oficial 245, 07 de febrero de 2023.
- Modelo educativo introspección y prospectiva. (2023).
- Norma Técnica de Interoperabilidad. Registro Oficial Suplemento 467 de 26 de marzo de 2015, Acuerdo Ministerial 1062 (2015).
- Norma Técnica para la Aplicación de Diligencias Preparatorias para la Protección de los Derechos Intelectuales en el Entorno Digital. Resolución Nro. 003-2024-DG-NT-SENADI (2024).
- Novianto, N. (2023). Systematic Literature Review: Models of digital transformation in the public sector. *Policy & Governance Review*, 7(2), 170. <https://doi.org/10.30589/pgr.v7i2.753>
- Política Pública para la Transformación Digital del Ecuador 2025–2030. (2025).
- Reglamento de Régimen Académico [RRA]. Resolución No. 0193-HCU-20-08-2015 (2022).
- Romero, C. M., Romeu, F. T., Guitert, C. M., & Baztán, Q. P. (2023). La transformación digital en la educación superior: el caso de la UOC. *Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 26(1), 163–179. <https://n9.cl/6kx3d>
- Salazar-Granizo, Y. E., Hueso-Montoro, C., & Caparros-Gonzalez, R. A. (2024). Lifestyles and academic stress among health sciences students at the National University of Chimborazo, Ecuador: A longitudinal study. *Frontiers in Public Health*, 12, 1447649. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2024.1447649>

- Sánchez, S. M., Camacho, T. G., Guerrero, H. E., & Galarza, R. M. (2021). Estrategia de transformación digital para fortalecer el desempeño docente. *Revista Científica Universidad de Israel*, 8(1), 67–76. <https://n9.cl/90p0f>
- Trujillo, V. G., Rodríguez, A. L., Mejía, A. D., & López, P. R. (2022). Transformación digital en América Latina: una revisión sistemática. *Revista Venezolana de Gerencia*, 27(100), 1519–1536. <https://n9.cl/6jff>
- Universidad de Cuenca. (2022). *Plan de transformación digital*. <https://www.ucuenca.edu.ec/>
- Wiggberg, M., Gulliksen, J., Cajander, A., & Pears, A. (2022). Defining Digital Excellence: Requisite Skills and Policy Implications for Digital Transformation. *IEEE Access*, 10, 52481–52507. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3171924>

Transparencia

Conflicto de interés

Los autores declaran que no existen conflictos de interés de naturaleza alguna como parte de la presente investigación.

Fuente de financiamiento

Los autores financiaron completamente la investigación.

Contribución de autoría

Sharon Luz Paredes Barrigas: Conceptualización, metodología, software, análisis formal, investigación, gestión de datos, visualización, redacción - preparación del borrador original, redacción - revisión y edición, financiamiento, recursos.

Omar Patricio Negrete Costales: Conceptualización, software, validación, análisis formal, investigación, visualización, redacción - revisión y edición, financiamiento, administración del proyecto, recursos, supervisión.

Los autores contribuyeron activamente en el análisis de los resultados, revisión y aprobación del manuscrito final.