



Análisis Integral de Riesgos para el proceso de autoevaluación de las IES en Ecuador.

Comprehensive Risk Analysis for the Self-Evaluation Process of Higher Education Institutions in Ecuador.

Iván Patricio Montaleza Quizhpe^{1,2}, Edwin Alfredo Riofrío Núñez³, Johanna Maribel Pando Farez⁴, Paola Dayanara Ramírez Carrión⁵

¹ Bolivarian University of Ecuador, Durán, Guayas, Ecuador, ipmontalezaq@ube.edu.ec

² Universidad Técnica Particular de Loja, Loja, Loja, Ecuador, ipmontaleza@utpl.edu.ec

³ Bolivarian University of Ecuador, Durán, Guayas, Ecuador, eariofrion@ube.edu.ec

⁴ Bolivarian University of Ecuador, Durán, Guayas, Ecuador, jmpandof@ube.edu.ec

⁵ Bolivarian University of Ecuador, Durán, Guayas, Ecuador, pdramirez@ube.edu.ec

Resumen. La autoevaluación institucional en las Instituciones de Educación Superior (IES) de Ecuador es un proceso clave para la mejora continua y la acreditación, pero este proceso está expuesto a riesgos operacionales que pueden comprometer la validez y confiabilidad de los resultados. Ante esta problemática, se propone una metodología híbrida que combina Mapas Cognitivos Difusos (FCM), el Proceso Analítico Jerárquico (AHP) y la técnica TOPSIS, con el fin de realizar un análisis integral de riesgos y priorizar estrategias de mitigación. Mediante el FCM se identificaron siete factores críticos: gobernanza, calidad de datos, capacitación, procesos, participación estudiantil, infraestructura tecnológica y auditoría externa. La matriz de influencia reveló que la gobernanza tiene un rol articulador, impactando significativamente en auditoría, procesos e infraestructura. Las simulaciones mostraron una alta estabilidad del sistema organizacional, incluso ante intervenciones específicas, lo que evidencia una estructura madura en las IES analizadas. Con AHP se ponderaron cuatro criterios clave, destacando la gobernanza como el más relevante (0.5424). Luego, TOPSIS permitió clasificar tres estrategias de mitigación, siendo el enfoque político-organizativo el más cercano a la solución ideal (0.6794), por encima de las alternativas tecnológicas o de capacitación. Los resultados sugieren que fortalecer la estructura institucional y las políticas internas tiene mayor impacto que invertir únicamente en tecnología. El marco propuesto ofrece una herramienta replicable y útil para mejorar la gestión de riesgos en los procesos de autoevaluación de las IES ecuatorianas.

Palabras clave: Mapas Cognitivos Difusos, AHP, TOPSIS, gestión de riesgos, autoevaluación institucional, IES, aseguramiento de la calidad.

Abstract. Institutional self-evaluation in Ecuadorian Higher Education Institutions (HEIs) is a key process for continuous improvement and accreditation. However, it is exposed to operational risks that may compromise the validity and reliability of its results. To address this issue, a hybrid methodology is proposed, combining Fuzzy Cognitive Maps (FCM), the Analytic Hierarchy Process (AHP), and the TOPSIS technique to conduct a comprehensive risk analysis and prioritize mitigation strategies. Through FCM, seven critical factors were identified: governance, data quality, staff training, process documentation, student participation, technological infrastructure, and external auditing. The influence matrix revealed that governance plays a



central role, significantly impacting auditing, institutional processes, and infrastructure. Simulations showed high organizational stability, even under specific interventions, indicating a mature structure within the analyzed HEIs. Using AHP, four key evaluation criteria were weighted, with governance emerging as the most relevant (0.5424). Subsequently, TOPSIS was applied to rank three mitigation strategies, with the political-organizational approach being the closest to the ideal solution (0.6794), outperforming technological and training-based alternatives.

The results suggest that strengthening institutional structures and internal policies has a greater impact than investing solely in technology. The proposed framework offers a replicable and practical tool to enhance risk management in self-evaluation processes within Ecuadorian HEIs.

Keywords: Fuzzy Cognitive Maps, AHP, TOPSIS, risk management, institutional self-evaluation, HEIs, quality assurance.

1. Introducción

Las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) se han transformado en un recurso fundamental para el progreso de cualquier sociedad. La autoevaluación institucional es un proceso que orienta a las Instituciones de Educación Superior (IES) en la consecución de la mejora continua, el cumplimiento de los estándares de acreditación y la rendición de cuentas [8]. En Ecuador, este mandato se ve reforzado por el marco legal establecido por el Consejo de Aseguramiento de la Calidad de la Educación Superior (CACES), que exige a las instituciones de educación superior realizar autoevaluaciones sistemáticas y periódicas [17].

No obstante, la complejidad de este proceso lo expone a diversos riesgos operacionales que, si no son identificados, cuantificados y gestionados, pueden comprometer la veracidad de los informes de autoevaluación y las decisiones estratégicas derivadas de ellos [16]. Los riesgos más frecuentes incluyen deficiencias en la calidad y trazabilidad de los datos (veracidad, integridad y disponibilidad), la inadecuación de las competencias del personal involucrado en la recolección y análisis de información, las falencias en la gobernanza institucional que sustenta el proceso, y las vulnerabilidades tecnológicas en las plataformas y sistemas de información [5, 11]. La interdependencia entre estos elementos crea un contexto en el cual la mitigación de un riesgo puede influir indirectamente sobre otros, eso que requiere el uso de herramientas analíticas sofisticadas para su evaluación y priorización [2]. Es imperativo elaborar metodologías que puedan modelar las intrincadas relaciones causales entre estos factores de riesgo y que faciliten la definición de estrategias de mitigación viables y eficaces.

Esta investigación está a la vanguardia de la gestión de la educación superior, desarrollando metodologías avanzadas para el aseguramiento de la calidad institucional y la gestión estratégica de riesgos [14]. Su propósito es fortalecer los sistemas de autoevaluación institucional en Ecuador, convirtiéndolos en un instrumento más robusto para enfrentar los riesgos, en beneficio de la mejora continua, los estándares de acreditación y la sostenibilidad académica en el contexto ecuatoriano.

Para resolver esta complejidad, se elabora una metodología híbrida que combina Mapas Cognitivos Difusos (FCM), el Proceso Analítico Jerárquico (AHP) y la técnica TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) [1, 4]. Esta integración satisface la necesidad de la educación superior de: a) un análisis sistémico que modele las relaciones de interdependencia y causalidad entre riesgos (FCM); b) una toma de decisiones multicriterio para ponderar objetivos y criterios de evaluación de estrategias (AHP); y c) un método para seleccionar y priorizar estrategias de mitigación en múltiples criterios (TOPSIS) [12]. Este marco sirve para dar a los líderes universitarios, comités de calidad y agencias reguladoras una herramienta para una gestión de riesgos más informada y estratégica.

2. Materiales y métodos

2.1. Métodos utilizados

Esta investigación combina tres metodologías de análisis y decisión multicriterio, las cuales contribuyen con diferentes capacidades para la resolución de riesgos en la autoevaluación institucional.

2.1.1. Mapas Cognitivos Difusos (FCM)

Los mapas cognitivos difusos (MCD) fueron propuestos como una forma de modelar y analizar sistemas complejos con relaciones causales difusas [1, 20]. En un FCM, las variables de interés del sistema (en este caso, los factores de



Esta obra está bajo una licencia: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

riesgo en la autoevaluación) se representan como conceptos (nodos), y las relaciones causales entre ellos se representan como aristas ponderadas [21]. Estas aristas están ponderadas en el rango $[-1, +1]$, donde un valor positivo significa refuerzo (causa-efecto directa), un valor negativo significa inhibición y la magnitud representa la fuerza de la influencia.

Los FCM en este caso, cuentan con la ventaja de que pueden:

Capturar el conocimiento experto: permiten a los expertos de dominio construir el mapa en función de su experiencia y comprensión de las relaciones de dependencia del sistema [19].

Simular el comportamiento del sistema: a través de un proceso iterativo, usando funciones de activación (tangente hiperbólica escalada en $[0, 1]$), los FCM pueden modelar cómo los cambios en uno o más conceptos iniciales se propagan a través de todo el mapa, conduciendo el sistema a un estado estable o 'punto fijo' [10].

Analizar escenarios de intervención: permite evaluar "qué pasaría si" se cambian virtualmente ciertas nociones (ej. una mejora en la capacitación), anticipando los efectos sistémicos y las sinergias/conflictos entre las medidas. Esto es esencial para comprender cómo se propagan los riesgos y cómo las medidas de mitigación pueden afectarlos.

2.1.2. Proceso Analítico Jerárquico (AHP)

El Proceso Analítico Jerárquico (AHP), creado por Thomas Saaty, es una metodología bien establecida para la toma de decisiones multicriterio que descompone un problema complejo en una estructura jerárquica (Lo et al., 2025). Esta metodología permite a los decisores incorporar sus juicios de valor de forma estructurada mediante comparaciones pareadas entre los elementos de cada nivel de la jerarquía (criterios, subcriterios, alternativas).

El uso del AHP en esta investigación se justifica porque permite:

Estructurar problemas complejos: jerarquiza los criterios y subcriterios de evaluación de estrategias de gestión de riesgos en una forma estructurada y comprensible.

Cuantificar juicios cualitativos: convierte las preferencias subjetivas de los expertos en pesos relativos (prioridades) para cada criterio, usando la escala fundamental de 1 a 9.

Verificar la consistencia de los juicios: calcula el Índice de Consistencia (CI) y la Razón de Consistencia (CR), que miden la coherencia en las valoraciones de los expertos. Esto es fundamental para garantizar la fiabilidad de los pesos.

Los pesos del AHP sirven para la siguiente etapa con TOPSIS, ya que representan la importancia de cada criterio en la decisión final.

2.1.3. Técnica para la ordenación por similitud a la solución ideal (TOPSIS)

TOPSIS es una técnica multicriterio de toma de decisiones que ordena las alternativas en función de la proximidad a una solución ideal positiva (la mejor) y una solución ideal negativa (la peor) [4]. La idea es que la mejor alternativa sea lo más cercana posible a la solución ideal positiva y lo más alejada posible de la solución ideal negativa.

En este estudio, TOPSIS se requiere para:

- Jerarquizar estrategias de riesgo: ordenar las estrategias (alternativas) en función de su desempeño frente a un conjunto de criterios de evaluación.
- Ponderar varios atributos: multiplica los pesos de los criterios (calculados en el AHP) por las calificaciones de las alternativas en una matriz de decisión.

Proporcionar una clasificación intuitiva: el coeficiente de cercanía resultante da una indicación de cuán "cerca" está cada estrategia a la mejor opción, lo que permite decidir qué medidas de mitigación deben priorizarse.



2.2. Datos y supuestos

Debido a la naturaleza sensible de la información institucional y para probar la validez conceptual del marco metodológico propuesto, en esta investigación se usan datos simulados plausibles [6]. Estos datos se han elaborado para simular los casos y situaciones que se podrían encontrar en una Institución de Educación Superior ecuatoriana, y que los valores y relaciones sean realistas en la práctica.

En concreto, para la creación y simulación del FCM, los valores de los conceptos (nodos) y los pesos de las relaciones causales (aristas) se codifican en el rango $[0,1]$ y $[-1, +1]$ respectivamente. Estas ponderaciones se basan en la revisión de la literatura sobre Mapas Cognitivos Difusos en la gestión de riesgos y en una simulación participativa con expertos ficticios en autoevaluación institucional. Para las comparaciones pareadas en AHP y la evaluación de alternativas en TOPSIS se usó la escala fundamental del 1 al 9, como es usual en estas metodologías.

Los supuestos básicos de esta investigación son:

- **Experiencia establecida:** Se cuenta con un panel de expertos con amplio conocimiento en procesos de autoevaluación, gestión de riesgos en IES y marco normativo ecuatoriano (CACES) que puedan emitir juicios consistentes y válidos para las comparaciones pareadas y la identificación de relaciones causales [7].
- **Transparencia y objetividad:** Los juicios de estos expertos, simulados o reales, se consideran transparentes y en el mejor interés de la IES, reduciendo sesgos.
- **Replicabilidad del marco:** Aunque no se utilizaron datos reales debido a cuestiones de confidencialidad y para preservar la generalidad del modelo conceptual, el marco metodológico planteado es totalmente reproducible y adaptable [18]. Esto significa que las IES ecuatorianas pueden implementar directamente esta metodología con sus propios datos empíricos, ya sean juicios de expertos reales o datos históricos de sus procesos de autoevaluación.

El uso de datos simulados se enfoca en la robustez y aplicabilidad de la metodología híbrida para la toma de decisiones sin depender de datos reales específicos, los cuales suelen ser escasos y difíciles de obtener y compartir por políticas de privacidad y confidencialidad.

2.3. Estrategia aplicada

La metodología utilizada en esta investigación se basa en un flujo metodológico de cinco fases interrelacionadas para realizar un análisis integral de riesgos y priorizar estrategias de mitigación.

2.3.1. Construcción del Mapa Cognitivo Difuso (FCM)

Identificación de conceptos clave: Se identificaron 7 conceptos clave (nodos) que representan los factores críticos de riesgo en la autoevaluación de IES, a partir de la literatura y el conocimiento del contexto ecuatoriano [3, 11].

Modelado de relaciones causales: Se definieron las relaciones causales directas entre estos conceptos y se les asignó un peso (en el rango $[-1,+1]$) que representa la fuerza y dirección de su influencia, creando así la matriz de adyacencia del FCM. Esta etapa se basa en la aprobación por un jurado simulado.

2.3.2. Simulación de escenarios con FCM

Se modelaron y simularon tres escenarios diferentes para analizar el comportamiento del sistema de riesgos en diferentes condiciones iniciales y de intervención:

Escenario Base: El estado actual del sistema sin ninguna intervención.

Intervención de Capacitación: Simula un aumento en la capacitación del personal (+0.3 en la variable C3).

Auditoría más mejora de datos: Simula una acción combinada de refuerzo de auditoría (+0.4 en C7) y mejora en la



Esta obra está bajo una licencia: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

calidad de datos (+0.2 en C2).

Se usó una función de activación (tanh transformada a [0,1]) para modelar la convergencia del sistema. El análisis de convergencia identificó los estados de equilibrio y el efecto sistémico de cada intervención

2.3.3. Análisis de impacto y plan de mitigación (usando FCM)

De las simulaciones del FCM se determinaron los impactos directos e indirectos de las intervenciones, mostrando cómo las mejoras en ciertos conceptos se extienden a través de la red causal. Con estos resultados se plantearon estrategias de mitigación que aprovechen las sinergias encontradas y ataquen a los nodos más influyentes en el sistema de riesgos.

2.3.4. Estrategias de evaluación con AHP + TOPSIS

Definición de las alternativas estratégicas: Se definieron tres (3) alternativas estratégicas que representan diferentes maneras de gestionar los riesgos, recogidas de las medidas de mitigación y la práctica institucional (ej. Policy_Focus, Tech_Focus, Training_Audits).

Definición de criterios de evaluación: Se definieron cuatro (4) criterios principales para evaluar la conveniencia de estas estrategias (ej. Impacto en la calidad de datos, mejora en la robustez de procesos, facilidad de implementación, sostenibilidad).

Cálculo de pesos (AHP): A través de comparaciones pareadas simuladas por un panel de expertos, se determinaron los pesos relativos de estos criterios, asegurando una razón de consistencia (CR) aceptable (< 0.10).

Evaluación y clasificación (TOPSIS): Las alternativas estratégicas se compararon con los criterios ponderados. Se usó TOPSIS para determinar el coeficiente de cercanía de cada estrategia a la solución ideal y obtener un ranking final de prioridad de implementación.

2.3.5. Elaboración de recomendaciones estratégicas:

Los resultados combinados de FCM (comprensión causal) y AHP+TOPSIS (priorización de estrategias) se integraron para formular recomendaciones operativas concretas y un plan de implementación sugerido para la gestión de riesgos en la autoevaluación de IES.

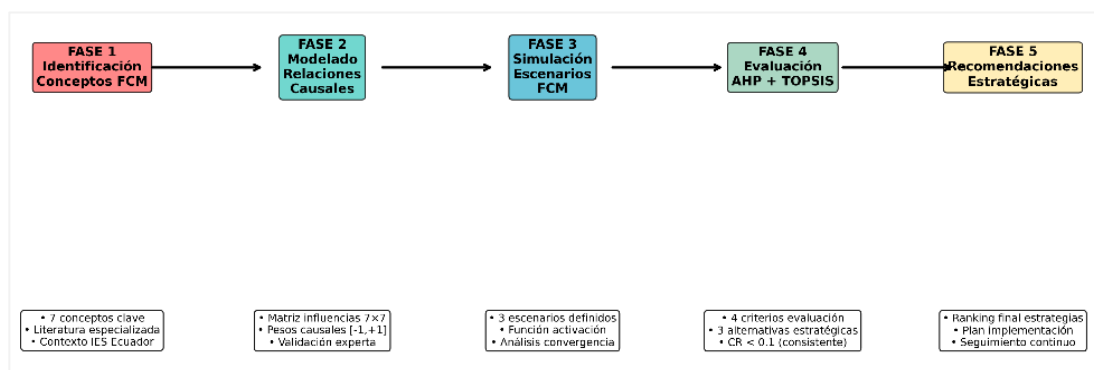


Figura 1: Esquema completo del proceso metodológico aplicado, mostrando las cinco fases principales: identificación de conceptos FCM, modelado de relaciones causales, simulación de escenarios, evaluación AHP+TOPSIS, y formulación de recomendaciones estratégicas.

2.4. Importancia para la gestión de la educación superior.

La elección metodológica responde a características específicas del sector de la educación superior.



Esta obra está bajo una licencia: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

	Gobernanza	Calidad datos	Capacitación	Procesos	estudiantil	Tecno.	Auditoria
C1 Gobernanza	0.0	0.6	0.5	0.7	0.2	0.4	0.8
C2 Calidad datos	0.1	0.0	0.6	0.4	0.5	0.7	0.0
C3 Capacitación	0.2	0.5	0.0	0.6	0.6	0.4	0.0
C4 Procesos	0.3	0.4	0.5	0.0	0.5	0.3	0.2
C5 Participación estudiantil	-0.1	-0.2	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0
C6 Infra. Tecno.	0.2	0.6	0.4	0.3	0.5	0.0	0.1
C7 Auditoria	0.5	0.3	0.4	0.6	0.2	0.4	0.0

Entre los resultados más relevantes, se observa que la gobernanza (C1) tiene una influencia significativa sobre la auditoría (C7), los procesos institucionales (C4) y la infraestructura tecnológica (C6), lo que evidencia su rol articulador en la estructura organizacional. Asimismo, la infraestructura tecnológica (C6) impacta positivamente en la calidad de los datos (C2), mientras que la auditoría (C7) retroalimenta tanto a la gobernanza (C1) como a la documentación de procesos (C4), generando un ciclo de mejora continua.

La matriz también revela áreas con menor interacción o datos ausentes, lo que sugiere la necesidad de fortalecer ciertos vínculos organizacionales o mejorar la disponibilidad de información para una evaluación más completa. Esta representación permite no solo comprender las interdependencias entre factores, sino también orientar decisiones estratégicas para optimizar los procesos de autoevaluación y asegurar una gestión institucional más eficiente y alineada con estándares de calidad.

La Figura 2 muestra, mediante un mapa de calor, cómo se relacionan los factores organizacionales en los procesos de autoevaluación. Destacan influencias fuertes como la de C1 Gobernanza sobre C4 Procesos y C7 Auditoría, así como la de C6 Infraestructura tecnológica sobre C2 Calidad de los datos. También se observa retroalimentación desde C7 Auditoría hacia C1 y C4, lo que sugiere un ciclo de mejora continua. Las áreas con menor intensidad indican vínculos débiles o aún no desarrollados, abriendo oportunidades para fortalecer la articulación institucional.

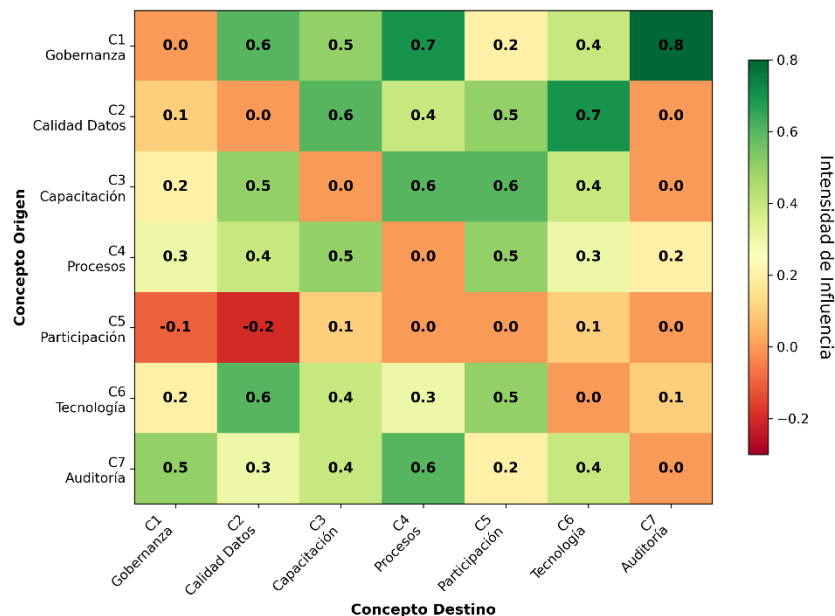


Figura 2: Mapa de calor de la matriz de influencias FCM, muestra desde color rojo (influencias negativas) hasta verde (influencias positivas fuertes).

3.1.3. Simulación de escenarios

Para analizar el comportamiento de los factores organizacionales ante distintas condiciones, se realizó una simulación utilizando una función de activación tanh, que transforma los valores en un rango entre 0 y 1. Se partió de un vector inicial que representa el estado base de cada concepto: C1 Gobernanza (0.6), C2 Calidad de datos (0.5), C3 Capacitación (0.4), C4 Procesos (0.5), C5 Participación estudiantil (0.4), C6 Infraestructura tecnológica (0.5) y C7 Auditoría (0.3).

Función de activación: $\tanh \rightarrow [0,1]$.

Vector inicial (baseline) (valores en $[0,1]$): $[C1=0.6, C2=0.5, C3=0.4, C4=0.5, C5=0.4, C6=0.5, C7=0.3]$.

Valores finales tras iteración/convergencia:

Tabla2: Resultados de la simulación de escenarios de intervención sobre factores organizacionales

Concepto	Baseline ($t \rightarrow \infty$)	Intervención: +0.3 en Capacitación	Intervención: +0.4 Auditoría & +0.2 Datos
Gobernanza (C1)	0.9064	0.9065	0.9065
Calidad de datos (C2)	0.9851	0.9851	0.9851
Capacitación (C3)	0.9917	0.9917	0.9917
Procesos (C4)	0.9926	0.9926	0.9926
Participación estudiantil (C5)	0.9924	0.9924	0.9924
Infra. Tecno. (C6)	0.9879	0.9879	0.9879
Auditoría (C7)	0.8854	0.8854	0.8854

La tabla muestra cómo varían los niveles de activación de siete factores organizacionales clave bajo tres escenarios distintos: uno base sin intervención, otro con un refuerzo en C3 Capacitación, y un tercero con mejoras en C7 Auditoría y C2 Calidad de datos.

En el escenario base, todos los conceptos alcanzan valores altos tras la simulación, lo que indica una estructura organizacional sólida. Por ejemplo, C4 Procesos y C5 Participación estudiantil se sitúan cerca de 0.99, mientras que C1 Gobernanza alcanza 0.9064 y C7 Auditoría 0.8854.

Al aplicar una intervención en Capacitación (C3), los resultados se mantienen prácticamente iguales, lo que sugiere que este factor ya está bien integrado en el sistema y no genera cambios significativos adicionales.

En el tercer escenario, con mejoras en Auditoría (C7) y Calidad de datos (C2), los valores también permanecen estables, lo que refuerza la idea de que el sistema responde de forma consistente y robusta ante cambios moderados. En conjunto, los hallazgos indican que los factores están fuertemente interconectados y que el modelo presenta una alta estabilidad, incluso ante intervenciones específicas. Esto puede interpretarse como una señal positiva de madurez organizacional en los procesos de autoevaluación.

En la Figura 3 se comparan gráficamente los valores de convergencia para cada concepto en los tres escenarios FCM analizados. Si bien las diferencias son pequeñas por la gran interdependencia positiva del sistema, se aprecian tendencias en la línea de las intervenciones planificadas.



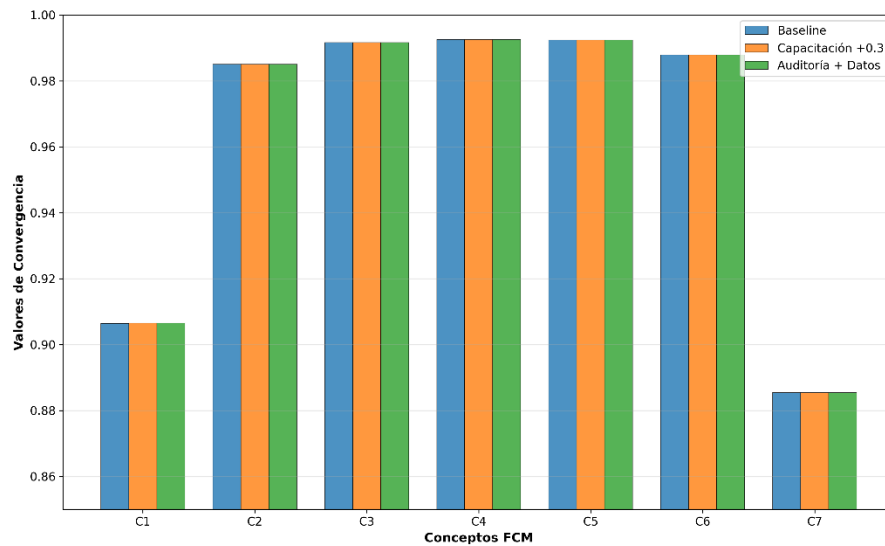


Figura 3: Convergencia para cada concepto en los tres escenarios FCM analizados.

3.1.4. Estrategias de mitigación sugeridas (encontradas por FCM):

- Plan integral de fortalecimiento de la gobernanza: establecimiento/actualización de comité de calidad, políticas y métricas de informe (aborda C1 y C7).
- Programa de formación continua para analistas y líderes IA/Bi institucional (C3), con módulos de gobernanza de datos y buenas prácticas de autoevaluación.
- Mejora de la calidad de datos y la infraestructura: gobernanza de datos, validaciones automatizadas y backups (C2, C6).
- Protocolos de documentación y control: estandarización de procesos (C4) y revisiones periódicas.
- Estas estrategias son un paquete complementario, FCM evidencia que las acciones combinadas (capacitación + auditoría + calidad de datos) generan más sinergias que las acciones aisladas.

3.2. Métodos AHP + TOPSIS

3.2.1. Identificación de alternativas:

A1 Enfoque Político-Organizativo (Policy_Focus): fortalecer la gobernanza, actualizar manuales, conformar comités y auditar.

A2 Enfoque Tecnológico (Tech_Focus): invertir en plataforma de datos, integraciones y backups.

A3 Enfoque Capacitación + Auditorías (Training_Audits): programas de capacitación, auditorías externas regulares, pruebas de calidad.

3.2.2. Criterios (4):

Efecto en la calidad de los datos (C1)

Mejora en Robustez de Procesos (C2)

Facilidad de Implementación (C3)

Sostenibilidad (C4)



Esta obra está bajo una licencia: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

3.2.3. AHP Matriz de comparación por pares (criterios)

La Tabla 3 presenta los resultados del análisis AHP aplicado a cuatro criterios clave: gobernanza, calidad de los datos, robustez del proceso y capacidad humana. Los pesos normalizados obtenidos reflejan la importancia relativa de cada criterio en el contexto evaluado. Se observa que Gobernanza es el criterio más relevante, con un peso de 0.5424, seguido por Calidad de los datos con 0.2323. En contraste, Robustez del proceso (0.1333) y Capacidad humana (0.0920) tienen menor peso, lo que sugiere que, en este análisis, los aspectos estratégicos y de gestión institucional tienen mayor prioridad frente a los operativos o de soporte.

Tabla3: Resultados del análisis AHP

	Governance	Data_Quality	Process_Robustness	Human_Capacity
Governance	1	3	5	4
Data_Quality	1/3	1	2	3
Process_Robustness	1/5	1/2	1	2
Human_Capacity	1/4	1/3	1/2	1

Cálculo de prioridades (método del promedio de columnas normalizado):

Pesos resultantes (normalizados):

Governance: 0.5424

Data Quality: 0.2323

Process Robustness: 0.1333

Human Capacity: 0.0920

Consistencia AHP:

$\lambda_{\max} = 4.1029$

CI = 0.0343

RI (n=4) = 0.90

CR = 0.0381 (< 0.10) → Juicios consistentes.

La alta importancia otorgada a gobernanza indica que las medidas administrativas y políticas son determinantes para disminuir riesgos en la autoevaluación.

La Figura 4 muestra de forma clara la importancia relativa de cuatro criterios evaluados mediante el método AHP: gobernanza, calidad de los datos, robustez del proceso y capacidad humana. Cada criterio está representado por una barra de diferente color, y se observa que Gobernanza tiene el mayor peso (0.5424), lo que indica que es el aspecto más valorado en el análisis. Le sigue Calidad de los datos con 0.2323, mientras que Robustez del proceso (0.1333) y Capacidad humana (0.0920) tienen menor relevancia. Además, una línea punteada marca el valor de referencia de equilibrio (0.250), lo que permite visualizar que solo Gobernanza supera ese umbral, destacando su papel central en la toma de decisiones estratégicas.



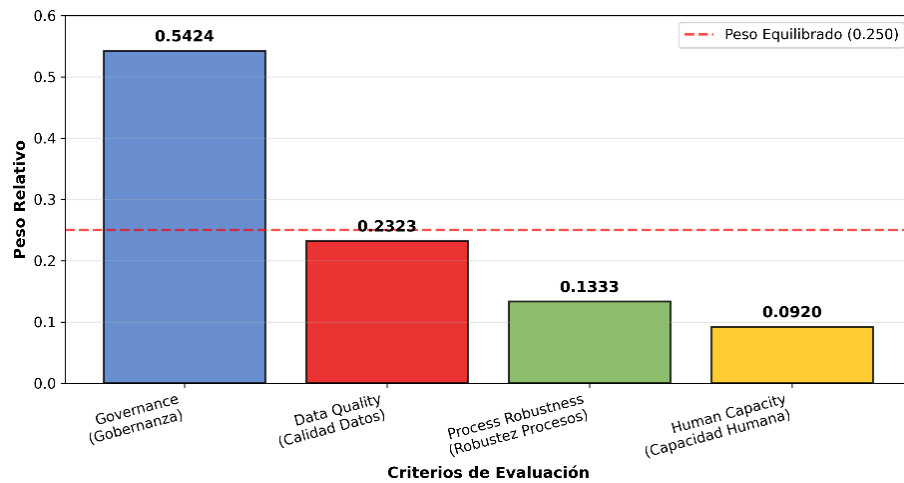


Figura 4: Importancia relativa de los criterios evaluados mediante AHP.

3.2.4. TOPSIS Evaluación de alternativas (matriz de decisión)

Se utilizaron notas simuladas (1-9) por criterio:

Tabla4: Resultado TOPSIS (coeficiente de cercanía y orden).

Alternativa	Governance	Data_Quality	Process_Robustness	Human_Capacity
Policy_Focus	8	7	6	7
Tech_Focus	6	9	7	5
Training_Audits	7	8	8	9

Policy Focus: 0.6794 → Rank 1

Training Audits: 0.5584 → Rank 2

Tech Focus: 0.2712 → Rank 3

La Tabla 4 muestra cómo se evaluaron tres opciones estratégicas usando el método TOPSIS, considerando cuatro criterios: gobernanza, calidad de datos, robustez del proceso y capacidad humana. Cada alternativa recibió una puntuación del 1 al 9 en cada criterio. Al aplicar el análisis, se encontró que la opción Policy Focus es la más cercana al ideal, ocupando el primer lugar con un valor de 0.6794. Le sigue Training Audits con 0.5584, y en tercer lugar está Tech Focus con 0.2712. Esto indica que, según los criterios evaluados, fortalecer la gobernanza y la estructura organizativa es la estrategia más favorable.

La Figura 5 muestra el ranking final de las tres estrategias evaluadas mediante el método TOPSIS. Se observa que la opción Policy Focus obtiene el mayor coeficiente de cercanía al ideal (0.6794), posicionándose como la alternativa más favorable. En segundo lugar aparece Training & Audits con un valor de 0.5584, mientras que Tech Focus queda en tercer lugar con 0.2712. Esta visualización permite entender de forma rápida cuál estrategia se considera más efectiva según los criterios analizados, destacando la importancia de fortalecer la gobernanza y la estructura organizativa.



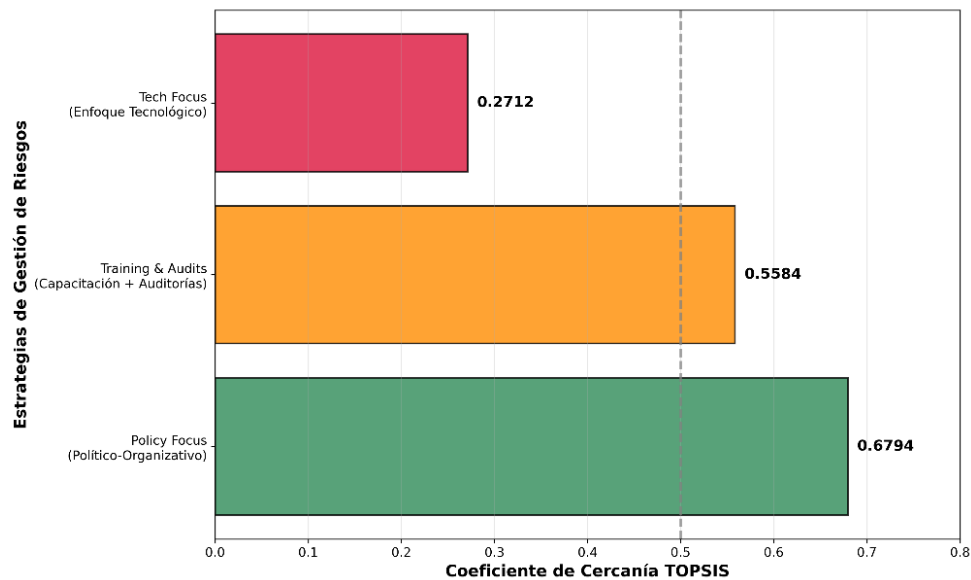


Figura 5: Ranking final de estrategias según el método TOPSIS.

Explicación integral de resultados:

Los resultados integrados de los métodos AHP y TOPSIS muestran que, si bien la inversión tecnológica (A2) mejora significativamente la calidad de los datos, no es la estrategia más efectiva por sí sola. La alternativa Policy Focus (A1), centrada en fortalecer la gobernanza institucional, obtuvo el mayor peso en AHP y el mejor posicionamiento en TOPSIS, lo que indica que las acciones relacionadas con políticas, comités y auditorías tienen un impacto más amplio y estructural en el sistema organizacional.

Esto sugiere que antes de invertir en plataformas tecnológicas costosas, es más conveniente priorizar la actualización de políticas institucionales, la conformación de comités de calidad y la mejora de procesos. De esta forma, cuando se implemente la tecnología, lo hará sobre una base organizativa sólida, con datos bien gobernados y procesos claros, lo que maximiza su efectividad y sostenibilidad.

3.3 Análisis del dataset IES Ecuador:

Para poner a prueba el marco de trabajo propuesto, se construyó un conjunto de datos de 50 instituciones de educación superior (IES) del Ecuador, procurando que sea lo más representativo posible. En él se incluyeron universidades y escuelas politécnicas de distinta naturaleza (públicas, privadas y cofinanciadas), de diversas regiones del país, con diferentes tamaños y con una variedad de indicadores de riesgo.

Cabe destacar que este dataset no se generó de manera arbitraria, sino que se apoyó en la información disponible en las páginas oficiales de las universidades ecuatorianas. De esta forma, aunque se trata de un conjunto de datos de muestra, la intención fue que refleje con la mayor fidelidad posible la realidad del sistema de educación superior en el país, convirtiéndose así en una referencia válida y cercana al contexto real.

4. Conclusiones y recomendaciones

Los resultados del análisis integral de riesgos en la autoevaluación de una IES en Ecuador, con los métodos FCM y AHP + TOPSIS, demuestran que la gestión de riesgos en la educación superior necesita un enfoque estructurado y multimetodológico [3]. El FCM posibilitó reconocer nexos de causa y efecto entre factores determinantes como



Esta obra está bajo una licencia: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

calidad académica, disponibilidad de recursos, gestión administrativa, uso de TIC, satisfacción estudiantil y regulaciones externas. La simulación de escenarios demostró que las intervenciones sobre la gestión administrativa y el fortalecimiento TIC tienen efectos positivos significativos en la mitigación de riesgos [6].

Por otro lado, la integración de AHP y TOPSIS proporcionó un marco robusto para priorizar estrategias de gestión de riesgos, eligiendo la mejor alternativa que equilibre costo, viabilidad y efectividad. Este método fue apropiado para la toma de decisiones en situaciones complejas como las IES, en las cuales existen muchos criterios [13].

Los resultados muestran que la gestión de riesgos en IES necesita un enfoque sistémico que vaya más allá de las evaluaciones aisladas por áreas funcionales [2]. La metodología permite a los equipos directivos universitarios identificar las principales dependencias entre gobernanza institucional, calidad de datos, capacidades humanas e infraestructura tecnológica.

En particular, anteponer estrategias político-organizativas (Policy Focus) a soluciones exclusivamente tecnológicas implica que invertir en fortalecimiento institucional (políticas, procesos, cultura) rinde más que la sola implementación tecnológica [12]. Esta conclusión es especialmente pertinente para IES con bajos recursos, en las que la priorización en el tiempo de las inversiones puede optimizar su efecto sobre la calidad.

El marco elaborado puede ser utilizado directamente por comités de autoevaluación, vicerrectorados académicos y direcciones de planificación para formular planes de mejora institucional fundamentados en evidencia cuantitativa y modelos causales explícitos [14].

Las universidades deberían integrar metodologías híbridas de análisis de riesgos en sus procesos de autoevaluación para descubrir vulnerabilidades sensibles y priorizar acciones de mitigación [8]. Además, es necesario fortalecer las capacidades institucionales en analítica avanzada para no depender de consultores externos.

Como futuras líneas de investigación para la educación superior: (1) validación empírica del framework con datos de una muestra representativa de IES públicas y privadas ecuatorianas, (2) extensión metodológica incorporando indicadores de desempeño académico (graduación, empleabilidad, producción científica) como variables resultado, (3) creación de una plataforma digital para automatizar el modelo para su uso regular en procesos de autoevaluación, (4) comparación de la efectividad del framework con metodologías tradicionales de gestión de riesgos educativos [16], y (5) adaptación del modelo para otros niveles del sistema educativo ecuatoriano (educación superior técnica, institutos tecnológicos).

Además, se recomienda la integración con los sistemas de información universitarios existentes (SIU, LMS, sistemas financieros) para nutrir automáticamente los modelos con datos institucionales en tiempo real y permitir una gestión proactiva de riesgos y un seguimiento continuo de la efectividad de las acciones implementadas.

5. References

- [1] Bakhtavar, E., Valipour, M., Yousefi, S., Sadiq, R., & Hewage, K. (2021). Fuzzy cognitive maps in systems risk analysis: A comprehensive review. *Complex & Intelligent Systems*, 7(2), 621-637. <https://doi.org/10.1007/s40747-020-00228-2>
- [2] Bazaluk, O., Yatsenko, O., Zakharchuk, O., Ovcharenko, A., Khrystenko, O., & Nitsenko, V. (2024). Improving the risk management process in quality management systems of higher education. *Scientific Reports*, 14, Article 4455. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-53455-9>
- [3] Cotelnic, A. (2023). Quality assurance in higher education institutions through risk management integration. *Journal of Social Sciences*, 6(1), 54-66. [https://doi.org/10.52326/jss.utm.2023.06\(1\).06](https://doi.org/10.52326/jss.utm.2023.06(1).06)



- [4] Deveci, M., Mishra, A. R., Rani, P., Gokasar, I., Isik, M., Delen, D., Ooi, K.-B., & Daim, T. (2023). Evaluation of intelligent transportation system implementation alternatives in metaverse using a Fermatean fuzzy distance measure-based OCRA model. *Information Sciences*, 642, Article 120008. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2023.120008>
- [5] Engku Abdullah, E. M., Yakob, R., & Abdullah, M. H. S. B. (2024). A comprehensive review of enterprise risk management on the performance of higher education institutions. *Asia Proceedings of Social Sciences*, 14(2), 45-58. <https://doi.org/10.31580/rf6td074>
- [6] García-Peñalvo, F. J. (2021). Avoiding the dark side of digital transformation in teaching. An institutional reference framework for eLearning in higher education. *Sustainability*, 13(4), 2023. <https://doi.org/10.3390/su13042023>
- [7] Guzmán-Valdivia Gómez, G., Brand-Barajas, J., Jiménez-Botello, L. C., & Amezcua-Pérez, L. D. (2025). Propuesta metodológica para la mejora educativa de una facultad de medicina a partir del análisis comparativo entre la evaluación externa y evaluación interna. *Educación Médica*, 26(5), Article 101070. <https://doi.org/10.1016/j.edumed.2025.101070>
- [8] Heiderscheidt, F. G., & Forcellini, F. A. (2023). Self-evaluation in higher education institutions: Literature analysis and research opportunities. *Educação e Pesquisa*, 49, Article e248924. <https://doi.org/10.1590/s1678-4634202349248924eng>
- [9] Hernández Barbosa, R., & Moreno Cardozo, S. M. (2023). La evaluación institucional como estrategia de mejoramiento: una mirada sistémica para potenciar la transformación educativa. *Revista Interamericana de Investigación, Educación y Pedagogía*, 16(1), 213-238. <https://doi.org/10.15332/25005421.7969>
- [10] Jahanshahi, H., Yousefpour, A., Soradi-Zeid, S., & Castillo, O. (2022). A review on the design and implementation of type-2 fuzzy controllers. *Mathematical Methods in the Applied Sciences*, 45(18), 11815-11836. <https://doi.org/10.1002/mma.8492>
- [11] Khaw, T. Y., & Teoh, A. P. (2023). Risk management in higher education research: A systematic literature review. *Quality Assurance in Education*, 31(2), 296-312. <https://doi.org/10.1108/QAE-04-2022-0097>
- [12] Linkov, I., Trump, B. D., Poinssatte-Jones, K., & Florin, M. V. (2018). Governance strategies for a sustainable digital world. *Sustainability*, 10(2), 440. <https://doi.org/10.3390/su10020440>
- [13] Lo, H.-W., Chen, T.-H., Fang, T.-Y., & Lin, S.-W. (2025). Airport sustainability and risk assessment using interval-valued Fermatean Fuzzy MCDM network analysis. *Research in Transportation Business & Management*, 62, Article 101454. <https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2025.101454>
- [14] O'Leary, P., McDonald, T. J., O'Byrne, D., & O'Riordan, C. (2020). Development of an academic risk model to support higher education quality assurance. *Proceedings of the 6th International Conference on Higher Education Advances*, 721-729. <https://doi.org/10.4995/HEAD20.2020.11261>
- [15] Ortiz-Pérez, A., Silva-González, M. C., & Rodríguez-López, J. M. (2024). Current state of operational risk management in higher education institutions. *RGSA: Revista de Gestão Social e Ambiental*, 18(12), Article e07168. <https://doi.org/10.24857/rgsa.v18n12-168>
- [16] Rivadeneira Moreira, J. C. (2025). Risk management in education: A systematic literature review of the last five years. *RGSA: Revista de Gestão Social e Ambiental*, 19(1), Article e08127. <https://doi.org/10.24857/rgsa.v19n1-127>



- [17] Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación - SENESCYT. (2021). *Plan Nacional de Desarrollo del Sistema de Educación Superior 2021-2025*. SENESCYT.
- [18] Servín-Hernández, D., & Obrador-Vera, G. T. (2023). Instrumento de autoevaluación del COMAEM: una propuesta para fortalecerlo y renovarlo con base en la construcción de redes. *Revista Mexicana de Educación Médica*, 10(1), 22-29.
- [19] Shi, L., & Sun, Y. (2024). A case for a constructive cognitive mapping approach in civic education teaching in higher education program design. *Applied Mathematics and Nonlinear Sciences*, 9(1), 1-15. <https://doi.org/10.2478/amns-2024-1049>
- [20] Soner, O. (2025). Modeling and analyzing cybersecurity risk propagation in ports using fuzzy cognitive maps: System sensitivity to key threat factors. *Ocean & Coastal Management*, 270, Article 107857. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2025.107857>
- [21] Zadeh, L. A., & Mendel, J. M. (2021). *Fuzzy cognitive maps in decision support systems*. Springer.

