

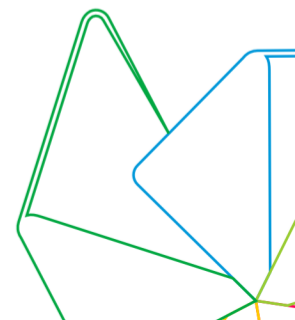


MATRIZ DE BRECHAS DE FORMACIÓN ASOCIADAS A LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL Y LAS INDUSTRIAS 4.0, CONSTRUIDA A PARTIR DEL ANÁLISIS DE LA OFERTA Y LA DEMANDA FORMATIVA POR SECTORES PRODUCTIVOS Y SOCIALES, E INCORPORANDO UNA VISIÓN PROSPECTIVA CON LAS TENDENCIAS Y REQUERIMIENTOS PROYECTADOS A CORTO, MEDIANO Y LARGO PLAZO

**Elaborado en el marco del proyecto:
“Fortalecimiento del sistema territorial de ciencia, tecnología e innovación, soportado en la transformación digital e industrias 4.0 en el Departamento de Córdoba” BPIN 2021000100455**

**RESPONSABLE:
UNIVERSIDAD COOPERATIVA DE COLOMBIA
UNIVERSIDAD DE CORDOBA**

FEBRERO DE 2026



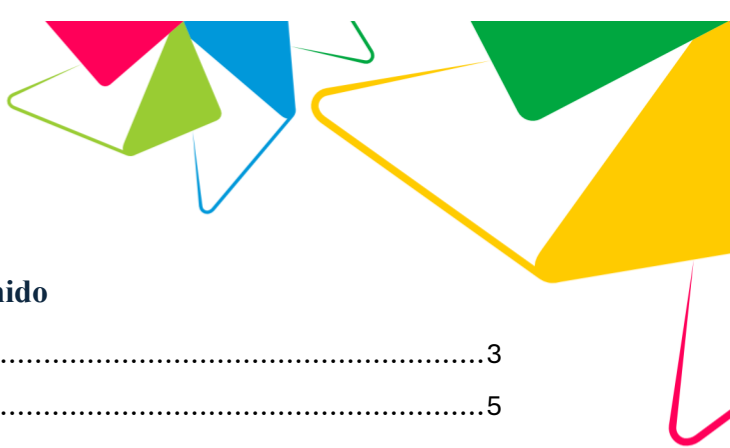


Tabla de Contenido

Introducción.....	3
1 Objetivos.....	5
1.1. General.....	5
1.2. Específicos.....	5
2 Alcance	6
3 Metodología.....	7
4 Antecedentes	12
5. Resultados.....	14
6. Discusión.....	22
Conclusiones	25
Referencias.....	27



Introducción

La transformación digital se ha convertido en una categoría analítica central para examinar los cambios recientes en la educación superior, pero su utilidad depende de una delimitación conceptual estricta. En este estudio no se entiende como incorporación aislada de tecnologías a prácticas ya existentes, sino como reconfiguración de procesos académicos, curriculares e institucionales bajo lógicas de datos, interoperabilidad, automatización, analítica y nuevas formas de articulación entre formación, gestión y entorno. Esta definición coincide con la literatura que describe la transformación digital en las instituciones de educación superior como un proceso de maduración organizacional y no solo como adopción instrumental de herramientas (Fernández et al., 2023; OECD, 2023).

Esta precisión resulta decisiva cuando el análisis se orienta hacia las brechas de formación. En el contexto de la transformación digital y las industrias 4.0, la brecha no se reduce a la ausencia de programas con denominación tecnológica ni a una diferencia cuantitativa entre titulados y vacantes. Operativamente, se entiende aquí como la distancia entre capacidades formativas observables y requerimientos técnicos, organizacionales y prospectivos que el entorno territorial demanda o tenderá a demandar con mayor intensidad. Esta definición evita una lectura reduccionista del problema y permite reconocer que la respuesta formativa depende tanto de la existencia de oferta como de su capacidad de adaptación, actualización y especialización. La investigación reciente sobre competencia digital en educación superior respalda esta perspectiva al mostrar que las capacidades relevantes no se agotan en alfabetización instrumental, sino que incluyen dimensiones cognitivas, críticas, adaptativas y contextuales (Zhao et al., 2021).

En el mismo sentido, los marcos internacionales recientes coinciden en que la transición digital no puede abordarse únicamente mediante expansión de capacidades técnicas avanzadas. También requiere aprendizaje continuo, flexibilidad curricular, gobernanza de datos, confianza institucional y criterios éticos para el uso de tecnologías emergentes. La OECD plantea este problema en términos de ecosistema de educación digital, mientras que la UNESCO, en el contexto de la inteligencia artificial generativa, subraya la necesidad de fortalecer capacidad humana y marcos de orientación para su uso en educación e investigación (Miao & Holmes, 2023; OECD, 2023). En Colombia, la Estrategia Nacional Digital 2023–2026 y la hoja de ruta para la adopción ética y sostenible de la inteligencia artificial avanzan en la misma dirección al articular conectividad, datos, seguridad, transformación social y apropiación responsable de IA como componentes interdependientes de la transformación digital (Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones [MinTIC], 2023; Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación [MinCiencias], 2024).

Fortaleciendo Córdoba4.0

En el plano territorial, el problema adquiere un sentido más preciso. No basta con reconocer que el cambio tecnológico existe; es necesario establecer cómo se distribuye la capacidad de respuesta del sistema formativo frente a ese cambio. La cuestión relevante deja de ser cuántos programas “digitales” existen y pasa a ser cuáles programas pueden reconvertirse, cuáles requieren rediseño más profundo y en qué ámbitos la oferta actual resulta insuficiente incluso bajo escenarios de actualización incremental. Este desplazamiento conceptual evita dos simplificaciones frecuentes: asumir que la modernización depende exclusivamente de crear nueva oferta o suponer que toda brecha puede cerrarse con ajustes menores a programas existentes. Desde esta perspectiva, el análisis de brechas exige una aproximación integrada entre oferta, requerimientos territoriales y densidad tecnológica de las trayectorias formativas plausibles (Fernández et al., 2023; OECD, 2023).

Algunos campos muestran con especial claridad por qué este enfoque es necesario. La transformación digital no se limita a dominios tradicionalmente asociados con software o automatización industrial; también atraviesa ámbitos intensivos en datos, interoperabilidad, trazabilidad y analítica avanzada, como salud, biotecnología, agroindustria y energía. En estos espacios, la brecha formativa no puede interpretarse solo como ausencia de programas con denominación tecnológica, sino como insuficiencia relativa de trayectorias capaces de articular capacidades sectoriales específicas, gestión de información, integración de sistemas, aseguramiento de calidad y respuesta institucional. Esta lectura adquiere especial relevancia en salud, donde la transformación digital de servicios, la interoperabilidad y el uso creciente de datos clínicos vinculan la discusión formativa no solo con innovación tecnológica, sino también con bienestar y calidad de vida en el territorio (International Atomic Energy Agency [IAEA], 2023; World Health Organization [WHO], 2020).

En este marco se ubica el presente estudio. Su propósito no es proyectar demanda laboral futura mediante modelos predictivos ni evaluar el desempeño de programas concretos. Su objetivo es identificar las brechas de formación asociadas a la transformación digital y las industrias 4.0 en el departamento de Córdoba a partir del análisis integrado de la oferta académica, los requerimientos sectoriales y sociales del territorio y los horizontes prospectivos de cambio tecnológico. Con base en ello, el estudio busca construir una matriz técnicamente sustentada que permita distinguir entre necesidades de fortalecimiento transversal, reconversión curricular y posible nueva oferta. Su aporte no consiste en ofrecer una solución cerrada, sino en organizar el problema con criterios explícitos y comparables que apoyen la fase posterior de diagnóstico territorial y priorización de programas académicos en el marco del cerramiento de brechas.



UNIVERSIDAD DE
CÓRDOBA



UNIVERSIDAD
COOPERATIVA
DE COLOMBIA



ÉCOLE DES
ENTREPRENEURS
DU QUÉBEC
I COLOMBIA





1 Objetivos

1.1.General.

Identificar las brechas de formación asociadas a la transformación digital y las industrias 4.0 en el departamento de Córdoba, mediante el análisis integrado de la oferta académica, los requerimientos de los sectores productivos y sociales del territorio y los horizontes prospectivos de cambio tecnológico, con el fin de estructurar una base técnica para el cerramiento de brechas mediante fortalecimiento transversal, reconversión curricular y eventual creación de nueva oferta formativa.

1.2.Específicos.

- Caracterizar la oferta académica analizada en función de su nivel de proximidad curricular a la transformación digital y las industrias 4.0.
- Examinar los requerimientos formativos explícitos y emergentes de los sectores productivos y sociales del territorio en relación con competencias, tecnologías, capacidades institucionales y modalidades de respuesta formativa.
- Determinar las brechas de formación en los horizontes de corto, mediano y largo plazo a partir de una matriz de cruce entre oferta, demanda y trayectoria de transformación.
- Priorizar programas estratégicos y campos formativos de alta especialización cuya pertinencia resulte consistente con la estructura de brechas identificada, con especial atención a los ámbitos en los que la intensidad tecnológica, la relevancia sectorial y la insuficiencia relativa de la oferta justifican trayectorias formativas más específicas.
- Sustentar una base analítica para el posterior diagnóstico del territorio y para la definición de programas académicos a generar en el marco del cerramiento de brechas.





El presente estudio tiene un alcance descriptivo-analítico y prospectivo orientado a identificar, organizar e interpretar las brechas de formación asociadas a la transformación digital y las industrias 4.0 en el departamento de Córdoba. Para ello, articula tres planos de análisis: la oferta académica disponible, los requerimientos sectoriales y sociales del territorio, y las trayectorias plausibles de cambio tecnológico en el corto, mediano y largo plazo. En consecuencia, el trabajo no se plantea como medición exhaustiva de demanda laboral futura ni como evaluación de impacto de programas existentes. Su función es más precisa: operar como dispositivo técnico de priorización para establecer, con base en evidencia convergente, dónde se localizan los principales desajustes formativos y bajo qué condiciones podrían abordarse mediante fortalecimiento transversal, reconversión curricular o consideración de nueva oferta.

El alcance del estudio se delimita, en primer lugar, por su unidad analítica. No examina programas académicos de forma aislada ni sectores productivos como compartimentos independientes. La observación se sitúa en la relación entre la estructura de la oferta formativa, las necesidades explícitas y emergentes del territorio y la densidad tecnológica de las trayectorias de transformación digital que inciden sobre distintos campos de formación. Bajo esta definición, la brecha no se entiende como ausencia simple de programas, sino como distancia relativa entre capacidades formativas observables y requerimientos técnicos, organizacionales y prospectivos que el entorno territorial demanda o tenderá a demandar con mayor intensidad. Esta delimitación fija también un límite metodológico: el estudio se mantiene en el nivel de identificación estructurada de desajustes y no en el de demostración causal de sus efectos.

En segundo lugar, el alcance está determinado por el universo de análisis efectivamente considerado. La matriz consolidada se construyó sobre la base de la oferta tradicional analizada y se organizó para identificar aquellos campos cuya respuesta no parecía absorbible mediante ajuste incremental. Esto no implica asumir que toda brecha deba traducirse en apertura programática. Implica, más bien, diferenciar entre capacidades ya presentes en el ecosistema formativo, márgenes plausibles de reconversión curricular y necesidades cuya especificidad sectorial o tecnológica exige una consideración más focalizada. El supuesto de trabajo es claro: no toda insuficiencia observada justifica nueva oferta, pero tampoco toda presión de cambio puede resolverse dentro de la estructura vigente.

En tercer lugar, el estudio posee un alcance prospectivo acotado. La incorporación de horizontes de corto, mediano y largo plazo no convierte la matriz en una herramienta predictiva en sentido fuerte. El ejercicio no modela escenarios econométricos ni proyecta series históricas con capacidad de pronóstico probabilístico. Su finalidad consiste en ordenar la evidencia disponible para distinguir entre necesidades de respuesta inmediata, requerimientos de reconversión más compleja y vacíos que, por su intensidad o especialización, ameritan evaluación específica de trayectorias formativas nuevas. El componente prospectivo debe leerse, por tanto, como marco de anticipación razonada y no como predicción cerrada.



Desde el punto de vista aplicado, el alcance del estudio radica en su capacidad para informar decisiones posteriores. La matriz no sustituye los análisis que deberían seguir a este diagnóstico, entre ellos estudios de factibilidad académica, sostenibilidad financiera, pertinencia regulatoria, disponibilidad de talento docente, capacidad instalada, infraestructura y articulación con actores sectoriales. Su aporte se sitúa en una fase previa y estratégicamente distinta: proveer una base coherente para decidir qué debe fortalecerse, qué puede reconvertirse y qué campos ameritan evaluación como posible nueva oferta. En este sentido, el documento funciona como puente entre el diagnóstico territorial y la formulación de respuestas institucionales más específicas.

Este alcance supone además una delimitación explícita frente a posibles sobrerreclamos interpretativos. Los hallazgos no autorizan afirmar que cada brecha identificada deba traducirse automáticamente en creación de un programa nuevo, ni que toda presión de cambio tecnológico exija respuestas del mismo nivel de formalización curricular. Tampoco permiten concluir que la oferta actual carezca de valor o de capacidad adaptativa. Lo que el análisis sí permite sostener es que existen diferencias relevantes en la proximidad de los programas a la transformación digital, que esas diferencias producen necesidades de intervención no homogéneas y que algunos campos críticos presentan una intensidad de brecha suficiente para justificar evaluación específica de nuevas trayectorias formativas.

En términos de aportación científica, el alcance del estudio reside en haber construido una lectura integrada del problema. No se limita a describir tendencias tecnológicas ni a listar necesidades del sector productivo. Articula ambas dimensiones con la configuración real de la oferta y con una lógica temporal de intervención. Esa articulación permite tratar el cerramiento de brechas no como reacción fragmentaria frente a presiones externas, sino como problema de diseño institucional y de gobernanza formativa. En ello se ubica el aporte principal del trabajo: ofrecer una base analítica delimitada, conceptualmente consistente y metodológicamente útil para orientar decisiones, sin exceder el alcance que la evidencia efectivamente permite sostener.

3 Metodología

El estudio se diseñó como una investigación aplicada, de alcance descriptivo-analítico y orientación prospectiva, centrada en la construcción y justificación técnica de una matriz de brechas de formación asociadas a la transformación digital y las industrias 4.0 para el departamento de Córdoba. La decisión metodológica no respondió a una lógica experimental ni a una pretensión de inferencia causal. Respondió a la necesidad de integrar evidencia heterogénea —documental, cualitativa, estructurada y normativa— en una herramienta de priorización útil para la planeación académica y territorial. En términos de estrategia de investigación, se adoptó un enfoque de integración convergente: las fuentes se analizaron por separado y luego se articularon mediante contrastación temática, consistencia semántica y convergencia interpretativa. Esta opción es consistente con la literatura metodológica que reconoce el análisis documental como fuente legítima de evidencia en estudios de política y planeación, y con desarrollos recientes en investigación mixta que exigen hacer explícito no solo qué datos se combinan, sino bajo qué lógica de coherencia y con qué límites interpretativos (Bazeley, 2024).



(Dalglish et al., 2020; Lorenzini et al., 2024). La secuencia general del procedimiento adoptado se resume en la Figura 1.

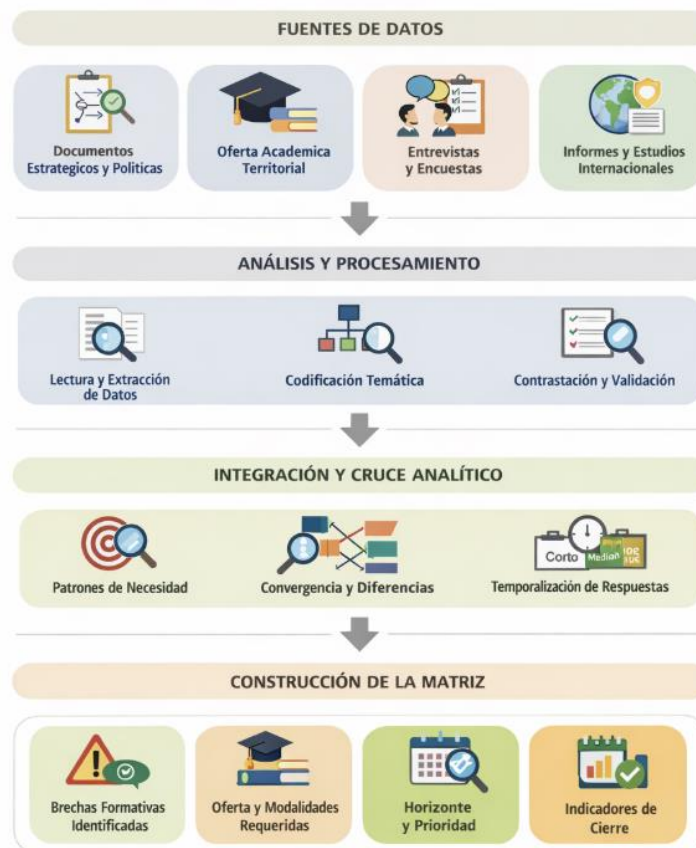


Figura 1. Secuencia metodológica para la construcción de la matriz de brechas de formación asociadas a la transformación digital y las industrias 4.0 en el departamento de Córdoba.

La unidad de análisis no fue el individuo aislado ni el programa académico considerado de manera autosuficiente. Se trabajó con una unidad analítica compuesta, definida por la relación entre: a) requerimientos sectoriales y sociales del territorio; b) estructura y nivel de digitalidad curricular de la oferta académica; c) trayectorias previsibles de cambio tecnológico; y d) modalidades de respuesta formativa plausibles en el corto, mediano y largo plazo. Esta definición evitó una lectura reduccionista de la brecha como ausencia simple de programas. En términos operativos, una brecha de formación se entendió como la distancia entre competencias, capacidades institucionales y dispositivos formativos observables, y los requerimientos técnicos, organizacionales y prospectivos que el territorio necesita para sostener procesos de transformación digital. Bajo esta delimitación, la matriz no se concibió como inventario de déficits, sino como instrumento de síntesis estructurada para identificar desajustes formativos, productivos y prospectivos.

El corpus empírico se conformó con cinco conjuntos de evidencia producidos o consolidados en el marco del proyecto BPIN 2021000100455. El primero estuvo integrado por documentos estratégicos y de política del proyecto, utilizados para recuperar problemas públicos, supuestos de intervención, sectores priorizados y marcos de articulación institucional. El segundo reunió los insumos de caracterización de la oferta académica territorial, en particular la línea base SNIES y los documentos de identificación y clasificación de programas, a partir de los cuales se estableció el universo de oferta objeto de análisis y se distinguieron programas con orientación 4.0, programas tradicionales-contemporáneos o de interfaz y programas tradicionales-clásicos. El tercero correspondió a entrevistas y análisis cualitativos con actores del sector productivo y social, especialmente empresarios y directivos académicos, empleados para identificar necesidades explícitas, demandas emergentes y restricciones de implementación. El cuarto estuvo constituido por bases consolidadas de encuesta y tabulaciones anexas, utilizadas como apoyo para reconocer recurrencias y prioridades percibidas. El quinto conjunto estuvo formado por fuentes externas oficiales y técnico-científicas recientes, consultadas con función de contraste y actualización. En conjunto, estas fuentes permitieron reconstruir una lectura sectorial del territorio e identificar, entre otros campos, una concentración de requerimientos asociados con salud, particularmente en procesos vinculados con interoperabilidad, analítica y transformación digital de servicios (International Atomic Energy Agency [IAEA], 2023; Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación [MinCiencias], 2024; Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones [MinTIC], 2023; Organisation for Economic Co-operation and Development [OECD], 2023; World Economic Forum [WEF], 2025; World Health Organization [WHO], 2020).

La selección de fuentes siguió criterios de pertinencia temática, trazabilidad, actualidad y función analítica. Se incluyeron documentos que aportaran evidencia directa sobre al menos una de cuatro dimensiones: i) demanda sectorial de capacidades; ii) oferta académica y estructura curricular; iii) tendencias tecnológicas con efecto previsible sobre la formación; y iv) marcos habilitantes de gobernanza, datos, interoperabilidad, ética o infraestructura. Se excluyeron materiales promocionales, piezas sin autoría institucional verificable y fuentes cuya procedencia o propósito no pudieran reconstruirse con claridad. En la literatura y documentación externa se privilegió producción de los últimos seis años, salvo cuando una referencia metodológica conservaba valor instrumental directo para el diseño analítico. Este criterio respondió a la alta volatilidad del campo: en educación digital, datos, inteligencia artificial, ciberseguridad y vigilancia genómica, la obsolescencia conceptual puede afectar no solo la discusión, sino también la pertinencia de las categorías empleadas para clasificar brechas (MinCiencias, 2024; OECD, 2023; WEF, 2025).

La fase de procesamiento se desarrolló en tres niveles. En el primero se realizó lectura analítica y extracción estructurada del corpus documental. Para cada fuente se registraron propósito, escala de análisis, sector o población de referencia, variables o temas centrales, horizontes temporales y tipo de implicación para la formación. En el segundo nivel se efectuó una codificación temática dirigida, apoyada en una matriz de categorías construida a partir del problema de investigación y refinada durante la revisión iterativa del material. Las categorías nucleares fueron: competencias



digitales básicas; competencias digitales avanzadas; automatización y control; analítica de datos; inteligencia artificial; ciberseguridad; interoperabilidad; infraestructura tecnológica; capacidades docentes; flexibilidad curricular; articulación universidad–empresa–Estado; especialización sectorial; modalidades de formación; y horizonte temporal de respuesta. En el tercer nivel se procedió a la integración transversal de hallazgos, buscando patrones de convergencia y disonancia entre documentos estratégicos, entrevistas, encuestas y fuentes externas. No se trató de agregar resultados por acumulación simple, sino de contrastar si una necesidad identificada en un plano —por ejemplo, salud digital o analítica aplicada— encontraba respaldo simultáneo en la demanda territorial, en la oferta curricular disponible y en las tendencias externas del campo. Esta lógica de integración es consistente con la recomendación metodológica de hacer visible el dónde, el cuándo y el cómo de la integración en diseños de métodos mixtos o de evidencia múltiple (Bazeley, 2024; Lorenzini et al., 2024).

La construcción de la matriz se apoyó en una lógica de cruce analítico multifuente. Cada fila se definió como combinación entre sector o campo estratégico y necesidad formativa priorizable. A partir de allí se diligenciaron, sin celdas vacías, los campos relativos a: requerimiento tecnológico u organizacional; competencia demandada; oferta o modalidad formativa requerida; tipo de brecha predominante; horizonte temporal; nivel de prioridad; actores responsables; e indicador sugerido de cierre. El llenado de cada campo siguió una regla de suficiencia mínima de evidencia: una celda solo se completó cuando existía respaldo convergente de, al menos, una fuente territorial directa y una fuente complementaria de contraste, o cuando el propio corpus del proyecto ofrecía sustento explícito y consistente. Cuando la evidencia era sectorialmente clara pero insuficiente para fijar una formulación muy específica, se optó por categorías más parsimoniosas antes que por una precisión aparente sin soporte robusto. Esta decisión metodológica buscó preservar la validez de contenido de la matriz y reducir el riesgo de sobreinterpretación.

En la dimensión de oferta académica se incorporó el criterio de digitalidad curricular observada, utilizado no como medición universal del valor de un programa, sino como aproximación comparativa a su nivel de integración explícita de tecnologías habilitadoras, resultados de aprendizaje vinculados con transformación digital y potencial de convergencia sectorial. Este componente fue relevante porque la brecha no podía estimarse únicamente desde la demanda externa. Un mismo sector puede requerir capacidades semejantes, pero la respuesta institucional varía según la madurez curricular de la oferta existente. Por esta razón, la matriz diferenció entre necesidades que podían resolverse por actualización incremental, aquellas que exigían reconversión curricular más profunda y aquellas que remitían a trayectorias formativas de mayor especificidad. En este último plano se ubicaron, entre otros, campos asociados con salud digital e interoperabilidad; biotecnología y bioinformática; ciencia de datos e inteligencia artificial; ciberseguridad y gobierno digital; agricultura de precisión e IoT agroindustrial; y energías renovables, redes inteligentes y automatización. La pertinencia de estos campos se sostuvo en la convergencia entre demanda territorial, vacíos formativos observables y tendencias tecnológicas con proyección sectorial (IAEA, 2023; WHO, 2020).



El componente prospectivo se construyó mediante una temporalización ordinal de las respuestas formativas. Se distinguieron corto, mediano y largo plazo, no como periodos arbitrarios, sino como niveles de complejidad institucional y tecnológica de la respuesta. El corto plazo agrupó acciones de rápida activación —microcredenciales, certificaciones, diplomados, formación docente focalizada y actualización modular—. El mediano plazo se reservó para ajustes curriculares formales, creación de rutas híbridas, fortalecimiento de laboratorios y consolidación de alianzas sectoriales. El largo plazo se asignó a trayectorias de alta maduración, como nuevos pregrados o doctorados, infraestructura especializada y ecosistemas de investigación aplicada. Esta temporalización se apoyó en dos consideraciones. La primera es que la literatura reciente sobre habilidades para la transición digital muestra que el desajuste entre demanda y formación no se corrige solo con programas largos, sino también con dispositivos flexibles de reentrenamiento y actualización. La segunda es que la magnitud del cambio tecnológico reportada para el periodo 2025–2030 obliga a combinar medidas inmediatas con apuestas estructurales de más larga gestación (MinTIC, 2023; OECD, 2023; WEF, 2025).

En relación con la calidad del dato, se aplicaron controles de consistencia terminológica, depuración semántica y contrastación cruzada. La consistencia terminológica implicó mantener definiciones estables para nociones como transformación digital, tecnologías 4.0, brecha formativa, digitalidad curricular y prioridad de intervención. La depuración semántica consistió en unificar equivalencias frecuentes en las fuentes —por ejemplo, analítica de datos, ciencia de datos aplicada y business intelligence— cuando remitían al mismo núcleo competencial, sin borrar matices sectoriales cuando estos eran analíticamente relevantes. La contrastación cruzada buscó verificar si una necesidad altamente visible en entrevistas encontraba o no correlato en la oferta académica, en la documentación estratégica o en marcos oficiales más amplios. Las discrepancias no se suprimieron; se conservaron como hallazgos interpretables. Así, una demanda empresarial intensa sin reflejo suficiente en la oferta se trató como indicador de brecha alta, no como error del corpus. Este procedimiento se alinea con criterios contemporáneos de rigor en integración de datos, que privilegian la trazabilidad de las decisiones analíticas y la explicitación del recorrido inferencial sobre la acumulación de fuentes (Bazeley, 2024; Lorenzini et al., 2024).

No se estimaron modelos estadísticos inferenciales ni se plantearon pruebas de hipótesis, porque el objetivo del estudio no fue probar asociaciones poblacionales ni establecer efectos. El uso de información estructurada, incluidas encuestas y bases institucionales, tuvo una finalidad analítica y de apoyo a la priorización, no de generalización probabilística. Cuando se emplearon frecuencias, recurrencias o clasificaciones, estas se interpretaron dentro del alcance del corpus disponible y se integraron con evidencia cualitativa y documental. Esta decisión evitó asignar a datos heterogéneos un estatus de precisión que su diseño de origen no garantizaba. En consecuencia, la validez del estudio descansa menos en la significación estadística que en la calidad del ensamblaje analítico, la coherencia interna de las categorías y la convergencia razonada entre fuentes.

Desde el punto de vista ético, el trabajo se desarrolló sobre documentos institucionales, bases consolidadas y productos analíticos del proyecto, además de fuentes públicas de libre acceso. En la fase de integración se preservó la no identificación de personas y se evitó trasladar al texto categorías sensibles o expresiones atribuibles a participantes específicos cuando ello no aportaba valor analítico. El interés principal no fue caracterizar sujetos, sino reconstruir necesidades, restricciones y capacidades del sistema territorial de formación. Por ello, el tratamiento ético se orientó a la minimización de riesgo reputacional, la fidelidad interpretativa y la trazabilidad de las decisiones de análisis.

La metodología buscó producir una matriz útil para la toma de decisiones. Su aporte no reside en ofrecer una fotografía exhaustiva e inmutable del territorio, sino en organizar, con criterios explícitos, un volumen amplio de evidencia para identificar dónde la oferta formativa actual resulta insuficiente, dónde existe potencial de reconversión y dónde se justifican apuestas nuevas de mayor especialización. Ese alcance exige cautela: la matriz no sustituye estudios de factibilidad financiera, diseños curriculares detallados ni análisis de demanda laboral con muestreo probabilístico específico. Funciona, más bien, como dispositivo robusto de priorización para orientar esas fases posteriores.

4 Antecedentes

La discusión reciente sobre transformación digital en educación superior ha dejado de centrarse en la incorporación aislada de tecnologías y se ha desplazado hacia una comprensión más estructural del cambio institucional. En esta literatura, la transformación digital no se reduce al uso de plataformas, dispositivos o recursos virtuales; se entiende como reorganización de procesos académicos, administrativos y de vinculación social bajo lógicas de datos, interoperabilidad, automatización, gobernanza tecnológica y rediseño pedagógico. Esta ampliación conceptual es relevante porque evita equiparar digitalización con modernización curricular y obliga a examinar si las instituciones disponen de capacidades organizacionales, docentes y formativas suficientes para sostener transformaciones de mayor profundidad. Las revisiones recientes en educación superior sitúan, de hecho, la transformación digital en torno a estrategia institucional, rediseño de procesos, gestión de datos, madurez digital y necesidad de marcos integrados de implementación, más que a acciones fragmentarias de actualización tecnológica (Fernández et al., 2023; OECD, 2023).

En paralelo, la noción de brecha de formación ha adquirido mayor densidad analítica en el contexto de la Industria 4.0. Ya no se la entiende únicamente como escasez de titulados o déficit cuantitativo de programas, sino como distancia entre habilidades requeridas y habilidades efectivamente adquiridas, cuya medición exige considerar distintos niveles: competencias técnicas, capacidades transversales, contextos sectoriales y condiciones institucionales de actualización. Esta perspectiva resulta especialmente útil en estudios territoriales, porque permite diferenciar entre insuficiencia de oferta, desalineación curricular y rezago prospectivo. La revisión de Rikala et al. ubica el concepto de skill gap precisamente en la intersección entre habilidades adquiridas, habilidades demandadas y mecanismos de medición; por su parte, la revisión de Zhao et al. muestra que, en educación superior, la

competencia digital se ha estudiado como constructo multidimensional, no reducible a alfabetización instrumental ni a dominio técnico básico (Rikala et al., 2024; Zhao et al., 2021).

Este desplazamiento conceptual converge con la agenda de Education 4.0, donde la pertinencia formativa depende de la capacidad de articular saber disciplinar, competencias digitales avanzadas y flexibilidad de trayectorias. Los informes recientes coinciden en que los ecosistemas educativos eficaces requieren no solo infraestructura y conectividad, sino también gobernanza de datos, confianza, formación docente, criterios éticos y mecanismos de coordinación entre actores. En el plano internacional, la OECD ha insistido en que la educación digital debe pensarse como ecosistema; la UNESCO, en paralelo, ha advertido que el despliegue de inteligencia artificial generativa en educación obliga a fortalecer capacidades humanas, criterios de uso responsable y marcos de acompañamiento y regulación. En el plano nacional, la Estrategia Nacional Digital de Colombia 2023–2026 organiza la política pública alrededor de conectividad, datos, seguridad, transformación social y economía digital, mientras que la hoja de ruta de MinCiencias para la adopción ética y sostenible de la IA subraya que el desarrollo de capacidades no es un componente periférico, sino condición para una integración tecnológicamente útil y socialmente responsable (Miao & Holmes, 2023; MinCiencias, 2024; MinTIC, 2023; OECD, 2023).

La pertinencia de esta discusión se refuerza al observar la evolución reciente de la demanda de habilidades. El Future of Jobs Report 2025 ubica a la inteligencia artificial y el análisis de datos entre las habilidades de crecimiento más acelerado hacia 2030, seguidas por redes y ciberseguridad, alfabetización tecnológica y un conjunto de competencias transversales asociadas con pensamiento creativo, resiliencia, flexibilidad y aprendizaje continuo. Esta evidencia no autoriza una traslación mecánica de tendencias globales a cualquier territorio, pero sí justifica que los estudios de oferta formativa incorporen una dimensión prospectiva y distinguan entre respuestas inmediatas, ajustes curriculares de mediano plazo y apuestas estructurales de mayor maduración. La implicación metodológica es directa: si el entorno tecnológico cambia con rapidez, una matriz de brechas no puede construirse únicamente con la fotografía actual de la oferta, sino también con trayectorias plausibles de cambio en la demanda de capacidades (WEF, 2025; OECD, 2023).

En este marco general, algunos campos muestran con especial nitidez por qué la planificación formativa no puede limitarse a categorías amplias y genéricas. En imagen diagnóstica y física médica, la IAEA ha señalado que la incorporación de inteligencia artificial exige formación específica en roles, responsabilidades, validación, aseguramiento de calidad, gobernanza y entrenamiento de físicos médicos clínicamente cualificados. La relevancia de este punto para estudios de brechas es inmediata: cuando una tecnología crítica modifica prácticas diagnósticas y criterios de seguridad, la respuesta formativa requiere trayectorias más especializadas que las ofrecidas por currículos generalistas. Un razonamiento análogo se observa en microbiología, genómica y vigilancia de resistencia antimicrobiana. La WHO ha documentado que la secuenciación de genoma completo para vigilancia de resistencia exige capacidades de laboratorio, análisis bioinformático, aseguramiento de calidad e integración entre microbiología y sistemas de vigilancia. Por ello, la discusión sobre transformación digital e industrias 4.0 no se agota en áreas tradicionalmente asociadas con software o

automatización industrial; también se extiende a dominios intensivos en datos, trazabilidad y analítica avanzada, donde la formación de posgrado puede adquirir un papel estratégico (IAEA, 2023; WHO, 2020).

A partir de estos antecedentes, el problema que justifica una matriz de brechas de formación no consiste en decidir si deben incorporarse tecnologías al sistema educativo —ese punto forma parte del consenso técnico y político más amplio—, sino en establecer cómo identificar desajustes entre demanda sectorial, madurez curricular y horizontes de transformación con suficiente precisión conceptual para orientar decisiones. Allí se localiza uno de los vacíos persistentes de la literatura aplicada: abundan los diagnósticos sobre cambio tecnológico y competencias emergentes, pero no siempre se dispone de instrumentos territoriales capaces de cruzar oferta, demanda, temporalidad de respuesta y nivel de especialización requerido. En este sentido, la elaboración de una matriz de brechas resulta metodológicamente pertinente cuando se busca pasar de la descripción general del cambio digital a una priorización argumentada de trayectorias formativas, modalidades de actualización y campos donde la reconversión o la consideración de nueva oferta encuentran mayor sustento técnico (Fernández et al., 2023; Rikala et al., 2024; WEF, 2025).

5. Resultados

Los resultados se estructuraron a partir de la versión consolidada de la Matriz de brechas de formación asociadas a la transformación digital y las industrias 4.0, compuesta por 83 registros. Esta base integra 75 registros derivados de la oferta tradicional analizada y 8 registros estratégicos priorizados, incorporados cuando la evidencia reunida indicó vacíos cuya respuesta no podía entenderse únicamente desde ajustes incrementales de la oferta existente. En términos operativos, esta sección cumple una doble función: reporta los hallazgos obtenidos con la matriz y deja organizada la base analítica que servirá como insumo para el posterior informe de diagnóstico territorial y para la definición de trayectorias formativas orientadas al cerramiento de brechas.

La primera lectura muestra que la oferta no presenta una configuración homogénea. El sistema analizado conserva un núcleo reducido de programas explícitamente orientados hacia transformación digital e industrias 4.0, mientras la mayor parte de la oferta se distribuye entre programas de interfaz —con integración digital parcial, funcional o en expansión— y programas tradicionales-clásicos, donde la incorporación tecnológica sigue siendo menos estructural. Este patrón no debe interpretarse como descalificación general de la oferta territorial. Expresa, más bien, una arquitectura curricular con distintos grados de proximidad a la transformación digital y, por ello, con necesidades diferenciadas de actualización, reconversión o evaluación de nuevas trayectorias formativas.

Tabla 1. Estructura general de la matriz consolidada de brechas

Indicador	Valor
-----------	-------

Registros de oferta tradicional analizada	75
Registros estratégicos priorizados integrados	8
Programas 4.0 / híbridos reportados en la línea base	7
Programas tradicional-contemporáneo / interfaz	43
Programas tradicional-clásico	32

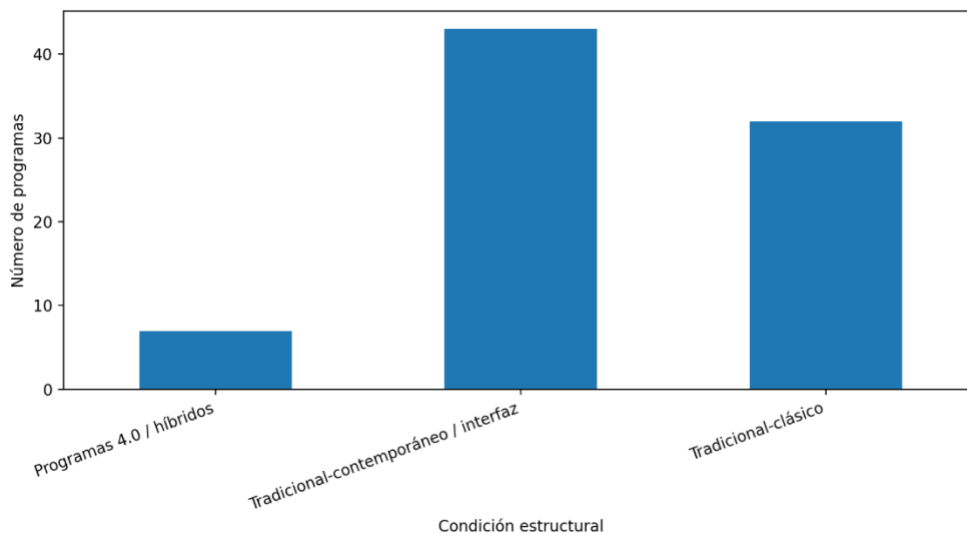


Figura 2. Distribución estructural de la oferta analizada según condición de digitalidad curricular.

La distribución estructural representada en la Figura 2 refuerza una conclusión metodológicamente relevante: la brecha no se localiza solo en la ausencia de programas nuevos, sino en la coexistencia de tres estratos curriculares con capacidades distintas de respuesta. Los 7 programas 4.0 / híbridos constituyen una base de referencia, pero no un volumen suficiente para absorber por sí sola la presión de transformación. Los 43 programas tradicional-contemporáneo / interfaz concentran el mayor margen de reconversión progresiva, mientras que los 32 programas tradicional-clásico sugieren necesidades más profundas de actualización, rediseño o sustitución parcial mediante trayectorias más específicas.

Cuando la matriz se examina por campo amplio de formación, el mayor peso relativo se concentra en Administración de Empresas y Derecho, con 24 registros (28,92 %), seguido por Ingeniería, Industria y Construcción, con 17 (20,48 %). Luego aparecen Educación, Salud y Bienestar y Ciencias Sociales, Periodismo e Información, con 9 registros cada una (10,84 %). En un nivel intermedio se ubican Ciencias Naturales, Matemáticas y Estadística, con 8 (9,64 %), y Agropecuario, Silvicultura, Pesca y Veterinaria, con 5 (6,02 %). Finalmente, Arte y Humanidades y Servicios aportan 1 registro cada una (1,20 %). Esta distribución no expresa, por sí sola, una

jerarquía sectorial cerrada. Muestra, más bien, los espacios donde la matriz encontró mayor densidad de intersección entre oferta existente, presión de cambio y necesidad de respuesta formativa.

Tabla 2. Distribución de registros por subsector o campo amplio de formación

Subsector o campo amplio	n	%
Administración de Empresas y Derecho	24	28,92
Ingeniería, Industria y Construcción	17	20,48
Educación	9	10,84
Salud y Bienestar	9	10,84
Ciencias Sociales, Periodismo e Información	9	10,84
Ciencias Naturales, Matemáticas y Estadística	8	9,64
Agropecuaria, Silvicultura, Pesca y Veterinaria	5	6,02
Arte y Humanidades	1	1,20
Servicios	1	1,20
Total	83	100,00

Nota. Los porcentajes se calcularon sobre el total de registros de la matriz consolidada (n = 83).

La lectura por campo amplio permite, además, una articulación sectorial más precisa. Ingeniería, industria y construcción concentran brechas asociadas con automatización, energía inteligente, analítica e infraestructura digital; agropecuario se vincula con trazabilidad, sensorica e IoT aplicado; administración y ciencias sociales con gobierno digital, gestión de datos y transformación organizacional; y salud y bienestar con interoperabilidad, analítica clínica, sistemas de información y transformación digital de servicios. En este último campo, la brecha formativa adquiere relevancia no solo por la densidad tecnológica de los procesos, sino también por su relación con bienestar y calidad de vida en el territorio.

En términos competenciales, el patrón más robusto fue la primacía de las competencias de autoaprendizaje y actualización continua, con 46 registros (55,42 %). En segundo lugar quedaron las competencias digitales técnicas, con 28 registros (33,73 %), y en tercero las competencias socio-colaborativas y éticas, con 9 (10,84 %). Este resultado exige una lectura precisa. La matriz no identifica únicamente una necesidad de mayor densidad tecnológica; también muestra que una parte sustantiva del cerramiento de brechas depende de la capacidad de los programas para incorporar mecanismos permanentes de actualización, apropiación y reentrenamiento. Desde el punto de vista de la planificación académica, la implicación es clara: el sistema no requiere solo

Tabla 3. Distribución de registros por bloque competencial

Bloque competencial	n	%
Competencias de autoaprendizaje y actualización continua	46	55,42
Competencias digitales técnicas	28	33,73
Competencias socio-colaborativas y éticas	9	10,84
Total	83	100,00

La variable tecnológica conserva esa misma lógica. El conjunto más frecuente fue Herramientas digitales generales, con 46 registros (55,42 %). Luego se ubicaron LMS/e-learning, analítica de aprendizaje e IA para tutores o recursos, con 9 (10,84 %), y analítica de datos, IA/ML y computación en la nube, con 5 (6,02 %). A partir de allí aparecen paquetes tecnológicos más específicos, asociados con BIM y gemelos digitales, automatización y ERP, IoT y analítica, redes inteligentes, interoperabilidad clínica, ciberseguridad, bioinformática o procesamiento de imágenes. Este patrón sugiere una estructura en dos niveles: uno transversal, compuesto por herramientas y competencias generalizables, y otro focalizado, integrado por nichos de alta especialización donde la brecha es menos frecuente en número de registros, pero más exigente en términos de respuesta institucional.

Un segundo hallazgo relevante emerge del análisis por horizonte temporal. Este análisis se construyó a partir de las columnas numéricas de la matriz consolidada (Brecha_corto, Brecha_mediano y Brecha_largo), codificadas sobre una escala ordinal discreta: -2 = oferta superior a la demanda en grado alto; -1 = oferta superior a la demanda en grado leve; 1 = brecha media; 2 = brecha media-alta; 3 = brecha alta. Sobre esos tres campos se calcularon, para los 83 registros, la media aritmética, la mediana, el valor mínimo y el valor máximo.

En corto plazo, la distribución fue: 24 registros con valor -2, 29 con valor 1 y 30 con valor 2. De allí se obtiene una media de 0,49, calculada como $((24 \times -2) + (29 \times 1) + (30 \times 2)) / 83 = 41 / 83 = 0,49$. La mediana fue 1, porque el valor central de la serie ordenada quedó dentro de esa categoría; el mínimo fue -2 y el máximo 2. En mediano plazo, la distribución fue idéntica, por lo que los estadísticos se mantuvieron sin variación. En largo plazo, la distribución cambió a 24 registros con valor -1, 44 con valor 2 y 15 con valor 3. La media ascendió entonces a 1,31, calculada como $((24 \times -1) + (44 \times 2) + (15 \times 3)) / 83 = 109 / 83 = 1,31$. La mediana pasó a 2, el valor mínimo a -1 y el máximo a 3. En términos descriptivos, este desplazamiento indica que la estructura de la matriz concentra valores de brecha más altos cuando el análisis incorpora trayectorias de transformación de mayor densidad tecnológica, institucional y sectorial.

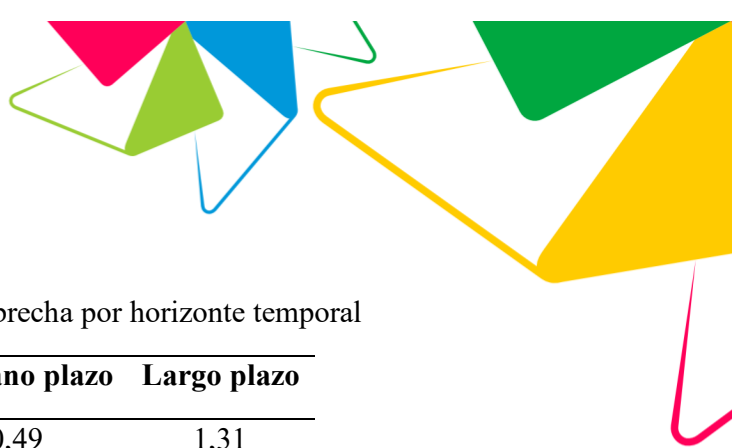


Tabla 4. Estadísticos descriptivos de la escala de brecha por horizonte temporal

Indicador	Corto plazo	Mediano plazo	Largo plazo
Media	0,49	0,49	1,31
Mediana	1,00	1,00	2,00
Valor mínimo	-2	-2	-1
Valor máximo	2	2	3

Nota. La escala de brecha corresponde a la codificación utilizada en la matriz consolidada. Los valores negativos expresan situaciones en las que la oferta disponible supera la demanda estimada; los valores positivos expresan intensidades crecientes de brecha.

La coincidencia entre corto y mediano plazo no debe leerse como redundancia metodológica. Indica que, dentro del corpus analizado, una proporción importante de las respuestas formativas se mantiene todavía en el rango de actualización y reconversión antes de desplazarse, en el largo plazo, hacia exigencias de mayor especialización y maduración institucional.

La lectura cualitativa complementa esa tendencia. Esta se obtuvo mediante conteo de frecuencias absolutas en las columnas Lectura_corto, Lectura_mediano y Lectura_largo, que traducen la misma escala numérica a categorías verbales: -2 = “Oferta > demanda (alta)”; -1 = “Oferta > demanda (leve)”; 1 = “Media”; 2 = “Media-alta”; 3 = “Alta”. En corto plazo y mediano plazo, la distribución fue idéntica: 24 registros quedaron clasificados como “Oferta > demanda (alta)”, 29 como “Media” y 30 como “Media-alta”. En largo plazo, la distribución cambió a 24 registros en “Oferta > demanda (leve)”, 44 en “Media-alta” y 15 en “Alta”. En otras palabras, la lectura cualitativa no añade una capa distinta de información; reexpresa, en lenguaje interpretativo, la misma estructura de codificación ya observada en la escala numérica.

Tabla 5. Distribución cualitativa de la brecha por horizonte temporal

Categoría cualitativa	Corto plazo	Mediano plazo	Largo plazo
Oferta > demanda (alta)	24	24	0
Oferta > demanda (leve)	0	0	24
Media	29	29	0
Media-alta	30	30	44
Alta	0	0	15
Total	83	83	83

Nota. Elaboración propia con base en los campos “Lectura_corto”, “Lectura_mediano” y “Lectura_largo” de la matriz consolidada.

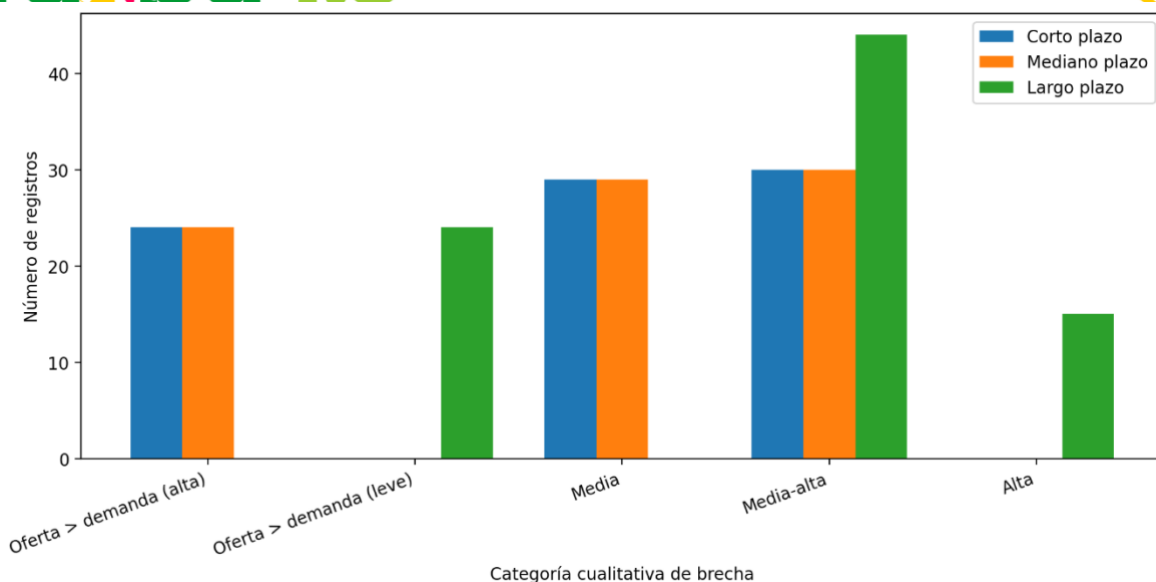


Figura 3. Distribución cualitativa de la brecha por horizonte temporal.

La Figura 3 permite visualizar con mayor claridad ese corrimiento. En el corto y mediano horizonte, las categorías se distribuyen entre suficiencia relativa, brecha media y brecha media-alta. En el largo plazo, en cambio, desaparece la categoría “Oferta > demanda (alta)” y emerge una combinación más exigente entre “Oferta > demanda (leve)”, “Media-alta” y “Alta”. Esto no significa que toda la oferta pierda pertinencia futura. Significa, con mayor precisión, que la configuración actual del sistema no ofrece una cobertura homogénea ni estable frente a requerimientos de transformación que se intensifican a medida que el horizonte temporal incorpora mayores niveles de especialización y maduración.

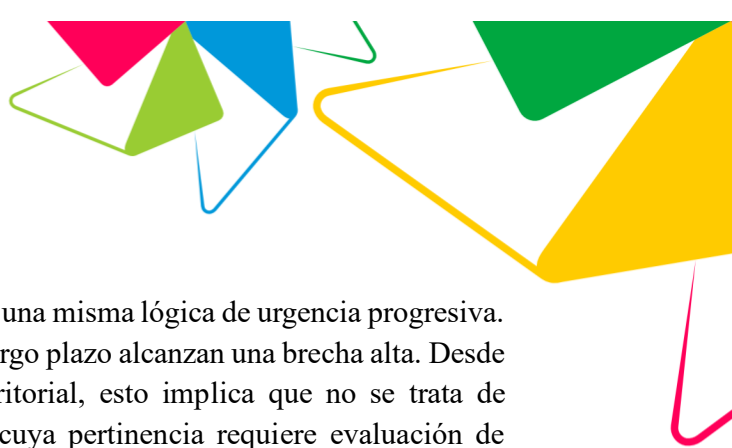
Una parte central de los resultados se concentra en los registros estratégicos priorizados, integrados cuando la evidencia acumulada mostró brechas persistentes y de mayor complejidad. En la versión actual de la matriz, su configuración combina trayectorias tecnológicas, de pregrado y de posgrado, de acuerdo con el nivel de especificidad requerido en cada campo. Todos comparten el mismo perfil temporal de brecha: 2 en corto plazo, 2 en mediano plazo y 3 en largo plazo, lo que equivale a una lectura media-alta en los dos primeros horizontes y alta en el largo plazo. Esta uniformidad no debe interpretarse como rigidez artificial del análisis. Expresa, más bien, el criterio de selección utilizado: solo ingresaron campos cuya pertinencia aparecía respaldada por una convergencia fuerte entre demanda emergente, insuficiencia relativa de la oferta y proyección de intensificación futura.

Tabla 6. Registros estratégicos priorizados integrados a la matriz consolidada

Programa académico candidato	Nivel educativo	Núcleo tecnológico principal	Brecha corto	Brecha mediano	Brecha largo	Lectura largo plazo
Tecnología / postgrado en Biotecnología	Posgrado	Biotecnología; bioinformática; analítica biológica; innovación aplicada	2	2	3	Alta
Tecnología en Desarrollo y Administración de Aplicaciones Informáticas	Tecnología	Desarrollo de software; aplicaciones informáticas; gestión de sistemas; transformación digital	2	2	3	Alta
Tecnología / Pregrado en Bioinformática y Biotecnología Aplicada	Tecnología / Pregrado	Bioinformática; analítica biológica; genómica aplicada; biotecnología	2	2	3	Alta
Tecnología / Postgrado en Ciberseguridad, Redes y Gobierno Digital	Tecnología / Pregrado	Ciberseguridad; redes; gobierno digital; seguridad de la información	2	2	3	Alta
Tecnología / Pregrado/postgrado en Salud Digital, Interoperabilidad y Analítica Clínica	Tecnología / Pregrado	Interoperabilidad clínica; analítica de datos en salud; sistemas de información; transformación digital de servicios	2	2	3	Alta
Tecnología / Pregrado en Energías Renovables, Redes Inteligentes y Automatización	Tecnología / Pregrado	Redes inteligentes; automatización; monitoreo; energía digital	2	2	3	Alta
Tecnología / Pregrado en Agricultura de Precisión, IoT Agroindustrial y Trazabilidad Digital	Tecnología / Pregrado	IoT agroindustrial; sensores; trazabilidad; analítica aplicada	2	2	3	Alta
Tecnología / Pregrado en Ciencia de Datos, Inteligencia Artificial y Analítica Aplicada	Tecnología / Pregrado	Ciencia de datos; inteligencia artificial; analítica aplicada; visualización	2	2	3	Alta

Programa académico candidato	Nivel educativo	Núcleo tecnológico principal	Brecha corto	Brecha mediano	Brecha largo	Lectura largo plazo
Tecnología / Pregrado en Turismo Inteligente, Bioeconomía y Gestión Digital del Patrimonio Natural y Cultural	Tecnología / Pregrado	Análítica de datos turísticos; plataformas digitales de turismo inteligente; bioeconomía; monitoreo ambiental; gestión del patrimonio natural y cultural; innovación en servicios turísticos	2	2	3	Alta
Tecnología / Pregrado en Gestión de Turismo Inteligente, Bioeconomía y Experiencias Territoriales	Tecnología / Pregrado	Gestión de destinos turísticos; analítica de datos turísticos; plataformas digitales de turismo; marketing digital territorial; bioeconomía; gestión del patrimonio natural y cultural	2	2	3	Alta
Especialización en Gestión Estratégica del Turismo Sostenible y Destinos Inteligentes	Posgrado	Gestión estratégica; analítica turística; marketing digital de destinos; sostenibilidad; planificación territorial del turismo	2	2	3	Alta
Especialización / Tecnología en Automatización, Analítica y Mantenimiento Inteligente para Sistemas Minero-Energéticos	Posgrado / Tecnología	Automatización industrial; mantenimiento predictivo; analítica de datos industriales; sensores IoT; monitoreo de infraestructura energética; eficiencia energética	2	2	3	Alta
Especialización en Transición Energética, Sistemas Inteligentes y Gestión Digital de Infraestructura Energética	Posgrado	Energías renovables; redes inteligentes; almacenamiento energético; analítica energética; monitoreo digital de infraestructura	2	2	3	Alta

Nota. Los registros incluidos corresponden a trayectorias formativas de referencia estratégica, seleccionadas por la convergencia entre brecha observada, intensidad tecnológica, necesidad de respuesta sectorial y nivel de especificidad requerido en cada campo



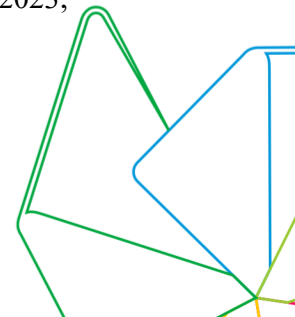
Los catorce registros estratégicos comparten, por tanto, una misma lógica de urgencia progresiva. En el presente registran una brecha media-alta y en el largo plazo alcanzan una brecha alta. Desde la perspectiva del futuro informe de diagnóstico territorial, esto implica que no se trata de opciones accesorias, sino de trayectorias formativas cuya pertinencia requiere evaluación de viabilidad, priorización institucional y articulación con sectores productivos y sociales específicos.

En términos analíticos, el conjunto de resultados permite distinguir tres niveles de acción. El primero corresponde al cerramiento extensivo de brechas, asociado con competencias de actualización continua y herramientas digitales generales, donde la respuesta puede construirse mediante rediseño curricular, microcredenciales, certificaciones y fortalecimiento transversal. El segundo corresponde al cerramiento selectivo de brechas técnicas, visible en analítica de datos, automatización, interoperabilidad, salud digital, inteligencia artificial, ciberseguridad, energía inteligente e IoT aplicado, donde la intervención exige rutas más focalizadas por campo. El tercero corresponde al cerramiento estructural de brechas de alta especialización, espacio en el que se ubican los ocho programas priorizados. En ese nivel, la respuesta ya no se resuelve solo con flexibilización curricular; requiere evaluación de nueva oferta formal, equipamiento especializado, capacidades docentes y articulación sostenida con agendas territoriales de transformación.

El resultado principal no es una lista aislada de programas sugeridos. Es una configuración diagnóstica. La matriz muestra que la base tradicional contiene potencial de reconversión, pero también límites; que la presión de cambio se intensifica cuando el horizonte temporal se amplía; y que ciertas áreas críticas exceden el rango de una actualización incremental. Precisamente por ello, esta sección no clausura el análisis. Lo organiza. La siguiente fase —el informe de diagnóstico del territorio y establecimiento de programas académicos— deberá tomar esta base y traducirla en decisiones de priorización, articulación sectorial y factibilidad institucional, manteniendo coherencia con la estructura de brechas aquí reportada.

6. Discusión

Los resultados permiten sostener que la brecha de formación identificada en el territorio no puede entenderse como déficit lineal de programas ni como insuficiencia simple de oferta tecnológica. La matriz consolidada mostró una estructura más compleja: coexistencia de una base amplia de oferta tradicional, un segmento intermedio con capacidad de reconversión progresiva y un núcleo reducido de programas explícitamente orientados a transformación digital e industrias 4.0. Esta configuración es consistente con la literatura que describe la transformación digital en educación superior como proceso organizacional y curricular de maduración desigual, más cercano a una transición por capas que a una sustitución inmediata de modelos previos (Fernández et al., 2023; OECD, 2023).



Desde esa perspectiva, el hallazgo principal no es que existan pocos programas 4.0 en sentido estricto, sino que la mayor parte de la presión de cambio recae sobre programas que ya operan en el sistema, pero cuya integración digital sigue siendo parcial, instrumental o insuficientemente estructural. Esta lectura evita una simplificación frecuente. Si la discusión se limitara a contar programas nuevos, se perdería de vista que una parte sustantiva del cerramiento de brechas depende de la reconversión de la oferta existente, especialmente en los segmentos tradicional-contemporáneo o de interfaz. Esta interpretación coincide con los estudios que señalan que la madurez digital institucional no se agota en la adopción de tecnologías, sino que involucra procesos, gobernanza, perfiles de egreso, capacidades docentes y rediseño de servicios académicos (Fernández et al., 2023; OECD, 2023).

La primacía observada de las competencias de autoaprendizaje y actualización continua también requiere una lectura detenida. A primera vista podría parecer un resultado menos sofisticado que la identificación de brechas en inteligencia artificial, ciberseguridad o bioinformática. Sin embargo, su significado es estructural. En contextos de cambio tecnológico acelerado, la capacidad de actualización permanente deja de ser atributo complementario y pasa a convertirse en condición de pertinencia formativa. La revisión sobre competencia digital en educación superior muestra que las capacidades requeridas no se reducen al dominio técnico de herramientas, sino que integran dimensiones cognitivas, críticas, adaptativas y contextuales (Zhao et al., 2021). A su vez, los marcos recientes sobre habilidades para el trabajo indican que la alfabetización tecnológica, el aprendizaje continuo y la adaptación al cambio acompañan el ascenso de habilidades más especializadas vinculadas con IA, analítica y seguridad digital (WEF, 2025).

Este resultado tiene una implicación metodológica y otra aplicada. En el plano metodológico, confirma que la matriz no debía construirse únicamente alrededor de tecnologías de frontera, porque eso habría sobrerrepresentado necesidades visibles pero numéricamente menos extendidas. En el plano aplicado, sugiere que una estrategia territorial de cerramiento de brechas no puede descansar solo en programas altamente especializados. Requiere, además, una capa amplia de actualización transversal, rediseño curricular, microcredenciales y rutas flexibles de aprendizaje. Esta conclusión converge con la evidencia de la OECD sobre ecosistemas de educación digital y con los lineamientos recientes sobre microcredenciales como instrumentos para responder a necesidades cambiantes de formación y recualificación (OECD, 2023; OECD, 2023).

El análisis temporal refuerza esa lectura. La estabilidad de corto y mediano plazo, seguida por un aumento de la brecha en largo plazo, no debe interpretarse como inconsistencia del modelo, sino como propiedad analítica de la codificación adoptada. En los horizontes cercanos, buena parte de la respuesta puede articularse mediante actualización incremental y fortalecimiento transversal. En el horizonte largo, en cambio, la presión se desplaza hacia trayectorias de mayor densidad tecnológica, institucional y sectorial. Esta transición es coherente con los escenarios



internacionales que sitúan a la IA, el análisis de datos, las redes, la ciberseguridad y otras capacidades avanzadas entre las habilidades de crecimiento más acelerado hacia 2030 (WEF, 2025). También resulta congruente con los marcos de política pública colombianos, que vinculan la transformación digital con datos, seguridad, conectividad, confianza y apropiación social de tecnologías, no con digitalización superficial de procesos (MinTIC, 2023; MinCiencias, 2024).

En consecuencia, la matriz sugiere que el cerramiento de brechas debe pensarse en tres niveles complementarios. El primero es extensivo y transversal: actualización continua, herramientas digitales generales y flexibilización curricular. El segundo es selectivo: rutas focalizadas en analítica, automatización, interoperabilidad, salud digital, ciberseguridad, energía inteligente e IoT aplicado. El tercero es estructural: evaluación de nueva oferta en campos donde la brecha ya no puede resolverse con ajustes marginales. Esta lectura dialoga con la literatura sobre skill gaps en Industry 4.0, que insiste en que la medición de la brecha no puede limitarse a la distancia entre habilidades adquiridas y habilidades requeridas, sino que debe considerar mecanismos de respuesta y contextos de aplicación (Rikala et al., 2024).

La incorporación de ocho registros estratégicos priorizados debe entenderse precisamente en ese tercer nivel. No aparecen en la matriz como añadidos cosméticos ni como extrapolaciones arbitrarias. Responden a vacíos que, según la lógica de codificación empleada, permanecen en rango de brecha media-alta en el presente y alcanzan brecha alta en el largo plazo. La pertinencia de estos programas no depende únicamente de una apuesta por “más tecnología”, sino de la convergencia entre demanda emergente, insuficiencia relativa de la oferta disponible y necesidad de capacidades especializadas con potencial de uso territorial.

Los casos asociados con salud digital, interoperabilidad, analítica clínica, biotecnología, bioinformática y ciencia de datos ilustran bien esa lógica. En estos campos, la brecha no se explica solo por ausencia de denominaciones tecnológicas, sino por la necesidad de articular capacidades sectoriales específicas, integración de información, trazabilidad, calidad de procesos y dispositivos formativos con mayor nivel de especialización. Esta lectura resulta especialmente significativa en salud, donde la transformación digital no se limita a modernización tecnológica, sino que se vincula con la calidad de los servicios, la gestión de información y el bienestar de la población (WHO, 2020).

La misma lógica se extiende a los programas asociados con ciberseguridad, salud digital e interoperabilidad, energías renovables y redes inteligentes, agricultura de precisión e IoT agroindustrial, y ciencia de datos e inteligencia artificial aplicada. Aunque la matriz no pretende probar demanda laboral futura con diseño probabilístico, sí organiza una evidencia convergente que vuelve razonable su priorización. El auge de IA, analítica, redes y ciberseguridad en los marcos de habilidades del trabajo; la necesidad de gobernanza y capacidad humana para uso responsable de tecnologías digitales; y la expansión de enfoques sectoriales intensivos en datos hacen que estas propuestas no se reduzcan a preferencias temáticas, sino a candidaturas formativas plausibles para el cerramiento estructural de brechas (Miao & Holmes, 2023; MinCiencias, 2024; WEF, 2025).



Ahora bien, el valor principal de estos hallazgos no está en validar de manera cerrada una lista definitiva de programas. Está en mostrar que la matriz permite pasar de un diagnóstico difuso sobre transformación digital a una estructura de decisión más ordenada. En este sentido, el estudio aporta una mediación analítica entre tres planos que a menudo se examinan por separado: la configuración real de la oferta, la presión de cambio por horizontes temporales y la necesidad de distinguir entre reconversión curricular y evaluación de nueva oferta. Este ensamblaje puede ser útil para la fase siguiente del proyecto, en la que el diagnóstico territorial tendrá que traducirse en criterios de viabilidad, articulación sectorial y priorización institucional.

La discusión también debe reconocer los límites del análisis. El primero es de alcance: la matriz sintetiza evidencia territorial y externa para priorización, pero no sustituye estudios de factibilidad académica, financiera o regulatoria de cada programa propuesto. El segundo es de medición: la escala de brecha es ordinal y fue diseñada para comparación estructurada, no para inferencia estadística poblacional. La media y la mediana ayudan a resumir el patrón agregado, pero no convierten la escala en medida intervalar estricta. El tercero es de temporalidad: el componente prospectivo organiza escenarios plausibles de intensificación, pero no equivale a predicción cerrada de demanda futura. Estos límites no invalidan el instrumento; delimitan su uso adecuado.

La lectura sectorial refuerza, además, que el cerramiento de brechas no puede resolverse desde una visión homogénea del territorio. En agroindustria, energía, administración, ingeniería y salud operan lógicas distintas de transformación digital, aunque todas convergen en la necesidad de mayor capacidad de integración tecnológica y flexibilidad formativa. En ese conjunto, salud ocupa una posición particular porque articula una doble exigencia: impacto directo sobre la calidad de vida y creciente densidad tecnológica de los procesos asociados con datos, interoperabilidad y transformación digital de servicios.

Con esas cautelas, la discusión permite sostener una idea central. El problema formativo del territorio no parece reducirse a falta de programas “digitales” en sentido nominal. Lo que emerge es una desalineación más compleja entre oferta, velocidad de cambio, especialización requerida y capacidad de respuesta institucional. Por ello, la respuesta más consistente no es escoger entre reconvertir o crear programas, sino articular ambas vías bajo una lógica escalonada: fortalecimiento transversal donde la oferta tiene margen de adaptación, intervención selectiva donde la convergencia tecnológica ya es visible y evaluación de nueva oferta donde la brecha se mantiene estructuralmente alta. Esa es, en términos analíticos, la principal contribución del estudio al documento posterior de diagnóstico territorial y establecimiento de programas académicos.

Conclusiones

El análisis realizado permite sostener que la brecha de formación asociada a la transformación digital y las industrias 4.0 en el territorio estudiado no se reduce a una carencia puntual de programas académicos ni a una insuficiencia genérica de contenidos tecnológicos. Lo que emerge es una desalineación de carácter estructural entre tres planos que no evolucionan al



mismo ritmo: la configuración de la oferta formativa disponible, la intensidad creciente de los requerimientos tecnológicos y organizacionales del entorno y la capacidad institucional para traducir esos requerimientos en trayectorias curriculares pertinentes. Bajo esta lectura, la brecha deja de entenderse como medida puramente cuantitativa de faltantes y pasa a definirse como relación dinámica entre oferta, demanda y horizonte de transformación.

En ese marco, el principal aporte analítico de la matriz no consiste en enumerar déficits, sino en mostrar que la oferta existente presenta niveles diferenciados de proximidad a la transformación digital. Esta distinción tiene implicaciones directas. Una parte de la oferta analizada conserva condiciones para procesos de reconversión progresiva; otra requiere intervenciones más profundas de rediseño curricular; y un conjunto acotado de necesidades, por su nivel de especialización y por la intensidad de la brecha proyectada, amerita evaluación específica de nuevas trayectorias formativas. La conclusión relevante no es que toda la oferta deba ser reemplazada ni que todo pueda resolverse mediante actualización incremental. Lo que el análisis permite sostener es que el cerramiento de brechas exige respuestas escalonadas y no homogéneas.

Los resultados también obligan a matizar una idea frecuente en este tipo de diagnósticos: que la prioridad debe concentrarse exclusivamente en tecnologías de frontera. La matriz muestra una exigencia más amplia. El mayor peso recae en competencias de actualización continua, apropiación digital y adaptación formativa, lo que sugiere que la pertinencia futura del sistema no dependerá solo de incorporar campos altamente especializados, sino de fortalecer la capacidad transversal de aprender, reconfigurar y actualizar. Esta conclusión desplaza el foco desde la expansión nominal de programas “digitales” hacia la construcción de un ecosistema formativo con mayor flexibilidad, capacidad de ajuste y continuidad en el aprendizaje.

El componente temporal refuerza esta interpretación. En los horizontes cercanos, una parte importante de la presión de brecha puede abordarse mediante ajustes curriculares, fortalecimiento transversal y mecanismos de formación flexible. En el largo plazo, en cambio, la intensificación observada en la matriz sugiere que ciertas demandas dejan de ser absorbibles por esa vía. Allí adquiere sentido la identificación de registros estratégicos priorizados. Su inclusión no debe leerse como decisión cerrada de apertura programática, sino como formalización de vacíos cuya persistencia y complejidad ameritan evaluación específica de viabilidad, articulación sectorial y sostenibilidad institucional.

Desde el punto de vista metodológico, el estudio aporta una herramienta de priorización que articula evidencia documental, cualitativa, estructural y prospectiva bajo una lógica de codificación explícita. Ese aporte es relevante porque permite pasar de diagnósticos dispersos sobre cambio tecnológico a una base analítica organizada, comparable y útil para decisiones posteriores. Su alcance, sin embargo, debe mantenerse claramente delimitado. La matriz no sustituye estudios de factibilidad académica, financiera, regulatoria o de demanda laboral específica para cada trayectoria considerada. Su valor reside en otro nivel: ordenar el problema, diferenciar tipos de respuesta y hacer visible dónde la reconversión resulta plausible y dónde la evaluación de trayectorias nuevas encuentra mayor sustento.



En términos aplicados, el análisis sugiere que el siguiente documento —el informe de diagnóstico del territorio y establecimiento de programas académicos— no debería formularse como un simple listado de nuevas titulaciones. La base aquí construida permite algo metodológicamente más útil: definir un esquema de decisión que combine fortalecimiento transversal, reconversión selectiva y evaluación focalizada de posibles trayectorias nuevas. Ese paso posterior exigirá incorporar criterios adicionales de factibilidad, capacidad docente, infraestructura, articulación con actores externos y condiciones de sostenibilidad. La matriz aporta el punto de partida para esa fase, no su reemplazo.

El estudio no concluye que exista una única ruta correcta para responder a la transformación digital, ni que la solución resida en maximizar el número de programas especializados. Lo que sí permite afirmar, con base en el análisis realizado, es que la estructura actual de la oferta muestra potencial de adaptación, pero también límites identificables; que la intensidad de la brecha aumenta cuando el horizonte incorpora mayor complejidad tecnológica e institucional; y que algunas áreas críticas requieren tratamiento como candidaturas formativas de prioridad estratégica. Entre ellas, salud merece una consideración específica por la convergencia entre bienestar territorial, calidad de vida y creciente densidad tecnológica de los procesos formativos y de servicio. En ese equilibrio entre cautela analítica y orientación práctica se ubica el aporte principal del trabajo.

Referencias

- Bazeley, P. (2024). *Conceptualizing integration in mixed methods research*. *Journal of Mixed Methods Research*, 18(3), 225–234. <https://doi.org/10.1177/15586898241253636>
- Dalglis, S. L., Khalid, H., & McMahon, S. A. (2020). Document analysis in health policy research: The READ approach. *Health Policy and Planning*, 35(10), 1424–1431. <https://doi.org/10.1093/heapol/czaa064>
- Fernández, A., Gómez, B., Binjaku, K., & Meçe, E. K. (2023). Digital transformation initiatives in higher education institutions: A multivocal literature review. *Education and Information Technologies*. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11544-0>
- International Atomic Energy Agency. (2023). *Artificial intelligence in medical physics: Roles, responsibilities, education and training of clinically qualified medical physicists (IAEA-TCS-83)*. <https://www.iaea.org/publications/15450/artificial-intelligence-in-medical-physics>
- Lorenzini, E., Osorio Galeano, S. P., Schmidt, C. R., & Cañon Montañez, W. (2024). Practical guide to achieve rigor and data integration in mixed methods research. *Investigación y Educación en Enfermería*, 42(3), e02. <https://doi.org/10.17533/udea.iee.v42n3e02>



Miao, F., & Holmes, W. (2023). *Guidance for generative AI in education and research*. UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000386693>

Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación. (2024). *Hoja de ruta para la adopción ética y sostenible de la inteligencia artificial en Colombia*. https://minciencias.gov.co/sites/default/files/upload/noticias/hoja_de_ruta_adopcion_etica_y_sostenible_de_inteligencia_artificial_colombia_0.pdf

Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. (2023). *Estrategia Nacional Digital de Colombia 2023–2026*. https://www.mintic.gov.co/portal/715/articulos-334120_recurso_1.pdf

Organisation for Economic Co-operation and Development. (2023). *OECD Digital Education Outlook 2023: Towards an effective digital education ecosystem*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/c74f03de-en>

Organisation for Economic Co-operation and Development. (2023). *Public policies for effective micro-credential learning*. OECD Publishing. https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2023/12/public-policies-for-effective-micro-credential-learning_c27d3563/a41f148b-en.pdf

Rikala, P., Braun, M., Tikkamäki, K., & Ellström, P.-E. (2024). Understanding and measuring skill gaps in Industry 4.0: A review. *Technological Forecasting and Social Change*, 201, 123206. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2024.123206>

World Economic Forum. (2025). *The Future of Jobs Report 2025*. <https://www.weforum.org/publications/the-future-of-jobs-report-2025/>

World Health Organization. (2020). *GLASS whole-genome sequencing for surveillance of antimicrobial resistance*. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240011007>

Zhao, Y., Pinto Llorente, A. M., & Sánchez Gómez, M. C. (2021). Digital competence in higher education research: A systematic literature review. *Computers & Education*, 168, 104212. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2021.104212>