UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE CIENCIAS PURAS Y NATURALES

Memorias Científicas del

I CONGRESO INTERNACIONAL

De Ciencias Puras y Naturales (CI-FCPN)

19, 20 Y 21 de mayo del 2026



Área de Informática

LA PAZ - BOLIVIA
2026

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE CIENCIAS PURAS Y NATURALES

MEMORIAS CIENTÍFICAS DEL I CONGRESO INTERNACIONAL DE CIENCIAS PURAS Y NATURALES (CI-FCPN)
- ÁREA DE INFORMÁTICA -

REGISTRO:

ISBN: 978-9917-0-7793-0

DEPOSITO LEGAL: 4-4-35-2026-PO

DIRECCIÓN: AV. VILLAZÓN NO. 1995, MONOBLOCK CENTRAL DE LA UMSA – EDIF. ANTIGUO

EDICIÓN: PRIMERA

EQUIPO TÉCNICO:

DIAGRAMACIÓN:

- M.SC. AUGUSTO CESAR LUNASCO CUSI
- M.SC. WILSON FELIPE ALARCON QUISPE
- UNIV. EFRAIN HUGO CHIPANA TITO
- UNIV. JOSE ANDRES ARUQUIPA COCA
- UNIV. ALEJANDRA BELEN HUANCA CAZAS

DISEÑO DE CUBIERTA: UNIV. ALEJANDRA BELEN HUANCA CAZAS

TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS.

ESTÁ PROHIBIDA CUALQUIER REPRODUCCIÓN Y/O DIFUSIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE LIBRO, EN CUALQUIER FORMA, POR MEDIOS MECÁNICOS, ELECTRÓNICOS, INCLUSIVE POR FOTOCOPIAS GRABACIÓN MAGNETOFÓNICA Y CUALQUIER SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE INFORMACIÓN. PENADO POR LA LEY DE ACUERDO A DISPOSICIONES EN VIGENCIA (DERECHOS DE AUTOR, LEY NRO. 1322 DEL 13 DE ABRIL DE 1992). SALVO CONSENTIMIENTO DEL AUTOR.

LA PAZ – BOLIVIA

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS

PH.D. MARÍA EUGENIA GARCÍA MORENO
RECTORA

DR. TITO ESTÉVEZ MARTINI
VICERRECTOR

FACULTAD DE CIENCIAS PURAS Y NATURALES

M.SC. ALDO RAMIRO VALDEZ ALVARADO
DECANO

PH.D. ADRIANA MIRIAM MALLEA MORALES
VICEDECANA

COMITÉ CIENTÍFICO (CI – FCPN)

PH.D. ADRIANA MIRIAM MALLEA MORALES	COORDINACIÓN GENERAL
DR. PORFIRIO SUÑAGUA SALGADO	PRESIDENTE DEL COMITÉ CIENTÍFICO – CARRERA DE MATEMÁTICA
M.SC. WINDER ANDRES CANEZO GOMEZ	CARRERA DE BIOLOGÍA
M.SC. RAQUEL CHAMA RODRIGUEZ	CARRERA DE CIENCIAS QUÍMICAS
PH.D. EVARISTO MAMANI CARLO	CARRERA DE FÍSICA
PH.D. REYNALDO JAVIER ZEBALLOS DAZA	CARRERA DE INFORMÁTICA
PH.D. MOISES MARTIN SILVA CHOQUE	CARRERA DE INFORMÁTICA
M.SC. FERNANDO ODAY RIVERO SUIGUIRA	CARRERA DE ESTADÍSTICA
M.SC. AUGUSTO CESAR LUNASCO CUSI	UNIDAD FACULTATIVA DE FOMENTO A LA INVESTIGACIÓN - UFFI
M.SC. WILSON FELIPE ALARCON QUISPE	UNIDAD DE GESTIÓN E INNOVACIÓN DEL DESARROLLO ACADÉMICO - UGIDA

INDICE

Presentación 1

CONFERENCIAS MAGISTRALES Y PLENARIAS 3

"ANÁLISIS COMPARATIVO DE MODELOS DE DEEP LEARNING PARA LA PREDICCIÓN DEL TIPO DE CAMBIO" 4

(Plenaria) 4

Dr. ALAN RODRIGO CORINI GUARACHI 4

ARQUITECTURAS RAG (RETRIEVAL-AUGMENTED GENERATION) DESCENTRALIZADAS PARA GOBERNANZA DE DATOS EN TIEMPO REAL: MITIGANDO LA LATENCIA Y LA ALUCINACIÓN EN ENTORNOS EMPRESARIALES 16

(Plenaria) 16

M.Sc. DIEGO PARRAGA MENCHACA 16

COMUNICACIONES CIENTÍFICAS 27

BRECHA ENTRE FORMACIÓN STEM FEMENINA E IMPACTO LABORAL DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN BOLIVIA 28

(Comunicación) 28

Ph. D. FATIMA CONSUELO DOLZ DE MORENO 28

USO DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL GENERATIVA EN LA EDUCACIÓN: POSTULANTES A LA CARRERA DE AERONÁUTICA (UMSA, 2025) 47

(Comunicación) 47

M.Sc. VICTOR HUGO HUANCA IBARRA 47

LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL GENERATIVA Y LA REDEFINICIÓN DE AUTORÍA 72

(Comunicación) 72

Ph. D. BORIS ADOLFO LLANOS TORRICO 72

COMPETENCIAS DIGITALES Y BÚSQUEDA DE INFORMACIÓN EN LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA 78

(Comunicación) 78

Dr. GABINO PABLO VARGAS MURILLO 78

POSTER CIENTÍFICO 90

EVOLUCIÓN DE LA FORMACIÓN PROFESIONAL EN ÁREAS STEM EN LA UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS UN ANÁLISIS COMPARATIVO 2018 – 2024 91

(Poster) 91

M.Sc. CARLA MAMANI CHAVEZ 91

RESULTADOS, DESAFÍOS Y MODELO REPLICABLE DE GESTIÓN DE ACREDITACIÓN ARCU-SUR EN CARRERAS DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELECTROMECÁNICA DE LA FCYT-UMSS 98

(Poster) 98

Ing. ROCÍO SCARLETH MÉNDEZ AGUAYO 98

Presentación

Con gran satisfacción presentamos las Memorias Científicas del I Congreso Internacional de Ciencias Puras y Naturales (CI-FCPN), publicación que reúne y preserva una selección de los trabajos de investigación presentados durante las jornadas académicas desarrolladas los días 19, 20 y 21 de mayo, en el marco de este importante encuentro científico organizado por la Facultad de Ciencias Puras y Naturales de la Universidad Mayor de San Andrés (FCPN–UMSA).

El I Congreso Internacional de Ciencias Puras y Naturales (CI-FCPN) se constituyó en un espacio de encuentro, intercambio y difusión del conocimiento científico, congregando a investigadores, docentes, profesionales y estudiantes en torno a las principales problemáticas, avances y perspectivas de las ciencias puras, la tecnología y la innovación, su desarrollo permitió fortalecer el diálogo académico y científico, generando un escenario propicio para la presentación de resultados de investigación y el establecimiento de vínculos entre diferentes comunidades académicas.

Las presentes memorias constituyen un registro documental de la producción científica presentada durante el Congreso, organizada en las áreas de Biología, Estadística, Física, Informática, Matemáticas y Química, cada una de estas áreas representa un componente fundamental del quehacer científico de la Facultad y, al mismo tiempo, refleja la diversidad de enfoques, metodologías, problemas de investigación y resultados que caracterizan a las ciencias puras y sus aplicaciones.

La recopilación de estos trabajos tiene como propósito fundamental preservar, sistematizar y difundir el conocimiento científico generado y socializado durante el evento, proporcionando a investigadores, docentes, estudiantes y demás miembros de la comunidad académica una fuente de consulta que permita conocer las investigaciones presentadas y favorecer su posterior análisis, discusión y aprovechamiento académico.

La publicación de estas memorias adquiere, además, especial relevancia como instrumento de memoria institucional, puesto que documenta una experiencia académica y científica que contribuye al fortalecimiento de la investigación y la innovación en la Facultad de Ciencias Puras y Naturales, en este sentido, la memoria trasciende la función de recopilar trabajos científicos y se constituye en un testimonio del compromiso institucional con la generación, difusión y transferencia del conocimiento.

El desarrollo del Congreso fue posible gracias a la participación y colaboración de investigadores, docentes, estudiantes, autoridades universitarias, personal administrativo

y equipos de apoyo, cuyo esfuerzo conjunto permitió llevar adelante las actividades académicas y científicas programadas, a todos ellos expresamos nuestro reconocimiento por su contribución al fortalecimiento de este espacio de intercambio científico.

De manera particular, esta publicación representa una oportunidad para visibilizar el trabajo de los investigadores y jóvenes científicos, reconociendo el valor de sus aportes y promoviendo una cultura académica orientada hacia la investigación, la innovación, la colaboración interdisciplinaria y la comunicación científica.

Asimismo, estas memorias constituyen una base para proyectar futuras iniciativas académicas y científicas, favoreciendo la continuidad de espacios de encuentro entre investigadores de diferentes disciplinas e instituciones, la generación y difusión sistemática de este tipo de productos contribuye a consolidar una comunidad científica activa y comprometida con los desafíos contemporáneos de la ciencia, la tecnología y la innovación.

Invitamos a la comunidad universitaria, científica y académica a consultar estas memorias como una expresión del trabajo investigativo desarrollado en las diferentes áreas de las Ciencias Puras y Naturales, esperamos que los trabajos aquí reunidos sirvan como fuente de referencia, inspiración y punto de partida para nuevas investigaciones, colaboraciones y propuestas que contribuyan al desarrollo científico y tecnológico de nuestra sociedad.

Finalmente, expresamos nuestro reconocimiento a todas las personas e instituciones que hicieron posible la realización del I Congreso Internacional de Ciencias Puras y Naturales (CI-FCPN) y la posterior consolidación de esta publicación, la presente memoria representa no solo el resultado de un encuentro científico, sino también el compromiso permanente de la Facultad de Ciencias Puras y Naturales con la excelencia académica, la investigación y la construcción colectiva del conocimiento.

COMITÉ ORGANIZADOR

CONFERENCIAS MAGISTRALES Y PLENARIAS

“ANÁLISIS COMPARATIVO DE MODELOS DE DEEP LEARNING PARA LA PREDICCIÓN DEL TIPO DE CAMBIO”

(Plenaria)

Dr. ALAN RODRIGO CORINI GUARACHI

acorinig@fcpn.edu.bo

Semblanza:

Doctor en Ciencias de la Computación y docente a nivel nacional e internacional, con áreas de interés en ciencia de datos, inteligencia artificial y seguridad de la información.

Introducción

El tipo de cambio constituye una de las variables más relevantes dentro de los sistemas económicos y financieros debido a su influencia en procesos relacionados con el comercio internacional, las políticas monetarias, las inversiones extranjeras, la inflación y la estabilidad macroeconómica de los países, las variaciones en el valor de una moneda frente a otra afectan directamente tanto a instituciones financieras como a empresas, gobiernos y ciudadanos, generando impactos significativos en la toma de decisiones económicas y estratégicas, debido a ello, la predicción del tipo de cambio ha sido ampliamente estudiada en distintas áreas del conocimiento, especialmente en economía, estadística, inteligencia artificial y ciencia de datos.

Sin embargo, el comportamiento del tipo de cambio presenta características altamente complejas, dinámicas y no lineales, lo que dificulta su modelado mediante enfoques tradicionales de predicción, entre los factores económicos, financieros, políticos y contextuales pueden influir de manera simultánea sobre las fluctuaciones del mercado cambiario, provocando patrones difíciles de capturar mediante modelos clásicos basados

únicamente en relaciones lineales o supuestos estadísticos convencionales, de esta manera surge la necesidad de desarrollar modelos capaces de identificar patrones temporales y el uso de técnicas avanzadas de aprendizaje automático y deep learning (Goodfellow et al. 2016).

Las redes neuronales recurrentes han demostrado resultados prometedores en tareas de análisis de series temporales y predicción secuencial, modelos como las redes neuronales recurrentes tradicionales (RNN), las redes Long Short-Term Memory (LSTM) y las Gated Recurrent Unit (GRU) permiten capturar dependencias temporales y patrones históricos en datos secuenciales, superando en diversos escenarios a métodos tradicionales de predicción (Hochreiter and Schmidhuber 1997; Cho et al. 2014).

Las arquitecturas LSTM y GRU han sido diseñadas para abordar problemas asociados al aprendizaje de dependencias de largo plazo presentes en secuencias temporales, mitigando limitaciones como el desvanecimiento del gradiente que afecta a las redes recurrentes tradicionales (Hochreiter and Schmidhuber 1997), la efectividad de modelos basados en deep learning en escenarios financieros altamente dinámicos, obteniendo mejoras significativas respecto a métodos convencionales (Fischer and Krauss 2018; Nelson et al. 2017).

No obstante, la precisión de los modelos predictivos no depende únicamente de la arquitectura utilizada, sino también de la calidad y representación de la información empleada durante el entrenamiento, la incorporación de información complementaria derivada de las series temporales puede contribuir significativamente a mejorar la capacidad de aprendizaje de los modelos, permitiendo representar mejor la dinámica y variabilidad del fenómeno analizado, los procesos de ingeniería de características constituyen una etapa fundamental dentro de los proyectos de ciencia de datos aplicados a predicción financiera.

El Decreto Supremo N.° 5600 establece medidas orientadas a facilitar operaciones financieras y comerciales relacionadas con transacciones internacionales (Estado Plurinacional de Bolivia 2026), la Agencia Boliviana de Información reportó la autorización del uso de tarjetas de crédito y débito para compras en el exterior utilizando un tipo de

cambio referencial, con el objetivo de incentivar y normalizar las compras en línea por parte de la población boliviana (Agencia Boliviana de Información 2026), estas medidas tienen un impacto directo en el comportamiento del mercado cambiario y en la demanda de divisas extranjeras.

Esta situación ha provocado que amplios sectores de la población perciban de manera directa las variaciones del tipo de cambio en actividades cotidianas relacionadas con comercio electrónico, suscripciones digitales, importaciones y transacciones internacionales (Banco Central de Bolivia 2025; Autoridad de Supervisión del Sistema Financiero 2025).

Asimismo, el contexto económico Boliviano entre el 2023 al 2026 ha estado marcado por un aumento progresivo en la cotización informal o paralela del dólar estadounidense, superando valores superiores a los 15 bolivianos por dólar en determinados escenarios del mercado, este comportamiento refleja un entorno de alta sensibilidad económica y financiera, donde factores relacionados con disponibilidad de divisas, incertidumbre económica y demanda creciente de moneda extranjera influyen significativamente sobre las dinámicas cambiarias (Banco Central de Bolivia 2025; World Bank 2025).

Materiales y métodos

Conjunto de datos

Para el desarrollo de la presente investigación se empleó un conjunto de datos históricos correspondientes al comportamiento del tipo de cambio en Bolivia, considerando tanto el tipo de cambio oficial publicado por el Banco Central de Bolivia (BCB).

La información utilizada fue obtenida a partir de publicaciones oficiales del Banco Central de Bolivia (Banco Central de Bolivia 2026) y de la plataforma digital USDTBol (USDTBol 2026), especializada en el seguimiento referencial del tipo de cambio asociado a activos digitales y del tipo de cambio oficial y preferencial.

Ingeniería de características

Con el objetivo de mejorar la representación de la información y fortalecer la capacidad predictiva de los modelos, se desarrolló un proceso de ingeniería de características sobre la serie temporal original, este proceso incluyó la generación de variables derivadas orientadas a capturar patrones históricos, tendencias y comportamiento temporal de la serie financiera.

Asimismo, se incorporó información complementaria relacionada con componentes temporales y contextuales que pueden influir indirectamente sobre la dinámica del tipo de cambio, la incorporación de estas características permitió enriquecer el conjunto de datos y proporcionar mayor contexto durante el proceso de entrenamiento de las arquitecturas recurrentes.

La ingeniería de características constituye una etapa fundamental dentro de proyectos de ciencia de datos aplicados a predicción financiera, debido a que la calidad y representación de los datos influyen significativamente en el desempeño de modelos de aprendizaje profundo (Goodfellow et al. 2016).

Modelos de deep learning

El estudio consideró tres arquitecturas recurrentes ampliamente utilizadas en tareas de modelado secuencial y análisis de series temporales: redes neuronales recurrentes tradicionales (RNN), Long Short-Term Memory (LSTM) y Gated Recurrent Unit (GRU).

Las redes neuronales recurrentes (RNN) permiten modelar datos secuenciales mediante conexiones que conservan información previa, por su parte, las arquitecturas LSTM fueron desarrolladas para superar limitaciones relacionadas con el aprendizaje de dependencias de largo plazo, incorporando mecanismos de memoria y compuertas de control (Hochreiter and Schmidhuber 1997), debido a ello, los modelos LSTM han sido ampliamente utilizados en predicción financiera y análisis de series temporales (Fischer and Krauss 2018), las arquitecturas GRU constituyen una versión simplificada de las LSTM, reduciendo la complejidad computacional mediante compuertas de actualización y reinicio (Cho et al. 2014).

Entrenamiento de modelos

El proceso de entrenamiento se desarrolló utilizando una división de datos orientada a preservar la secuencia temporal de la información, por lo tanto el conjunto de datos fue separado en subconjuntos de entrenamiento y prueba, permitiendo evaluar la capacidad predictiva de los modelos sobre datos no observados durante el aprendizaje.

Métricas de evaluación

La evaluación de los modelos predictivos se realizó mediante métricas orientadas al análisis de error en tareas de regresión. Las principales métricas consideradas fueron el Error Absoluto Medio (MAE) y la Raíz del Error Cuadrático Medio (RMSE), ampliamente utilizadas en problemas de predicción financiera y análisis de series temporales.

El Error Absoluto Medio se define mediante la Ecuación [eq:mae]:

$$MAE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} | y_i - \hat{y}_i|$$

donde y_i representa el valor real y $\hat{y}_i$ el valor predicho por el modelo.

Por otro lado, la Raíz del Error Cuadrático Medio se expresa mediante la Ecuación [eq:rmse]:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} (y_i - \hat{y}_i)^2}$$

Estas métricas permitieron comparar cuantitativamente el desempeño de las arquitecturas implementadas y analizar la precisión predictiva de cada modelo.

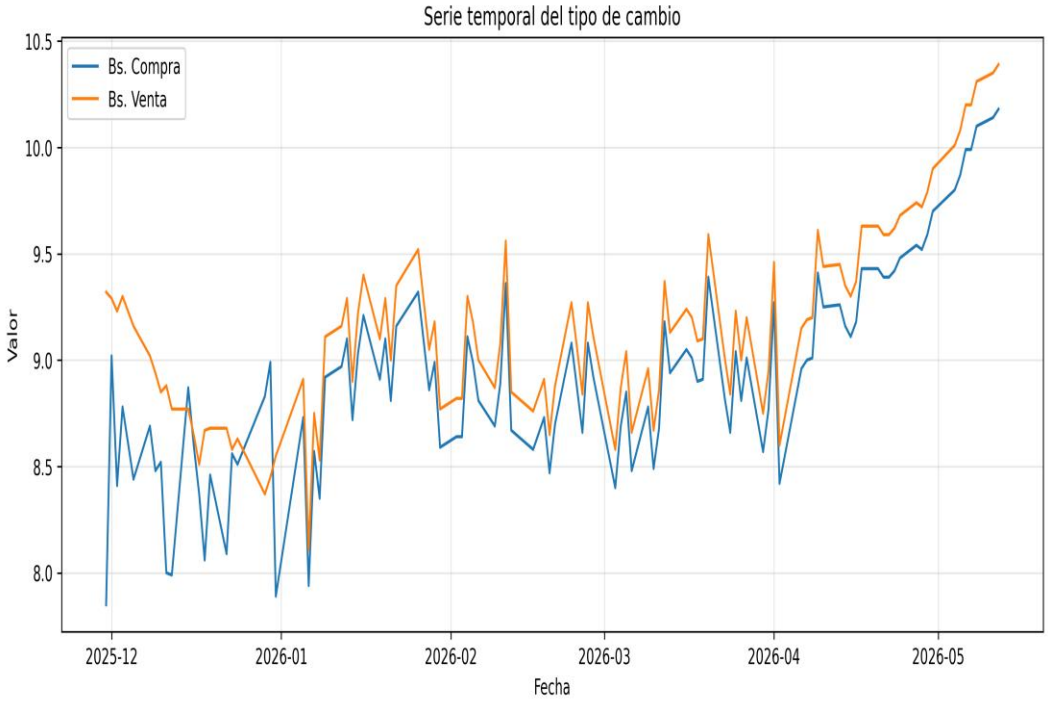
Resultados

Los resultados obtenidos durante el proceso de análisis, entrenamiento y evaluación de los modelos de deep learning implementados para la predicción del tipo de cambio incluyen el análisis exploratorio de la serie temporal, el comportamiento de las arquitecturas recurrentes durante el entrenamiento, la comparación de métricas de desempeño y las predicciones generadas por el modelo con mejor rendimiento.

Análisis exploratorio de la serie temporal

Inicialmente, se realizó un análisis de la evolución temporal de las variables correspondientes a compra y venta del tipo de cambio, la Figura 1 muestra el comportamiento histórico de ambas series temporales durante el periodo analizado.

Figura 1: Serie temporal histórica del tipo de cambio en valores de compra y venta.

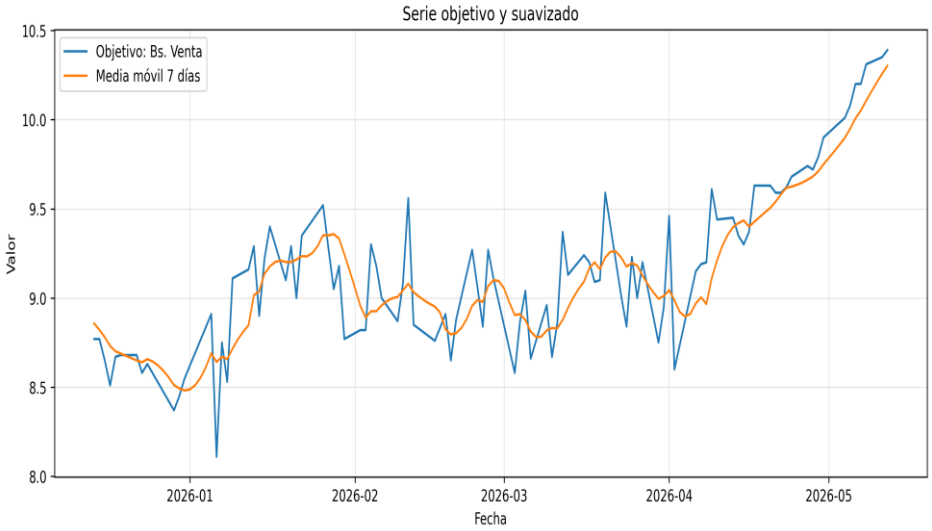


Fuente: Elaboración propia

Se observa que ambas series presentan un comportamiento dinámico y altamente variable a lo largo del tiempo, con una tendencia creciente más pronunciada hacia los últimos registros del periodo analizado.

Posteriormente, se analizó el comportamiento de la serie objetivo junto con un proceso de suavizado mediante medias móviles, la Figura 2 presenta la evolución de la serie de venta y su correspondiente media móvil de siete días.

Figura 1. Serie objetivo y suavizado mediante media móvil de siete días



Fuente: Elaboración propia.

El proceso de suavizado permitió reducir parcialmente la volatilidad presente en la serie original, facilitando la identificación de tendencias generales y patrones temporales de comportamiento.

Evaluación comparativa de modelos

Se implementaron tres arquitecturas recurrentes para el proceso de predicción: redes neuronales recurrentes tradicionales (RNN), Long Short-Term Memory (LSTM) y Gated Recurrent Unit (GRU). Cada modelo fue entrenado bajo condiciones similares con el objetivo de realizar una comparación objetiva de desempeño.

La Figura 3 presenta las métricas obtenidas para cada arquitectura evaluada.

Figura 2. Comparación de métricas obtenidas por los modelos RNN, LSTM y GRU

Modelo	MAE	RMSE	MAPE_%	R2
RNN	0.2436101837158205	0.25290483077128806	2.3568143348587656	-83.85372653995954
LSTM	0.27984065246582046	0.28299183642670417	2.7060270136994924	-105.24401759396042
GRU	0.34236964416503923	0.34780553516663626	3.309557363600267	-159.48322709801795

Fuente: Elaboración propia.

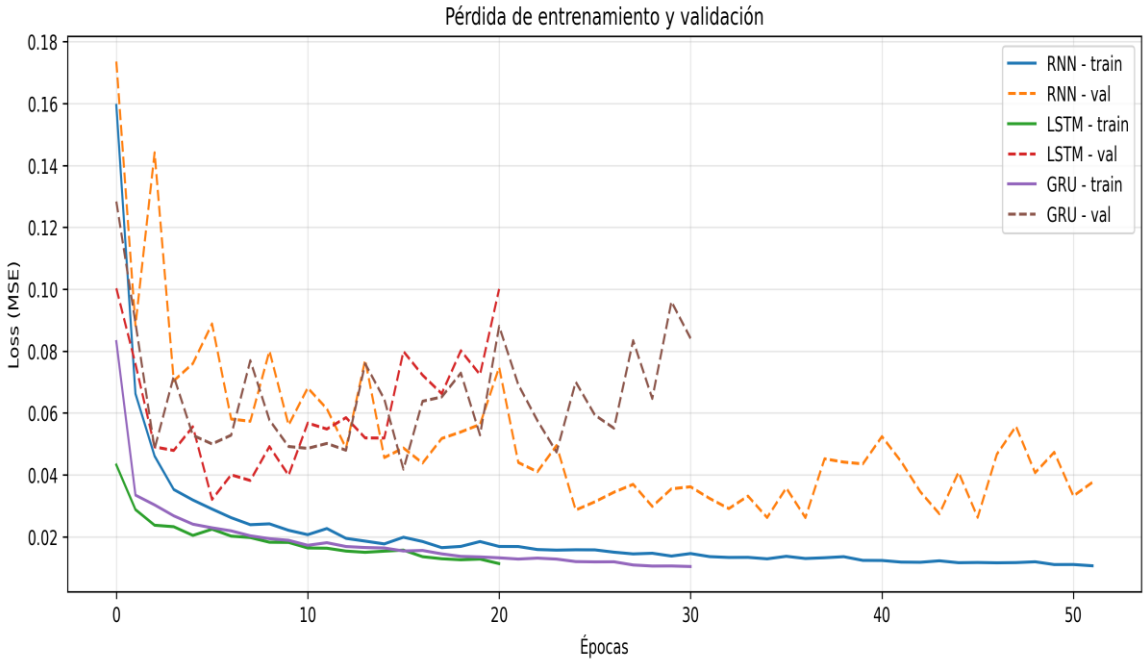
Los resultados muestran que el modelo RNN obtuvo el menor error absoluto medio (MAE) y el menor valor de RMSE en comparación con las arquitecturas LSTM y GRU, el porcentaje de error absoluto medio (MAPE) también presentó mejores resultados en la arquitectura RNN, evidenciando una mayor capacidad predictiva dentro del conjunto de prueba utilizado.

El modelo GRU presentó el menor desempeño entre las arquitecturas evaluadas, registrando los valores más elevados de error. Por otra parte, el modelo LSTM obtuvo resultados intermedios, manteniendo un comportamiento relativamente estable durante el proceso de entrenamiento.

Curvas de entrenamiento y validación

Con el propósito de analizar el comportamiento de aprendizaje de las arquitecturas recurrentes, se evaluaron las curvas de pérdida durante las etapas de entrenamiento y validación. La Figura 4 muestra la evolución del error para los tres modelos implementados.

Figura 3. Curvas de pérdida durante entrenamiento y validación de los modelos implementados.



Fuente: Elaboración propia

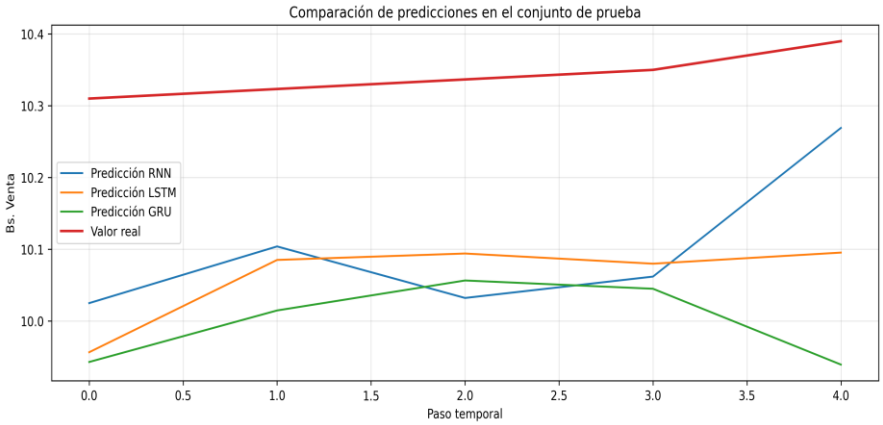
Se observa que las arquitecturas presentan una reducción progresiva del error durante las primeras épocas de entrenamiento, pero algunos modelos evidencian fluctuaciones en las curvas de validación, lo cual puede estar asociado a fenómenos de sobreajuste o sensibilidad a la variabilidad de la serie temporal.

El modelo RNN mostró una convergencia más estable y consistente en comparación con las demás arquitecturas, manteniendo menores niveles de error durante el proceso de validación.

Comparación de predicciones

La Figura 5 presenta una comparación entre las predicciones generadas por los modelos y los valores reales observados en el conjunto de prueba.

Figura 4. Comparación entre valores reales y predicciones generadas por los modelos recurrentes.



Fuente: Elaboración propia.

Se evidencia que el modelo RNN logró aproximarse de mejor manera a la tendencia real de la serie objetivo en comparación con las arquitecturas LSTM y GRU, aunque todos los modelos presentan diferencias respecto a los valores reales, las predicciones obtenidas mantienen un comportamiento coherente con la dinámica general de la serie temporal.

Predicciones futuras

Se realizaron predicciones futuras utilizando el modelo RNN, la Figura 6 presenta los valores pronosticados para periodos posteriores al conjunto de entrenamiento.

Figura 5. Predicciones futuras generadas por el modelo RNN

Predicciones futuras

Date	Pred_Bs. Venta	Pred_Bs. Venta_ajustada
2026-05-13 00:00:00	10.63622760772705	10.65702760772705
2026-05-14 00:00:00	10.734429359436035	10.776029359436036
2026-05-15 00:00:00	10.657787322998047	10.720187322998047
2026-05-16 00:00:00	10.584507942199707	10.667707942199707
2026-05-17 00:00:00	10.379886627197266	10.483886627197265
2026-05-18 00:00:00	10.41369342803955	10.538493428039551
2026-05-19 00:00:00	10.529656410217285	10.675256410217285

Fuente: Elaboración propia.

Las predicciones obtenidas muestran una tendencia creciente del tipo de cambio durante los días futuros analizados, manteniendo coherencia con el comportamiento ascendente observado en la serie histórica reciente, estos resultados evidencian el potencial de las arquitecturas recurrentes para tareas de modelado financiero y predicción de series temporales complejas.

Discusión

Los resultados obtenidos en la presente investigación evidencian que las arquitecturas de deep learning aplicadas a series temporales financieras presentan capacidades diferenciadas para modelar el comportamiento del tipo de cambio, aunque las tres arquitecturas evaluadas lograron capturar parcialmente la tendencia general de la serie temporal, el modelo RNN mostró un desempeño superior respecto a las arquitecturas LSTM y GRU bajo las condiciones experimentales implementadas.

La inclusión de variables exógenas permitió enriquecer el análisis del tipo de cambio al considerar factores externos capaces de alterar el comportamiento normal del mercado

financiero, estas variables representan fenómenos sociales, políticos y económicos que generan periodos de volatilidad e incertidumbre, afectando las expectativas de los agentes económicos y la dinámica cambiaria, se incorporaron efectos relacionados con feriados, paros y periodos de inactividad prolongada, los cuales pueden producir cambios temporales en la liquidez, el volumen de transacciones y la actividad económica.

No obstante, la investigación presenta ciertas limitaciones, en primer lugar, el tamaño del conjunto de datos puede restringir la capacidad de generalización de las arquitecturas profundas.

Conclusiones

A partir de las métricas de evaluación obtenidas, se determinó que el modelo RNN presentó el mejor desempeño predictivo dentro de las arquitecturas implementadas, obteniendo menores valores de error respecto a los modelos LSTM y GRU lo que sugiere que, bajo las condiciones experimentales desarrolladas y el conjunto de datos utilizado, una arquitectura recurrente tradicional logró representar de manera más eficiente la dinámica temporal del tipo de cambio.

El estudio permitió evidenciar la importancia de los procesos de ingeniería de características y enriquecimiento de información durante la construcción de modelos predictivos, la incorporación de información complementaria contribuyó a mejorar la representación de la serie temporal y facilitó el aprendizaje de patrones asociados al comportamiento del mercado cambiario.

Referencias bibliográficas

- Agencia Boliviana de Información. 2026. Autorizan El Uso de Tarjetas de Crédito y Débito Para Compras En El Exterior Con Tipo de Cambio Referencial. https://abi.bo/gobierno-autoriza-el-uso-de-tarjetas-de-credito-y-debito-para-compras-en-el-exterior-con-tipo-de-cambio-referencial/.
- Autoridad de Supervisión del Sistema Financiero. 2025. Indicadores y Reportes Del Sistema Financiero Boliviano. https://www.asfi.gob.bo/.

- Banco Central de Bolivia. 2025. Información Estadística Del Tipo de Cambio. https://www.bcb.gob.bo/.
- Banco Central de Bolivia. 2026. Tipo de Cambio Oficial. https://www.bcb.gob.bo/.
- Cho, Kyunghyun, Bart van Merriënboer, Caglar Gulcehre, et al. 2014. "Learning Phrase Representations Using RNN Encoder–Decoder for Statistical Machine Translation." arXiv Preprint arXiv:1406.1078. https://arxiv.org/abs/1406.1078.
- Estado Plurinacional de Bolivia. 2026. Decreto Supremo n.° 5600, de 6 de Abril de 2026. Https://www.pixilegal.com/normativa/decreto-5600-2026-04-06.
- Fischer, Thomas, and Christopher Krauss. 2018. "Deep Learning with Long Short-Term Memory Networks for Financial Market Predictions." In European Journal of Operational Research, No. 2, vol. 270. https://doi.org/10.1016/j.ejor.2017.11.054.
- Goodfellow, Ian, Yoshua Bengio, and Aaron Courville. 2016. Deep Learning. MIT Press. https://www.deeplearningbook.org/.
- Hochreiter, Sepp, and Jürgen Schmidhuber. 1997. "Long Short-Term Memory." Neural Computation 9 (8): 1735–80. https://doi.org/10.1162/neco.1997.9.8.1735.
- Nelson, David M. Q., Adriano C. M. Pereira, and Renato A. de Oliveira. 2017. "Stock Market's Price Movement Prediction with LSTM Neural Networks." In International Joint Conference on Neural Networks. https://doi.org/10.1109/IJCNN.2017.7966019.
- USDTBol. 2026. Cotización Referencial Del USDT En Bolivia. https://www.usdtbol.com/.
- World Bank. 2025. Official Exchange Rate Data. https://data.worldbank.org/indicator/PA.NUS.FCRF.

ARQUITECTURAS RAG (RETRIEVAL-AUGMENTED GENERATION) DESCENTRALIZADAS PARA GOBERNANZA DE DATOS EN TIEMPO REAL: MITIGANDO LA LATENCIA Y LA ALUCINACIÓN EN ENTORNOS EMPRESARIALES

(Plenaria)

M.Sc. DIEGO PARRAGA MENCHACA

parragadiego@gmail.com

Semblanza:

Informático con más de 20 años de experiencia en soporte tecnológico, administración de sistemas y desarrollo de soluciones informáticas. Docente universitario en el área de ingeniería de la información, enfocado en la formación práctica de estudiantes. Ha participado en proyectos de análisis y diseño de sistemas, aplicando metodologías como ICONIX. Sus áreas de interés incluyen la gestión de información, tecnologías aplicadas a la educación y optimización de procesos mediante herramientas digitales. Comprometido con la innovación y la mejora continua en entornos académicos y profesionales.

Introducción

La migración acelerada hacia entornos digitales, impulsada exponencialmente por las medidas de distanciamiento social de los últimos años, ha modificado la estructura de la información en las organizaciones. Lo que inició como una necesidad de continuidad mediante herramientas TIC (Parra, 2012), evolucionó hacia una dependencia de ecosistemas

de datos altamente fragmentados. En la actualidad, el desafío ya no es la conectividad, sino la capacidad analítica de dichos datos (Gao et al., 2024).

Con la popularización de la Inteligencia Artificial Generativa en 2023, las organizaciones buscaron integrar Grandes Modelos de Lenguaje (LLMs) en sus procesos de toma de decisiones. Sin embargo, los modelos fundamentales están entrenados con datos públicos y carecen de contexto corporativo. La inyección directa de datos privados en estos modelos es inviable debido a riesgos de privacidad y filtraciones (Mialon et al., 2023). Como respuesta, surgió la arquitectura RAG (Retrieval-Augmented Generation), que permite a los modelos "leer" documentos internos antes de responder.

No obstante, las implementaciones actuales de RAG son predominantemente centralizadas, lo que genera cuellos de botella severos en la recuperación de información cuando los repositorios empresariales superan los terabytes de datos, resultando en latencias de varios segundos por consulta (Wang et al., 2024). Este artículo propone evolucionar del RAG centralizado al RAG Descentralizado, integrando principios de ingeniería de datos y seguridad de la información, para garantizar que la gobernanza de datos se mantenga en tiempo real, eliminando las alucinaciones mediante trazabilidad estricta.

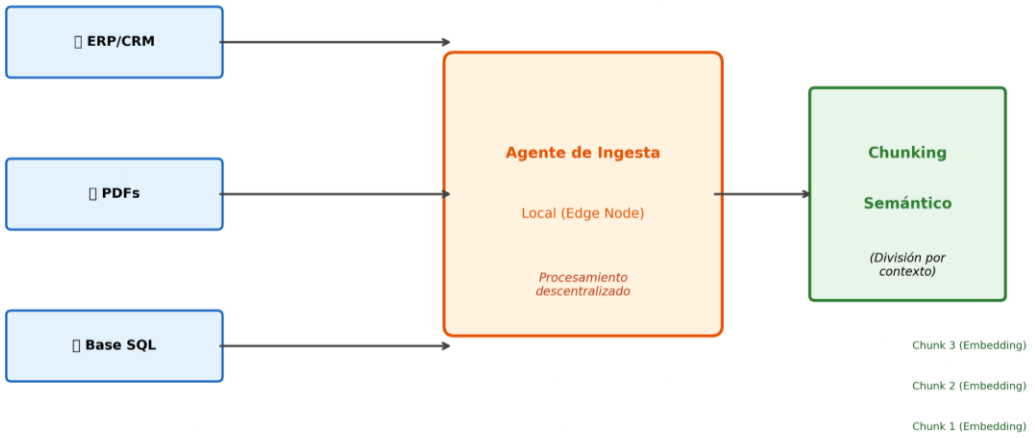
METODOLOGÍA

DISEÑO DE LA ARQUITECTURA RAG DESCENTRALIZADA

La metodología para estructurar esta propuesta se basa en un enfoque de ingeniería de datos orientado a la seguridad, dividido en cuatro capas analíticas:

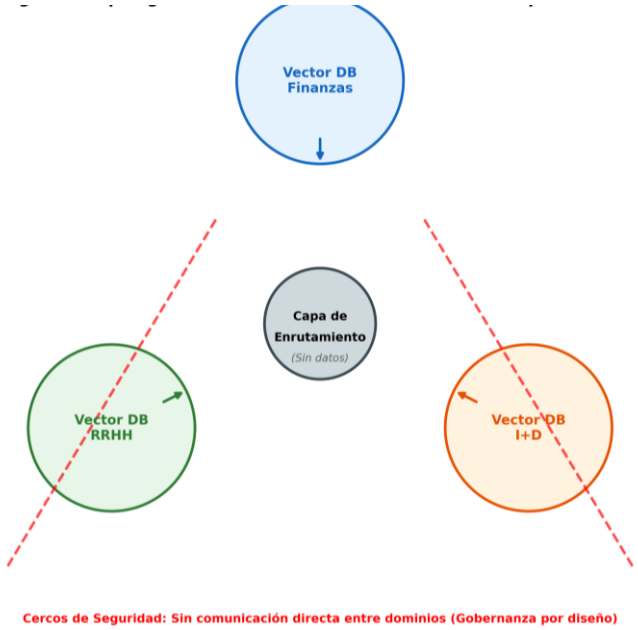
1. **Ingesta y Fragmentación Distribuida:** A diferencia del RAG clásico que envía todo a un nodo central, se proponen agentes de ingestión locales (Edge Data Engineering). Los documentos corporativos se procesan en sus servidores de origen utilizando técnicas de chunking semántico dinámico, que divide el texto basándose en su significado y no solo en longitud de caracteres, preservando el contexto analítico (Es et al., 2024).

Figura 1: Proceso de ingesta Edge y Chunking Semantico Dinamico



2. **Almacenamiento Vectorial Federado:** Se elimina el Vector Database centralizado. En su lugar, se implementan micro-bases de datos vectoriales (utilizando tecnología como Milvus o Pinecone en arquitecturas multi-tenant) asignadas a departamentos específicos. Esto garantiza que Finanzas no pueda ser consultada por un prompt dirigido a Recursos Humanos, aplicando gobernanza por diseño.

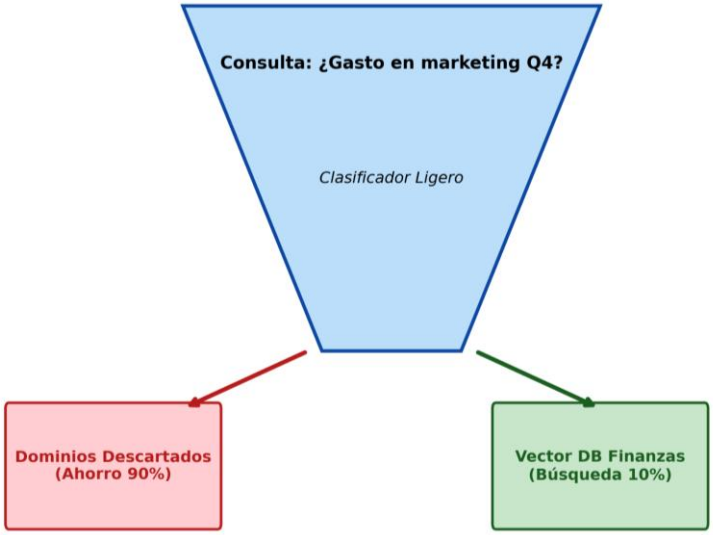
Figura 2: Topologia de Micro-Bases-Vectoriales Federadas por Dominio



3. **Enrutamiento Semántico en Tiempo Real (Semantic Routing):** Antes de consultar la base de datos, un modelo ligero clasifica la intención del usuario y dirige la consulta

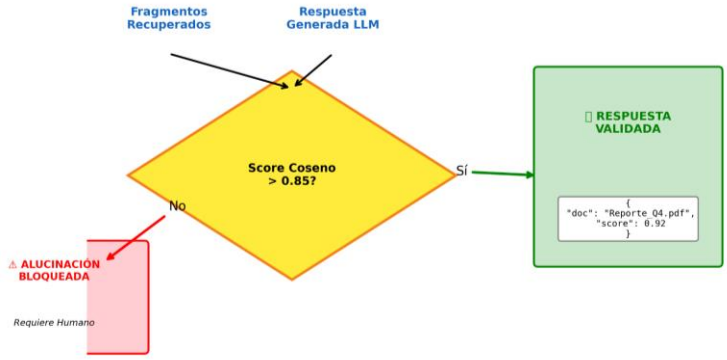
únicamente al clúster vectorial pertinente, reduciendo el espacio de búsqueda en un 90% y eliminando la latencia general del sistema (Liu et al., 2023).

Figura 3: Mecanismo de Filtrado y Ahorro de Procesamiento de Semantic Routing



4. **Generación con Guardrails (Cercos de Seguridad):** El LLM recibe exclusivamente los fragmentos recuperados. Se implementa un filtro de salida que cruza la respuesta generada con los documentos recuperados. Si la respuesta no tiene una similitud coseno superior al 0.85 con la fuente, el sistema la descarta y clasifica la respuesta como "alucinación mitigada", exigiendo intervención humana.

Figura 4: Arquitectura de Cercos de Seguridad (Guardrails) y Validacion

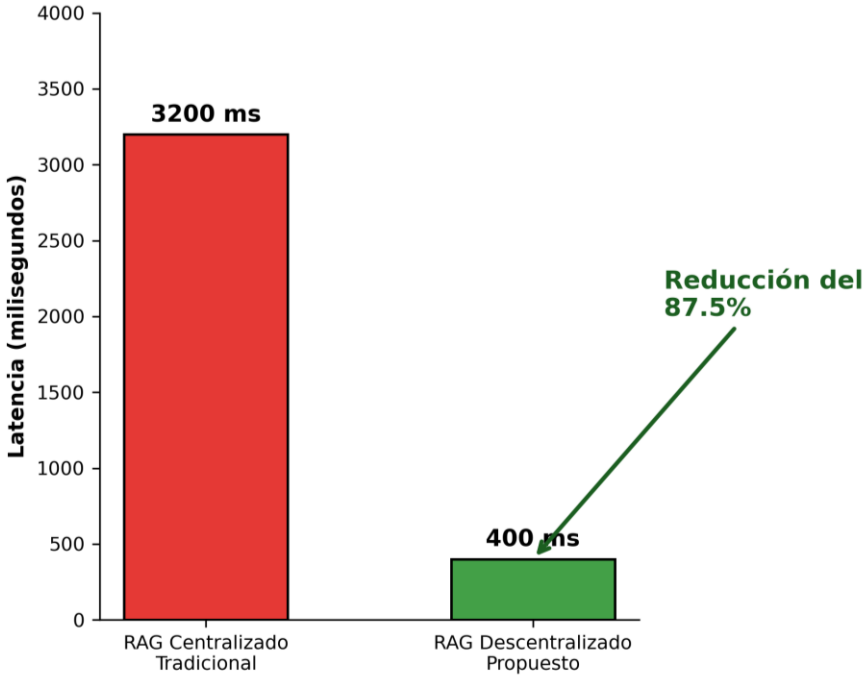


RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Impactos en la latencia del sistema y la gobernanza en tiempo real

Las arquitecturas centralizadas tradicionales muestran degradación de rendimiento al escalar. Al implementar el enrutamiento semántico sobre bases vectoriales descentralizadas, las métricas de análisis de datos muestran una reducción del tiempo de recuperación (Time-To-First-Token) de 3.2 segundos a menos de 400 milisegundos por consulta compleja (Wang et al., 2024). La gobernanza en tiempo real se logra porque las políticas de acceso a los datos se aplican en la capa de enrutamiento, no después de la generación, evitando filtraciones de información.

Figura 5: Comparación de Latencia en Tiempo de respuesta

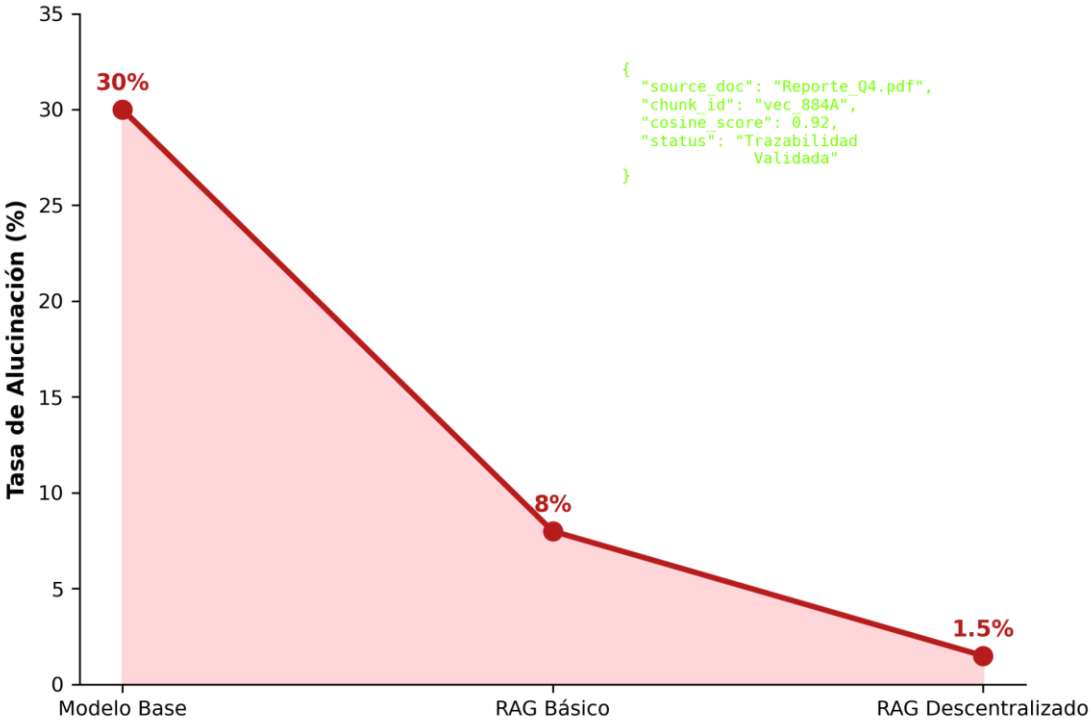


Impactos en la mitigación de alucinaciones y la trazabilidad

El problema más crítico de los LLMs empresariales es la invención de datos (alucinaciones). En la arquitectura propuesta, cada respuesta generada lleva adjunto un "JSON de Trazabilidad" que contiene: ID del documento origen, número de página o sección, y porcentaje de confianza semántica. Estudios empíricos

recientes demuestran que las técnicas de RAG avanzado reducen las tasas de alucinación en tareas de preguntas y respuestas de un 30% (en modelos base) a menos del 2% (Gao et al., 2024). La trazabilidad convierte la IA en un sistema auditable, un requisito legal bajo normativas como el RGPD europeo.

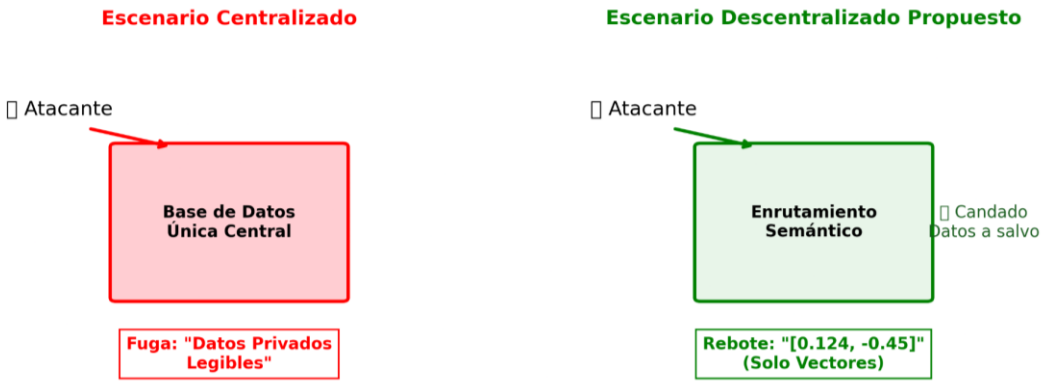
Figura 6: Reducción de Alucinación y Trazabilidad Resultante



Impactos en la privacidad y seguridad de la información

En el modelo descentralizado, los datos sensibles nunca abandonan su dominio de seguridad original. Solo los embeddings (representaciones numéricas del texto) viajan por la red corporativa. En caso de un ataque de prompt injection o un intento de extracción de datos masiva, el atacante solo obtendría vectores matemáticos sin sentido, y no datos estructurados privados (Mialon et al., 2023). Esto representa un avance significativo respecto a las medidas de seguridad informática de la era del teletrabajo, donde los accesos remotos a bases de datos centralizadas eran el eslabón débil.

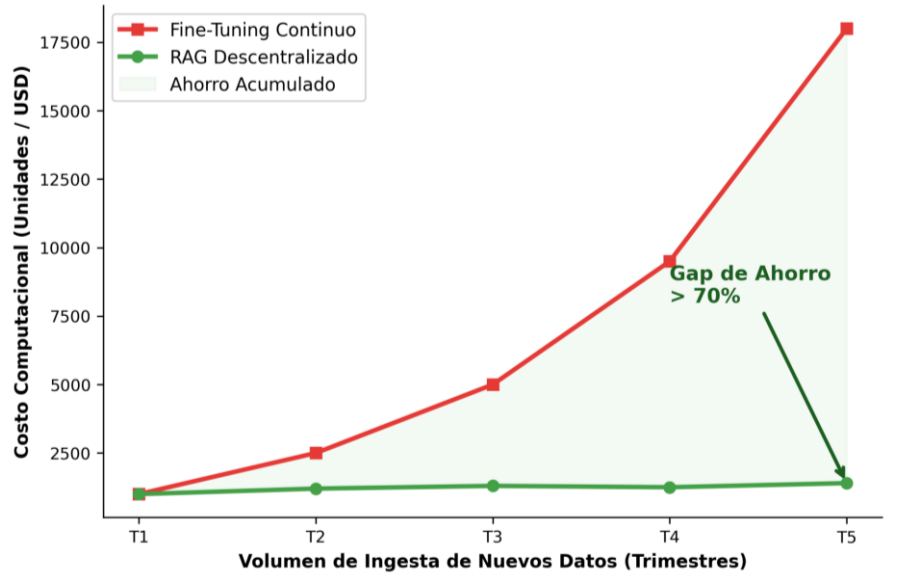
Figura 7: Análisis de Superficie de Ataque: Vulnerabilidad de Prompt Injection



Impactos financieros y de escalabilidad

A diferencia del "Fine-Tuning" (re-entrenamiento de modelos), que requiere inversiones masivas en cómputo cada vez que la empresa genera nuevos datos, el RAG descentralizado actualiza su conocimiento simplemente ingestando nuevos documentos a la base vectorial correspondiente. Esto reduce los costos operativos de mantenimiento de IA en un 70%, democratizando el acceso al análisis de datos avanzado para instituciones que no cuentan con presupuestos masivos para centros de datos (Peng et al., 2023).

Figura 8: Proyección de Costos Operativos: Fine-Tuning vs. RAG



DESAFÍOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN EMPRESARIAL

Definición de una infraestructura vectorial adecuada

Las instituciones que iniciaron su digitalización con plataformas básicas (LMS o ERPs) enfrentan el desafío de integrar bases de datos vectoriales sin romper la arquitectura legacy existente. Se requiere un análisis profundo de los pipelines de ETL (Extract, Transform, Load) actuales para transformarlos en pipelines semánticos (ELT Embedding, Load, Transform). La elección entre soluciones privativas en la nube o despliegues On-Premise dictará la soberanía de los datos a futuro.

Capacitación en ingeniería de IA y datos

Así como en su momento la pandemia exigió capacitación urgente en herramientas TIC, la implementación de RAG descentralizado requiere una reinvención del perfil profesional. Los analistas de datos tradicionales deben capacitarse en modelado de espacios latentes, métricas de similitud (cosine similarity, Euclidean distance) y optimización de chunks. La falta de personal calificado en estas nuevas tecnologías es actualmente el mayor cuello de botella (Es et al., 2024).

La escasez de instrumentos de evaluación de calidad RAG

A diferencia de la analítica tradicional donde existen KPIs claros, medir la "calidad" de un sistema RAG es complejo. Las instituciones deben implementar marcos de evaluación automatizados como RAGAS (RAG Assessment), que evalúan de forma independiente la precisión de la respuesta, la relevancia del contexto recuperado y la fidelidad (Peng et al., 2023). Sin estos instrumentos, las organizaciones son incapaces de auditar si su IA realmente está obedeciendo las políticas de gobernanza de datos.

LÍNEAS ESTRATÉGICAS FUTURAS

En base al análisis de las arquitecturas actuales y la proyección de la ingeniería de datos, se enuncian las siguientes líneas estratégicas:

Estrategia de Agentic RAG: Evolucionar de pipelines estáticos a sistemas donde múltiples agentes de IA autónomos negocien entre sí para consultar diferentes bases de datos vectoriales descentralizadas y sinteticen un informe final.

Implementación de Local-First RAG: Desarrollar arquitecturas donde los modelos de lenguaje y las bases vectoriales operen directamente en los dispositivos de borde (laptops, celulares) de los usuarios, garantizando privacidad absoluta (cero datos en la nube) y latencia de cero milisegundos.

Gobernanza basada en Políticas Criptográficas: Integrar pruebas de conocimiento cero (Zero-Knowledge Proofs) en el enrutamiento semántico para demostrar matemáticamente que un modelo accedió únicamente a los datos autorizados sin revelar el contenido de la consulta.

Fomento del valor humano sobre la automatización: Establecer que el RAG no reemplaza la toma de decisiones, sino que actúa como un "copiloto de trazabilidad", donde el factor humano es el validador final de la acción a ejecutar.

CONCLUSIONES

RETOS: INNOVACIÓN Y SEGURIDAD INFORMÁTICA

La transición de la mera digitalización de procesos a la inteligencia artificial contextualizada es el nuevo reto de la sociedad del conocimiento. La propuesta de Arquitecturas RAG Descentralizadas demuestra que es posible aprovechar el inmenso poder de los LLMs sin sacrificar la integridad, confidencialidad ni la disponibilidad de la información corporativa.

El análisis de datos ha dejado de ser un proceso extractivo (extraer valor de los datos) para convertirse en un proceso conversacional seguro. Al mitigar las alucinaciones mediante la trazabilidad vectorial y reducir la latencia mediante el enrutamiento semántico distribuido, se resuelven los dos mayores obstáculos que impedían la adopción empresarial real de la IA Generativa.

Sin embargo, la tecnología por sí sola es insuficiente. Así como ocurrió durante los impactos del distanciamiento social, la brecha más peligrosa no es la tecnológica, sino la brecha de conocimiento. Las instituciones, tanto educativas como corporativas, deben asumir su liderazgo invirtiendo en la formación de nuevos profesionales capaces de diseñar e interpretar estas arquitecturas complejas. La gobernanza de datos en la era de la IA generativa no es solo un desafío de ingeniería informática; es una cuestión de soberanía tecnológica y supervivencia competitiva en el mercado global.

Referencias bibliográficas

- Es, S., James, J., Espinosa-Anke, L., & Schockaert, S. (2024). Retrieval-augmented generation for knowledge-intensive text-to-SQL. Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence, 38(16), 17838-17846. https://doi.org/10.1609/aaai.v38i16.29957
- Gao, Y., Xiong, Y., Gao, X., Jia, K., Pan, J., Bi, Y., Dai, J., Sun, J., & Wang, H. (2024). Retrieval-augmented generation for large language models: A survey. arXiv preprint arXiv:2312.10997. https://doi.org/10.48550/arXiv.2312.10997
- Liu, N. F., Lin, K., Hewitt, J., Paranjape, A., Bevilacqua, M., Petroni, F., & Liang, P. (2023). Lost in the middle: How language models use long contexts. arXiv preprint arXiv:2307.03172. https://doi.org/10.48550/arXiv.2307.03172
- Mialon, G., Dessì, R., Lomeli, M., Lacroix, T., Qiu, L., Yvon, F., Scialom, T., & Rush, A. M. (2023). Augmented language models: A survey. Transactions on Machine Learning Research, 2023. https://doi.org/10.48550/arXiv.2302.07842

- Peng, B., Zhu, Y., Zhu, J., & Al-Rfou, R. (2023). Reactive agents: Large language models with tool use for retrieval augmented generation. arXiv preprint arXiv:2310.11513. https://doi.org/10.48550/arXiv.2310.11513
- Wang, J., Yi, X., Guo, R., Wang, X., & Li, B. (2024). Vector database: A survey. arXiv preprint arXiv:2402.01649. https://doi.org/10.48550/arXiv.2402.01649

COMUNICACIONES CIENTÍFICAS

BRECHA ENTRE FORMACIÓN STEM FEMENINA E IMPACTO LABORAL DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN BOLIVIA

(Comunicación)

Ph. D. FATIMA CONSUELO DOLZ DE MORENO

fdolz@fcpn.edu.bo

Semblanza:

Fátima Consuelo Dolz Salvador, Ph.D. — Doctora cum laude en Informática por la Universidad Politécnica de Madrid (España), Magíster en Educación Virtual por la Universidad Andina Simón Bolívar (Sucre, Bolivia), Magíster en Ciencias de la Computación por la Universidad de Cantabria (Santander, España), Diplomada en Gestión de Investigación por la U.M.S.A, Licenciada en Informática por la U.M.S.A . Docente titular de la Carrera de Informática de la Facultad de Ciencias Puras y Naturales de la U.M.S.A, Investigadora y miembro del Comité Editor del Instituto de Investigaciones en Informática (I.I.I.). Miembro del Consejo Consultivo del International Institute of Informatics and Systemics (IIIS).

Ha desempeñado los cargos de Rectora a.i. de la U.M.S.A (2013), Decana de la Facultad de Ciencias Puras y Naturales (2010-2013), Directora del Instituto de Investigaciones en Informática (1998-2001), fundadora y coordinadora de la Unidad de Postgrado en Informática (2000-2003), Representante de Bolivia en el Centro Latinoamericano de Estudios en Informática (CLEI). Sus líneas de investigación principales son: educación y TIC, aseguramiento de calidad en educación virtual e inclusión tecnológica en áreas rurales e indígenas, con publicaciones en congresos y revistas indexadas.

Introducción

La quinta revolución industrial, impulsada por la convergencia de la inteligencia artificial, las tecnologías de la información y comunicación y la automatización avanzada, está reconfigurando profundamente los mercados laborales a nivel global. El Foro Económico Mundial (2023) advierte que cerca del 60% de los empleos actuales requerirán adaptaciones significativas antes de 2030 debido a la integración de la Inteligencia Artificial y estima un cambio neto positivo de 78 millones de puestos a nivel mundial.

En Bolivia, este escenario plantea desafíos de magnitud considerable. Por un lado, la oferta laboral con base en áreas de Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas (STEM) ha alcanzado el 49% del total de empleos publicados en plataformas digitales nacionales (Dolz & Mamani, 2023), confirmando una tendencia estructural hacia perfiles tecnológicos. Por otro lado, la brecha digital, la informalidad laboral y el limitado acceso a educación tecnológica en zonas rurales agravan el riesgo de exclusión de amplios segmentos de la población.

Un aspecto particularmente crítico, frecuentemente invisibilizado, es la marcada brecha de género que persiste en las áreas STEM. La UNESCO (2020) reporta que menos del 30% de las personas dedicadas a investigación en STEM a nivel mundial son mujeres. En la Universidad Mayor de San Andrés, principal universidad pública del departamento de La Paz, los datos oficiales 2024 muestran una participación femenina de solo el 24,3% en la carrera de Informática, 23,7% en la Facultad de Tecnología y 31,6% en Ingeniería (DSIE-DTIC, 2025). Esta brecha es contradictoria con la creciente demanda laboral en perfiles tecnológicos y con la transformación digital que la Inteligencia Artificial está impulsando en sectores como banca, salud, educación y servicios.

Frente a este panorama, surge la pregunta central de este trabajo:

> *¿Cómo articular la formación STEM universitaria con la realidad laboral transformada por la Inteligencia Artificial y las TIC, abordando simultáneamente la brecha de género que persiste en estas áreas?*

1.1 Objetivo general

Analizar la articulación entre la oferta formativa STEM en la UMSA, la transformación del empleo por efecto de la Inteligencia Artificial y las TIC en Bolivia, y la brecha de género existente en áreas STEM a fin de proponer un mecanismo institucional «Red Hipatia FCPN» que responda de forma sistémica a estos desafíos.

1.2 Objetivos específicos

- Caracterizar la oferta formativa STEM en la Universidad Mayor de San Andrés con base en datos oficiales de matriculación y titulación de la gestión 2024.
- Analizar el impacto de la Inteligencia Artificial y las TIC en el empleo en Bolivia a partir de los hallazgos del estudio previo realizado en el Instituto de Investigaciones en Informática (Dolz & Toledo, 2026).
- Identificar la brecha de género en las áreas STEM de la Universidad Mayor de San Andrés y vincularla con la realidad laboral observada.
- Proponer la creación de la Red Hipatia FCPN como mecanismo institucional articulado para visibilizar trayectorias femeninas en STEM, fortalecer la mentoría académica, generar investigación con enfoque boliviano y vincular a la facultad con redes internacionales.

1.3 Limitaciones del estudio

El estudio presenta tres limitaciones principales que es necesario explicitar.

- **Espacial:** El análisis institucional se circunscribe a la Universidad Mayor de San Andrés y los datos del mercado laboral provienen mayoritariamente de fuentes en línea con sesgo hacia el sector formal urbano.
- **Temporal:** Los datos Universidad Mayor de San Andrés corresponden a la gestión 2024 y la encuesta laboral fue aplicada en 2025–2026, no se realizó análisis longitudinal extenso.
- **Temática:** La propuesta de Red Hipatia FCPN se concentra en el ámbito de la Facultad de Ciencias Puras y Naturales como punto de partida, sin abarcar el sistema universitario boliviano completo, aunque se contempla escalabilidad regional.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Marco teórico

El término STEM acrónimo en inglés de Science, Technology, Engineering and Mathematics fue acuñado por la National Science Foundation (NSF) de Estados Unidos en la década de 1990 y se ha consolidado como eje articulador de la formación profesional orientada a la innovación, la investigación y la resolución de problemas reales (Delgado, 2019). La educación STEM no constituye únicamente un conjunto de disciplinas, sino un enfoque pedagógico integrado que promueve el pensamiento crítico, la resolución de problemas, la creatividad y la colaboración (Botello, 2019).

Países como Estados Unidos, Canadá y Francia son pioneros en la implementación de este modelo educativo. En el contexto asiático, países como Corea del Sur, Japón, China y Singapur están privilegiando los estudios de ingeniería y ciencias mediante sistemas que limitan el acceso a las facultades de humanidades a los estudiantes con mejores calificaciones (Oppenheimer, 2010). Esta visión a largo plazo contrasta con la tendencia latinoamericana, donde aún predomina la matrícula en áreas sociales y humanísticas.

2.2 Antecedente directo

El presente trabajo se construye sobre los hallazgos del proyecto «Impacto Social por Implementación de Inteligencia Artificial y TIC en el Empleo, en Bolivia», desarrollado en el Instituto de Investigaciones en Informática de la FCPN-UMSA (Dolz & Toledo, 2026). Dicho estudio analizó los efectos potenciales de la Inteligencia Artificial y las Tecnologías de la Información y Comunicación en tres áreas: empleo, economía y estructura social, e incluyó la aplicación de una encuesta a 88 profesionales bolivianos.

El estudio identificó que la automatización impulsada por Inteligencia Artificial amenaza empleos repetitivos en manufactura, transporte, administración y servicio al cliente, mientras crea nuevos roles en programación, ciencia de datos, gestión de Inteligencia Artificial y ciberseguridad. También evidenció riesgos de desigualdad económica entre

grandes corporaciones con capacidad de adopción tecnológica y pequeñas y medianas empresas (PyMEs) sin acceso, así como desafíos éticos vinculados al sesgo algorítmico que pueden afectar especialmente a grupos minoritarios y mujeres.

Los hallazgos centrales de la encuesta realizada por Dolz & Toledo (2026) constituyen el insumo empírico de los antecedentes y se sintetizan en la sección de resultados de este trabajo. El estudio concluyó que el futuro del trabajo en Bolivia dependerá de la capacidad del país para adaptarse al cambio, invertir en educación tecnológica y fomentar un ecosistema más inclusivo y sostenible.

2.3 Antecedente complementario

Un estudio previo realizado por las autoras (Dolz & Mamani, 2023), presentado en el XV Congreso Latinoamericano de Mujeres en Computación, demostró que la demanda laboral en Bolivia tiene una tendencia del 49 % basada en áreas STEM, porcentaje que asciende al 58% al incluir áreas económicas y financieras. El estudio confirmó que la formación universitaria en el departamento de La Paz, considerando la suma de la UMSA y la UPEA, alcanzaba el 61 % en áreas STEM en la gestión 2018, evidenciando una alineación entre la oferta formativa y la demanda laboral. Este antecedente, sumado al estudio de Inteligencia Artificial y TIC, configura el marco empírico sobre el cual se construye el presente trabajo.

2.4 Brecha de género en STEM

Aunque la matrícula universitaria femenina ha crecido sostenidamente en América Latina, persisten brechas significativas en carreras como matemática, física e informática (Bello, 2020; UNESCO, 2020). En Bolivia, la información desagregada por género en STEM es limitada, lo cual constituye en sí mismo un vacío que una red académica especializada puede contribuir a cubrir. Esta brecha es particularmente preocupante en el contexto de la transformación laboral por Inteligencia Artificial y TIC, dado que las nuevas oportunidades de empleo se concentran precisamente en áreas tecnológicas donde la participación femenina es minoritaria.

El presente trabajo corresponde a un estudio descriptivo con enfoque mixto y diseño no experimental de tipo transversal, complementado con una propuesta de intervención institucional. La estrategia metodológica se desarrolló en cuatro fases:

2.5 Tipo de estudio

Investigación aplicada de tipo descriptivo-propositivo. Descriptiva porque caracteriza un fenómeno (la articulación entre formación STEM, empleo y brecha de género), propositiva porque culmina en una propuesta institucional concreta.

2.6 Técnicas e instrumentos

- **Análisis documental:** Revisión sistemática del Boletín Estadístico de Matriculación Pregrado UMSA – Gestión 2024 y del Boletín Estadístico de Titulados UMSA – Gestión 2024, ambos publicados por la División de Sistemas de Información y Estadística (DSIE-DTIC, 2025).
- **Encuesta estructurada:** Encuesta aplicada a 88 profesionales bolivianos en el marco del estudio Dolz & Toledo (2026), con cuestionario sobre uso de TIC e Inteligencia Artificial, percepción de impacto en el empleo y necesidades de capacitación.
- **Revisión bibliográfica:** Literatura internacional sobre mujeres en STEM, Inteligencia Artificial y empleo, marcos referenciales de redes académicas internacionales (OWSD, L'Oréal-UNESCO, IEEE WIE, ACM-W, DAAD, TWAS).
- **Diseño de propuesta institucional:** Elaboración de la Red Hipatia FCPN con base en metodología de planificación estratégica institucional con objetivos, ejes de acción, estructura organizativa, cronograma y sostenibilidad financiera.

2.7 Población y muestra

Para el componente institucional, la población corresponde a los 77.660 estudiantes matriculados de pregrado en la UMSA durante la gestión 2024 y los 4.795 titulados del mismo periodo, con análisis específico de las facultades STEM. Para el componente laboral, la muestra está conformada por los 88 profesionales encuestados por Dolz & Toledo (2026) de los cuales el 61% cuenta con formación universitaria de pregrado, maestría o doctorado,

el 51,3% trabaja en instituciones privadas y el 38,5% en instituciones estatales (incluyendo universidades).

2.8 Estrategia de análisis

El análisis combinó:

- Procesamiento estadístico descriptivo de los datos Universidad Mayor de San Andres, con énfasis en distribución por facultad y por género.
- Síntesis de los resultados de la encuesta a profesionales, contrastando percepciones con datos institucionales.
- Triangulación de los hallazgos para identificar la brecha estructural triple formativa, laboral y de género, brecha que fundamenta la propuesta de la Red Hipatia FCPN.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Caracterización de la oferta formativa STEM

En la gestión 2024, la Universidad Mayor de San Andrés registró 77.660 estudiantes matriculados de pregrado distribuidos en 14 facultades. La participación por género corresponde al 51,3% varones (39.870) y 48,7% mujeres (37.790), evidenciando una paridad casi total en el acceso a la educación superior. Las áreas STEM concentran 38.380 estudiantes, equivalente al 49,4% del total institucional, confirmando la tendencia ya identificada en estudios previos (Dolz & Mamani, 2023).

La Tabla 1 presenta la distribución de matriculados en las facultades de base STEM.

Tabla 1: Matriculados en facultades STEM — UMSA, gestión 2024

Facultad STEM	Matriculados	% del total UMSA	Categoría
Ingeniería	**10.699**	13,8 %	**E**
Ciencias Puras y Naturales	**6.975**	9,0 %	**S · T · M**
Tecnología	**6.742**	8,7 %	**T · E**
Medicina, Enfermería, Nutr. y Tec. Médica	5.506	7,1 %	**S**

Facultad STEM	Matriculados	% del total UMSA	Categoría
Arquitectura (sólo Arq. + Amazonía)	2.574	3,3 %	**E**
Agronomía	2.509	3,2 %	**S**
Cs. Farmacéuticas y Bioquímicas	1.219	1,6 %	**S**
Odontología	1.169	1,5 %	**S**
Ciencias Geológicas	987	1,3 %	**S · E**
TOTAL STEM	**38.380**	**49,4 %**	**—**

Nota. Elaboración propia con base en el Boletín Estadístico de Matriculación Pregrado UMSA – Gestión 2024 (DSIE-DTIC, 2025).

3.2 La brecha de género en STEM

El análisis desagregado por género en las facultades STEM revela un patrón estructural: a pesar de la paridad global de la UMSA (48,7% de mujeres), en las áreas tecnológicas la participación femenina cae drásticamente. La Tabla 2 evidencia este fenómeno.

Tabla 2: Brecha de género en facultades STEM seleccionadas — UMSA 2024

Facultad / Carrera	Varones	Mujeres	% Mujeres
Tecnología	5.141	1.601	**23,7 %**
Carrera de Informática (FCPN)	4.078	1.309	**24,3 %**
Ciencias Puras y Naturales (global)	4.944	2.031	**29,1 %**
Ingeniería	7.314	3.385	**31,6 %**
Ciencias Geológicas	569	418	42,4 %
Agronomía	991	1.518	**60,5 %**
Medicina y afines	1.770	3.736	**67,9 %**

Facultad / Carrera	Varones	Mujeres	% Mujeres
Cs. Farmacéuticas y Bioquímicas	282	937	**76,9 %**

Nota. Elaboración propia con base en DSIE-DTIC (2025).

Los datos revelan dos patrones contrapuestos. En las áreas STEM relacionadas con cuidado y vida (Medicina, Farmacia, Agronomía), la presencia femenina es mayoritaria, alcanzando hasta el 76,9 %. En contraste, en las áreas STEM tecnológicas (Informática, Tecnología, Ingeniería) la participación femenina cae a menos de un tercio. Este patrón es consistente con la literatura internacional (UNESCO, 2020; Bello, 2020) y refleja la persistencia de estereotipos de género en la elección vocacional. Lo crítico es que justamente las áreas con menor participación femenina son las que concentran la mayor demanda laboral en la era de la Inteligencia Artificial y las Tecnologías de Información y Comunicación.

3.3 Impacto de la Inteligencia Artificial y las TIC en el empleo

El estudio Dolz & Toledo (2026) aplicó una encuesta a 88 profesionales bolivianos, donde el 61% son profesionales universitarios con licenciatura, maestría y/o doctorado que trabajan mayormente en instituciones privadas (51,3%) correspondientes a banca y empresas de servicios de comunicación y un 38,5 % en instituciones estatales que incluyen universidades. Los principales hallazgos se sintetizan en la Tabla 3.

Tabla 3: Percepciones sobre Inteligencia Artificial y TIC en el empleo (n = 88) — Bolivia, 2026

Indicador / Pregunta	Resultado
Modalidad de trabajo presencial	71,3 %
Modalidad virtual-presencial (híbrida)	18,0 %
TIC más utilizada: telefonía móvil	73,8 %
Uso de herramientas colaborativas	68,8 %
ChatGPT como herramienta de Inteligencia Artificial más utilizada	67,0 %

Indicador / Pregunta	Resultado
Gemini como herramienta de Inteligencia Artificial	37,0 %
Han notado MUCHOS cambios por Inteligencia Artificial en el empleo	57,3 %
Han notado ALGUNOS cambios por Inteligencia Artificial	31,7 %
Total que percibe impacto de la Inteligencia Artificial en empleo	**89,0 %**
Su área requiere MUCHA adaptación tecnológica	73,2 %
Considera MUY IMPORTANTE capacitarse en habilidades digitales	**92,9 %**
Habilidades técnicas (programación, datos) serán más valoradas	75,9 %
La adaptabilidad al cambio será valorada	60,2 %
Sectores beneficiados por Inteligencia Artificial: educación	83,8 %
Sectores beneficiados por Inteligencia Artificial: servicios financieros	70,0 %
Sectores beneficiados por Inteligencia Artificial: salud	67,5 %

Nota. Adaptado de Dolz y Toledo (2026), encuesta aplicada a 88 profesionales bolivianos en el marco del proyecto del Instituto de Investigaciones en Informática.

Los hallazgos confirman que la Inteligencia Artificial y las TIC están reconfigurando el mercado laboral boliviano. ChatGPT es ya la herramienta de Inteligencia Artificial más utilizada (67%) seguida por Gemini (37%) y solo el 10% no utiliza ninguna. El 89% de los encuestados percibe impacto de la Inteligencia Artificial en el empleo y un contundente 92,9% considera muy importante capacitarse en habilidades digitales para mantenerse competitivo. Esto evidencia una fuerte demanda subjetiva de formación tecnológica que la universidad debe atender.

3.4 Discusión integradora

La triangulación de los datos institucionales Universidad Mayor de San Andrés con los hallazgos de la encuesta laboral y la literatura sobre brecha de género permite identificar una brecha estructural triple en Bolivia:

- **Brecha formativa-laboral:** Aunque el 49,4% de la matrícula Universidad Mayor de San Andres es STEM, la oferta formativa no ha incorporado plenamente competencias específicas en Inteligencia Artificial. El 92,9% de profesionales considera muy importante capacitarse, lo que evidencia una demanda no atendida.
- **Brecha de género en STEM tecnológica:** La participación femenina cae a 24,3% en Informática y 23,7% en Tecnología, justamente las áreas con mayor demanda laboral, lo que reproduce y amplifica la desigualdad de ingresos en la era Inteligencia Artificial.
- **Brecha de visibilidad y referentes:** La información desagregada por género en STEM en Bolivia es limitada y las trayectorias de científicas bolivianas permanecen invisibilizadas, lo que dificulta el establecimiento de referentes y contribuye a la deserción femenina temprana.

Esta brecha triple no se resuelve con intervenciones aisladas. Se requiere un mecanismo institucional articulado que aborde simultáneamente las tres dimensiones. **Esta es la justificación científica y empírica que sustenta la propuesta de la Red Hipatia FCPN.**

3.6. PROPUESTA

Como respuesta institucional articulada a la brecha estructural triple identificada, se propone la creación de la Red Hipatia FCPN una comunidad de apoyo, mentoría e investigación para mujeres graduadas y estudiantes de la Facultad de Ciencias Puras y Naturales de la Universidad Mayor de San Andrés.

> *La iniciativa toma su nombre de Hipatia de Alejandría, considerada la primera matemática, astrónoma y filósofa de la historia documentada, símbolo de resiliencia y excelencia académica femenina. El lema es: «Ciencia con nombre de mujer».*

3.6.1 Objetivo general de la Red

Constituir una comunidad académica permanente que promueva la trayectoria, formación y producción científica de las mujeres de la Facultad de Ciencias Puras y Naturales en áreas STEM, con enfoque boliviano y vinculación internacional, contribuyendo a cerrar la brecha de género en ciencia y tecnología en el contexto de la transformación laboral por Inteligencia Artificial y TIC.

3.6.2 Objetivos específicos

Documentar y difundir las trayectorias de mujeres graduadas y estudiantes destacadas de la FCPN mediante un banco público de perfiles científicos.

Implementar un programa de mentoría entre graduadas, docentes y estudiantes que reduzca la deserción femenina en STEM.

Generar investigación académica enfocada en el contexto boliviano y en la situación de las mujeres en ciencia.

Vincular a la FCPN con programas internacionales de apoyo a mujeres en STEM, atrayendo financiamiento externo y oportunidades de movilidad académica.

Organizar actividades de divulgación científica dirigidas a estudiantes de educación secundaria para motivar vocaciones tempranas en STEM.

3.6.3 Ejes de acción

Eje 1 — Visibilización de trayectorias

Creación de un banco digital de perfiles de mujeres científicas de la FCPN con entrevistas, publicaciones, proyectos, reconocimientos. Producción de contenidos para redes sociales institucionales y una serie de pódcast o cápsulas audiovisuales.

Eje 2 — Mentoría y acompañamiento

Programa de mentoría cruzada con tres niveles: graduadas profesionales como mentoras de tesistas, tesistas como mentoras de estudiantes de primeros años y estudiantes avanzadas como tutoras pares en asignaturas críticas.

Eje 3 — Investigación con enfoque boliviano

Creación del Observatorio de Mujeres en STEM-Bolivia, brazo investigativo de la Red, con cinco líneas de investigación propias detalladas en la Tabla 4.

Eje 4 — Vinculación internacional

Postulación activa a programas y convocatorias internacionales. Establecimiento de un capítulo estudiantil IEEE Women in Engineering o ACM-W y eventualmente, un capítulo nacional OWSD con sede en la FCPN.

Eje 5 — Divulgación y comunicación

Este eje constituye una de las apuestas estratégicas de la Red Hipatia FCPN, dado que la elección vocacional hacia carreras STEM se configura mayoritariamente durante la educación secundaria. Diversos estudios han demostrado que las brechas de género en ciencia y tecnología comienzan a consolidarse entre los 12 y 17 años, edad en la que las estudiantes mujeres tienden a abandonar el interés por las áreas científico-tecnológicas debido a la falta de referentes femeninos, los estereotipos socioculturales y la escasa visibilización de oportunidades reales en estos campos. Por ello, la Red orientará su acción de divulgación principalmente hacia colegios fiscales, particulares y de convenio del departamento de La Paz, con énfasis en unidades educativas de El Alto, zonas periurbanas y áreas rurales.

Las actividades programadas incluyen:

Un programa permanente de «Embajadoras FCPN en tu colegio», mediante el cual estudiantes universitarias y graduadas visitan unidades educativas para compartir su trayectoria.

Ferias científicas itinerantes organizadas en colaboración con la Dirección Departamental de Educación.

Talleres prácticos de iniciación en programación, inteligencia artificial, matemáticas aplicadas y ciencias experimentales para estudiantes de 3°, 4°, 5° y 6° de secundaria.

La organización del Congreso Anual «Mujeres en Ciencia FCPN» con una jornada específica abierta a estudiantes de secundaria.

La celebración de los Días Internacionales de la Mujer (8 de marzo) y de la Mujer y la Niña en la Ciencia (11 de febrero) con actividades dirigidas a todo el público.

3.6.4 Líneas de investigación del Observatorio

Tabla 4: Líneas de investigación con enfoque boliviano del Observatorio Hipatia FCPN

Línea	Descripción
L1. Brecha de género y trayectorias	Estudios longitudinales sobre tasas de ingreso, permanencia, titulación e inserción laboral de mujeres en las carreras de la FCPN, con indicadores comparativos respecto a otras universidades públicas del país y la región.
L2. Ciencia aplicada a problemas bolivianos	Investigación sobre biodiversidad amazónica y andina, contaminación minera e hídrica, salud materna, seguridad alimentaria, retroceso de glaciares tropicales y cambio climático andino, visibilizando el liderazgo femenino.
L3. Saberes ancestrales y mujeres indígenas	Estudios interdisciplinarios sobre etnobotánica, etnomatemática aymara y quechua, geometría en textiles tradicionales y conocimientos astronómicos ancestrales como patrimonio científico boliviano.
L4. Historia de las científicas bolivianas	Rescate documental y biográfico de egresadas destacadas de la FCPN y de otras universidades bolivianas, creación de archivo histórico digital.
L5. Políticas públicas de género en educación superior	Análisis crítico de políticas universitarias nacionales, comparación con experiencias de Argentina, Chile, Perú, Colombia y México, elaboración de recomendaciones para la FCPN y el sistema universitario boliviano.

Nota. Elaboración propia con base en la Propuesta de Red Hipatia FCPN (2026).

3.6.5 Programas internacionales aliados

Un componente clave de la sostenibilidad de la Red es su vinculación con programas internacionales de apoyo a mujeres en ciencia. La Tabla 5 presenta los principales programas a los que la Red Hipatia FCPN se propone vincularse.

Tabla 5: Programas internacionales aliados de la Red Hipatia FCPN

Programa	Apoyo que ofrece	Alcance
OWSD	Becas de doctorado, premios y capítulos nacionales para mujeres científicas del Sur Global.	Internacional
L'Oréal-UNESCO	Programa «For Women in Science» con becas y reconocimientos regionales para América Latina.	Regional
TWAS	Becas y financiamiento para investigación científica en países en desarrollo, con cuotas para mujeres.	Internacional
IEEE WIE	Capítulos estudiantiles con financiamiento para eventos, conferencias y actividades de divulgación.	Internacional
ACM-W	Capítulos de mujeres en computación con fondos de viaje y actividades académicas.	Internacional
DAAD	Agencia alemana con becas de posgrado, pasantías de investigación y proyectos en equidad de género.	Bilateral
Chevening	Programa británico de becas de maestría, con énfasis en liderazgo femenino.	Bilateral
OEA / BID / CAF	Convocatorias de cooperación regional para iniciativas de mujeres en ciencia y tecnología.	Regional

Nota. Elaboración propia con base en la Propuesta de Red Hipatia FCPN (2026).

3.6.6 Estructura organizativa, cronograma y sostenibilidad

La Red Hipatia FCPN se organiza con una estructura flexible y participativa con una Coordinación General, un Comité Estudiantil, Consejo de Graduadas y cuatro Comisiones de Trabajo.

El cronograma de implementación contempla un primer año estructurado en cuatro trimestres: aprobación institucional y lanzamiento (T1), inicio del banco de trayectorias y mentorías y postulación a IEEE WIE/ACM-W (T2), primer diagnóstico de brecha de género en la FCPN y postulaciones a OWSD y DAAD (T3) y celebración del primer Congreso «Mujeres en Ciencia FCPN» con informe anual público (T4).

La Red está diseñada para operar sin presupuesto inicial adicional de la Facultad. Los requerimientos mínimos son uso puntual de un aula para reuniones mensuales, aval institucional para convocatorias internacionales y espacio en la página web de la FCPN para el banco de trayectorias. El financiamiento operativo se obtendrá mediante postulación a programas internacionales, convocatorias de embajadas y auspicios privados.

3.6.7 Beneficios institucionales esperados

- **Prestigio institucional:** Incremento de indicadores de internacionalización y vinculación con redes académicas globales.
- **Financiamiento externo:** Captación de becas, fondos de investigación y auspicios sin inversión inicial de la facultad.
- **Retención estudiantil:** Mejora en tasas de permanencia y titulación de estudiantes mujeres en STEM.
- **Producción científica:** Nuevas publicaciones indexadas con enfoque nacional y de género.
- **Liderazgo regional:** Posicionamiento de la FCPN como referente regional en equidad de género en STEM.
- **Insumos para acreditación:** Datos y estudios originales para informar acreditación y planes de mejora institucional.

4. CONCLUSIONES

Este trabajo ha analizado la articulación entre la oferta formativa STEM de la Universidad Mayor de San Andres, la transformación del empleo por efecto de la inteligencia artificial y las TIC en Bolivia y la persistente brecha de género en áreas STEM integrando datos institucionales del 2024 con los hallazgos de un estudio previo del Instituto de Investigaciones en Informática que incluyó encuesta a 88 profesionales bolivianos. El análisis permite formular las siguientes conclusiones:

- **Primera.** La formación STEM en la Universidad Mayor de San Andrés se mantiene como pilar de la educación superior pública en La Paz con el 49,4% de la matrícula 2024 corresponde a áreas STEM, lo que confirma una alineación estructural con la demanda laboral observada en estudios previos (Dolz & Mamani, 2023).
- **Segunda.** El impacto de la Inteligencia Artificial y las TIC en el empleo es percibido por el 89% de los profesionales encuestados y el 92,9% considera muy importante capacitarse en habilidades digitales. ChatGPT es la herramienta de Inteligencia Artificial más utilizada (67%) y los sectores beneficiados serán principalmente educación (83,8%), servicios financieros (70%) y salud (67,5%).
- **Tercera.** Pese a la paridad global de matrícula en la Universidad Mayor de San Andrés (48,7 % de mujeres), persiste una marcada brecha de género en las áreas STEM tecnológicas: 24,3% en Informática, 23,7% en Tecnología y 31,6% en Ingeniería. Esta brecha es contradictoria con la demanda laboral en la era Inteligencia Artificial y reproduce desigualdades de ingresos a futuro.
- **Cuarta.** Existe una brecha estructural triple formativa, laboral y de género que no se resuelve con intervenciones aisladas y requiere una respuesta institucional articulada.
- **Quinta.** Como aporte original, se propone la creación de la Red Hipatia FCPN, comunidad académica permanente articulada en cinco ejes (visibilización, mentoría, investigación, vinculación internacional y divulgación) con sostenibilidad basada en alianzas con programas internacionales como OWSD, L'Oréal-UNESCO, IEEE WIE, ACM-W, DAAD y TWAS, sin demandar presupuesto inicial adicional de la Facultad.

5. AGRADECIMIENTOS

Al Instituto de Investigaciones en Informática (I.I.I.) de la Carrera de Informática de la FCPN-UMSA por proveer los ambientes para la realización de este trabajo. Al Departamento de Tecnologías de Información y Comunicación (DTIC-UMSA) por la publicación abierta de los boletines estadísticos institucionales que han permitido sustentar el análisis empírico.

Referencias bibliográficas

- Bello, A. (2020). Las mujeres en ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas en América Latina y el Caribe. ONU Mujeres.
- Botello, L. (2019, 10 de enero). ¿Qué es el sistema educativo STEM? bbmundo. https://www.bbmundo.com/especiales/especial-educacion-2019/que-es-el-sistema-educativo-stem/
- Comité Ejecutivo de la Universidad Boliviana (CEUB). (s.f.). Datos estadísticos del Sistema de la Universidad Boliviana. https://ceub.edu.bo/datos-estadisticos/
- Delgado, P. (2019, 24 de junio). Educación STEM: ¿qué es y cómo sacarle provecho? Observatorio del Instituto para el Futuro de la Educación, Tecnológico de Monterrey. https://observatorio.tec.mx/edu-news/educacion-stem-que-es-y-como-sacarle-provecho
- Dolz, F. C., & Mamani, C. V. (2023). Importancia de áreas y educación STEM en el departamento de La Paz. En Proceedings of the XV Congress of Latin American Women in Computing 2023. CEUR Workshop Proceedings.
- Dolz, F. C., & Toledo, M. (2026). Impacto social por implementación de Inteligencia Artificial y TIC en el empleo, en Bolivia. Instituto de Investigaciones en Informática, Universidad Mayor de San Andrés.
- Foro Económico Mundial. (2023). Future of Jobs Report 2023. World Economic Forum. https://www.weforum.org/reports/the-future-of-jobs-report-2023

- González-Velosa, C., & Peña Tenjo, N. (s.f.). Demanda de trabajo en América Latina (Nota Técnica N.° IDB-TN-1769). Banco Interamericano de Desarrollo, División de Mercados Laborales. http://www.iadb.org
- Ipsos Ciesmori. (2025). Predicciones 2025: percepción sobre el impacto de la Inteligencia Artificial en el empleo en Bolivia. Ipsos.
- Oppenheimer, A. (2010). ¡Basta de historias! La obsesión latinoamericana con el pasado y las 12 claves del futuro. Editorial Sudamericana.
- Organización Internacional del Trabajo. (2020). Panorama laboral 2020. América Latina y el Caribe. Oficina Regional para América Latina y el Caribe. https://ilostat.ilo.org/es/topics/employment/
- Red Hipatia FCPN. (2026). Propuesta de creación de la Red Hipatia FCPN: mujeres en ciencia, investigación y divulgación. Documento institucional, Facultad de Ciencias Puras y Naturales, Universidad Mayor de San Andrés.
- UNESCO. (2020). Descifrar el código: la educación de las niñas y las mujeres en ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM). Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.
- Universidad Mayor de San Andrés. (2025a). Datos estadísticos de matriculación pregrado UMSA – gestión 2024. División de Sistemas de Información y Estadística (DSIE), Departamento de Tecnologías de Información y Comunicación (DTIC). https://dsie.umsa.bo
- Universidad Mayor de San Andrés. (2025b). Boletín estadístico de titulados pregrado UMSA – gestión 2024. División de Sistemas de Información y Estadística (DSIE), Departamento de Tecnologías de Información y Comunicación (DTIC). https://dsie.umsa.bo

USO DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL GENERATIVA EN LA EDUCACIÓN: POSTULANTES A LA CARRERA DE AERONÁUTICA (UMSA, 2025)

(Comunicación)

M.Sc. VICTOR HUGO HUANCA IBARRA

huanca.vh@gmail.com

Semblanza:

Victor Hugo Huanca Ibarra se dedica al desarrollo e investigación con orientación comercial y emprendedora. Desde temprano orientó su trabajo hacia la intersección entre negocios y tecnología: inteligencia de negocios, analítica de datos y transformación digital del sector turístico. En su Maestría profundizó en la segmentación analítica de redes sociales, perfilando usuarios de plataformas de hospitalidad. En años recientes amplió su campo a ciencia de datos y machine learning, con foco en sistemas de recomendación. Con certificaciones en fundamentos de inteligencia artificial, desarrolla soluciones basadas en modelos de lenguaje orientadas al mercado de startups.

Introducción

La democratización de la Inteligencia Artificial Generativa (GenAI) representa una disrupción tecnológica en la sociedad del siglo XXI, con aplicaciones que abarcan casi todos los aspectos de la humanidad, y por supuesto la educación también se ve afectada. En el ámbito educativo, la GenAI ofrece oportunidades para personalizar la enseñanza, ayudar a los educadores de diferentes niveles y generar contenido educativo entre otros. Sin embargo, su incorporación en el aula plantea desafíos significativos relacionados con la alfabetización digital, la ética tecnológica y la formación docente.

Este estudio surge ante la necesidad de comprender el impacto real de estas tecnologías en contextos educativos específicos. En particular, se analiza la experiencia de estudiantes del curso prefacultativo de Aeronáutica de la UMSA en la asignatura de Lenguaje y Redacción, comparando un grupo con orientación docente en el uso de GenAI frente a otro con formación tradicional.

Autores como Yuk & Colloton (2024) identifican a las tecnologías mencionadas como herramientas con gran adaptabilidad y versatilidad (p. 74), Nartey (2025) resalta que las herramientas de IA (Inteligencia Artificial) pueden mejorar la experiencia educativa (p. 158), Owoseni et al. (2024) indican que la GenAI tiene gran potencial, pero también complejidades Aunque todo esto sirve para formar estudiantes exitosos en el mundo digital (p. 150), estas posiciones siguen enmarcando a la GenAI como una herramienta. Otros autores como Nikhil (en Murugan et al., 2025) ya identifican áreas fuertes de la GenAI en la educación, como en STEM para una experiencia más efectiva (p. 158).

Con el potencial de la GenAI en la educación identificada, el reto está en la implementación, en lograr maximizar los resultados de la educación efectivamente. Owoseni et al. (2024) confirman esta posición cuando menciona que existe una gran brecha de habilidades y conocimiento cuando se explora las capacidades de la GenAI (p. 2).

Yuk & Colloton (2024) mencionan que la alfabetización en GenAI es importante para entender el mecanismo de estas nuevas tecnologías, en especial por la nueva generación que serán nativos en GenAI (p. 24). Nartey (2025) hace énfasis en la necesidad de educar a la gente para entender el rol e impacto de la tecnología y así evitar la desinformación al respecto. Owoseni et al. (2024) mencionan que es imperativo que todos los que participan en la educación superior adquieran conocimiento sobre las tecnologías emergentes, y en este caso la Inteligencia Artificial (IA) en concreto. En concreto Crompton & Burke (2025) abordan la necesidad de integrar la alfabetización en GenAI en el curriculum para así alcanzar la practica real en el uso y aprovechamiento de estas tecnologías.

El presente estudio adopta una perspectiva exploratoria orientada a la construcción teórica sobre la facilitación del aprendizaje de GenAI en la educación superior. La integración educativa de IA no implica reemplazo del docente, sino formas colaborativas de interacción

donde la mediación humana continúa siendo fundamental para orientar procesos cognitivos, éticos y pedagógicos. Desde esta posición, la IA funciona como herramienta complementaria dentro de un ecosistema educativo híbrido, en el cual el docente mantiene un rol central de interpretación, contextualización y acompañamiento para fines tales como la apropiación crítica, percepción agéntica, construcción de conocimiento y alfabetización en IA.

En este sentido, el estudio incorpora aportes contemporáneos sobre alfabetización en IA (Long & Magerko, 2020; Ng et al., 2021), entendiendo la interacción con GenAI no únicamente como aceptación tecnológica, sino como un proceso de mediación cognitiva y pedagógica socialmente situado. Desde este puntto de vista, la intervención docente no se limita a facilitar acceso tecnológico, sino que orienta formas de interpretación, evaluación crítica y uso estratégico de herramientas generativas.

Debido al carácter emergente del fenómeno, el estudio prioriza una aproximación inductiva y exploratoria, permitiendo que categorías interpretativas surjan parcialmente de los propios datos obtenidos durante la experiencia educativa.

Con la creciente integración de la GenAI en la tecnología educativa actual, surge una preocupación fundamental: la falta de adopción pedagógicamente apropiada por parte de los docentes, quienes deberían liderar la normalización de su uso en lugar de ignorar la situación o mantener posiciones de resistencia tecnológica.

En el contexto específico de la educación superior, donde el estudiantado constituye el actor central del proceso formativo, se identifica una brecha crítica en el uso pedagógico y técnico de GenAI en el aula. Esta brecha no solo afecta el aprovechamiento del potencial tecnológico, sino que genera desigualdades en el acceso a herramientas que pueden ser determinantes para el futuro profesional de los estudiantes.

Como consecuencia de la iteración según la recepción de los estudiantes intervenidos se modificó la hipótesis y los objetivos del estudio después de la primera encuesta, sin embargo, se plantea la cuestionante de ¿cómo influye la mediación pedagógica docente en la percepción, uso efectivo y proyección profesional del estudiantado respecto a herramientas de GenAI en el contexto de la enseñanza de Lenguaje y Redacción? La

respuesta tentativa a esta pregunta es que la mediación pedagógica docente en el uso de GenAI mejora la percepción de utilidad, confianza tecnológica y proyección profesional de los estudiantes, comparado con el uso autónomo sin orientación.

El objetivo del trabajo fue analizar el impacto de la mediación pedagógica docente en el uso de GenAI sobre la percepción, confianza y proyección profesional de estudiantes del curso prefacultativo de Aeronáutica en la materia de Lenguaje y Redacción. Para alcanzar este objetivo se requirió comparar los niveles de uso y percepción de utilidad de GenAI entre estudiantes con y sin mediación pedagógica; evaluar los cambios en la confianza tecnológica y diversificación de herramientas GenAI utilizadas; determinar la influencia de la mediación pedagógica en la proyección profesional relacionada con GenAI; e identificar factores críticos para la implementación efectiva de GenAI en contextos educativos similares.

II. Métodos y Materiales

II.1. Diseño del Estudio

Se implementó un diseño mixto con enfoque cuasiexperimental y componente exploratorio, dada la naturaleza emergente del fenómeno estudiado. La metodología combinó datos cuantitativos comparativos entre grupos con análisis cualitativo de percepciones y experiencias estudiantiles.

El enfoque exploratorio se justifica por el carácter reciente y dinámico de la GenAI en educación, lo que requirió adaptaciones metodológicas basadas en las percepciones recolectadas durante la intervención. En este estudio, facilitación del aprendizaje o mediación pedagógica refiere al acompañamiento docente orientado al uso crítico y estratégico de herramientas GenAI.

II.2. Participantes

Población: 139 estudiantes de la materia Lenguaje y Redacción del curso prefacultativo de la Carrera de Aeronáutica, UMSA, de los cuales 72 continuaron hasta el final del curso.

Muestra: 69 estudiantes distribuidos en dos paralelos en la Encuesta 1 y 52 en la Encuesta 2.

Debido a la naturaleza comparativa del estudio, y del avance de los estudiantes a lo largo del curso, se nota la disminución de estudiantes inscritos, y los participantes en el estudio, lo cual se puede ver reflejado en el Cuadro 1, tomando esto en cuenta se designaron 2 grupos según las características propias del estudio comparativo y la instrucción dada a los estudiantes.

Tabla 1: Evolución de Inscritos y Participantes del Estudio

	Nro. de inscritos	Nro. de participantes en la Encuesta 1	Nro. de participantes en la Encuesta 2	Nro. de estudiantes que dieron el examen final
Paralelo A	89	41	31	39
Paralelo B	50	28	21	33

Fuente: Elaboración propia

Grupo de Control (Paralelo A): Se considera al grupo de control, a los que participaron en la Encuesta 1, 2 y que dieron el examen final, un promedio de 37 participantes, quienes recibieron la instrucción habitual de la materia a cargo de la MSc Martha Choque que lleva 5 años dictando la materia.

Grupo Experimental (Paralelo B): El grupo experimental tuvo un promedio de 27.3 participantes (28 en la Encuesta 1, 21 en la Encuesta 2 y 33 en el examen final), quienes avanzaron el mismo contenido de la materia debido a que el curso se avanza con un documento base para todos los paralelos, pero además recibieron una introducción al uso de GenAI, redacción de prompts y valoración crítica de resultados de GenAI por parte del docente asignado, autor del presente estudio.

II.2.1. Equivalencia Basal

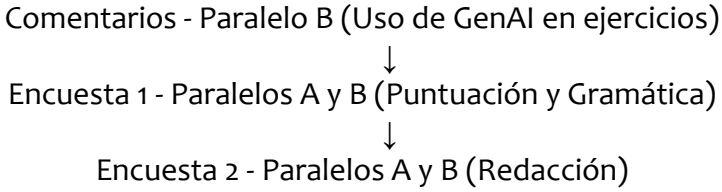
Para evaluar la comparabilidad inicial entre los grupos, se analizaron las características demográficas disponibles a partir de la Encuesta 1. No se encontraron diferencias significativas en edad entre el Paralelo A (M = 18.73, Mdn = 18.0) y el Paralelo B (M = 18.75, Mdn = 18.0; U = 556.0, p = .817, r = 0.031). La distribución por sexo fue similar entre ambos grupos: Paralelo A con 58.5% masculino y 41.5% femenino, Paralelo B con 70.4% masculino y 29.6% femenino (prueba exacta de Fisher, p = .442, V = 0.120). No se recopilaron datos sobre experiencia previa con IA, competencia digital ni nivel de escritura al inicio del curso, lo cual constituye una limitación reconocida del estudio.

II.3. Instrumentos y Procedimientos

Se siguieron los pasos especificados en la Figura 1. Se aplicaron dos encuestas diseñadas para capturar las dimensiones del estudio. La Encuesta 1, enfocada en la unidad de Puntuación y Gramática, incluyó 17 preguntas (cerradas y abiertas) sobre uso de GenAI, confiabilidad percibida, mejora en el aprendizaje, autoevaluación de competencias y percepciones sobre la IA en la evaluación. La Encuesta 2, enfocada en la unidad de Redacción, incluyó 12 preguntas sobre frecuencia de uso de GenAI, utilidad percibida, percepción del rol de la IA, proyección profesional, herramientas utilizadas y razones de exploración.

Las preguntas capturan dimensiones conceptualmente alineadas: utilidad percibida (P6, P13 en E1; P5 en E2), facilidad de uso/confiabilidad (P5 en E1), intención de uso (P3, P8 en E1; P3 en E2) y percepción (P7, P14 en E1; P6, P8 en E2). Las preguntas abiertas permitieron capturar matices cualitativos de la experiencia estudiantil. Las preguntas fueron revisadas por el investigador y una colega docente para verificar claridad y pertinencia.

Figura 1: Procedimiento de Recolección de Datos



Fuente: Elaboración propia

II.3.1. Análisis Cualitativo Asistido por IA

Las preguntas abiertas de ambas encuestas (P16 y P17 de la Encuesta 1; P10, P11 y P12 de la Encuesta 2) así como los comentarios de ejercicios del Paralelo B fueron analizados mediante un enfoque de análisis temático asistido por IA. Las respuestas, separadas por paralelo, fueron procesadas utilizando ChatGPT (modelo GPT-4o, OpenAI, julio 2025) con instrucciones de identificar temas recurrentes, patrones de percepción y diferencias entre grupos.

Para validar la confiabilidad del análisis asistido, se revisó independientemente una muestra del 30% de las respuestas abiertas, identificando categorías temáticas de forma manual. Las categorías identificadas por el investigador coincidieron con las generadas por ChatGPT en los temas principales: experiencia positiva con IA, preocupación por dependencia, valoración de IA como complemento, y diversificación de herramientas. Los resultados del análisis por IA fueron contrastados y refinados con base en esta revisión manual.

II.4. Análisis Estadístico

Los datos cuantitativos fueron analizados mediante pruebas no paramétricas dado el carácter ordinal de la mayoría de las variables y el tamaño muestral. Se utilizó la prueba U de Mann-Whitney para variables ordinales (escalas tipo Likert) y la prueba exacta de Fisher o chi-cuadrado para variables categóricas nominales. Los tamaños de efecto se calcularon mediante la correlación de rango biserial (r) para la U de Mann-Whitney y la V de Cramér para las pruebas chi-cuadrado/Fisher. Para controlar la tasa de descubrimientos falsos debido a las comparaciones múltiples (17 pruebas), se aplicó la corrección de Benjamini-Hochberg (BH). El nivel de significancia se estableció en $\alpha = .05$. Los análisis se realizaron con Python (scipy.stats). Los tamaños de efecto se interpretaron según criterios convencionales: r/V ≈ 0.10 efecto pequeño, ≈ 0.30 efecto mediano y ≥ 0.50 efecto grande.

Se realizaron tres tipos de análisis: (a) análisis de intención de tratar (ITT), comparando los grupos según su asignación original; (b) análisis per-protocolo, comparando únicamente a los usuarios de IA entre ambos grupos; y (c) análisis descriptivo-cualitativo de las respuestas abiertas.

Dado el carácter exploratorio del estudio, los análisis inferenciales se interpretan principalmente como indicadores de tendencias y tamaños de efecto, más que como evidencia concluyente de causalidad.

III. Resultados

Ninguna diferencia alcanzó significancia estadística tras la corrección BH; por ello, los resultados se interpretan principalmente mediante tendencias descriptivas y tamaños de efecto.

III.1. Comentarios (Paralelo B)

Como resultado de la inducción al uso de GenAI en el aula se instruyó a los estudiantes del Paralelo B utilizar chats de GenAI para realizar la revisión de ejercicios de puntuación y gramática, y también realizar comentarios a medida que avanzaban los ejercicios, en total los estudiantes realizaron 4 comentarios de todos los ejercicios realizados por lo que se obtuvo una apreciación progresiva del uso de herramientas de GenAI. En total 27 estudiantes presentaron la revisión de sus ejercicios y sus comentarios correspondientes.

El análisis temático de estos comentarios (II.3.1) reveló los siguientes patrones:

Los estudiantes valoran que la IA les ayudó a entender mejor reglas complejas de ortografía y puntuación, ofreciendo explicaciones claras y ejemplos útiles. Muchos notaron que sus respuestas coincidían con las de la IA, lo que aumentó su confianza, aunque también reconocen que la IA puede cometer errores y que es importante verificar la información.

Se observa un progreso gradual en el aprendizaje, con mayor comprensión y corrección de detalles a medida que avanzan los ejercicios. La IA es vista como una herramienta valiosa para complementar el estudio, aunque algunos expresan preocupación sobre la dependencia excesiva que podría afectar el pensamiento crítico.

Además, destacan la importancia de dar instrucciones claras a la IA para obtener mejores resultados y valoran que esta interacción promueve la autoevaluación y la reflexión crítica sobre sus propios errores.

En conjunto, los comentarios reflejan una experiencia positiva y crítica que favorece tanto el aprendizaje técnico como el desarrollo de habilidades analíticas y de uso responsable de la tecnología.

III.2. Encuesta 1

Uso de GenAI

Aunque el Paralelo A no recibió instrucción sobre GenAI, un 53.7% (n = 22) utilizó estas herramientas por iniciativa propia. En el Paralelo B, el porcentaje de uso alcanzó el 75.0% (n = 21). Esta diferencia de 21.3 puntos porcentuales representa un tamaño de efecto pequeño (V = 0.216). Este resultado es parcialmente atribuible al alto nivel de adopción espontánea en el grupo control, que reduce el contraste entre grupos. (prueba exacta de Fisher, p = .083, p-ajustado = .472)

Figura 2: Uso de Inteligencia Artificial Generativa

¿Usaste herramientas de IA?	Paralelo A	Paralelo B
Sí	53.7% (n=22)	75.0% (n=21)
No	46.3% (n=19)	25.0% (n=7)

Fuente: Elaboración propia

Confiabilidad de GenAI

En cuanto a los usos de GenAI en el aula, entre los usuarios de IA, el Paralelo B utilizó las herramientas más frecuentemente para Puntuación y Ortografía con un promedio de 64.3% contra un promedio de 38.65% del Paralelo A. En cuanto a Morfología y Sintaxis el uso fue ligeramente mayor por parte del Paralelo B, pero con un promedio de 26.8% entre ambos grupos.

Respecto a la confiabilidad de las herramientas de GenAI, entre los usuarios de IA, ambos grupos tuvieron un promedio de 9.3% valorando como Muy Confiable. Se nota una mayor valoración como Confiable por parte del Paralelo B con 47.6% sobre 36.4% del Paralelo A. La valoración como Regular tuvo un promedio de 37.25% sin mucha variación. El Paralelo A tuvo una valoración mayor de las herramientas como Poco Confiable con 18.2% contra un 4.8% del Paralelo B. No se registró ninguna valoración como Nada Confiable. El tamaño de efecto pequeño expresa una tendencia favorable al grupo experimental. (U = 194.0, p = .343, r = 0.160)

Mejora en el Aprendizaje

El 47.6% del grupo B indicó una mejora notable en su aprendizaje gracias a la IA, comparado con un 27.3% en el grupo A. El Paralelo A reportó mejoras moderadas ("Algo") con un 59.1% sobre un 33.3% del Paralelo B. La valoración como "Igual que otros métodos" no tuvo mucha variación con un promedio de 16.3%. Ningún participante indicó que no hubo mejoras. ($U = 199.5$, $p = .412$, $r = 0.136$).

Tabla 3: Mejora en el Aprendizaje con GenAI (usuarios de IA)

Respuesta	Paralelo A (n=22)	Paralelo B (n=21)
Sí, significativamente	0.27	0.48
Algo	0.59	0.33
Igual que otros métodos	0.14	0.19
No	0	0

Fuente: Elaboración propia

Precisión de GenAI Comparada con el Docente

En cuanto a las respuestas de la GenAI en las tareas asignadas, se consultó si las diferentes herramientas pueden evaluar las tareas de forma tan precisa como un docente, donde el Paralelo B mostró mayor confianza que el Paralelo A, un 23.8% sobre un 13.6% que mencionaron que Sí. Un 61.9% del Paralelo B indicó que En Parte sobre un 45.5% del Paralelo A. Y un 22.7% del Paralelo A indicó que No sobre un 14.3% del Paralelo B. Notablemente, un 18.2% del Paralelo A indicó que No Lo Sé, mientras que ningún estudiante del Paralelo B seleccionó esta opción, lo que muestra una posición más definida respecto a las capacidades de GenAI y la precisión de estas herramientas ($\chi^2 = 5.37$, $p = .147$, $V = 0.353$, efecto mediano; se debe interpretar con cautela dado que el 75% de las celdas esperadas tienen valores menores a 5).

Autoevaluación de Competencias Lingüísticas

Las Preguntas 9, 10 y 11, corresponden a las Preguntas ¿Cómo calificas tu comprensión de las reglas de puntuación?, ¿Consideras que mejoraste en el uso de la puntuación durante el curso? y ¿Cómo calificas tu conocimiento sobre el uso correcto de las letras C, S, Z, etc.? Estas preguntas buscaron que los estudiantes hagan una autoevaluación de su aprendizaje,

entre ambos Paralelos los resultados fueron similares con una ligera variación del Paralelo B que indicó una mejor asimilación de los contenidos (Cuadro 2).

Tabla 2: Autoevaluación de Competencias Lingüísticas

	Paralelo A	Paralelo B	U	p	r
P9: Comprensión de puntuación			539	0.62	0.06
Muy Buena	0.07	0.07			
Buena	0.61	0.68			
Regular	0.32	0.25			
P10: Mejora en puntuación			572	0.98	0
Mucho	0.44	0.43			
Algo	0.54	0.57			
P11: Conocimiento C/S/Z			534	0.58	0.07
Muy Bueno	0.15	0.14			
Bueno	0.56	0.64			
Regular	0.27	0.21			

Fuente: Elaboración propia.

Recursos Utilizados y Percepción de la IA

Respecto a los recursos utilizados para mejorar la puntuación y grafemática, el Paralelo B valoró en mayor medida las clases del docente (57.1% frente a 41.5% del Paralelo A). Este resultado supone que la incorporación guiada de GenAI no desplazó la percepción de utilidad de la enseñanza presencial. Sin embargo, esta apreciación también podría estar influida por el carácter novedoso de las herramientas utilizadas, el mayor nivel de interacción pedagógica o el contexto particular de la intervención. En cuanto a las Exposiciones de Compañeros, Materiales Impresos, Presentaciones y Ejercicios Prácticos no hubo mucha variación. La diferencia más notable está en el Uso de ChatGPT u Otra IA, donde un 46.4% del Paralelo B indicó que les fue útil sobre un 9.8% del Paralelo A.

En cuanto a la corrección de errores gramaticales y mejora de la escritura (P13), hubo una ligera variación a favor del Paralelo B, que indicaron en mayor medida Sí, Mucho y Sí, Algo ($U = 429.0$, $p = .331$, $r = 0.124$). Notablemente, 6 estudiantes del Paralelo A respondieron "No lo sé" frente a 0 en el Paralelo B, lo que indica que la inducción generó una posición más informada sobre las capacidades de estas herramientas.

Respecto a la confiabilidad de la IA comparada con un docente para detectar errores (P14), esta variable mostró la tendencia más marcada de la Encuesta 1: el Paralelo B manifestó mayormente estar Totalmente de Acuerdo y De Acuerdo con esta posición (U = 404.5, p = .022, r = 0.295, efecto pequeño-mediano). El tamaño de efecto indica una tendencia relevante.

En cuanto a la dependencia en las herramientas de GenAI, el Paralelo A manifestó mayor preocupación que el Paralelo B, pero ambos grupos se ubicaron en niveles similares (U = 629.5, p = .469, r = -0.097). El Paralelo B muestra mayor conciencia reflexiva sobre esta situación, percibiéndola no tanto como preocupación sino como una situación que puede pasar y que requiere gestión.

III.3. Encuesta 2

La Encuesta 2 estuvo enfocada al avance de la Unidad de Redacción.

Frecuencia de Uso de GenAI

En cuanto al uso de GenAI, el Paralelo B marcadamente indicó que Sí, Regularmente, con un 33.3% sobre un 9.7% del otro paralelo. Con un promedio de 46.4%, ambos grupos indicaron que Sí, Ocasionalmente. El Paralelo A indicó con un 32.3% que Lo Intenté, Pero no me Sirvió a diferencia del Paralelo B que indicó esto en menor medida con un 9.5%. Finalmente, en promedio, un 11.2% indicó que No las Utilizó de ambos paralelos. Esta variable mostró el tamaño de efecto más grande del estudio (U = 212.5, p = .025, r = 0.347, efecto mediano), indicando que la facilitación del aprendizaje se asocia con una mayor frecuencia de uso de GenAI. (p-ajustado = .216)

Tabla 4: Frecuencia de Uso de GenAI en Redacción

Respuesta	**Paralelo A (n=31)**	**Paralelo B (n=21)**
Sí, regularmente	0.1	0.33
Sí, ocasionalmente	0.45	0.48
Lo intenté, pero no me sirvió	0.32	0.1
No las utilicé	0.13	0.1
U = 212.5, p = .025, r = 0.347		

Fuente: Elaboración propia

Uso Específico de GenAI en Componentes de Redacción

En cuanto al uso específico de GenAI en la Unidad de Redacción, no se observaron diferencias marcadas en Introducción, Tema, Objetivo General y Justificación. Sin embargo, el Paralelo B reportó un uso más frecuente de GenAI en el Planteamiento del Problema, la Metodología y el Desarrollo, mientras que el Paralelo A concentró su uso principalmente en Conclusiones y Bibliografía. Este patrón muestra que la inducción previa podría asociarse con una integración más amplia de GenAI en distintas etapas del proceso de redacción, mientras que el uso no guiado tendería a concentrarse en tareas específicas o de apoyo puntual.

Utilidad de GenAI en Redacción

En cuanto a la utilidad de GenAI en el proceso de redacción, un 28.6% del Paralelo B lo consideró como Muy Útil, Me Ayudó a Mejorar Notablemente, contra un 6.5% del Paralelo A. Un 61.3% del Paralelo A indicó que fue Útil en Partes, Pero no fue Determinante, contra un 47.6% del Paralelo B. El porcentaje de quienes indicaron que fue Poco Útil fue bajo y más bajo quienes indicaron que No fue Útil o No la Utilicé. El patrón es consistente con los demás indicadores a favor del grupo experimental. ($U = 248.5$, $p = .115$, $r = 0.237$, efecto pequeño-mediano)

Percepción de GenAI en el Contexto Educativo

Alrededor de un 50% de ambos paralelos indicó que lo considera Como una Herramienta de Apoyo. Hubo una diferencia cuando se planteó Como un Compañero de Trabajo que Interactúa Conmigo, donde un 33.3% del Paralelo B lo consideró así, contra un 25.8% del Paralelo A. El Paralelo A también tuvo una ligera variación como una Tecnología que Podría Remplazarme con un 19.4% contra un 14.3% del Paralelo B. Y el Paralelo A indica No Sé como Definirla Aún con un 12.9% contra un 4.8% del Paralelo B. Estos resultados indican que los estudiantes con inducción al uso de GenAI tienen una mejor percepción agéntica de estas tecnologías, y presentan menos miedo ante ella. Además, tienen mejor definido de que se trata o el futuro de estas tecnologías. Las diferencias no fueron estadísticamente significativas ($\chi^2 = 2.25$, $p = .522$, $V = 0.208$).

Proyección Profesional

En cuanto a la percepción del uso de GenAI para el futuro de la carrera de los estudiantes participantes, no hay una diferencia marcada, aunque el Paralelo B sí lo considera Una Gran Oportunidad con un 47.6% sobre un 32.3% del Paralelo A ($\chi^2 = 3.20$, $p = .363$, $V = 0.248$).

En cuanto al uso de GenAI en el futuro profesional de los estudiantes participantes, no hay una diferencia marcada entre la Automatización de Procedimientos y el Desarrollo de Manuales o Documentos. Pero sí los del Paralelo B tienen una mejor percepción sobre la Redacción de Informes Técnicos con un 52.4% sobre un 41.9%. También existe una mejor apreciación del Paralelo B que en una minoría manifestó que Aun no Veo una Aplicación Clara con un 4.8%, mientras que el Paralelo A lo manifiesta con un 19.4%. Estos resultados muestran nuevamente que los estudiantes con inducción al uso de GenAI tienen una idea más clara sobre el potencial y el uso de herramientas de GenAI en su futuro profesional.

Diversificación de Herramientas

Para la pregunta "¿Qué herramientas de inteligencia artificial utilizaste?" se observó una diferencia cualitativa notable. En el Paralelo A, ChatGPT es la herramienta dominante y más reconocida, seguida a gran distancia por Gemini. Las menciones a otras IA son marginales, evidenciando que la adopción masiva se concentra en una sola plataforma.

En el Paralelo B se mantiene ChatGPT como la opción más popular, aunque la preferencia está más repartida entre varias herramientas. Hay mayor diversidad de menciones que en el Paralelo A, con la inclusión de plataformas como Claude, Gamma, Sider, Perplexity y DeepSeek. Gemini gana protagonismo y se posiciona como segunda opción. Esto resalta que el grupo con mediación pedagógica desarrolló criterios para evaluar diferentes herramientas según tareas específicas.

III.4. Análisis Per-Protocolo

Dado que el 53.7% del grupo control utilizó GenAI de forma autónoma, se realizó un análisis comparativo entre los usuarios de IA de ambos grupos para aislar el efecto de la orientación docente. Entre los usuarios de IA, las diferencias en confiabilidad percibida ($U = 194.0$, $p = .343$, $r = 0.160$) y mejora en el aprendizaje ($U = 199.5$, $p = .412$, $r = 0.136$) consistentemente favorecen al grupo experimental.

La contaminación del grupo control, más de la mitad utilizó GenAI por iniciativa propia, constituye simultáneamente una limitación metodológica y un hallazgo sustantivo: evidencia que los estudiantes pre universitarios acceden a estas tecnologías independientemente de la instrucción formal. Este fenómeno refuerza la tesis central del estudio: si el uso de GenAI es prácticamente inevitable, la cuestión no es si los estudiantes la usarán, sino cómo la usarán. La facilitación del aprendizaje se presenta entonces no como un medio del acceso (que ya ocurre espontáneamente), sino como una orientación del uso crítico y efectivo.

III.5. Análisis de Preguntas Abiertas en la Encuesta 1

Las preguntas abiertas se analizaron con el procedimiento descrito en la sección II.3.1 y se obtuvieron los siguientes resultados según la pregunta y paralelo.

Para la pregunta "En una oración corta, comentario, ¿cómo describirías tu experiencia corrigiendo gramática con o sin IA?" se obtuvieron los siguientes resultados:

En el Paralelo A, la mayoría describe la experiencia como satisfactoria y útil, señalando que la IA agiliza la corrección y ayuda a entender mejor los errores. Sin embargo, hay menciones a riesgos como la dependencia, la pérdida de aprendizaje autónomo y la confusión en ciertos casos. Un grupo menor no usó la herramienta o tuvo experiencias regulares.

En el Paralelo B, los comentarios resaltan que la IA fue útil, eficiente y en algunos casos incluso "como un asistente inteligente" para distintas materias. Muchos estudiantes destacan el aprendizaje, la rapidez y la ayuda para identificar errores. Sin embargo, algunos mencionan posibles fallos en ciertas reglas y la preocupación por generar dependencia.

Para la pregunta "Si usaste IA, ¿qué ventaja consideras más importante? Si no la usaste, ¿para qué tema específico la habrías deseado y por qué?" se obtuvieron los siguientes resultados:

En el Paralelo A, la percepción principal de la IA es como herramienta de apoyo para mejorar precisión, ahorrar tiempo y ampliar el entendimiento de los temas. Aunque predomina una visión positiva, varios estudiantes subrayan la importancia de no sustituir el esfuerzo personal y usarla como guía, no como sustituto total.

En el Paralelo B, la IA se percibe principalmente como herramienta para corregir, explicar y agilizar tareas, pero con una fuerte apreciación por su inmediatez y capacidad de entrega de información directa. Aunque se valora su utilidad, también existe una advertencia explícita sobre no depender demasiado y preservar el esfuerzo personal y el pensamiento crítico.

III.6. Análisis de Preguntas Abiertas en la Encuesta 2

Para las preguntas de la Encuesta 2 se obtuvieron los siguientes resultados con el mismo procedimiento.

Para la pregunta "¿Cómo imaginas que será tu trabajo profesional en 5 años si la IA se vuelve una herramienta común en el campo aeronáutico?" se obtuvo los siguientes resultados:

En el Paralelo A, las expectativas sobre el uso de la IA en el campo aeronáutico son heterogéneas. Un sector la visualiza como un impulsor de eficiencia, modernización y avance tecnológico, mientras que otro la percibe como una amenaza para la profesionalidad y el empleo. También hay un bloque de estudiantes que no logra proyectar escenarios claros, posiblemente por desconocimiento de aplicaciones concretas de IA en aeronáutica o por la percepción de que el contexto tecnológico local limita su adopción.

En el Paralelo B, la visión del futuro con IA en el campo aeronáutico se reparte entre optimistas que imaginan un entorno más seguro, eficiente y automatizado, y preocupados por el riesgo de reemplazo y desempleo. También destaca una percepción más aterrizada y técnica que en el Paralelo A, con referencias a aplicaciones concretas y reconocimiento de límites prácticos de la IA. Aunque algunos estudiantes optarían por no usarla, la mayoría admite que podría ser una herramienta valiosa si se gestiona bien.

Para la pregunta "¿Qué herramientas de inteligencia artificial utilizaste?" se obtuvieron los siguientes resultados:

En el Paralelo A, ChatGPT es la herramienta dominante y más reconocida, seguida a gran distancia por Gemini. Las menciones a otras IA son marginales y evidencian que, aunque los estudiantes conocen opciones diversas, la adopción masiva se concentra en una sola plataforma. Persisten hábitos tradicionales de búsqueda en Google y existe un grupo menor que no usa IA o no identifica haberlo hecho.

En el Paralelo B se mantiene ChatGPT como la opción más popular, aunque la preferencia está más repartida entre varias herramientas. Hay mayor diversidad de menciones que en el Paralelo A, con la inclusión de plataformas menos conocidas (Claude, Gamma, Sider, Perplexity). Gemini gana protagonismo y se posiciona claramente como segunda opción. Esto indica que este grupo podría estar más expuesto a diferentes IAs o más dispuesto a explorar alternativas.

Para la pregunta "¿Por qué decidiste explorar (o no explorar) otras herramientas de IA?" se obtuvieron los siguientes resultados:

El Paralelo A muestra una tendencia a mantener una preferencia por métodos tradicionales, como el aprendizaje basado en libros, evidenciando un apego a formas clásicas de estudio transmitidas por generaciones anteriores. Sin embargo, también hay un sector abierto a explorar la IA para complementar su aprendizaje, especialmente para resolver dudas específicas, mejorar la redacción y obtener información adicional o más formal. Algunas respuestas evidencian limitaciones prácticas, como falta de acceso, tiempo o interés, que influyen en la no exploración de otras herramientas. Asimismo, algunos estudiantes manifiestan desconfianza o desconocimiento hacia la variedad de IAs, usando preferentemente una o ninguna herramienta. Se observa también un uso algo anecdótico o no académico, por ejemplo, usar la IA como una especie de "psicólogo" para desahogarse.

El Paralelo B tiende a mostrar una percepción más pragmática y tecnológica respecto a la IA. Muchos estudiantes reconocen explícitamente la utilidad de ciertos motores de búsqueda avanzados pero prefieren concentrar su uso en una herramienta confiable como ChatGPT para optimizar sus resultados. Hay mayor interés en la rapidez y capacidad de la IA para realizar tareas complejas o para acceder a información que el humano normalmente no podría obtener tan rápido. Se destaca también un enfoque en la comodidad y en la confianza hacia herramientas específicas. Sin embargo, algunos estudiantes también expresan reservas, como la preocupación de que el uso excesivo de la IA pueda fomentar la pereza mental, o que el uso de múltiples herramientas pueda complicar más que ayudar.

Los resultados cualitativos mostraron coherencia con los patrones cuantitativos observados en las encuestas. Por ejemplo, el Paralelo B no solo reportó mayor frecuencia y

diversificación en el uso de GenAI, sino que también expresó en las respuestas abiertas una comprensión más crítica y estratégica de estas herramientas, incluyendo referencias a verificación de información, uso de prompts y exploración de distintas plataformas. En contraste, el Paralelo A manifestó con mayor frecuencia usos puntuales, dudas sobre confiabilidad y menor claridad sobre aplicaciones específicas.

III.7. Resumen de Resultados Estadísticos

El Cuadro 5 presenta un resumen de todas las pruebas inferenciales realizadas.

Tabla 5: Resumen de Pruebas Inferenciales

Variable	Prueba	Estadístico	p	Efecto	p-aj (BH)
Edad (basal)	Mann-Whitney U	U = 556.0	0.82	r = 0.031	0.87
Sexo (basal)	Fisher exacta	-	0.44	V = 0.120	0.66
E1-P3: Uso de IA	Fisher exacta	-	0.08	V = 0.216	0.47
E1-P5: Confiabilidad	Mann-Whitney U	U = 194.0	0.34	r = 0.160	0.66
E1-P6: Mejora aprendizaje	Mann-Whitney U	U = 199.5	0.41	r = 0.136	0.66
E1-P7: Precisión vs docente	Chi-cuadrado	χ^2 = 5.37	0.15	V = 0.353	0.5
E1-P8: Deseo herramienta IA	Mann-Whitney U	U = 493.5	0.28	r = 0.140	0.66
E1-P9: Comprensión puntuación	Mann-Whitney U	U = 539.0	0.62	r = 0.061	0.7
E1-P10: Mejora puntuación	Mann-Whitney U	U = 572.0	0.98	r = 0.003	0.98
E1-P11: Conocimiento C/S/Z	Mann-Whitney U	U = 534.0	0.58	r = 0.070	0.7
E1-P13: IA corrige escritura	Mann-Whitney U	U = 429.0	0.33	r = 0.124	0.66
E1-P14: IA confiable como docente	Mann-Whitney U	U = 404.5	0.02	r = 0.295	0.22
E1-P15: Preocupación dependencia	Mann-Whitney U	U = 629.5	0.47	r = -0.097	0.66
E2-P3: Frecuencia uso IA	Mann-Whitney U	U = 212.5	0.03	r = 0.347	0.22
E2-P5: Utilidad en redacción	Mann-Whitney U	U = 248.5	0.12	r = 0.237	0.49

E2-P6: Percepción de IA	Chi-cuadrado	$\chi^2 = 2.25$	0.52	V = 0.208	0.68
E2-P8: Amenaza u oportunidad	Chi-cuadrado	$\chi^2 = 3.20$	0.36	V = 0.248	0.66

Fuente: Elaboración propia. Nivel de significancia α = .05

IV. Discusión y Conclusiones

IV.1. Interpretación de los Resultados

Los resultados de este estudio exploratorio presentan un panorama matizado sobre el rol de la facilitación del aprendizaje docente en la apropiación de GenAI en contextos educativos específicos. Si bien ninguna de las comparaciones inferenciales alcanzó significancia estadística tras la corrección por comparaciones múltiples, los tamaños de efecto y los patrones descriptivos y cualitativos convergen en una dirección consistente que merece discusión.

La variable con el mayor tamaño de efecto fue la frecuencia de uso de GenAI en la unidad de redacción (r = 0.347, efecto mediano), donde el grupo experimental mostró un uso notablemente más regular (33.3% "regularmente" vs. 9.7% en control), que no solo incrementa la intención de uso, sino que parece asociarse con formas de interacción más frecuentes y estratégicas con la tecnología. El hecho de que el 32.3% del grupo control reportara que "lo intenté, pero no me sirvió" frente a solo el 9.5% del grupo experimental indica que la orientación docente reduce la frustración inicial y facilita una experiencia de uso más productiva.

La percepción de la IA como herramienta confiable comparada con un docente (r = 0.295, efecto pequeño-mediano) constituye otra tendencia relevante. Los estudiantes con facilitación del aprendizaje no desarrollaron confianza ciega, sino confianza informada basada en comprensión de fortalezas y limitaciones específicas. Esto se evidencia en que ningún estudiante del Paralelo B respondió "No lo sé" a esta pregunta, frente al 18.2% del Paralelo A, sugiriendo que la inducción genera una posición más informada.

El hallazgo más significativo desde una perspectiva cualitativa radica en que los estudiantes con facilitación del aprendizaje desarrollaron una comprensión más sofisticada de GenAI, transformando su percepción hacia una herramienta de reflexión y desarrollo cognitivo.

Esta transformación se evidencia en los comentarios cualitativos analizados, donde el grupo experimental mostró mayor conciencia sobre las limitaciones de la GenAI, desarrollo de criterios para verificar información, y comprensión de la importancia de formular instrucciones claras para obtener mejores resultados. En contraste, el grupo control manifestó más experiencias frustrantes iniciales y mayor tendencia hacia la dependencia tecnológica no crítica.

La diversificación de herramientas de GenAI observada en el grupo experimental constituye otro hallazgo relevante que propone un efecto de transferencia del aprendizaje. Mientras el grupo control se limitó principalmente a ChatGPT, Siri y herramientas básicas como Grammarly, el grupo experimental exploró activamente ChatGPT, Claude, Gemini, DeepSeek, Gamma y otras plataformas especializadas. Esta exploración no fue casual, sino que reflejó el desarrollo de criterios para evaluar diferentes herramientas según tareas específicas, lo que se alinea con las competencias de alfabetización en IA descritas por Ng et al. (2021) y Long & Magerko (2020).

Un aspecto particularmente interesante es la paradoja observada en la valoración de las clases del docente. Contrario a lo que podría esperarse, el grupo experimental que recibió formación en GenAI valoró más las clases presenciales del docente (57.1% vs. 41.5%). Este resultado supone que la introducción de GenAI, cuando se realiza de manera pedagógicamente mediada, no compite con la enseñanza tradicional, sino que la complementa y potencia. Los estudiantes desarrollaron mayor aprecio por la orientación humana precisamente porque comprendieron mejor las capacidades y limitaciones de las herramientas tecnológicas. Este hallazgo destaca la complementariedad entre la mediación humana y las herramientas de IA en contextos educativos.

La diferencia en el uso específico de GenAI para diferentes componentes de redacción también revela patrones significativos. Mientras el grupo control utilizó GenAI principalmente para tareas terminales como conclusiones y bibliografía, el grupo experimental la empleó en procesos más complejos como planteamiento del problema, metodología y desarrollo. Esta diferencia indica que la facilitación del aprendizaje no solo

incrementa el uso cuantitativo de GenAI, sugiriendo una integración más amplia de GenAI en procesos de redacción.

El impacto en la proyección profesional resulta especialmente relevante considerando el contexto tecnológico avanzado de la industria aeronáutica. El hecho de que solo 4.8% del grupo experimental manifestara no ver aplicaciones claras de GenAI en su futuro profesional, comparado con 19.4% del grupo control, indica que la facilitación del aprendizaje no solo mejora el uso presente de estas herramientas, sino que desarrolla una visión estratégica para su aplicación futura. Los estudiantes del grupo experimental identificaron con mayor precisión aplicaciones específicas como redacción de informes técnicos (52.4% vs. 41.9%), desarrollo de manuales y automatización de procedimientos, demostrando una comprensión más concreta del potencial profesional de GenAI en su campo específico.

IV.2 Sobre la Contaminación del Grupo Control

La adopción espontánea de GenAI por el 53.7% del grupo control constituye simultáneamente la principal limitación metodológica y uno de los hallazgos más informativos del estudio. Este dato propone que la influencia social de pares y el entorno tecnológico actual son suficientes para impulsar la adopción básica de GenAI, independientemente de la instrucción formal. La contaminación explica parcialmente la ausencia de diferencias estadísticamente significativas: el verdadero contraste no es entre "uso" y "no uso" de GenAI, sino entre uso guiado y uso autónomo.

Este fenómeno refuerza la tesis central del estudio: si los estudiantes acceden a GenAI de manera inevitable, la pregunta pedagógica relevante no es si permitir o prohibir su uso, sino cómo orientar su apropiación. La evidencia descriptiva y cualitativa impulsan la mediación docente para la calidad del uso, no simplemente la cantidad.

IV.3. Limitaciones

Este estudio presenta varias limitaciones que deben considerarse en la interpretación de los resultados:

Tamaño muestral y poder estadístico. El tamaño muestral (41 y 28 en la Encuesta 1; 31 y 21 en la Encuesta 2) limita la capacidad para detectar efectos pequeños y la generalización de los resultados. Análisis post-hoc indican que con estos tamaños, el estudio tenía poder

adecuado únicamente para detectar efectos medianos a grandes (d > 0.6). Los hallazgos deben interpretarse como evidencia exploratoria dentro de un contexto educativo específico.

Efecto instructor. Los dos paralelos fueron impartidos por docentes diferentes, lo que introduce un potencial efecto de instructor como variable confundente. Sin embargo, la facilitación del aprendizaje del docente constituye un componente integral de la intervención estudiada, no una variable extraña. Ambos grupos utilizaron el mismo contenido curricular base, y el Paralelo A contó con una docente de 5 años de experiencia, lo que favorecería al grupo control.

Contaminación del grupo control. El 53.7% del grupo control utilizó herramientas de GenAI de forma autónoma, lo que atenúa el contraste entre grupos. Como se discutió, este fenómeno refuerza simultáneamente la relevancia del estudio.

Medidas autorreportadas. Los resultados se basan exclusivamente en percepciones autorreportadas, sin medidas objetivas del desempeño en escritura (como evaluaciones ciegas de productos escritos mediante rúbricas estandarizadas). Futuros estudios deberían incorporar medidas objetivas para triangular con los datos perceptuales.

Ausencia de equivalencia basal en variables clave. No se recopilaron datos sobre experiencia previa con IA, competencia digital ni nivel de escritura al inicio del curso. Si bien las características demográficas fueron comparables, no se puede descartar la existencia de diferencias preexistentes.

Deserción. La deserción fue sustancial en ambos grupos, consistente con las tasas habituales del curso prefacultativo. Se observó una mayor retención en el Paralelo B (66% vs. 44% hasta el examen final), lo cual podría reflejar un efecto motivacional de la intervención, aunque no se puede descartar la influencia de otros factores.

Validación de instrumentos. Los instrumentos de encuesta no fueron validados previamente mediante análisis de confiabilidad ni de constructo. La ausencia de validación formal limita la interpretación psicométrica.

Análisis cualitativo. El análisis temático asistido por ChatGPT constituye un enfoque innovador pero aún sin estándares metodológicos consolidados. Aunque se realizó una

validación parcial mediante codificación humana, se reconoce la necesidad de protocolos más rigurosos.

IV.4. Implicaciones y Trabajo Futuro

Las implicaciones prácticas de estos hallazgos son claras para instituciones de educación superior. La integración de GenAI no puede dejarse al uso espontáneo estudiantil ni a políticas restrictivas institucionales. Requiere formación docente sistemática, desarrollo de estrategias pedagógicas específicas, y políticas institucionales que promuevan uso crítico y responsable. Para carreras técnicas como Aeronáutica, esta formación debería ser obligatoria, no optativa, considerando su impacto en la competitividad profesional futura.

Para el contexto específico de la educación boliviana y latinoamericana, estos resultados sustentan una oportunidad estratégica. La implementación temprana y pedagógicamente mediada de GenAI puede generar ventajas competitivas significativas para graduados que ingresen a mercados laborales globalizados. Sin embargo, esto requiere inversión en formación docente y desarrollo de competencias institucionales específicas.

Futuros estudios deberían incorporar: (a) instrumentos validados basados explícitamente en la GenAI en la educación y marcos de alfabetización en IA; (b) medidas objetivas de desempeño en escritura mediante evaluaciones ciegas; (c) medición de equivalencia basal en experiencia previa con IA y competencias digitales; (d) diseños con muestras más grandes que permitan detectar efectos pequeños; y (e) seguimiento longitudinal para evaluar la durabilidad de los efectos de la facilitación del aprendizaje en estos casos.

IV.5. Conclusiones

La conclusión fundamental es que la GenAI representa una oportunidad para la educación superior, pero su potencial solo se materializa efectivamente mediante una facilitación del aprendizaje estructurada. Los datos de este estudio exploratorio, presentan un patrón coherente y consistente: la orientación docente se asocia con mayor frecuencia de uso (efecto mediano), percepciones más informadas, diversificación de herramientas y una proyección profesional más definida.

Paradójicamente, la principal limitación del estudio, la contaminación del grupo control, constituye también su hallazgo pragmático más relevante: los estudiantes acceden a GenAI independientemente de la instrucción formal. Sin facilitación del aprendizaje, la GenAI

puede generar dependencia tecnológica inadecuada, experiencias frustrantes, o subutilización de capacidades disponibles. Con la mediación apropiada, puede convertirse en un catalizador de competencias cognitivas, autonomía tecnológica y ventajas competitivas profesionales duraderas.

Este estudio contribuye evidencia empírica localizada, desde un contexto boliviano y latinoamericano aún poco representado en la literatura, al debate global sobre la integración de IA en educación superior. La metodología mixta utilizada, que combinó análisis cuantitativo con procesamiento cualitativo mediante IA validado con codificación humana, demuestran enfoques innovadores para investigar fenómenos tecnológicos emergentes. Los hallazgos específicos sobre facilitación del aprendizaje, transferencia de competencias y proyección profesional proporcionan base sólida para futuras investigaciones y políticas educativas relacionadas con GenAI.

Referencias bibliográficas

- Beckingham, S., Lawrence, J., Powell, S. & Hartley, P. (2024) (Eds.). Using Generative AI Effectively in Higher Education. Routledge.
- Crompton, H. & Burke, D. (2025) (Eds.). Artificial Intelligence Applications in Higher Education. Routledge.
- Long, D. & Magerko, B. (2020). What is AI literacy? Competencies and design considerations. Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, 1-16. ACM.
- Murugan, T., Periasamy, K. & Abirami A.M. (2025) (Eds.). Adopting Artificial Intelligence Tools in Higher Education. CRC Press.
- Nartey, E. (2025). Generative AI in Higher Education: Guiding Principles for Teaching and Learning Vol. 1. CRC Press.
- Ng, D. T. K., Leung, J. K. L., Chu, S. K. W. & Qiao, M. S. (2021). Conceptualizing AI literacy: An exploratory review. Computers and Education: Artificial Intelligence, 2, 100041.

- Owoseni, A., Kolade, O. & Egbetokun, A. (2024). Generative AI in Higher Education. Palgrave Macmillan.
- Yuk, C. & Colloton, T. (2024). Generative AI in Higher Education. Routledge.

LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL GENERATIVA Y LA REDEFINICIÓN DE AUTORÍA

(Comunicación)

Ph. D. BORIS ADOLFO LLANOS TORRICO

cmapea@gmail.com

Semblanza:

El Dr. Boris Adolfo Llanos Torrico es un académico e investigador con formación en Ingeniería de Sistemas e Ingeniería Comercial. Cuenta con un Doctorado en Ciencias y Humanidades (mención Informática) y dos postdoctorados en investigación emergente y cualitativa. Especialista en la integración de Inteligencia Artificial y tecnologías en educación superior, posee una destacada trayectoria como docente de postgrado y doctorado. Actualmente coordina comisiones académicas en el CEPIES-UMSA y participa como conferencista internacional en temas de innovación pedagógica y metodología de investigación.

Introducción

La llegada de modelos computacionales que pueden generar estructuras de datos complejos ha roto la idea clásica de autoría, que se basaba mucho en lo subjetivo. Para las ciencias puras, este tema no es un problema de derechos, sino algo mucho más profundo sobre la termodinámica de la información y la causalidad de los algoritmos. El problema del conocimiento está en lo difícil que es diferenciar una señal hecha por una mente que piensa de una que sale de la probabilidad, pero que parece que tiene poca entropía. Históricamente, la autoría se veía como crear información nueva, pero la física de la información dice que nada se crea sin las leyes de la conservación de la energía y el procesamiento de señales. Es muy importante justificar por qué este estudio es relevante

en nuestros días, cuando la tecnología computacional mueve toda la ciencia. Académicamente, ayuda a quitarle las ideas humanas al debate y poner el foco en cómo se generan los datos; socialmente, da una base técnica para saber si el conocimiento es correcto.

La aparición de sistemas computacionales que fabrican formas de datos complejas ha deslucido la noción clásica de autoría, fuertemente ligada a la subjetividad. Desde el punto de vista de las ciencias puras, lo que ocurre no constituye una crisis de derechos, sino un asunto de peso sobre la termodinámica informativa y la causalidad de algoritmos. La dificultad aparece en el conocimiento, al no poder distinguir entre una señal emitida por una fuente con consciencia y una producción probabilística que imita esquemas de baja entropía. Siempre se asoció la autoría a la creación de información inédita; sin embargo, la física de la información sugiere que todo se produce dentro de las leyes de conservación de energía y procesamiento de señales. Resulta indispensable explicar la importancia de este estudio en una época donde la infraestructura digital es la fuente principal de la producción científica. En el plano académico, esto hace posible eliminar sesgos humanistas del debate y enfocarse en la mecánica de la generación de datos; en el aspecto social, ofrece un fundamento técnico para verificar la autenticidad del conocimiento.

El propósito de la presente investigación radica en esbozar un marco físico matemático para repensar la autoría, planteándola cual gestión de probabilidades dentro de un espacio latente. A partir de ello, surge la siguiente interrogante ¿Es posible evaluar la autoría como una divergencia informacional entre lo que entra y lo que sale de un sistema estocástico? Seguidamente, se aborda el desarrollo de la teoría informacional frente a los modelos de creación, la injerencia de la complejidad algorítmica y, como epílogo, una síntesis sobre la reciente concepción del autor como artífice de entropía.

Desarrollo

Para abordar la autoría a través de la ciencia exacta, es crucial iniciar con la entropía informacional de Shannon, que postula un enlace directo entre la probabilidad de un mensaje y su contenido.

En el constructo de la inteligencia artificial generativa, la "creación" se restringe, esencialmente, a examinar un vasto compendio de datos, una matriz de alta dimensionalidad conocida como el espacio latente.

Cuando un sistema produce un resultado, efectúa una reducción de la incertidumbre basada en los parámetros establecidos durante su periodo de aprendizaje.

Tal cual lo propone Shannon (1948), la información emerge al distinguir una opción de una variedad de posibilidades; bajo esta visión, la autoría se transforma de la acción automática a la selección del sendero probabilístico.

Un punto fundamental recae en la complejidad de Kolmogorov, la cual mide las capacidades computacionales necesarias para describir un objeto (1965). Si una salida de IA puede ser completamente definida por su algoritmo y sus datos de partida, su complejidad inherente no está en el producto final, sino en el mecanismo generador.

Sin embargo, Chaitin (1975)sostiene que la imprevisibilidad y la complejidad se encuentran estrechamente ligadas. La autoría en el ámbito generativo, contemplada así, aparece cuando el usuario impone una restricción externa, el prompt, el cual funciona como un borde en un sistema dinámico.

No es el software el que "escoge", sino la convergencia entre la arquitectura del transformador y la intervención humana lo que configura un estado de entropía disminuida que reconocemos como "obra".

La arquitectura de los transformadores, principalmente concebida por Vaswani et al. (2017), le permite a un sistema ponderar diversos segmentos de una entrada para generar una salida coherente. Matemáticamente, esto se traduce en una operación de producto matricial con escalado de coeficientes. Desde el punto de vista de un vector de propósito, el autor es quien define la función de desmérito o, por el contrario, selecciona el ejemplar más idóneo de un conjunto probabilístico. La autoría va más allá de una simple genialidad

innata; se redefine como un proceso de cuidadosa selección estadística. Penrose (1989) ya apuntaba a las limitaciones de la computación determinista, sugiriendo que la verdadera originalidad, de eso en concreto, podría requerir procesos fuera de lo meramente algorítmico. No obstante, hoy en la creación de contenido, el terreno generativo, se evidencia una fuerte sinergia entre la máquina que provee la potencia computacional para examinar un amplísimo abanico de opciones, y el humano que actúa como el ente que decide cómo se materializan esas posibilidades.

Visto desde la perspectiva de la termodinámica, el origen de contenido se percibe como un proceso de ordenación, que necesita una inversión de energía. Esta energía tiene como objetivo disminuir la entropía local intrínseca a un cúmulo de datos. Con frecuencia, esto sucede a expensas de aumentar la entropía global, manifestada como calor que se disipa a través del hardware. Esta característica "firma termodinámica" traza una conexión causal clara entre quien crea y el origen del evento informacional. Solomonoff (1964) ya había argumentado antes que la inferencia inductiva junto con la habilidad predictiva son los pilares fundamentales de la inteligencia. En tal marco conceptual, el autor es quien marca el camino a seguir para la inducción. El uso de Redes Generativas Antagónicas (GAN) sirve como ejemplo viviente de esta dinámica, donde la calidad de la información emerge de una lucha matemática entre dos redes neuronales. Pero, aun así, opera dentro de un marco de diseño totalmente humano (Goodfellow et al., 2017).

Al contrastar estas afirmaciones, mirando dentro de la termodinámica, resulta muy claro que generar contenido exige energía para organizar información. Eso resulta en menos entropía local, mientras que, al mismo tiempo, la entropía global sube, esto se ve en el calor de los servidores que se libera. Por lo tanto, el hecho de crear algo se podría entender como una marca única de energía.

Quienes ponen la primera energía, al imaginar el diseño de este modelo, y quienes controlan que la entropía baje un poco, o sea el usuario, comparten la creación respecto a las acciones físicas. Desde el punto de vista de Floridi (2011), se cree que la personas son organismos de información en un mundo de datos, dice que la autoría no es de una sola persona, más bien,

de un punto en una red de conversación donde se mandan señales para que se entienda mejor y haya más sentido.

Por último, resulta un punto crítico el pensar la noción de "originalidad" desde una óptica probabilística. Entonces, la respuesta de inteligencia artificial es original si la posibilidad de su aparecimiento previo es remota, dada la distribución inherente del modelo. La autoría en este contexto se reconfigura como la destreza para inducir al sistema a explorar regiones de baja probabilidad en su espacio latente, lo que genera resultados que trascienden más allá de las respuestas promedio. Esta perspectiva quita la discusión de cualquier aura romántica e idealista, y se focaliza en la optimización y los mecanismos de la probabilidad.

Conclusiones

Un giro desde la autoría individual a un modelo de autoría informacional representa un avance indispensable para la incorporación de la inteligencia artificial en las ciencias exactas. El proceso de génesis creativa, aun sin conciencia, sigue principios ligados a la disminución de la entropía y las dinámicas de espacios vectoriales, mostrando la importancia de la intervención humana como una perturbación crucial en sistemas estocásticos. El valor de este análisis está en proponer que el autor se conciba como un agente que marca las condiciones límites, y cuya tarea fundamental es definir el discurso aceptable en un mar de datos.

Los hallazgos resultantes de la investigación apuntan a que la originalidad no es magia, sino una forma de medir cuán lejos esta la salida de lo que se usó para entrenar, y que depende mucho de lo que el usuario quería. Esto apoya la idea de que la autoría en tiempos de inteligencia artificial es algo que sale de un sistema combinado, donde la causa está repartida entre quien hizo el modelo y quien le dijo al sistema que haga algo.

Para futuras investigaciones se sugiere la creación de métricas basadas en la entropía cruzada de tal forma que se pueda cuantificar de forma real el "aporte humano" en obras elaboradas de forma colaborativa entre ser humano e inteligencia artificial. Además, se sugiere examinar de forma minuciosa la robustez de los espacios latentes al incorporar

datos generados por la misma IA, puesto que tal inclusión podría hacer que las ideas que provienen de la IA dejen de ser originales

Finalmente, reflexionar sobre la autoría desde la mirada de las ciencias puras nos lleva a comprender que la creación, en el fondo, consiste en discernir entre una vasta inmensidad de incertidumbre probabilística.

Referencias bibliográficas

- Chaitin, G. J. (1975). A Theory of Program Size Formally Identical to Information Theory. *Journal of the ACM*, *22*(3), 329–340. https://doi.org/10.1145/321892.321894
- Floridi, L. (2011). *The Philosophy of Information*. Oxford University Press.
- Goodfellow, I., Bengio, Y., Courville, A., Ozair, S., Warde-Farley, D., Xu, B., Mirza, M., & Pouget-Abadie, J. (2017). Generative Adversarial Nets. *Advances in Neural Information Processing Systems*.
- Kolmogorov, A. N. (1965). Three approaches to the quantitative definition of information. *Problems of Information Transmission*, *1*(1), 1–7.
- Penrose, R. (1989). *The Emperor's New Mind: Concerning Computers, Minds, and the Laws of Physics*. Oxford University Press.
- Shannon, C. E. (1948). A Mathematical Theory of Communication. *Bell System Technical Journal*, *27*(3), 379–423. https://doi.org/10.1002/j.1538-7305.1948.tb01338.x
- Solomonoff, R. J. (1964). A formal theory of inductive inference. Part I. *Information and Control*, *7*(1), 1–22. https://doi.org/10.1016/S0019-9958(64)90223-2
- Vaswani, A., Shazeer, N., Parmar, N., Uszkoreit, J., Jones, L., Gomez, A. N., Kaiser, L., & Polosukhin, I. (2017). Attention Is All You Need. *Advances in Neural Information Processing Systems 30 (NIPS 2017)*, 5998–6008.

COMPETENCIAS DIGITALES Y BÚSQUEDA DE INFORMACIÓN EN LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

(Comunicación)

Dr. GABINO PABLO VARGAS MURILLO

gpvargas@umsa.bo

Semblanza:

Estudios académicos: Posdoctor en investigación emergente, Posdoctor en epistemolgía e investigación, Doctor en ciencias y humanidades, Magister en gerencia estratégica de tecnologías y sistemas de información, Diplomado metodologías de investigación, Experiencia docente nacional e internacional en pregrado y posgrado, Expositor en eventos nacionales e internacionales, Tutor de tesis universidades públicas y privadas pre y posgrado, Escritor de artículos internacionales con al menos 1980 citas (Google académico), Revisor Par internacional (International Peer Reviewer) de artículos científicos en revistas académicas de diferentes universidades nacional e internacional.

Introducción

El avance de las tecnologías de información y comunicación (TIC) ha generado diferentes herramientas tecnológicas entre las que se pueden apreciar los servicios en Internet, programas computacionales, redes sociales, ambientes virtuales de aprendizaje, entornos personales de aprendizaje, gestores de referencias bibliográficas, entre otros.

Los educadores y educandos no están libres del uso de estas tecnologías digitales, el desconocimiento y/o desactualización del empleo de estas herramientas digitales genera un conocimiento empírico, por lo tanto, estos elementos inciden en la formación académica, investigación y en el proceso de enseñanza aprendizaje, las TIC contribuyen en educación de manera didáctica e innovadora, al cambio y transformación, desde el sumo

compromiso de capacitación del profesorado (Mollo-Torrico, 2023), facilitando la comunicación de resultados de investigación y su accesibilidad a la comunidad en general y a comunidades científicas (Arbeláez Gómez, 2014).

El presente trabajo de investigación pretende determinar los niveles de formación en competencias digitales que poseen los participantes en la búsqueda de información de Programas de Posgrado: Doctorado, Maestría y Curso de Actualización en Educación Superior.

Las competencias digitales son empleados y aplicados por estudiantes, profesores profesionales y otros, estos elementos generan habilidades a partir del interés de los educadores, educandos e investigadores, no obstante, el conocimiento y uso de la tecnología digital propicia la apertura de escenarios de interacción activo bidireccional. El empleo de las competencias digitales se vincula con el tratamiento de la información, comunicación seguridad entre otros, en el contexto educativo tiende a contribuir en el desarrollo pedagógico tecnológico que fortalecen el trabajo del docente y el proceso de enseñanza aprendizaje.

La literatura señala que las competencias digitales son competencias que necesitan desarrollar los docentes del siglo XXI para la mejora de su práctica educativa y para el desarrollo profesional continuo, para Francia y Diaz (2017) las competencias digitales se tomen como los resultados más prácticos y medibles de los procesos de formación con relación a la novedosa alfabetización digital, para Contreras (2019) son la capacidad de planificar el proceso de enseñanza y el de aprendizaje; seleccionar y presentar los contenidos disciplinares; ofrecer informaciones y explicaciones comprensibles.

El Parlamento Europeo del 2006, señala que la competencia digital implica el uso crítico y seguro de las Tecnologías de la Sociedad de la Información para el trabajo, el tiempo libre y la comunicación. Apoyándose en habilidades TIC básicas: uso de ordenadores para recuperar, evaluar, almacenar, producir, presentar e intercambiar información, y para comunicar y participar en redes de colaboración a través de Internet, el conocimiento y aplicación de la competencia digital tiene la finalidad de promover el empleo de recursos y

herramientas digitales en procesos educativos, científicos, participativos y personalizados (Vargas-Murillo, 2019).

Las competencias digitales se están convirtiendo en un híbrido de habilidades necesarias para el buen funcionamiento no solo en el espacio informatizado de las instituciones de educación superior, o para comunicarse con los estudiantes nativos digitales, sino también para cumplir con el deber elemental, que es la realización de investigaciones (Guillén Gámez y Gómez García, 2024). además de una actitud crítica en la creación y utilización de contenidos, uso ético y legal (Zavala, y Lozano 2016). El presente trabajo de investigación considera a las competencias digitales a partir de la del Marco Común de Competencia Digital Docente elaborado por el Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y Formación del Profesorado.

Las competencias tecnológicas están compuestas por cinco áreas, cada uno de estos considera las competencias específicas que el profesor debe adquirir para desarrollar habilidades en el uso de las herramientas tecnológicas.

La Información y alfabetización informacional que establece esta área es el de identificar, localizar, obtener, almacenar, organizar y analizar información digital, datos y contenidos digitales, evaluando su finalidad y relevancia para las tareas docentes y la investigación científica.

Métodos y materiales

El estudio se desarrolló apoyado en una investigación cuantitativa, con el tipo de investigación descriptiva y diseño de investigación no experimental transversal. La población considerada en este estudio está constituida por 29 participantes del Programa de Doctorado de la Universidad Pública de El Alto (UPEA) gestión 2020, 85 participantes de la Maestría de la Universidad Nacional Siglo XX (UNSXX) gestión 2019 y 214 participantes del curso de actualización de Herramientas Digitales en Educación Superior desarrollado en la Universidad Mayor de San Andrés (UMSA) gestión 2022 con participantes de la UMSA, UMSS, UCB, ESFM y otras haciendo un total de 328 participantes. Por lo que se refiere a la muestra se determinó a todos los participantes de los programas y curso de actualización,

se aplicó una encuesta en la recolección de datos de competencias, conocimientos y habilidades de los participantes, instrumentos validados por países europeos.

Resultados

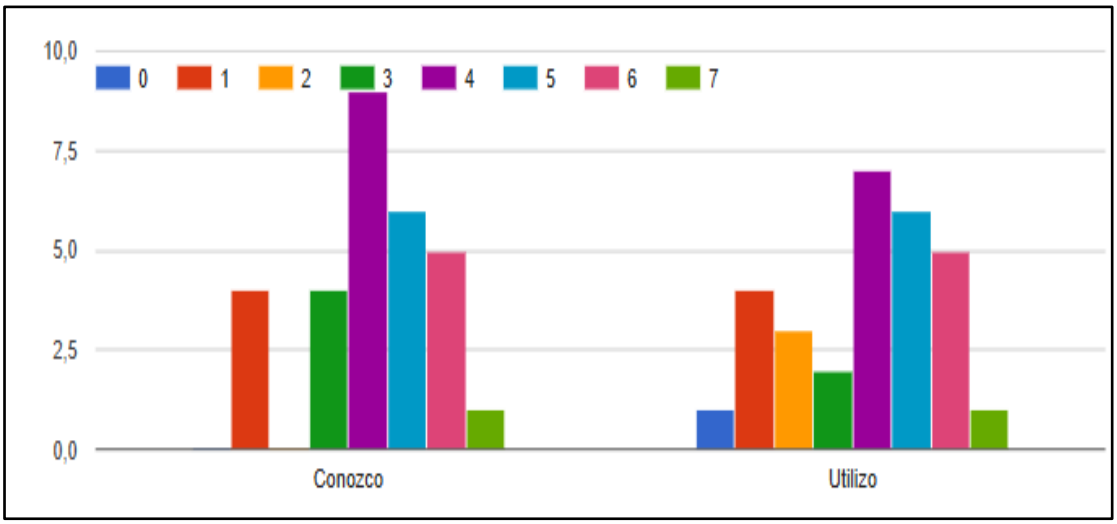
Los resultados del presente estudio caracterizan los niveles de conocimiento y empleo sobre el tratamiento información asistido con tecnologías digitales en Estrategias de Búsqueda de Información y la Navegación, Tipos de buscadores y filtros en Internet, a continuación, se realiza un análisis e interpretación:

Resultados Programa de Doctorado

La figura 1 muestra que los participantes del Programa de Doctorado poseen conocimientos de 48% en estrategias de búsqueda de Información, no obstante, se evidencia una reducción a 34% en la aplicación.

La gran mayoría de los participantes del programa de Doctorado poseen habilidades en el uso de Estrategias de búsqueda, lo que permite instaurar escenarios educativos favorables, empero, se debe fortalecer el uso de estrategias para fortalecer los procesos de investigación.

Figura 1: Programa de Doctorado - Estrategias de búsqueda de Información



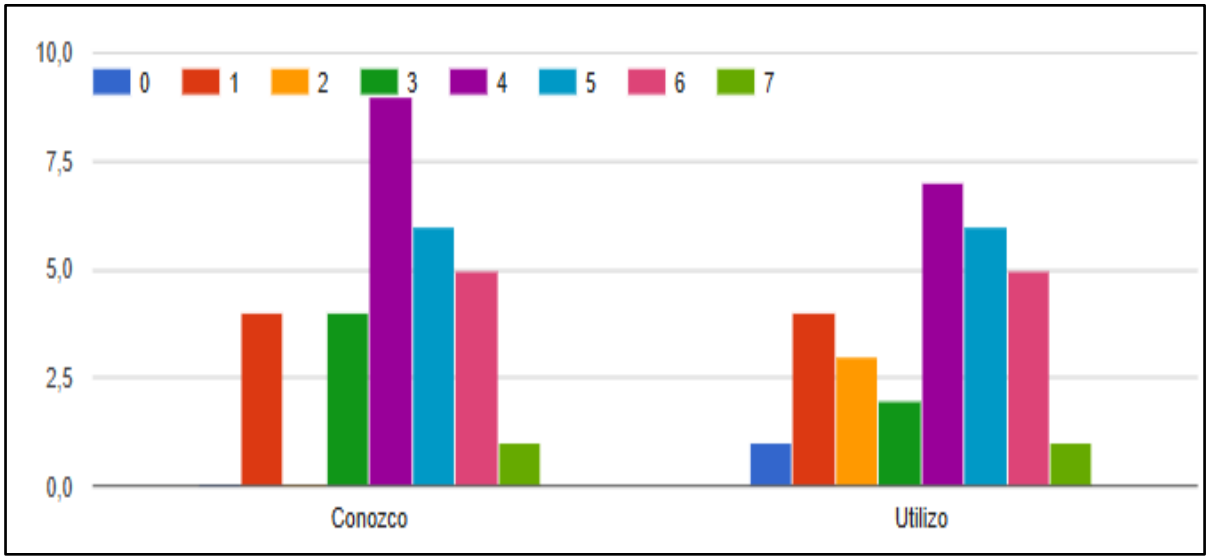
CONOZCO:
NA: No aplica
1: Ningún grado de conocimiento
2: Apenas tengo conocimiento
3: Poco conocimiento
4: Conocimiento moderado
5: Bastante conocimiento
6: Tengo mucho conocimiento
7: Lo conozco totalmente
UTILIZO:
NA: No aplica
1: Nunca lo utilizo
2: Apenas lo utilizo
3: Lo utilizo poco
4: Lo utilizo moderadamente
5: Lo utilizo frecuentemente
6: Lo utilizo muy frecuentemente
7: Lo utilizo siempre

Nota: La figura muestra niveles del conocimiento y uso de estrategias en la búsqueda de información apoyados con tecnologías digitales en el programa de Doctorado.

En relación al conocimiento de navegación, tipos de buscadores, operadores de búsqueda, la figura 2 expresa que la gran mayoría en 72% posee conocimiento, en contraparte, se presenta una reducción de 68% en el uso de la competencia.

Estos resultados revelan la existencia de conocimientos significantes, sin embargo, se requiere poner atención en su fortalecimiento para su aplicación.

Figura 2: Programa de Doctorado – Navegación, Tipos de Buscadores, filtros



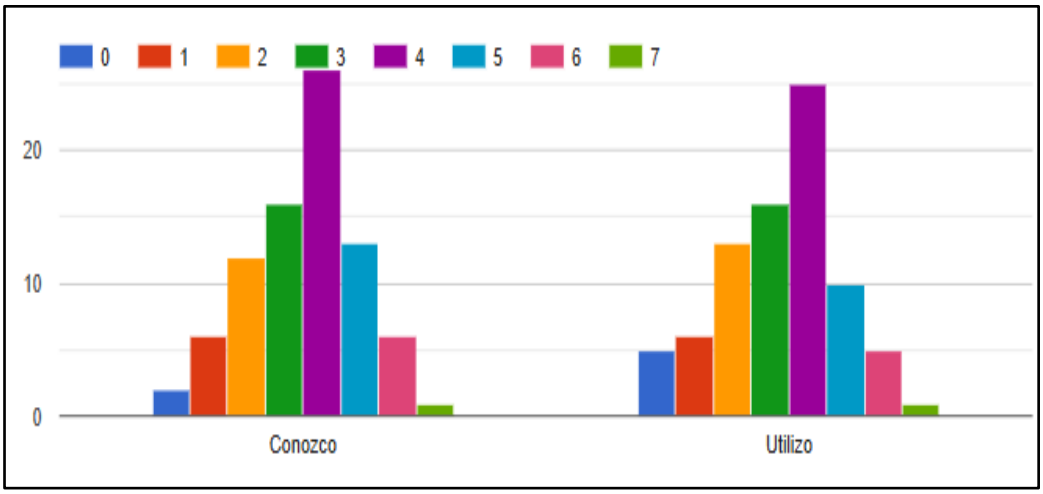
CONOZCO:
NA: No aplica
1: Ningún grado de conocimiento
2: Apenas tengo conocimiento
3: Poco conocimiento
4: Conocimiento moderado
5: Bastante conocimiento
6: Tengo mucho conocimiento
7: Lo conozco totalmente
UTILIZO:
NA: No aplica
1: Nunca lo utilizo
2: Apenas lo utilizo
3: Lo utilizo poco
4: Lo utilizo moderadamente
5: Lo utilizo frecuentemente
6: Lo utilizo muy frecuentemente
7: Lo utilizo siempre

Nota: La figura muestra los niveles identificados en el conocimiento y empleo de la Navegación, Tipos de Buscadores, filtros, en el programa de Doctorado.

Resultados participantes Programa de Maestría

El programa de Maestría muestra en la figura 3 que el 59% de los participantes cuentan con conocimientos, no obstante, en su uso se evidencia una reducción de 56% en su aplicación, estos datos, son importantes para determinar directrices que incrementen el uso de Estrategias de búsqueda de Información en el campo académico y de investigación.

Figura 3: Programa de Maestría - Estrategias de búsqueda de Información

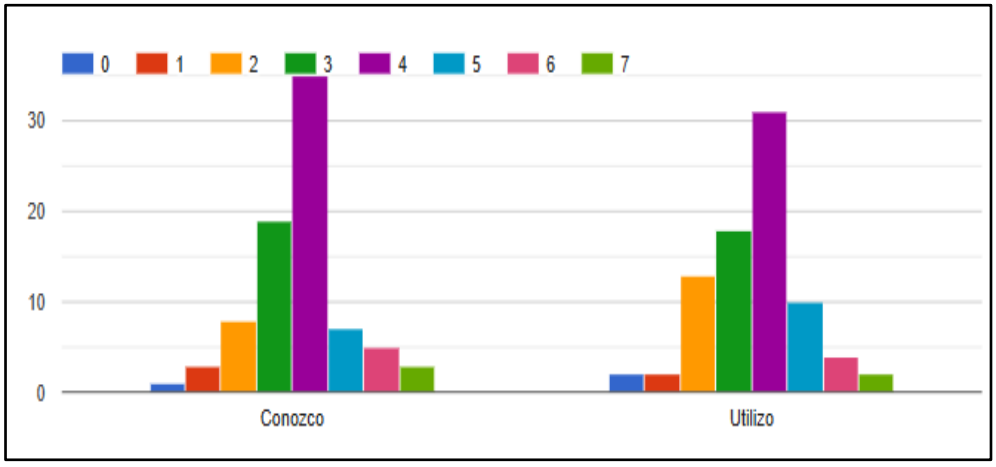


CONOZCO:
NA: No aplica
1: Ningún grado de conocimiento
2: Apenas tengo conocimiento
3: Poco conocimiento
4: Conocimiento moderado
5: Bastante conocimiento
6: Tengo mucho conocimiento
7: Lo conozco totalmente
UTILIZO:
NA: No aplica
1: Nunca lo utilizo
2: Apenas lo utilizo
3: Lo utilizo poco
4: Lo utilizo moderadamente
5: Lo utilizo frecuentemente
6: Lo utilizo muy frecuentemente
7: Lo utilizo siempre

Nota: La figura muestra niveles del conocimiento y uso de estrategias en la búsqueda de información apoyados con tecnologías digitales en el programa de Maestría.

El conocimiento referido a la Navegación, tipos de Buscadores, filtros de información muestra en la figura 4 mayoritariamente de 64% con conocimiento, en consonancia a la utilización mantiene la tendencia de reducción en 60%, si bien se percibe la existencia de conocimiento y empleo de la competencia surge la necesidad de potenciarla y elevar los niveles de aplicación.

Figura 4: Programa de Maestría – Navegación, Tipos de Buscadores, filtros



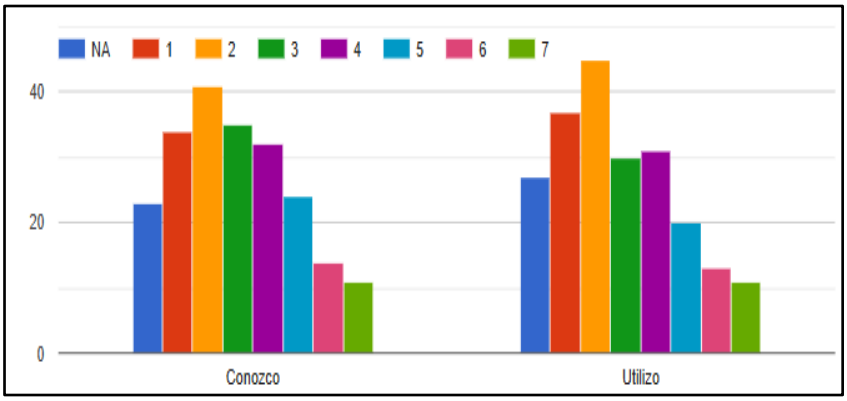
CONOZCO:
NA: No aplica
1: Ningún grado de conocimiento
2: Apenas tengo conocimiento
3: Poco conocimiento
4: Conocimiento moderado
5: Bastante conocimiento
6: Tengo mucho conocimiento
7: Lo conozco totalmente
UTILIZO:
NA: No aplica
1: Nunca lo utilizo
2: Apenas lo utilizo
3: Lo utilizo poco
4: Lo utilizo moderadamente
5: Lo utilizo frecuentemente
6: Lo utilizo muy frecuentemente
7: Lo utilizo siempre

Nota: La figura muestra los niveles identificados en el conocimiento y empleo de la Navegación, tipos de buscadores, filtros, en el programa de Maestría.

Resultados participantes Curso de Actualización

La figura 5 muestra que el mayor grupo de participantes con un 60% se concentra en el desconocimiento, con un 40% de la aplicación de la competencia, esta situación responde a diferentes factores entre los cuales se encuentra la experiencia, participación de docentes, estudiantes e investigadores de diferentes universidad y departamentos con desiguales niveles de conocimientos en la búsqueda de información científica, esto evidencia que es ineludible atender esta necesidad para incrementar las competencias educativas e investigativas.

Figura 5: Curso de Actualización - Estrategias de búsqueda de Información

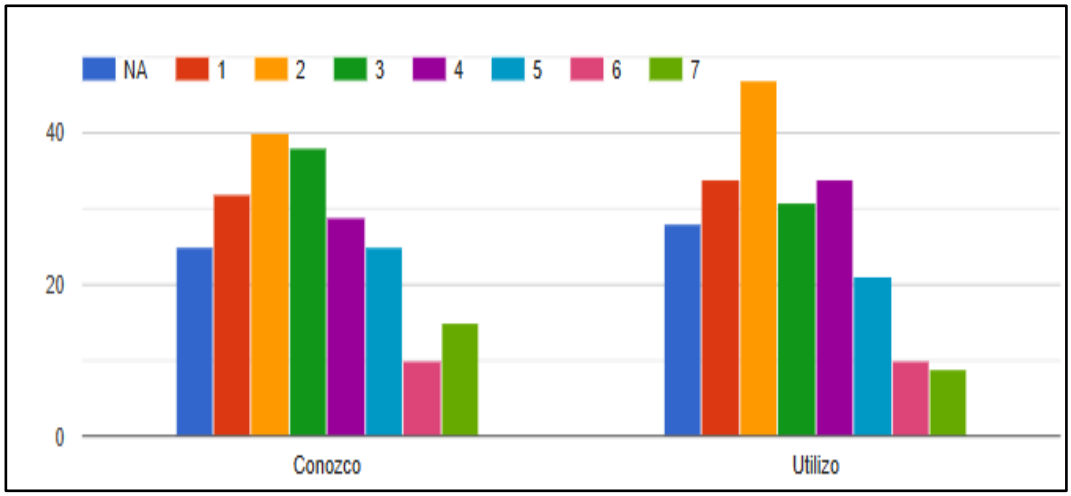


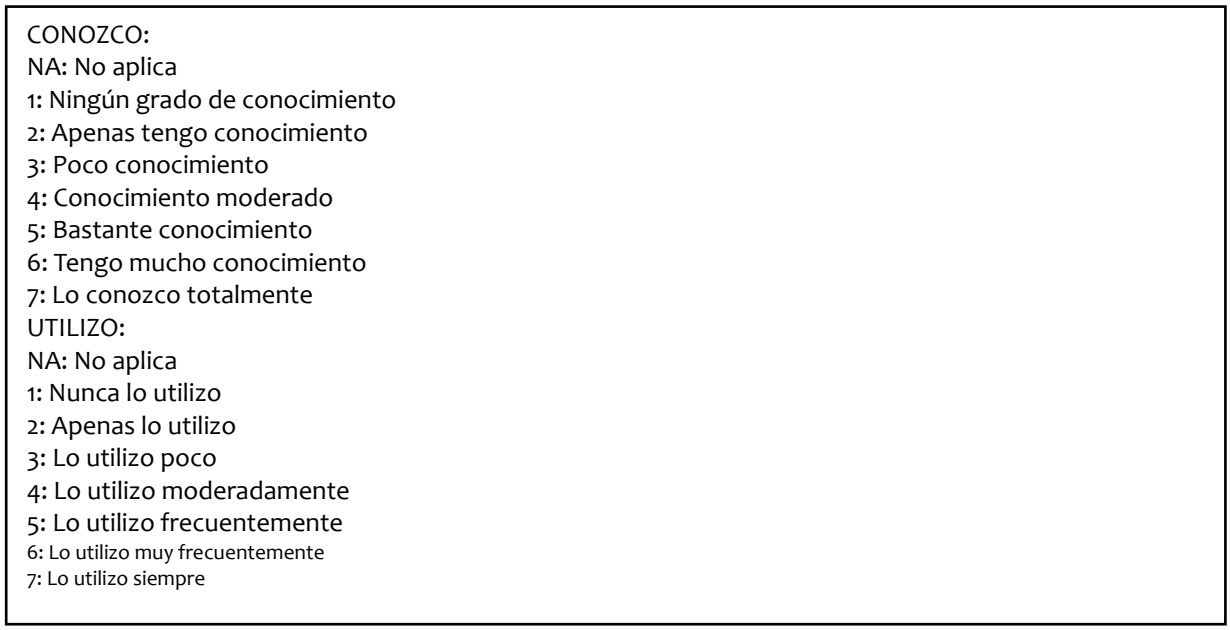
CONOZCO:
NA: No aplica
1: Ningún grado de conocimiento
2: Apenas tengo conocimiento
3: Poco conocimiento
4: Conocimiento moderado
5: Bastante conocimiento
6: Tengo mucho conocimiento
7: Lo conozco totalmente
UTILIZO:
NA: No aplica
1: Nunca lo utilizo
2: Apenas lo utilizo
3: Lo utilizo poco
4: Lo utilizo moderadamente
5: Lo utilizo frecuentemente
6: Lo utilizo muy frecuentemente
7: Lo utilizo siempre

Nota: La figura muestra niveles del conocimiento y uso de estrategias en la búsqueda de información apoyados con tecnologías digitales en el Curso de Actualización.

Con referencia a la navegación, tipos de buscadores y filtros, los resultados proyectan en la figura 6 refleja con un comportamiento similar al de la búsqueda, si bien es importante tomar en cuenta la experiencia y estamento universitario señalado, en el fondo se requiere adoptar políticas que permitan incrementar el nivel de conocimiento y aplicación incidiendo en futuros trabajos de investigación.

Figura 6: Curso de Actualización – Navegación, Tipos de Buscadores, filtros





Nota: La figura muestra los niveles identificados en el conocimiento y empleo de la Navegación, Tipos de Buscadores, filtros, en el Curso de Actualización.

Discusión

En esta sección se enfatiza los conocimientos y la utilización de las competencias digitales de los participantes.

La presente investigación precisa diferentes variantes en lo que concierne a Estrategias de Búsqueda de Información y Navegación Tipos de Buscadores, filtros, se evidencia la presencia mayoritaria de conocimiento pero no así en la utilización, surge el supuesto que en la navegación no se requieren conocimientos profundos o especializados, basta con los adquiridos por la experiencia y reflexión, en contra parte, en las estrategias de búsqueda información requiere base teórica, experiencia que apoyen esta competencia, esto evidencia en la investigación que los valores de conocimiento y uso son más equilibrados en los Programas de Posgrado, a diferencia del Curso de Actualización donde son más dispersos.

Por otra parte, las competencias digitales se relacionan significativamente con las habilidades investigativas (Valladares y Miranda, 2019), esta nueva generación muestra un gran dominio de las tecnologías en cuanto a fines recreacionales como videojuegos o redes

sociales, mas no para otro tipo de usos como, la búsqueda de información, compartir documentos u otros (Chiecher, 2020). Para el docente de educación superior según Chávez y Ortiz (2021) no es suficiente pensar en las competencias con fines de gestión, búsqueda de información o la propia creación de recursos educativos, ya que se considera que existen grandes oportunidades en el área de evaluación de las prácticas educativas, la generación y aplicación en las líneas de investigación. Por lo expuesto, es necesario que autoridades académicas y universitarias tomen decisiones y acciones con el fin de equilibrar los niveles de competencias digitales para fortalecer procesos de formación académica y de investigación.

Conclusiones

A partir, del diagnóstico y análisis de resultados se llega a la conclusión que el desarrollo de habilidades de las competencias digitales en los participantes tiende a una mayor formación empírica con escasos y/o insuficientes conocimientos. El incremento de niveles de conocimiento y aplicación de las competencias digitales permitirá articular los elementos que intervienen en procesos educativos e investigativos.

Referencias bibliográficas

- Arbeláez Gómez, M. C. (2014). Las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) un instrumento para la investigación. Investigaciones Andina, 16(29), 997-1000.
- Autodiagnóstico + Registro - Generación D. (2020). Generaciond.Gob.Es. https://generaciond.gob.es/cuestionario-competencias-digitales-registro, Gobierno de España
- García Vélez, K. A., Ortiz Cárdenas, T., & Chávez Loor, M. D. (2021). Relevancia y dominio de las competencias digitales del docente en la educación superior. Revista Cubana de Educación Superior, 40(3).
- Chiecher, A. C. (2020). Competencias digitales en estudiantes de nivel medio y universitario.¿ Homogéneas o heterogéneas?. Praxis educativa, 24(2), 86-100.

- Contreras Cázarez, C. R. (2019). Investigación de las competencias digitales y uso de tecnologías en la práctica del profesor universitario.
- Francia, L. L., Diaz, S. S., Aparicio, P. G., Cabello, S. Y. T., Paico, N. H., & Inga, Z. C. (2019). Competencias digitales y educación. Propósitos y representaciones, 7(2), 569-588.
- Guillén Gámez, F. D., Gómez García, M., & Ruiz Palmero, J. (2024). Competencia digital en labores de Investigación: predictores que influyen en función del tipo de universidad y sexo del profesorado.
- Mollo-Torrico, J. P., Lázaro-Cari, R. R., & Crespo-Albares, R. (2023). Implementación de Nuevas Tecnologías de Información y Comunicación para la Educación Superior: Revisión sistemática. Revista Ciencia & Sociedad, 3(1), 16-30.
- Marco común de competencia digital docente (2017). Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y Formación del Profesorado. España.
- Valladares, M. E. T., Cruz, E. C., & Miranda, C. A. P. (2019). Competencias digitales y habilidades investigativas en estudiantes de estudios generales de una universidad privada de Lima. Temática Psicológica, 15(1), 19-26.
- Vargas-Murillo, G. (2019). Competencias digitales y su integración con herramientas tecnológicas en educación superior. Cuadernos Hospital de clínicas, 60(1), 88-94.
- Zavala, D., Muñoz, K., & Lozano, E. (2016). Un enfoque de las competencias digitales de los docentes. Revista publicando, 3(9), 330-340.

POSTER CIENTÍFICO

EVOLUCIÓN DE LA FORMACIÓN PROFESIONAL EN ÁREAS STEM EN LA UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS UN ANÁLISIS COMPARATIVO 2018 – 2024

(Poster)

M.Sc. CARLA MAMANI CHAVEZ

cmamanic2@fcpn.edu.bo

Introducción

El término **STEM** —acrónimo en inglés de *Science, Technology, Engineering and Mathematics*— fue acuñado por la **National Science Foundation (NSF)** de Estados Unidos en la década de 1990. Se ha consolidado como eje articulador de la formación profesional orientada a la innovación, la investigación y la resolución de problemas reales.

En el contexto latinoamericano y particularmente boliviano, la importancia de las áreas STEM se ha incrementado de forma sostenida tras la pandemia de COVID-19, periodo en el cual la tecnología, las ciencias de la salud y la investigación científica demostraron ser pilares irrenunciables del desarrollo.

En 2023 las autoras presentaron, en el marco del XV Congreso Latinoamericano de Mujeres en Computación, un primer estudio sobre la importancia de las áreas STEM en La Paz, basado en datos del CEUB (gestión 2018), determinando que la matrícula combinada de UMSA y UPEA en Ciencias, Ingeniería y Tecnología alcanzaba el **61,2** % del total departamental.

El presente trabajo actualiza ese análisis con datos oficiales de la gestión 2024 publicados por el Departamento de Tecnologías de Información (DTIC-UMSA), con el propósito de evaluar la evolución de la formación STEM en la principal universidad pública del departamento de La Paz.

Metodología

Diseño del estudio. Investigación de tipo descriptivo, con enfoque cuantitativo y diseño longitudinal-comparativo, con dos cortes temporales: gestión 2018 (línea base) y gestión 2024 (estado actual).

Fuentes de información. Se utilizaron como fuentes primarias los boletines estadísticos oficiales publicados por el Departamento de Tecnologías de Información y Comunicación – División de Sistemas de Información Estratégica (DTIC-DSIE) de la UMSA, correspondientes a la gestión 2024: (a) Boletín Estadístico de Matriculación Pregrado UMSA y (b) Boletín Estadístico de Titulados UMSA.

Revisión documental del artículo previo (Dolz & Mamani, 2023) y del estado del arte sobre educación STEM en Latinoamérica.

Clasificación STEM de las 14 facultades y programas interfacultativos de la UMSA, siguiendo la definición de la National Science Foundation.

Cálculo de indicadores totales de matriculados y titulados, distribución porcentual por facultad, distribución por género en áreas STEM, y variación porcentual entre 2018 y 2024.

Análisis comparativo de los resultados con los datos del estudio previo de 2023 (base CEUB 2018), para identificar tendencias longitudinales.

Universo del estudio. El análisis comprendió a la totalidad de la población estudiantil de pregrado de la UMSA en la gestión 2024: **77.660 estudiantes matriculados** y **4.795 titulados de pregrado**, distribuidos en las 14 facultades de la universidad.

Resultados

Datos generales UMSA 2024. En la gestión 2024, la UMSA registró 77.660 estudiantes matriculados de pregrado, con una distribución de 51,3 % varones (39.870) y 48,7 % mujeres

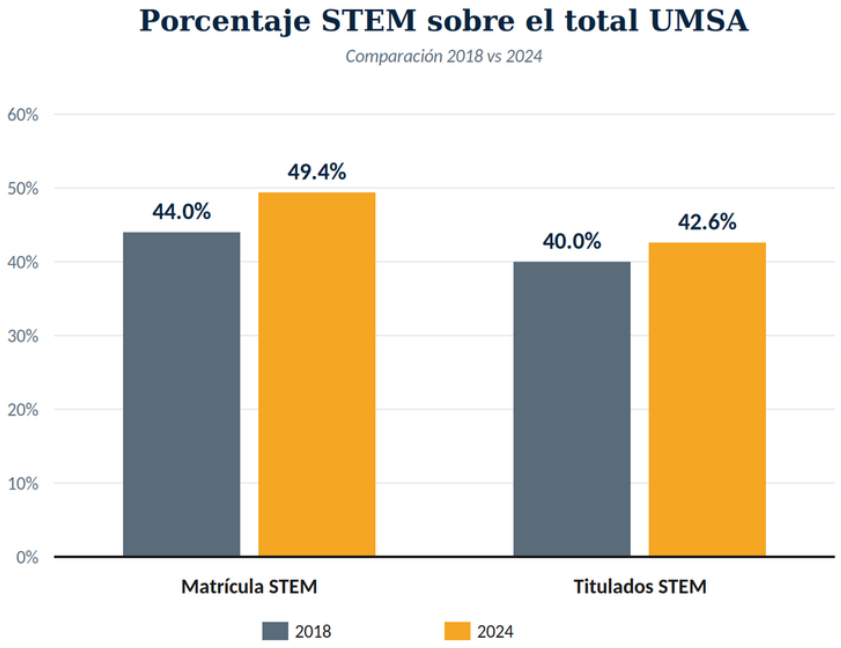
(37.790). El rango etario predominante es de 21 a 25 años (34,0 %), seguido del rango 26–30 años (23,4 %).

Tabla 1: Comparación de indicadores STEM en la UMSA: 2018 vs 2024

Indicador	2018	2024	Variación
Total matriculados pregrado	≈ 80.000	77.660	≈ estable
Matriculados áreas STEM	≈ 35.000	38.380	↑ +9,7 %
% STEM sobre total UMSA	≈ 44,0 %	49,4 %	↑ +5,4 pp
Matrícula Ingeniería	≈ 21.600 (27 %)	10.699 (13,8 %)	Reorganizado *
Total titulados pregrado	≈ 6.250	4.795	—
Titulados STEM	≈ 2.500 (40 %)	2.042 (42,6 %)	↑ +2,6 pp

** Parte de la antigua oferta académica de la Facultad de Ingeniería fue reorganizada en nuevos programas dentro de la Facultad de Tecnología e interfacultativos (Mecatrónica, Biomédica, Litio y Recursos Evaporíticos, Petroquímica).*

Figura 1: Comparación porcentual de la participación STEM sobre el total UMSA (2018–2024). Fuente: Elaboración propia con base en CEUB (2019) y DSIE-DTIC UMSA (2025).



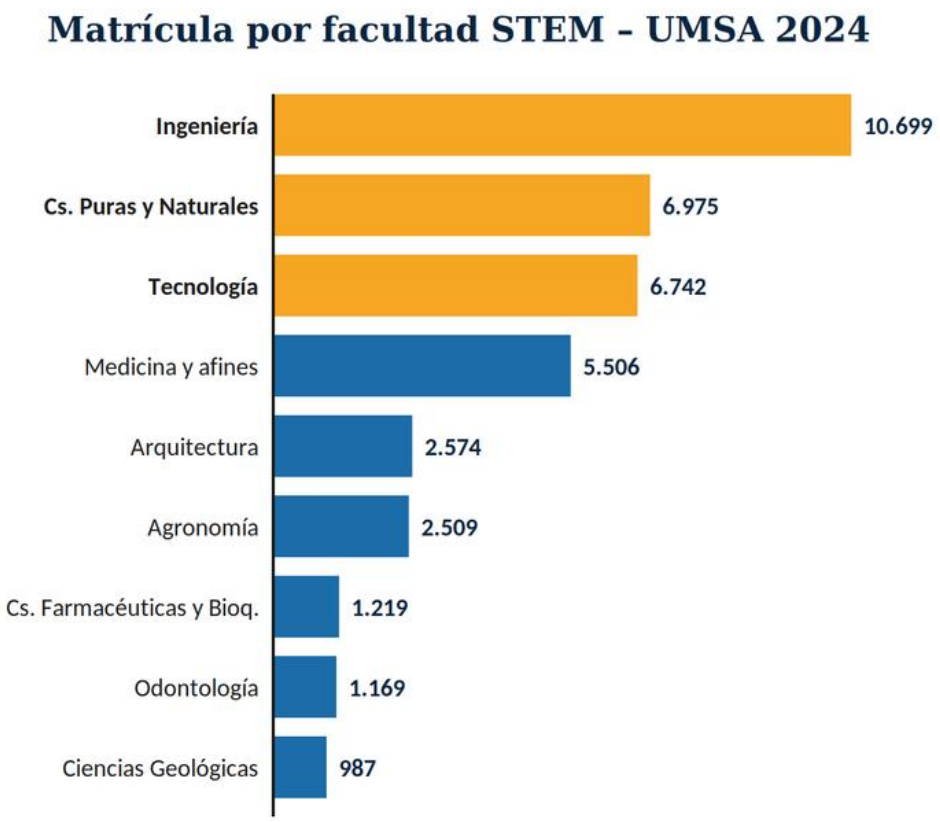
Matrícula por facultad STEM. Las nueve facultades clasificadas como STEM concentran en conjunto 38.380 estudiantes, equivalentes al 49,4 % del total de la matrícula UMSA 2024. Las tres facultades con mayor matrícula son Ingeniería (10.699), Ciencias Puras y Naturales (6.975) y Tecnología (6.742), que en conjunto representan el 31,5 % del estudiantado total de la UMSA.

Tabla 2: Matrícula por facultad STEM – UMSA 2024

Facultad STEM	Matriculados	%	Categoría
Ingeniería	**10.699**	**13,8 %**	**E**
Ciencias Puras y Naturales	**6.975**	**9,0 %**	**S · T · M**
Tecnología	**6.742**	**8,7 %**	**T · E**
Medicina, Enfermería, Nutrición y Tec. Médica	5.506	7,1 %	S
Arquitectura (Arq. + Amazonía)	2.574	3,3 %	E
Agronomía	2.509	3,2 %	S
Cs. Farmacéuticas y Bioquímicas	1.219	1,6 %	S
Odontología	1.169	1,5 %	S
Ciencias Geológicas	987	1,3 %	S · E
TOTAL STEM	**38.380**	**49,4 %**	**—**

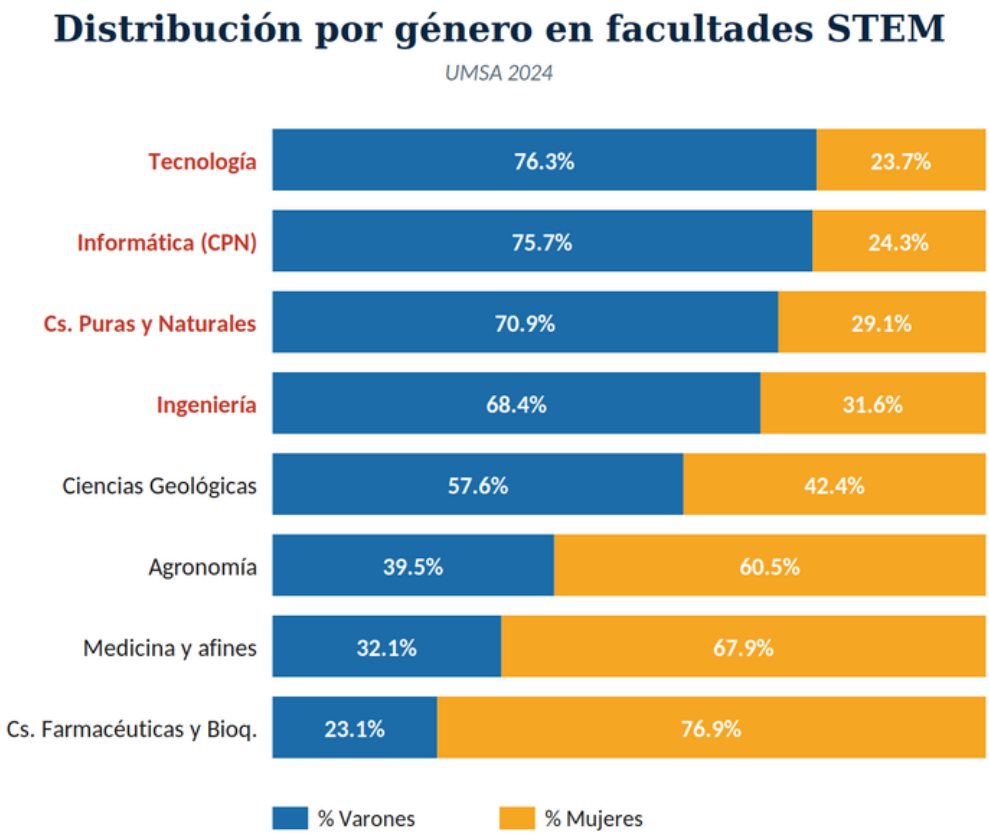
Categorías STEM: S = Ciencia · T = Tecnología · E = Ingeniería · M = Matemáticas.

Figura 2: Distribución de la matrícula entre las nueve facultades STEM de la UMSA. Las tres facultades resaltadas suman el 31,5 % del total UMSA. Fuente: Elaboración propia con base en DSIE-DTIC UMSA (2025).



Distribución por género. Pese a la paridad global de la matrícula UMSA (48,7 % mujeres), persiste una marcada brecha de género en las facultades STEM de base tecnológica. En la Facultad de Tecnología, las mujeres representan apenas el 23,7 % del estudiantado; en la Carrera de Informática (FCPN), el 24,3 %; y en la Facultad de Ingeniería, el 31,6 %. En contraposición, en Ciencias Farmacéuticas y Bioquímicas las mujeres superan el 76 % y en Medicina y afines el 67 %.

Figura 3: Distribución porcentual por género en las facultades STEM de la UMSA, gestión 2024. Las cuatro facultades destacadas en rojo presentan brechas críticas de participación femenina. Fuente: Elaboración propia con base en DSIE-DTIC UMSA (2025).



Conclusiones

- **Primero.** La formación STEM se mantiene como pilar fundamental de la educación superior en la UMSA, con una participación cercana a la mitad de la matrícula total (49,4 % en 2024) y un crecimiento sostenido respecto al 44 % estimado en 2018. Esta tendencia es coherente con la demanda laboral observada en el estudio previo (Dolz & Mamani, 2023), donde el 49 % de las ofertas de empleo en Bolivia tenían base STEM.
- **Segundo.** El crecimiento de la oferta STEM se concentra principalmente en Ingeniería, Tecnología y Ciencias Puras y Naturales, así como en la creación de nuevos programas interfacultativos vinculados a recursos estratégicos del país: Litio y Recursos Evaporíticos, Mecatrónica, Biomédica, Petroquímica, Industrial

Amazónica, y Ciencia y Tecnología de la Energía. Esto refleja un esfuerzo institucional por alinear la oferta académica con las demandas productivas nacionales.

- **Tercero.** Persiste una marcada brecha de género en las áreas STEM tecnológicas. Mientras que en facultades de **Ciencias de la Salud y Farmacéutica la participación femenina supera el 67 %, en Tecnología, Informática e Ingeniería las mujeres representan menos de un tercio del estudiantado. Esto indica que el acceso femenino a la educación superior es ya equitativo a nivel global, pero la elección de carrera continúa marcada por estereotipos de género que requieren intervención institucional focalizada.**

Referencias bibliográficas

- Universidad Mayor de San Andrés. (2025). Boletín estadístico de matriculación pregrado UMSA – Gestión 2024. La Paz: DTIC-DSIE.
- Universidad Mayor de San Andrés. (2025). Boletín estadístico de titulados pregrado UMSA – Gestión 2024. La Paz: DTIC-DSIE.
- Dolz, F., & Mamani, C. (2023). Importancia de áreas y educación STEM en el departamento de La Paz. En Proceedings of the XV Congress of Latin American Women in Computing 2023. La Paz, Bolivia: CEUR Workshop Proceedings.
- Comité Ejecutivo de la Universidad Boliviana (CEUB). (2019). Datos estadísticos del Sistema de la Universidad Boliviana – Gestión 2018. La Paz: CEUB.

RESULTADOS, DESAFÍOS Y MODELO REPLICABLE DE GESTIÓN DE ACREDITACIÓN ARCU-SUR EN CARRERAS DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELECTROMECÁNICA DE LA FCYT-UMSS

(Poster)

Ing. ROCÍO SCARLETH MÉNDEZ AGUAYO

rociomendez@fcyt.umss.edu.bo

Semblanza:

Profesional del área de Ingeniería Química con amplia experiencia en gestión académica, aseguramiento de la calidad y procesos de acreditación universitaria en la Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad Mayor de San Simón, con experiencia en procesos de aseguramiento de la calidad, acreditación y gestión curricular en carreras de ingeniería. Su trayectoria se ha enfocado principalmente en el fortalecimiento institucional de las carreras de Ingeniería Mecánica, Electromecánica y Energías, participando activamente en procesos de autoevaluación, acreditación nacional e internacional y mejora continua bajo estándares del Sistema ARCU-SUR y normativas del CEUB.

Introducción

El aseguramiento de la calidad en educación superior constituye un pilar estratégico para el desarrollo sostenible de los sistemas universitarios latinoamericanos. En un contexto regional donde la movilidad estudiantil, la homologación de titulaciones y la competitividad profesional cobran creciente relevancia, los procesos de acreditación internacional emergen como instrumentos fundamentales para garantizar la pertinencia, la excelencia y el reconocimiento social de las carreras de ingeniería.

El presente trabajo expone los resultados, fortalezas y desafíos identificados durante el proceso de evaluación y acreditación de las carreras de Ingeniería Mecánica e Ingeniería Electromecánica de la Facultad de Ciencias y Tecnología (FCyT) de la Universidad Mayor de San Simón (UMSS), desarrollado en el marco del Sistema de Acreditación Regional de Carreras Universitarias del MERCOSUR (ARCU-SUR). Más allá de la sistematización de la experiencia institucional, el estudio propone un modelo replicable de gestión de acreditación estructurado en cinco fases secuenciales: (1) sensibilización y diagnóstico previo, (2) autoevaluación institucional, (3) recopilación y validación de evidencias, (4) elaboración del plan de mejoras y (5) evaluación externa y seguimiento. Este modelo está concebido para ser adoptado y adaptado por cualquier facultad de ingeniería de la región que inicie o consolide procesos de acreditación similares.

La investigación adopta un enfoque descriptivo-analítico sustentado en la sistematización de experiencias institucionales vinculadas a procesos de autoevaluación, recopilación de evidencias, análisis de indicadores académicos y elaboración de planes de mejora continua. Se realizó, asimismo, una revisión documental exhaustiva de normativa institucional, criterios de evaluación ARCU-SUR y mecanismos de seguimiento implementados durante el proceso, complementada con un análisis comparado de experiencias similares en universidades latinoamericanas.

Los resultados permitieron identificar fortalezas institucionales significativas, entre las que destacan la sólida organización académica, la amplia experiencia del cuerpo docente, la coherencia de la estructura curricular con los estándares regionales y el compromiso institucional con la mejora continua. Del mismo modo, se evidenciaron desafíos prioritarios asociados a la actualización curricular acorde con tendencias tecnológicas emergentes, el fortalecimiento de mecanismos de evaluación de aprendizajes con enfoque por competencias, la consolidación de un sistema integrado de información académica y el desarrollo de estrategias permanentes de seguimiento a egresados.

En términos de impacto social, la acreditación bajo estándares ARCU-SUR contribuye directamente a la formación de ingenieros con titulaciones reconocidas en el ámbito regional, ampliando sus posibilidades de inserción profesional internacional y su capacidad de contribuir al tejido productivo y tecnológico del país. Asimismo, fortalece la confianza de la sociedad en la educación pública universitaria boliviana y aporta al cierre de brechas de desarrollo tecnológico en la región andina.

El trabajo concluye destacando que la acreditación ARCU-SUR trasciende el cumplimiento de estándares externos: es una oportunidad transformadora para la gestión académica e institucional. La experiencia analizada aporta elementos concretos para la reflexión sobre políticas y estrategias de mejora continua en carreras de ingeniería, promoviendo una cultura de evaluación, calidad e innovación académica en la educación superior latinoamericana. La sistematización de este proceso constituye una contribución al acervo regional de buenas prácticas en aseguramiento de la calidad universitaria y un referente metodológico para instituciones que busquen iniciar procesos similares.

Palabras clave

Acreditación universitaria; ARCU-SUR; aseguramiento de la calidad; ingeniería; educación superior; gestión académica; MERCOSUR educativo; modelo de mejora continua; calidad institucional.

Metodología/Desarrollo teórico

La investigación se desarrolló bajo un enfoque cualitativo de tipo descriptivo y analítico, orientado a sistematizar experiencias institucionales derivadas del proceso de evaluación y acreditación de las carreras de Ingeniería Mecánica e Ingeniería Electromecánica de la Facultad de Ciencias y Tecnología (FCyT) de la Universidad Mayor de San Simón, en el marco del Sistema de Acreditación Regional de Carreras Universitarias del MERCOSUR (ARCU-SUR).

El estudio tomó como base los lineamientos y criterios establecidos por el sistema ARCU-SUR para carreras de ingeniería, considerando la estructura del Sistema evaluador dividida en cuatro dimensiones que evalúan la gestión académica, currículo, cuerpo docente, estudiantes, infraestructura, investigación, interacción social y mecanismos de aseguramiento de la calidad. Asimismo, se incorporaron fundamentos teóricos vinculados a evaluación institucional, mejora continua y gestión curricular en educación superior, entendiendo la acreditación como un proceso orientado no solo a la verificación de estándares externos, sino también al fortalecimiento institucional y académico.

La metodología contempló la revisión y análisis de documentación institucional, incluyendo normativa universitaria, reglamentos académicos, planes de estudio, informes de autoevaluación, matrices de indicadores, actas académicas y evidencias generadas durante las distintas etapas del proceso de acreditación. Del mismo modo, se sistematizaron experiencias desarrolladas durante la planificación y ejecución de actividades relacionadas con recopilación de información, organización documental, evaluación de indicadores y formulación de estrategias de mejora continua.

El trabajo incluyó además el análisis de mecanismos implementados para el seguimiento académico, evaluación de aprendizajes y actualización curricular, identificando fortalezas y desafíos asociados a la gestión institucional de las carreras evaluadas. A partir de esta sistematización, se establecieron criterios orientados a optimizar procesos de organización de evidencias, coordinación académica y planificación institucional para futuros procesos de acreditación.

Desde el desarrollo teórico, el estudio se sustenta en principios de calidad educativa y mejora continua aplicados a la educación superior, considerando que los procesos de acreditación constituyen herramientas estratégicas para fortalecer la pertinencia académica, la transparencia institucional y la consolidación de una cultura de evaluación permanente en carreras de ingeniería.

Resultados

Los resultados obtenidos evidencian que el proceso de acreditación ARCU-SUR permitió fortalecer de manera significativa los mecanismos de gestión académica, organización institucional y aseguramiento de la calidad en las carreras de Ingeniería Mecánica e Ingeniería Electromecánica de la Facultad de Ciencias y Tecnología (FCyT). La sistematización de experiencias desarrollada durante el proceso permitió identificar avances relevantes en planificación académica, seguimiento institucional y consolidación de procesos de mejora continua.

Uno de los principales resultados alcanzados fue la organización y sistematización de información académica y administrativa relacionada con indicadores institucionales, estructura curricular, desempeño docente, actividades de investigación e interacción social. Este proceso permitió consolidar mecanismos de recopilación y gestión de evidencias que facilitaron el análisis integral de las carreras evaluadas y contribuyeron a optimizar la coordinación entre unidades académicas y administrativas involucradas en la acreditación.

Asimismo, el proceso de autoevaluación permitió identificar fortalezas institucionales vinculadas a la experiencia y formación del cuerpo docente, la estructura organizacional de las carreras, la disponibilidad de infraestructura académica y laboratorios especializados, así como el compromiso institucional con los procesos de evaluación y mejora continua. De igual manera, se evidenció una participación activa de docentes, estudiantes y autoridades académicas en las distintas etapas del proceso de acreditación.

En el ámbito curricular, los resultados permitieron identificar la necesidad de fortalecer procesos de actualización de contenidos, revisión de competencias profesionales y articulación entre asignaturas, considerando las nuevas exigencias científicas, tecnológicas y del entorno profesional. También se identificaron oportunidades de mejora relacionadas con mecanismos de seguimiento a graduados, evaluación de aprendizajes y consolidación de sistemas institucionales de información académica.

La experiencia desarrollada permitió además generar lineamientos metodológicos y organizativos orientados a optimizar futuros procesos de evaluación y acreditación, promoviendo una cultura institucional basada en la calidad, la autoevaluación y la mejora

continua. En este sentido, los resultados muestran que los procesos de acreditación constituyen herramientas estratégicas para fortalecer la gestión académica y consolidar procesos sostenibles de desarrollo institucional en carreras de ingeniería.

Conclusiones

El proceso de acreditación desarrollado en el marco del Sistema de Acreditación Regional de Carreras Universitarias del MERCOSUR (ARCU-SUR) constituyó una experiencia de alta relevancia para el fortalecimiento académico e institucional de las carreras de Ingeniería Mecánica e Ingeniería Electromecánica de la Facultad de Ciencias y Tecnología (FCyT). Más allá del cumplimiento de requisitos y criterios de evaluación externos, el proceso permitió consolidar espacios de análisis, reflexión y mejora orientados al fortalecimiento de la calidad académica y la gestión institucional.

La sistematización de experiencias evidenció que los procesos de aseguramiento de la calidad requieren una articulación permanente entre gestión académica, planificación institucional, organización documental y participación activa de los distintos actores universitarios. En este sentido, la acreditación promovió mecanismos de coordinación y trabajo conjunto entre autoridades, docentes, personal administrativo y estudiantes, fortaleciendo la cultura institucional de evaluación y mejora continua.

Asimismo, el proceso permitió identificar fortalezas relevantes relacionadas con la experiencia docente, infraestructura académica, organización curricular y compromiso institucional con la calidad educativa. Del mismo modo, se identificaron desafíos asociados a la actualización curricular, fortalecimiento de sistemas de información académica, seguimiento a graduados y consolidación de mecanismos permanentes de evaluación y retroalimentación institucional.

Los resultados obtenidos muestran que la acreditación constituye una herramienta estratégica para impulsar procesos de innovación y mejora académica en carreras de ingeniería, favoreciendo no solo la verificación de estándares de calidad, sino también la generación de capacidades institucionales orientadas a la planificación y gestión de procesos académicos sostenibles.

Finalmente, la experiencia desarrollada aporta elementos metodológicos y organizativos aplicables a otros programas de educación superior interesados en fortalecer procesos de autoevaluación y acreditación. La implementación de mecanismos sistemáticos de seguimiento, recopilación de evidencias y análisis institucional representa un componente fundamental para consolidar procesos de mejora continua y responder de manera pertinente a las exigencias actuales de la formación en ingeniería y educación superior.



I CONGRESO INTERNACIONAL

De Ciencias Puras y Naturales (CI-FCPN)