ISSN: 1692-7257 - Volumen 1 – Número 47 - 2026

ORIGINAL

RCTA
Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada
UNIPAMPLONA

Uso de ChatGPT en la enseñanza del concepto de factor de seguridad en geotecnia

Use of ChatGPT in teaching the concept of safety factor in geotechnics

Óscar Hernán Vargas Villamizar[1]
Juan Carlos Ruge Cárdenas[2]
Carlos Felipe Urazán Bonells[2]
Diego Palma Cuero[2]

[1] **Universidad El Bosque, Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas, Bogotá, Colombia.**
[2] **Universidad Militar Nueva Granada, Facultad de Ingeniería, Bogotá, Colombia.**

Recibido: 02 julio 2025. Revisado: 02 septiembre 2025. Aceptado: 20 diciembre 2025. Publicado: 01 enero 2026.
Autor de correspondencia: Óscar Hernán Vargas Villamizar

Cómo citar: Ó. H. Vargas Villamizar, J. C. Ruge Cárdenas, C. F. Urazán Bonells, and D. Palma Cuero, "Uso de ChatGPT en la enseñanza del concepto de factor de seguridad en geotecnia", *Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada (RCTA)*, vol. 1, no. 47, ene. 2026, art. no. 4076, doi: 10.24054/rcta.v1i47.4076

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

Resumen:

En este artículo se analizan las percepciones de estudiantes de pregrado de ingeniería civil de una universidad colombiana acerca de las respuestas generadas por ChatGPT al resolver un ejercicio que involucra el cálculo del factor de seguridad de una estructura geotécnica. Se desarrolló un análisis mixto de los resultados, mediante el uso de estadística descriptiva, apoyado en el software Rstudio. Este estudio contribuye a la identificación de ChatGPT como herramienta pedagógica, cuyo uso implica la reinterpretación del rol del docente y la adaptación del tipo de actividades formativas, con énfasis en la personalización, el aprendizaje autónomo y la reflexión crítica.

Palabras clave: factor de seguridad, geotecnia, criterio ingenieril, educación universitaria, ChatGPT.

Abstract:

This article analyzes the perceptions of undergraduate civil engineering students from a Colombian university regarding the responses generated by ChatGPT when solving an exercise involving the calculation of the safety factor of a geotechnical structure. A mixed analysis of the results was developed using descriptive statistics, supported by Rstudio software. This study contributes to the identification of ChatGPT as a pedagogical tool, whose use implies the reinterpretation of the teacher's role and the adaptation of the types of formative activities, with an emphasis on personalization, autonomous learning, and critical reflection.

Keywords: safety factor, geotechnics, engineering judgment, tertiary education, ChatGPT.

INTRODUCCIÓN

Los grandes modelos de lenguaje (Large Language Models o LLM) tienen el potencial de reconfigurar nuestras estructuras sociales[1], tanto por las oportunidades como por los retos inherentes al uso de estos programas, cuyas respuestas imitan al lenguaje natural humano, en ocasiones, en forma indistinguible. El acceso masivo a los LLM es un fenómeno reciente, y el lanzamiento en noviembre del 2022 de ChatGPT, el sistema de chat de inteligencia artificial (chatbot IA) desarrollado por la empresa OpenAI, es un hito en la popularización de estos programas. Se estima que ChatGPT tiene habilidades equivalentes a las de un niño de 9 años, y puede aprobar el 92,5% de las tareas incluidas en pruebas de tipo cognitivo[1].

Entre las ventajas del uso de chatbots IA en la educación superior, está la capacidad de fortalecer el aprendizaje autónomo a través de asistentes virtuales que procesan altos volúmenes de información y ofrecen recomendaciones personalizadas sin restricción de tiempo o lugar[2]. No obstante, los chatbots IA también representan un alto riesgo para el aseguramiento de la integridad educativa[3], por la dificultad en la detección de los textos generados por chatbots. Asimismo, el uso de chatbots IA en forma indiscriminada puede socavar la confianza del estudiante en sus capacidades personales y la reducción de sus habilidades de pensamiento crítico, lo que afectará sus resultados académicos en el futuro[1].

Ante el desafío planteado por los chatbots IA en la educación superior,[4]consideran que la prohibición no es una opción en la enseñanza de la ingeniería, cuyo cuerpo de conocimiento exige la incorporación de nuevas tecnologías. En lo referente a las modificaciones curriculares, se requiere el diseño de actividades en las que el chatbot apoye en tareas intermedias tales como la realización de cálculos y la generación de propuestas escritas, pero cuya solución final dependa del pensamiento crítico del estudiante[4].

Ante esto, los profesores deben desarrollar una mayor comprensión de las fortalezas de los chatbots IA (por ejemplo, la escritura de código de programación) y de los aspectos en los que sus aportes aún son limitados (por ejemplo, la formulación de ecuaciones iniciales)[3].

Se ha identificado que la IA es capaz de resolver problemas básicos de ingeniería en forma eficiente[5]. Sin embargo, la IA aún presenta limitaciones en la integración de consideraciones éticas y contextuales en los procesos de toma de decisiones. Lo anterior es relevante en el campo de la ingeniería civil, en el que las fallas de diseño ocasionan cuantiosas pérdidas económicas, o incluso la pérdida de vidas humanas.

Aparte del uso de procedimientos técnicos y fórmulas matemáticas, el ejercicio de la ingeniería civil se apoya en la aplicación del criterio ingenieril, entendido como la habilidad para interpretar las condiciones de un contexto particular, a través de la experiencia, la práctica y el desarrollo paulatino del pensamiento racional, en un ejercicio creativo de alta complejidad[6]. El criterio ingenieril es de especial relevancia en el desarrollo de proyectos de geotecnia, en los que se depende de las características del suelo y de las condiciones del sitio físico de construcción, siendo ambas condiciones heterogéneas y no modificables.

En el proceso de garantizar la estabilidad de una estructura geotécnica, es necesaria la determinación de un factor de seguridad (FS) mediante el uso de métodos heurísticos, guiados por el criterio ingenieril, en que se tiene en cuenta aspectos como la incertidumbre asociada al contexto, el riesgo que se está dispuesto a asumir, la legislación vigente y los estándares técnicos aceptados en la disciplina[7]. La definición de un FS depende del criterio de cada ingeniero, con base en su experiencia, su entrenamiento técnico e incluso de su personalidad[7]. Lo anterior hace que la enseñanza del FS a un estudiante de pregrado se constituya en un reto, puesto que no es un valor “dado”, sino que corresponde a un concepto elusivo[7], que se forma a través de un proceso de aprendizaje difícil de imitar en aula. Ante esto, en el ámbito universitario se hace indispensable que se trascienda la explicación de factores técnicos asociados al cálculo del FS, mediante la integración de discusiones sobre los posibles sesgos que adopta un diseñador en el cálculo de FS en geotecnia, causados por su formación académica, las condiciones del problema geotécnico abordado, o la idiosincrasia del contexto local[8]-[12].

En este escenario, la capacidad de los chatbots IA de procesar altos volúmenes de información y generar múltiples escenarios de respuesta ofrecen una oportunidad en la enseñanza de conceptos complejos como el FS, mediante el planteamiento de ejercicios de reflexión crítica que le permitan evaluar los métodos utilizados y las variables vinculadas al proceso de toma de decisiones.

MARCO TEÓRICO

A pesar del alto potencial de los LLM en el contexto educativo,[13]resalta sus limitaciones en la resolución de problemas matemáticos complejos, en particular, al proveer validaciones rigurosas, y[14]indica que la integración en el currículo debe involucrar actividades estructuradas que requieran la evaluación crítica de contenido generado por IA, su comparación con recursos basados en la evidencia y una reflexión explícita acerca de las estrategias de aprendizaje.

Debido a que la emergencia de chatbots IA como ChatGPT es un fenómeno de reciente aparición,[4]resaltan la escasez de

estudios relevantes sobre sus efectos en el campo de la educación. Asimismo,[15]mencionan que se ha publicado un número limitado de artículos acerca del potencial de ChatGPT en el ámbito ingenieril. Coincidiendo con lo anterior,[16]señala la existencia de una cantidad restringida de publicaciones acerca de la aplicación de ChatGPT en ingeniería civil. Aún es incipiente la exploración de la aplicación de ChatGPT en el campo de la geotecnia.

En la tabla 1 se presenta un resumen de artículos publicados, a septiembre de 2025, en dos bases de datos bibliográficas (Scopus y Science Direct) sobre el uso de ChatGPT en el campo de la geotecnia.

Tabla 1: Estudios que relacionan ChatGPT con geotecnia

Autor(es)	Comentarios
[15]	Estudia el uso de programación apoyada en ChatGPT en el manejo de requerimientos complejos en ingeniería geotécnica.
[17]	Analiza el uso de ChatGPT para facilitar la comprensión de conceptos sobre ingeniería sísmica entre estudiantes, profesionales y legisladores.
[18]	Despliega una reflexión crítica del uso de ChatGPT en educación en ingeniería. Identifica áreas de alto potencial educativo tales como el análisis mecánico y estructural, y el diseño de materiales.
[19]	Evalúa la utilidad de ChatGPT en la educación en ingeniería civil, mediante el planteamiento de preguntas sobre geomática y topografía de construcción. Mediante la aplicación de un cuestionario a 44 estudiantes de una universidad de Estados Unidos, los autores identificaron una recepción positiva del uso del chatbot por parte de los participantes en el estudio, lo que ofrece nuevas oportunidades para mejorar la educación universitaria en ingeniería.
[20]	Destaca el potencial de ChatGPT en la divulgación científica sobre prevención de desastres.
[21]	Analiza el potencial del uso de LLM en el abordaje de problemas clásicos de la geotecnia asociados con análisis de suelos, estabilidad de taludes y diseño de cimientos.
[22]	El estudio examina la capacidad que puede tener ChatGPT para generar un código de elementos finitos en aplicaciones de ingeniería geotecnia a partir de un conjunto de prompts
[23]	Este estudio investiga el potencial y las limitaciones de la automatización del proceso de modelación numérica en problemas geotécnicos utilizando ChatGPT.
[24]	Este estudio explora la integración de la inteligencia artificial (IA) generativa en los flujos de trabajo de análisis numérico en ingeniería geotécnica para abordar los desafíos de generar conjuntos de datos sintéticos.

Fuente: elaboración propia

Entre los estudios identificados, solo en[19]se explora la relación entre ChatGPT y la enseñanza de conceptos geotécnicos en educación superior, constituyéndose en uno de los primeros esfuerzos de exploración del uso de esta plataforma de IA con fines educativos entre los estudiantes de ingeniería. Asimismo, al identificar las limitaciones de su investigación,[19]señalan que solo se enfocaron en contenido introductorio sobre topografía de construcción y geomática, por lo que invitan a la exploración de conceptos más avanzados, y al análisis más allá de estas dos áreas de la ingeniería civil. Asociado con lo anterior,[21] señalan que la aplicación de Machine Learning y otras técnicas de IA ha mostrado un crecimiento significativo en el campo de la geotecnia, en especial, en clasificación de suelos, análisis de estabilidad de taludes y diseño de fundaciones, por lo que exhorta a la generación de iniciativas educativas para aumentar el conocimiento sobre IA dentro de la comunidad ingenieril.

Ante este escenario, la integridad académica se erige como un pilar clave en las instituciones educativas ante el uso de herramientas como ChatGPT. Acerca de esto,[25]recomienda que los educadores solo lo permitan como herramienta de autoaprendizaje, a manera de un tutor complementario, siendo permitido como corrector de gramática y parafraseo, pero no como generador de contenido. Para esto,[25]plantea es indispensable que los docentes y directivos educativos comprendan las limitaciones de estos modelos para así comunicar sus limitaciones ante los estudiantes.

Este estudio se ubica en un campo de investigación poco explorado: la integración de chatbots de IA en la enseñanza de la ingeniería civil en el ámbito de la educación superior. En particular, se enfoca en analizar las percepciones de estudiantes acerca de la pertinencia de las respuestas generadas por ChatGPT al resolver un ejercicio que involucra un concepto complejo de la geotecnia, el factor de seguridad (FS) debido a que su cálculo implica la aplicación del criterio ingenieril.

METODOLOGÍA

Diseño y participantes

Se desarrolló un estudio descriptivo. Entre la población, compuesta por los estudiantes matriculados en un pregrado en ingeniería civil, se escogió a aquellos matriculados en el curso de Geotecnia, impartido en séptimo semestre de un programa de diez semestres. La muestra estuvo conformada por 65 estudiantes. Este curso fue elegido debido a la relevancia del concepto de criterio ingenieril en las actividades de su contenido, y a que, por su ubicación en el plan de estudios, aseguraba que todos los participantes contaban con un conocimiento básico del concepto de FS, al haber cursado previamente las asignaturas de Mecánica de suelos y Fundaciones.

Instrumentos y procedimientos desarrollados

El instrumento consistió en un cuestionario físico, aplicado en octubre de 2023 y resuelto en una sola jornada. Al inicio de la sesión, se explicó a los participantes el propósito de la investigación, y se informó que los resultados serían tratados en forma anónima, sin afectar su calificación del curso. En la parte superior del cuestionario se incluyó el consentimiento informado, y solo fue recopilada la información de los participantes que aceptaron participar en forma voluntaria. El cuestionario fue resuelto

en un ambiente controlado, para evitar el uso de herramientas digitales, con un tiempo de 90 minutos para ser completado. El cuestionario consta de siete preguntas (cuatro cerradas y tres abiertas) organizadas en tres partes (véase Figura 1).

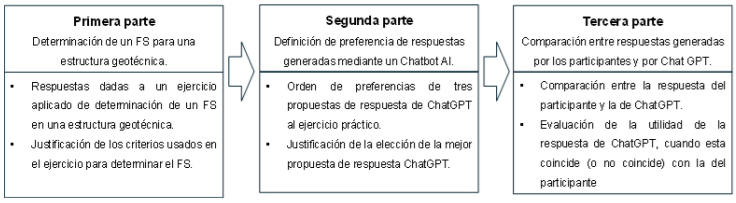

Fig. 1. *Estructura del cuestionario*
Fuente: Elaboración propia.

En la primera parte del cuestionario, los participantes respondieron dos preguntas: en la primera, les fue entregado un ejercicio de cálculo de FS para una cimentación geotécnica, con respuesta abierta. En la solución de este ejercicio no se permitió el acceso a internet, ni que los participantes conocieran de antemano las siguientes preguntas del cuestionario. En la segunda pregunta debían elegir, ente un listado, el método empleado para hallar la respuesta numérica de FS.

A continuación, se presenta el ejercicio resuelto por los participantes.

Una cimentación cuadrada en planta tiene una dimensión de 2m X 2m. El suero en el que se soporta la cimentación tiene los siguientes valores:

- Ángulo de fricción interna efectiva: 25°
- Cohesión efectiva: 20kN/m
- Peso específico: 16,5 kN/m³

Si la capacidad última de carga calculada para el suelo es de 1078.29 kN/m², ¿qué factor de seguridad (FS) recomienda usted para hallar la carga admisible de la cimentación? Escriba su respuesta como un número (no como un rango).

Este mismo enunciado, sin modificaciones o instrucciones adicionales, fue empleado por los autores como prompt para solicitar a ChatGPT la respuesta al ejercicio. Se empleó la versión de acceso gratuito disponible en octubre de 2023, cuyo modelo subyacente fue GPT -3.5 (familia gpt-3.5 / gpt-turbo). De acuerdo con[26], OpenAI no publicó la tabla completa de hiper-parámetros ni un número oficial de parámetros para la versión utilizada en este artículo. Se empleó la versión gratuita de ChatGPT debido a que, según[26], entre el 95% y el 97% de los usuarios usaban esta versión en 2023, siendo la opción más accesible en el ámbito universitario.

En el enunciado del ejercicio propuesto, se tuvieron en cuenta los aspectos clave en la generación de un prompt (texto para comunicarse con sistemas IA generativos): instrucción, contexto, datos de entrada e indicador de salida[4].

En este caso, el ejercicio funciona como prompt y sigue los mismos lineamientos empleados en el planteamiento de este tipo de actividades en un aula de clase. Es decir, se suministraron los parámetros de entrada del ejercicio con valores realistas para así evitar, tanto al chatbot como al estudiante, la asunción de algún parámetro requerido para la solución del problema.

Después de obtener la primera respuesta al ejercicio, los autores solicitaron a ChatGPT la generación de dos respuestas adicionales, para un total de tres opciones de FS a emplear en el análisis de la cimentación. En el anexo 1 se presentan los textos completos de las tres propuestas de solución de ChatGPT.

Teniendo en cuenta que el enfoque de esta investigación es la aplicación del criterio ingenieril, los estudiantes no tuvieron acceso en ningún momento de la actividad a sus dispositivos electrónicos, ni desarrollaron la escritura de prompts, puesto que hay uno único, correspondiente al enunciado del ejercicio propuesto.

En el momento en que todos los participantes finalizaron la primera parte, se permitió la consulta de la segunda parte del cuestionario impreso, en la que compararon sus respuestas al ejercicio geotécnico con las tres propuestas generadas por ChatGPT al mismo ejercicio.

La segunda parte está compuesta por dos preguntas. En la primera, de tipo cerrado, se compartieron las tres propuestas generadas por ChatGPT como respuesta al ejercicio de cálculo de FS, que el participante organizó según el orden de preferencia, asignando el número 1 a la que considera la mejor respuesta, el número 2 a la segunda mejor propuesta, y el número 3 a la propuesta menos pertinente como respuesta al ejercicio. En la segunda pregunta, de tipo abierto, cada participante incluyó una justificación del motivo de escogencia de una de las tres propuestas como la más idónea para dar responder el ejercicio. En la tercera parte, compuesta por tres preguntas, de tipo abierto, se solicitó al participante la comparación de su respuesta con la generada por ChatGPT, y se indagó si estaría dispuesto a reemplazar su respuesta por la del chatbot, o si mantendría su propuesta.

Análisis de datos

La información de los cuestionarios físicos fue digitada en una hoja de cálculo, y fue analizada mediante el software Rstudio en el análisis estadístico y gráfico de las respuestas. Se analizó la tendencia de respuesta de los participantes respecto al valor del FS para el ejercicio propuesto, a través de un análisis de frecuencias (figura 2) y un análisis intercuartílico (figura 3). Para ello, se emplearon los comandos:

hist (base_de_datos$variable_analizada,xlab=" ", ylab=" ", main=" ").

boxplot (base_de_datos$variable_analizada,xlab=" ", ylab=" ").

Después, se analizó la tendencia del criterio empleado por los participantes para escoger el valor de FS. La secuencia de las propuestas se contrastó gráficamente con los posibles criterios a emplear para definir el FS: normas y regulaciones, teorías científicas, experiencia profesional, discusión profesional y conocimiento en aula, cuyos resultados pueden consultarse en la figura 4. El análisis gráfico se realizó a través del siguiente comando:

ggplot (base_de_datos, aes (x = variable_analizada, y = variable analizada)) + theme (axis.text.x = element_text (angle = 90, hjust = 1)) + geom_point() + facet_wrap (variable_analizada ~ .) + labs (title = " ", y=" ", x =" ")

Finalmente, empleando el estilo de gráfico de puntos mediante "facet wrap", se relacionaron las justificaciones cualitativas de los participantes ante la alternativa de reemplazar el valor del FS obtenido en la primera parte del cuestionario (sin apoyo externo) por la respuesta ofrecida por su propuesta preferida de ChatGPT. En la figura 6 se presentan los resultados para los participantes que decidieron reemplazar su respuesta por la de ChatGPT, y en la figura 7 se comparten los resultados de quienes decidieron mantener su respuesta original.

Para dar mayor claridad al estudio, se aplicó un análisis axial de tipo cualitativo a los criterios para responder al ejercicio (véase la figura 4), el motivo de elección metodológica (véase la tabla 2) y el criterio para redefinir la respuesta en función del resultado de la IA (véase la tabla 3).

RESULTADOS

Los resultados se presentan a continuación, organizados de acuerdo con las tres secciones del cuestionario descritas en el apartado de metodología (ver la figura 1).

Determinación del FS en un ejercicio de estructura geotécnica.

A continuación, la figura 2 presenta la frecuencia en elección del FS por parte de los participantes que resolvieron el ejercicio propuesto.

Según la Figura 2, la tendencia del FS está entre 2.5 y 3.0, con una baja frecuencia de respuestas <1.5 y >3.0. El valor mínimo de respuesta fue un FS de 0.5, y el máximo fue 3.8. El valor promedio de las respuestas fue 2.475. La Figura 3 muestra que el rango intercuartil (50% de los datos o respuestas participantes) está en un FS entre 2.0 y de 3.0. La mediana de los datos de FS es 2.5. Hay valores atípicos extremos cercanos a 0.5 y a 3.8. Es decir, el Q1 está entre un FS de 0.5 y 2.0, el Q2 en un rango entre 2.0 y 2.5, el Q3 en un rango entre 2.5 y 3.0, y el Q4 entre 3.0 y 3.8.

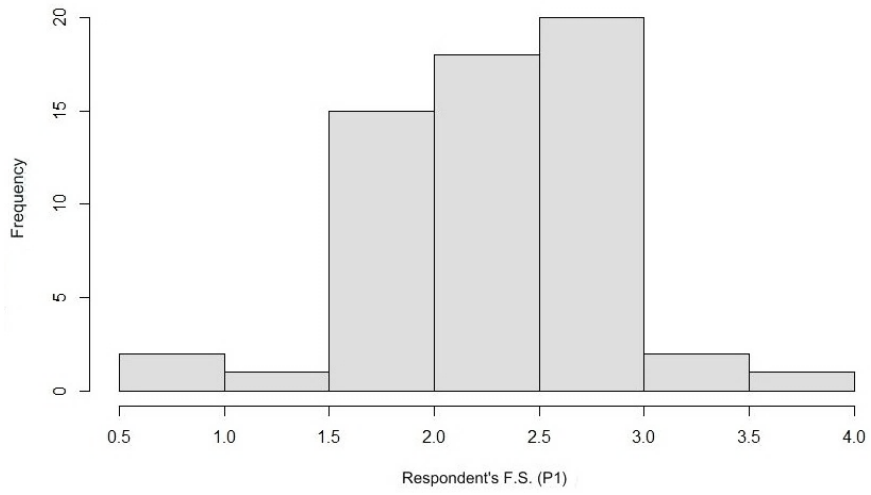

Fig. 2. *Frecuencia de la respuesta al ejercicio de FS.*
Fuente: elaboración propia.

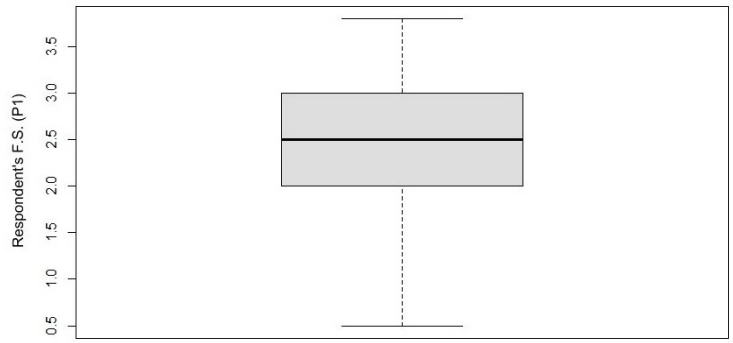

Fig. 3. *Rango intercuartílico de la respuesta al ejercicio de FS.*
Fuente: elaboración propia.

De lo anterior se resalta que hay un rango muy amplio en el Q1, lo que se traduce en un amplio número de respuestas alejadas de los valores de tendencia (Q2 y Q3). Además, el Q1 presenta un rango mayor de selección, lo que da una probabilidad más alta de que el usuario opte por este rango, incluso en el evento de no entender la pregunta y responder al azar cualquier alternativa. Al preguntar a los participantes sobre los criterios utilizados para responder al ejercicio, se identificó una preferencia de uso de los conocimientos aprendidos en el aula de clase, como se muestra en la figura 4.

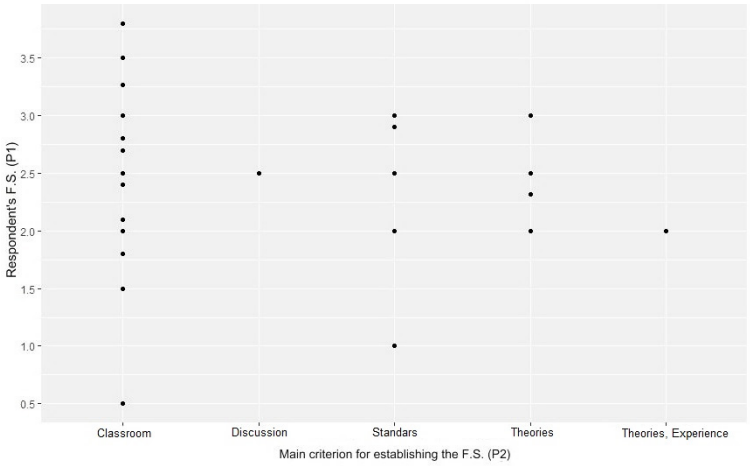

Fig. 4. *Criterios utilizados para responder el ejercicio.*
Fuente: elaboración propia.

La mayor frecuencia para un criterio de selección del FS fue el "conocimiento aprendido en aula", distribuido en todo el rango de valores, desde 0.5 A 3.8. Las opciones sobre "normas y regulaciones técnicas" y "teorías científicas y matemáticas" son el segundo y tercer criterio más empleado, con valores entre 1.0 y 3.0, respectivamente. Por último, las opciones asociadas al conocimiento adquirido en discusiones y experiencias profesionales fueron los criterios menos usados, con respuestas de FS entre 2.0 y 2.5.

De lo anterior se establece que el 71% de los participantes respaldaron su elección del FS en lo aprendido en el aula, seguido por el uso de teorías científicas (12%) y normas existentes (9%) y, en menor medida, acudieron a su experiencia (9%) o por lo aprendido en discusiones con pares (2%).

A partir de lo anterior, se aplicó un análisis axial para identificar el fenómeno central, las condiciones causales, las estrategias y las consecuencias. En este se tiene que la fuente del conocimiento geotécnico es la causa y las características de selección del FS se interpreta como la consecuencia. El fenómeno central es la predominancia del conocimiento académico sobre los resultados empíricos al momento de establecer el FS, y establecieron tres categorías axiales:

La principal categoría se estableció como académica y teórica. Acumula el compendio de los conocimientos adquiridos en el aula de clase apoyados en teorías científicas. Tiene un peso relativo del 83%, siendo la categoría dominante. Esta categoría presentó la mayor dispersión en el rango del FS (0.5 – 3.8). A mayor criterio académico, mayor incertidumbre en la decisión.

Como segunda categoría está la del uso de la normativa técnica. Comprende las regulaciones técnicas que rigen los procedimientos geotécnicos para determinar el FS. Tiene un peso relativo del 9%. Esta categoría presentó un rango medio de incertidumbre al determinar el Factor de Seguridad (1.0 – 3.0).

Como tercera categoría está la confianza en el fundamento empírico. Hace referencia al conocimiento adquirido en la práctica profesional y en la información transmitida conversacionalmente, y tuvo un peso relativo equivalente al restante 8%. En este caso, el criterio de decisión se redujo fuertemente a un rango menos amplio (2.0 – 2.5) al aumentar el temor a errar con el FS, haciendo que la respuesta no se aleje de valores estándar.

Definición de preferencia de respuestas generadas mediante un Chatbot IA.

Los participantes organizaron las tres propuestas de respuesta de ChatGPT según su preferencia como respuesta idónea al ejercicio.

Los autores de este artículo realizaron una caracterización cualitativa de las tres respuestas, para así contar con una mayor comprensión del proceso desarrollado por ChatGPT. A continuación, se presenta el valor del factor de seguridad (FS) para cada una de las propuestas, el tipo de enfoque adoptado por ChatGPT al general cada solución, y observaciones puntuales acerca de cada texto de respuesta.

Primera propuesta (SF: 2,5, enfoque: convencional).

- Recomienda un valor entre 2 y 3, que se alinea con la elección de la mayoría de los proyectistas con experiencia en diseño geotécnico.
- Teniendo en cuenta los procesos de "entrenamiento" de los Chatbots IA, puede especularse que ChatGPT ha tenido contacto con cientos de documentos que recomiendan este rango como adecuado y seguro.

Segunda propuesta (SF: 1,5, enfoque: incorrecto).

- El cálculo de la capacidad admisible no está dado por ecuaciones de estimación de la carga del suelo, sino por el valor del esfuerzo que físicamente puede soportar el suelo, junto con la cimentación.
- En el requerimiento planteado a ChatGPT no se solicitó el cálculo de la carga admisible que, para ser estimado, requiere del valor de la carga estructural proveniente de un sistema aporticado en columnas, en relación con el área de cimentación de la zapata. De otra forma, se requiere conocer el FS con anterioridad.

Tercera propuesta (SF: 2, enfoque: menos conservador que la primera propuesta).

- Es una opción popular entre los diseñadores al enfrentarse a este tipo de problemas geotécnicos, al acudir a una opción segura y rentable.
- Debe resaltarse la aclaración final de ChatGPT, al informar que el cálculo es simplificado, por lo que no consideró factores de diseño específico, y exporta a consultar a un ingeniero civil certificado.

En la figura 5 se presentan las secuencias definidas por los participantes al organizar las propuestas. Se cuenta con los valores numéricos de 1, 2 y 3, para cada propuesta; y el 0 indica que el participante no registró un valor al organizar la secuencia.

La secuencia más común de organización fue 2-1-3: el 45% de los participantes escogió a la segunda propuesta como la mejor, seguida por la primera y, como la propuesta menos pertinente se escogió a la tercera. En la secuencia más común, los valores de FS más frecuentes estuvieron en el rango entre 2.5 y 3.0, seguido de valores FS de 2.0, y el criterio más usado fue el conocimiento adquirido en aula.

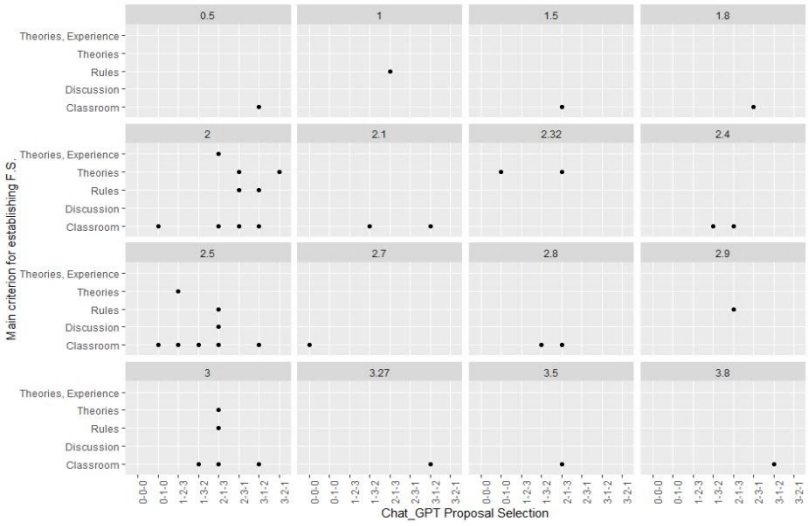

Fig. 5. *Secuencias de preferencia de las respuestas de ChatGPT al ejercicio sobre FS. Fuente: elaboración propia.*

Tabla 2: Análisis cualitativo de la secuencia de respuestas más común

Motivo de elección	Porcentaje de elección	Justificación
Integración de multiples parámetros	37,9%	La segunda propuesta fue elegida porque emplea más datos (por ejemplo, características del suelo), en comparación con las otras propuestas, que tienen una mayor dependencia de las asunciones.
Uso de fórmula matemática	31,0%	La segunda propuesta fue elegida porque está basada en fórmulas matemáticas y la teoría de Terzaghi, lo que transmite mayor confianza frente a las otras propuestas, que se basan en elementos asociados a la experiencia.
Desarrollo de procedimiento	17,3%	La segunda propuesta muestra un procedimiento más articulado y robusto, lo que es percibido como más veraz.
Aprendizaje en aula	13,8%	La segunda propuesta se resuelve con un método asimilable al explicado en cursos previos, como Fundaciones.

Fuente: elaboración propia

Las siguientes secuencias más comunes fueron las siguientes: 1-3-2 (15% de las respuestas), 3-1-2 (14% de las respuestas), y 2-3-1 (6% de las respuestas), y los valores más comunes de FS se ubican en el rango entre 2.0 y 3.0. Debe anotarse que las respuestas del FS con tendencia extrema (< 2.0 y > 3.0, fuera del rango intercuartil) se soportan en el criterio de lo aprendido en el aula de clase. Esto indica que los valores con mayor tendencia de respuesta ($2.0 \geq FS \leq 3.0$).se basaron en criterios a partir de teorías, normas, discusiones y experiencia.

A partir de lo anterior se realizó un análisis axial de tipo cualitativo, del cual se evidenció que la categoría principal (68.9%) indica que la toma de decisión para el FS se basa en criterio de rigor y de objetividad, en contraste con criterio basado en la intuición o evidencia empírica.

De ello se desprenden como subcategorías:

La densidad de la información mediante la integración de múltiples parámetros (38%) y, el respaldo teórico y matemático a partir de la aplicación de formulaciones técnicas tales como la teoría de Terzaghi (31%).

Como segunda categoría (17.3%) está la importancia del desarrollo procedimental. En este caso se da mayor importancia al método procedimental que a los datos de entrada. Finalmente, como tercera categoría (13.8%) está la relación del tema a tratar con el conocimiento adquirido en aulas de clase.

En la tercera parte del cuestionario, los participantes compararon su respuesta al ejercicio con las tres soluciones generadas por ChatGPT, y evaluaron la utilidad de lo propuesto para contar con una mayor comprensión del concepto de FS. Los resultados se presentan en la tabla 3.

Comparación entre respuestas generadas por los participantes y por ChatGPT

Tabla 3: comparación de las respuestas de los participantes frente a ChatGPT

Pregunta	Sí	no
¿El valor numérico de su respuesta preferida de ChatGPT coincide con el que usted resolvió en la pregunta 1?	23,7%	76,3%
Si su respuesta es igual a la de ChatGPT, ¿el método utilizado por ChatGPT coincidió con el que usted llevó a cabo?	20,0%	80,0%
¿La respuesta de ChatGPT le ayudó a mejorar su criterio al definir un FS?	20,0%	80,0%
Si su respuesta es diferente a la de ChatGPT, ¿cambiaría la respuesta a la dada por ChatGPT?	42,2%	57,8%

Fuente: elaboración propia

Al respecto, un alto número de participantes identificó que su respuesta (76,3%) y su método (80%) no coincidió con la de chatbot, y un número bajo de participantes (20%) consideró que la respuesta de ChatGPT le ayudó a mejorar su criterio para definir un FS. No obstante, entre los participantes cuya respuesta no concordó con la de ChatGPT, un 57,8% estaría dispuesta a reemplazarla por la del chatbot. De lo anterior se desprende un análisis cualitativo de tipo axial, que define que hay una alta discrepancia técnica entre el criterio del estudiante y el resultado que brinda la IA.

La categoría principal (76.3%) establece dos subcategorías: la primera subcategoría indica que los resultados difieren fuertemente entre el criterio del estudiante y el resultado de la IA (76.3%), y la segunda plantea que en un 80% de los casos el criterio metodológico fue diferente.

Como segunda categoría se tiene que un 80% de los casos manifiestan que la respuesta de ChatGPT no brindó ayuda al estudiante para redefinir su respuesta. Como tercera categoría se establece un problema de confianza del estudiante: si bien un alto porcentaje manifestó que la IA no dio soporte para cambiar de opinión frente al valor del FS, un 42% dice estar dispuesto a cambiar la respuesta por la de ChatGPT.

En la figura 6 se agrupan en forma gráfica las justificaciones brindadas por los participantes que decidieron reemplazar su

respuesta por la proporcionada por ChatGPT.

Al analizar cualitativamente los motivos, estos se agrupan en dos categorías. En primer lugar, un grupo de participantes opinó que ChatGPT ofrece una sustentación más sólida, debido a la explicación más articulada del procedimiento, en comparación al desarrollado por el estudiante en forma autónoma. Desde esta perspectiva, puede inferirse una redacción más articulada, que incluye menciones a fórmulas y normativas, transmite confiabilidad en el resultado.

En segundo lugar, algunos participantes eligieron la respuesta de ChatGPT debido a que involucró más parámetros, en comparación con los empleados por ellos. Al respecto, la inclusión de un mayor número de variables en los cálculos (aunque no todas sean de utilidad, como sucede en la segunda propuesta de ChatGPT), transmite un sentido de seguridad. Asimismo, algunos participantes también expresan que el chatbot tiene ventajas asociadas al uso de fórmulas (que no siempre son recordadas por los participantes) y al acceso a librerías de datos.

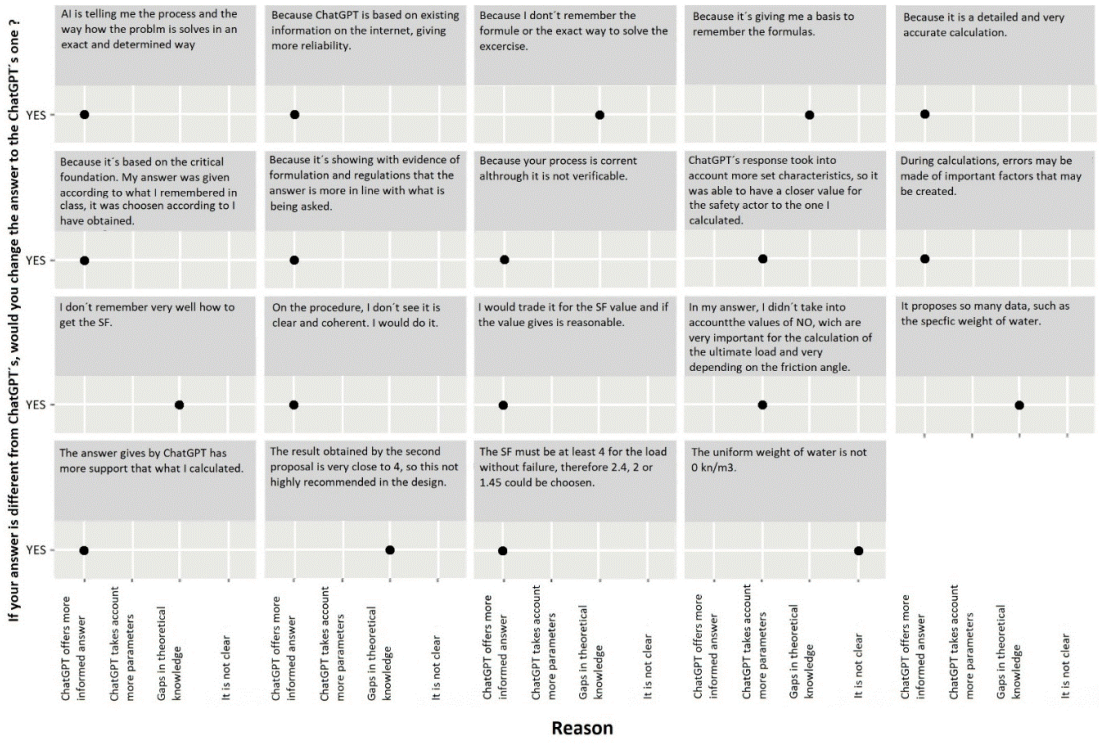

Fig. 6. *Justificación del cambio de respuesta ante la propuesta de ChatGPT.*
Fuente: elaboración propia.

En la figura 7 se presenta un compendio de las justificaciones expresadas por los participantes para mantener su respuesta inicial sin modificación.

Al realizar el análisis cualitativo de los motivos, estos se agrupan en dos categorías: la primera categoría hacer referencia a la identificación, por parte de un grupo de participantes, de imprecisiones en la argumentación llevada a cabo por el chatbot, tales como las restricciones de acceso a normas actualizadas o la identificación de errores en la solución de ecuaciones matemáticas.

La segunda categoría se relaciona con la desconfianza de otro grupo de participantes ante la respuesta debido a la imposibilidad de analizar el proceso desarrollado por el chatbot. En algunos casos, se expresó que los FS ofrecidos por ChatGPT son útiles, pero requieren ajustes con base en el criterio ingenieril, puesto que el cálculo de FS es un proceso de prueba y error, por lo que requiere la integración de factores diversos, que son simplificados por el chatbot. Asociado a lo anterior, algunos participantes indicaron que el chatbot ofrece ayuda en la comprensión del procedimiento, pero comete errores que requieren del análisis humano para su ajuste.



Fig. 7. *Justificación del mantenimiento de la respuesta original.*
Fuente: elaboración propia.

DISCUSIÓN

Este estudio ofrece tres contribuciones asociadas con su objetivo general. La primera contribución se asocia con la identificación del potencial de ChatGPT como herramienta pedagógica en la enseñanza de conceptos complejos a estudiantes de ingeniería civil. La apropiación de conceptos complejos asociados con el criterio ingenieril, como el cálculo de FS en una estructura geotécnica, involucra múltiples variables de análisis, y su comprensión depende de la experiencia acumulada por el proyectista durante su formación académica y ejercicio profesional. Por esto, una herramienta como ChatGPT, que permite la generación de múltiples escenarios de respuesta, aumenta las posibilidades de personalizar los contenidos de enseñanza y de fomentar la reflexión crítica sobre diversos conceptos técnicos y métodos de solución, lo que incrementa la motivación y compromiso de los estudiantes[20]. Esto es de especial relevancia en la formación en pregrado, en la que el aprendizaje en aula es un factor clave en el proceso de toma de decisiones de los estudiantes, como es expresado por los participantes del estudio. Así, los chatbots IA como ChatGPT se erigen como herramientas que facilitan el contacto del estudiante con conceptos complejos, mediante el acceso a múltiples ejercicios y posibilidades de consulta[17].

La segunda contribución hace referencia a la reinterpretación del rol del docente que, lejos de perder importancia ante la emergencia de los chatbots OA, se refuerza como guía del aprendizaje autónomo del estudiante. Por ejemplo, a pesar de que el rango intercuartílico mostró una tendencia de selección de un FS entre 2,0 y 3,0, lo que corresponde a un enfoque convencional, la secuencia de organización preferida por los participantes fue 2-1-3. Al respecto, más de la mitad de los participantes eligieron secuencias encabezadas por la segunda propuesta de ChatGPT, aunque, como se explicó previamente, su enfoque al abordar el problema geotécnico fue incorrecto.

Según lo expresado por los participantes, es posible que, debido a factores tales como la inclusión de un mayor número de fórmulas matemáticas y pasos procedimentales, o la corrección idiomática, la segunda propuesta sea percibida como más sólida que las propuestas restantes, que se apoyan en una interpretación más convencional del concepto de FS visto desde el criterio ingenieril. También es importante anotar que el 71% de los estudiantes respaldaron su elección del FS en el conocimiento aprendido en el aula, lo que muestra el impacto de la relación entre docente y estudiante. Frente a esto, la acción del docente de inducir al estudiante analizar activamente las respuestas del chatbot es fundamental para prevenir una excesiva confianza en la tecnología, lo que puede afectar las habilidades de pensamiento crítico y la capacidad de toma de decisiones autónomas[2].

En este contexto, la incorporación de herramientas como ChatGPT en la enseñanza de la ingeniería civil no elimina la labor docente y, por el contrario, esta cobra mayor importancia en su rol como guía. Ante este cambio tecnológico, el docente

desempeña un papel clave en el incentivo al aprendizaje autónomo del estudiante, y en el aporte de su conocimiento y experiencia en la orientación al estudiante en la identificación, procesamiento y análisis de información ofrecida por los chatbots. La tercera contribución se relaciona con la importancia de adaptación del tipo de actividades formativas, que deben enfocarse en la incorporación de los chatbots IA en el desarrollo de procedimientos, con un mayor énfasis en la reflexión crítica asociada a la toma de decisiones. En el ejercicio propuesto en este estudio, se identifica que el uso de ChatGPT sin guía por parte del docente no es suficiente para lograr un objetivo de aprendizaje: el 80% de los participantes utilizaron un método diferente al de ChatGPT, y el mismo porcentaje consideró que las propuestas del chatbot no contribuyeron a una mayor comprensión del concepto de FS.

También, una objeción clave expresada por los participantes, que coincide con lo identificado por[19], es la preocupación ante la precisión, actualización y autenticidad de los datos generados por el chatbot. Respecto a ello, como lo recuerda[2], si los datos utilizados para entrenar al chatbot no son diversos, o son de mala calidad, se generarán errores y, ante esta situación, el docente deberá ejercer su rol de tutor en orientar al estudiante en el análisis de la calidad de las respuestas. Vale la pena destacar que, entre aquellos participantes cuya respuesta no coincidió con la de ChatGPT, un 42,2% reemplazaría su solución por la del chatbot. Lo anterior representa un reto en la enseñanza, puesto que la confianza que transmite este tipo de herramientas, que se apoyan en el entrenamiento a través de millones de entradas sobre tema, puede sesgar al estudiante y hacerle pensar que la respuesta del chatbot es “correcta”, aunque esta no contribuya a una mayor comprensión del concepto teórico subyacente[2].

Respecto a la integración del uso de chatbots IA en la enseñanza de la ingeniería, surge el reto del desarrollo de actividades formativas en las que se priorice el análisis crítico del procedimiento, y no el resultado en sí mismo. Por otra parte, emerge la oportunidad de emplear al chatbot como un asistente que facilita el acceso inmediato a información para la solución de problemas (fórmulas, normativas, entre otros), pero sin renunciar a la toma de decisiones, que es responsabilidad del usuario.

Ante este tipo de ejercicio académico queda claro que la postura de las respuestas tiene el enfoque de un estudiante respondiendo un examen, más que la aplicación del criterio de un ingeniero ante un ejercicio profesional.

CONCLUSIONES

Este estudio se enfoca en un campo de investigación aún poco explorado, al analizar los aportes de herramientas de procesamiento de lenguaje natural como ChatGPT en la educación superior y, en particular, en la enseñanza de conceptos complejos de ingeniería civil.

Los chatbots IA permiten evaluar diferentes escenarios de solución; lo que ofrece un medio pedagógico dinámico, en especial, en la enseñanza de situaciones en las que el estudiante cuenta con poca experiencia en ámbitos reales. Es este artículo se analizaron las posibilidades de integración de ChatGPT en el aprendizaje de un concepto complejo como el FS, intrínsecamente relacionado con el criterio ingenieril, en el que el proceso de enseñanza se enfoque en la discusión de la pertinencia y aplicabilidad de los resultados propuestos por la herramienta. No obstante, también se resaltan los retos asociados con el uso inadecuado de ChatGPT, debido a problemas no detectados por el estudiante en las respuestas generadas, o por el debilitamiento de las habilidades críticas y una confianza excesiva en la efectividad de la herramienta.

Entre las limitaciones del estudio, este se enfocó solo en un concepto específico, el factor de seguridad (FS) en un área particular de la ingeniería civil (geotecnia). También debe mencionarse las limitantes asociadas con la aplicación en un único curso universitario, y el uso de un único chatbot IA (ChatGPT) como generador de respuestas de solución. Como proyección para futuras investigaciones, la ampliación del tamaño de la muestra y la inclusión de participantes en otras ubicaciones geográficas, por ejemplo, dentro del contexto latinoamericano, podría ofrecer más insumos para el análisis sobre las posibilidades que ofrecen los LLM para la enseñanza del criterio ingenieril en aula.

Respecto a las líneas de trabajo a futuro, la integración y comparación de resultados entre chatbots IA (por ejemplo, Claude, Gemini o DeepSeek) y el involucramiento de participantes en diferentes etapas de formación en el criterio ingenieril permitiría explorar las ventajas y riesgos al involucrar a la IA en los currículos universitarios en la enseñanza de conceptos complejos el campo de la ingeniería.

Finalmente, la adopción de herramientas como ChatGPT, como lo plantean[4],[19]constituye una oportunidad para el desarrollo de investigaciones en educación en ingeniería, donde se involucre tanto la exploración de la modificación de los currículos como la reflexión sobre las implicaciones éticas de su uso en el aula de clase, en el que se entiende a los chatbots IA, con sus fortalezas y limitaciones, como complementos, y no como sustitutos de la educación tradicional.

REFERENCIAS

[1] H. Yu, “Reflection on whether Chat GPT should be banned by academia from the perspective for education and teaching”. *Frontiers in Psychology*, vol. 14:1181712. June, 2023, doi: https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1181712

[2] K. Fuchs, "Exploring the opportunities and challenges of NLP models in higher education: is Chat GPT a blessing or a curse?". *Frontiers in Education*, vol. 8:1166682. May, 2023, doi: https://doi.org/10.3389/feduc.2023.1166682

[3] T. Meng-Lin, W. O. Chong, C. Cheng-Liang, "Exploring the use of large language models (LLM) in chemical engineering education: Building core course problems with Chat-GPT". *Education for Chemical Engineers*, vol. 44, pp. 71-95. July, 2023, doi: https://doi.org/10.1016/j.ece.2023.05.001

[4] S. Nikolic, S. Daniel, R. Haque, M. Belkina, G. M. Hassan, S. Grundy, S. Lyden, P. Neal y C. Sandison, "ChatGPT versus engineering education assessment: a multidisciplinary and multi-institutional benchmarking and analysis of this generative artificial intelligence tool to investigate assessment integrity", *European Journal of Engineering Education*, vol. 48, No. 4, pp. 559-614. May, 2023, doi: https://doi.org/10.1080/03043797.2023.2213169

[5] L. M. Sánchez-Ruiz, S. Moll-López, A. Nuñez-Pérez, J. A. Moraño-Fernández, E. Vega-Fleitas, "*ChatGPT Challenges Blended Learning Methodologies in Engineering Education: A Case Study in Mathematics". Applied Sciences*, vol. 13, No. 10: 6039. May, 2023, doi: https://doi.org/10.3390/app13106039

[6] A. Patel, "Interpretations after a geotechnical failure", in Woodhead Publishing Series in Civil and Structural Engineering, Geotechnical Interpretations in Field Practice, A. Patel, ed. Cambridge, MA: Woodhead Publishing, 2024, Chapter 7, pp. 145-152. doi: https://doi.org/10.1016/B978-0-443-14092-1.00017-5

[7] J. C. Musto, "The safety factor: case studies in engineering judgment". *International Journal of Mechanical Engineering Education*, vol. 38, No. 4. November, 2010, doi: https://doi.org/10.7227/IJMEE.38.4.2

[8] J. Haurylkiewicz, "Critical analysis of the method of safety factors in geotechnics", in International Conference on Applications of Statistics and Probability in Soil and Structural Engineering, Sydney, Australia, January - February, 1979.

[9] D. Naylor, "Quantifying safety", *Ground Engineering*, vol. 14, no. 7. 1981.

[10] G. N. Smith, "The use of probability theory to assess the safety of propped embedded cantilever retaining walls". *Geotechnique*, vol. 35, no. 4. 1985.

[11] J. Oliphant, "Controlling the safety of geotechnical structures: a proposed approach". *Geotechnical and Geological Engineering*, Vol. 10. 1992.

[12] J. C. Ruge, O. H. Vargas, J. E. Carmona, "Desafíos en la definición de factores de seguridad en el diseño de estructuras geotécnicas", *Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada*, Vol. 2, No. 40. September, 2022, doi: https://doi.org/10.24054/rcta.v2i40.2354

[13] I. Rizos, N. Gkrekas, "The Impact of LLM on Mathematics education and research at the university", *Social Sciences & Humanities Open*, vol. 12: 101969. September, 2025. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ssaho.2025.101969

[14] S. N. Yeh, C. J. R. Siah, "Students' attitudes toward LLMs and its association with metacognitive abilities: a cross-sectional study", *Nurse Education in Practice*, vol. 88: 104567. September, 2025. DOI: https://doi.org/10.1016/j.nepr.2025.104567

[15] D. Kim, T. Kim, Y. Kim, Y. H. Byun, T. S. Yup, "A ChatGPT-MATLAB framework for numerical modeling in geotechnical engineering applications", *Computers and Geotechnics*, vol. 169: 106237. May, 2024. DOI: https://doi.org/10.1016/j.compgeo.2024.106237

[16] M. Aluga, "Application of ChatGPT in civil engineering", *East African Journal of Engineering*, vol. 6, No. 1. pp. 104-112. June, 2023, doi: https://doi.org/10.37284/eaje.6.1.1272

[17] P. P. Ray, "ChatGPT in transforming communications in seismic engineering: Case studies, implications, key challenges and future directions", *Earthquake Science*, vol. 37, No. 4, pp. 352-367. August, 2024, doi: https://doi.org/10.1016/j.eqs.2024.04.003

[18] M. Talha Junaid, M. Barakat, S. Awad, N. Anwar, "Adopting the power of AI Chatbots for Enriching Students Learning in Civil Engineering Education: a Study of Capabilities and Limitations", in Artificial Intelligence in Education: the Power and Dangers of ChatGPT in the Classroom, A. Al-Mazouqi, S.A. Salloum, M. Al-Saidat, A. Aburayyam B. Gupta, eds. Switzerland: Springer Nature, 2024, Chapter 3, pp. 25-48. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-031-52280-2

[19] S. M. J. Uddin, A. Albert, M. Tamanna, A. Ovid, A. Alsharef, "ChatGPT as an educational resource for civil engineering students", *Computers Applications in Engineering Education*, vol. 32, No. 4. April, 2024, doi: https://doi.org/10.1002/cae.22747

[20] Z. Xue, C. Xu, X. Xu, "Application of ChatGPT in natural disasters prevention and reduction", *Natural Hazards Research*, vol. 3, No. 3, pp. 556-562. September, 2023, doi: https://doi.org/10.1016/j.nhres.2023.07.005

[21] S. Wu, C. Shi, Y. F. Leung, Y. Otake, C. Konishi, M. Zhou, Y. Tao, Z. Cao, T. Nakamura, "Perspectives: LLM agents reshaping the foundation of geotechnical problem-solving", *Geodata and AI*, vol. 4: 100036. September, 2025. DOI: https://doi.org/10.1016/j.geoai.2025.100036

[22] T. Kim, T.S. Yun, H.S., Suh. "Can ChatGPT Implement Finite Element Models for Geotechnical Engineering Applications?", International Journal for Numerical and Analytical Methods in Geomechanics. Vol.49, No. 6. April, 2025, doi: https://doi.org/10.1002/nag.3956

[23] T. Kim, D, Kim, T.S. Yun. "ChatGPT-driven Numerical Modeling for Geotechnical Applications". *Journal of the Korean Geotechnical Society*, Vol.41, No.4. August, 2025, doi: https://doi.org/10.7843/kgs.2025.41.4.99

[24] A. Parsa-Pajouh. "Application of generative AI to automate numerical analysis and synthetic data generation in geotechnical engineering". Machine Learning and Data Science in Geotechnics. Vol. 1. No.1. December, 2025. doi: https://doi.org/10.1108/MLAG-09-2024-0008

[25] A. C. Niloy, M. A. Bari, J. Sultana, R. Chowdury, F. M. Raisa, A. Islam, S. Mahmud, I. Jahan, M. Sarkar, S. Akter, N. Nishat, M. Afroz, A. Sen, T. Islam, M. H. Tareq, M. A. Hossen, "Why do students use ChatGPT? Answering through a triangulation approach", *Computers and Education: Artificial Intelligence*, vol. 6: 100208. Jan, 2024. DOI: https://doi.org/10.1016/j.caeai.2024.100208

[26] ChatGPT. OpenAI. Accessed: Dec. 1. 2025. [Online]. Available: https://chatgpt.com/

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a Martha Moreno Igua, profesora del departamento de Humanidades de la Universidad El Bosque, por su valiosa orientación en la aplicación de estrategias discursivas en el proceso de escritura de este artículo. Los autores agradecen a la Universidad Militar Nueva Granada (Colombia) la disposición y apoyo en los procesos que facilitan los resultados de investigación como el presente.

FINANCIACIÓN

Ninguna

CONFLICTOS DE INTERÉS

Los autores expresan que no tienen ningún conflicto de intereses relacionado con la elaboración de este artículo. Ninguno de los coautores es docente del curso en que se aplicó el cuestionario.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

Redacción - borrador original: Óscar Hernán Vargas Villamizar, Juan Carlos Ruge Cárdenas, Carlos Felipe Urazán Bonells, Diego Palma Cuero.

Redacción - revisión y edición: Óscar Hernán Vargas Villamizar, Juan Carlos Ruge Cárdenas, Carlos Felipe Urazán Bonells, Diego Palma Cuero.