

REVISIÓN DE LA LITERATURA PARA LA INTEGRACIÓN DE UNA METODOLOGÍA ESTADÍSTICO-PROBABILÍSTICA EN LOS ESTUDIOS DE MERCADO, PARA LA DETERMINACIÓN DEL COSTO ÓPTIMO DE OBRA CIVIL EN UNA INSTITUCIÓN PÚBLICA COLOMBIANA

REVIEW OF THE LITERATURE FOR THE INTEGRATION OF A STATISTICAL-PROBABILISTIC METHODOLOGY IN MARKET STUDIES, FOR THE DETERMINATION OF THE OPTIMAL COST OF CIVIL WORKS IN A COLOMBIAN PUBLIC INSTITUTION

Jorge Giovany Suárez Pinilla¹

Elías Rodríguez Parra²

Resumen

En el contexto de los estudios de mercado para proyectos de obra civil en instituciones públicas colombianas, este artículo tiene como objetivo primordial hacer una revisión exhaustiva de las fuentes que abordan las limitaciones del análisis estadístico convencional, que utiliza el valor promedio y la desviación estándar de los precios de oferentes, frente a la propuesta de un análisis probabilístico y estadístico centrado en la simulación de Monte Carlo. Si bien es cierto que el trabajo se centra en el *modus operandi* de las instituciones públicas en Colombia, fue necesario revisar fuentes bibliográficas generadas en diversos países, eso sí, orientadas hacia la evaluación de propuestas económicas para contratar con el Estado. Se emplearon fuentes confiables y ampliamente utilizadas en la actualidad, como como IEEE Xplore, Scopus, Web of Science y bases de datos especializadas en gestión de proyectos y estadísticas. Como resultado, se pone a consideración del lector el estado actual del arte y una amplia bibliografía de consulta para este fin, que muestra sin embargo una disminución muy considerable de la producción científica después de COVID-19. Finalmente, este artículo servirá como herramienta para mejorar la toma de decisiones y una gestión más eficiente en la ejecución de proyectos de infraestructura pública en Colombia.

Palabras clave: Estudio bibliométrico, Estudio de mercado, Costo óptimo, Metodología estadístico-probabilística.

Abstract

In the context of market studies for civil works projects in Colombian public institutions, this article has like main goal to make an exhaustive review of sources that deals with limitations of conventional statistics analysis, which uses the average value and standard deviation of bidder prices in contrast to probabilistic and statistical analysis focused on Monte Carlo simulation. Even this paper is addressed to *modus operandi* of public institutions in Colombia, it was necessary to take a look of bibliography of several countries, certainly concentrated on assessment of bidder prices in order to work for State. Reliable and widely consulted sources were used, such as IEEE Xplore, Scopus, Web of Science and sophisticated data bases in Project management and statistics.

Recepción: 21 de Agosto de 2023/ Evaluación: 18 de Septiembre de 2023 / Aprobado: 15 de Noviembre de 2023

¹Ingeniero Civil. Docente Universidad Distrital FJDC. Email: jgsuarezp@unal.edu.co. ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-9050-9844>.

²Administrador de Empresas. Docente Universidad Distrital FJDC. Email: erodriguezp@udistrital.edu.co. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9614-7979>.

As result, it is presented to reader the current state of art and a huge bibliography of review for this purpose, that yet shows a massive decrease of scientific production after COVID-19. Finally, this article will be as a tool for improving making decision and promoting more efficient management in the execution of public infrastructure projects in Colombia.

Keywords: Bibliometric study, Market study, Optimal cost, Statistical-probabilistic methodology.

Introducción

Estado del arte (o revisión de la literatura)

A continuación, se presenta el estado del arte correspondiente al análisis sobre la "Integración de una metodología estadístico-probabilística en los estudios de mercado para la determinación del costo óptimo de obra civil en una institución pública colombiana". Se proporciona el contexto histórico y teórico para la investigación actual, analizando teorías, modelos, hallazgos y métodos relacionados con el tema. Por otra parte, se identifica las brechas en el conocimiento y destaca las áreas donde estudio actual se relaciona con trabajos previos. A partir de un análisis bibliométrico se pretende identificar las aplicaciones de la metodología estadística-probabilística en los estudios de mercado para la estimación del costo óptimo.

Es necesario mitigar los riesgos en la gestión de proyectos de obra civil en instituciones públicas colombianas, lo que implica la toma de decisiones críticas en cuanto a la determinación de los costos óptimos, orientada a la vez en prevenir antes que castigar (Gallego y otros, 2021; Prieto, Pérez y Escorcia, 2021). La integración de metodologías estadístico-probabilísticas en los estudios de mercado hace necesario la precisión en la estimación de costos y reducción de riesgos, así como en el análisis de modelos y técnicas de simulación estadística en escenarios de costos en proyectos de construcción. Por otra parte, es indispensable gestionar las oportunidades y los riesgos del proyecto y determinar por qué la gestión de la incertidumbre puede ser un enfoque mucho mejor que la gestión de riesgos (Chapman, 2011).

Este estado del arte analiza investigaciones previas relacionadas con este enfoque en el contexto colombiano y global.

Análisis bibliométrico en las metodologías estadístico-probabilísticas en la estimación de costos

Metodología

Para efectuar a cabo la revisión bibliográfica, se establecieron búsquedas en bases de datos académicas, como IEEE Xplore, Scopus, Web of Science y bases de datos especializadas en gestión de proyectos y estadísticas. Se utilizaron palabras clave como "metodología estadístico-probabilística", "costo óptimo de obra civil", "estudios de mercado", "institución pública" y "Colombia". Dada la importancia de dicho análisis se tuvo en cuenta la Probabilidad y estadística aplicadas a la ingeniería (Montgomery, 1996).

A continuación, se presenta un estudio bibliométrico siguiendo una serie de fases que nos permitirán comprender la producción científica relacionada con la "Integración de una metodología estadístico-probabilística en los estudios de mercado, para la determinación del costo óptimo de obra civil en una institución pública colombiana". A través de este levantamiento de información se obtuvo una visión integral de la literatura existente y se contribuyó con el conocimiento en este campo de la ingeniería. El estudio permitió la Planificación y programación de proyectos de construcción (Sears, 2000; Yépez y López, 2020).

Los pasos para seguir con la revisión de la literatura fueron:

Definición del Tema de Investigación: Se pretende tener una comprensión clara de todos los aspectos, incluyendo las "metodología estadístico-probabilística", "costo óptimo de obra civil", "estudios de mercado", "institución pública" y "Colombia".

Elección de la Base de Datos: Existe en el área de la ingeniería y en campo de la metodología estadístico-probabilística, bases de datos pertinentes al establecimiento del costo óptimo de obra civil. Se consultan cinco bases de datos: Web of Science, Scopus, IEEE Xplore, Google Scholar y ProQuest.

En el proceso de búsqueda de documentos, se dividió la consulta en palabras clave más generales o conceptos principales. Se buscan documentos sobre "estudios bibliométricos", "metodología estadístico-probabilística", "costo óptimo de obra civil", "estudios de mercado", "institución pública" y "Colombia", por separado. En la búsqueda se tuvo en cuenta el método de Simulación Monte Carlo teniendo en cuenta que es una herramienta definitiva para el análisis de riesgos y la toma de decisiones (Harrington, 2005).

Las bases de datos comunes para el tema fueron: **Scopus** (<https://www.scopus.com/>), **Web of Science** (<https://www.webofknowledge.com/>)

IEEE Xplore (<https://www.ieee.org/>) y **Google Scholar** (<https://scholar.google.com/>). Esta última, a pesar de no ser una base de datos, es una herramienta de búsqueda útil para la literatura académica. Se introdujo los términos de búsqueda en la barra y pulsó "Enter". Esta selección obedece no solamente al sentido común y al trending actual; en efecto, hay estudios enfocados en determinar las fuentes confiables de información, para la realización de investigaciones en diferentes disciplinas. Por citar algunos trabajos, están Pennycook & Rand (2019), Moncada (2014) y Quintero & Pinilla (2016)

De las 5 bases enunciadas, se seleccionó las bases de datos Scopus para encontrar documentos relacionados con Integración de una metodología estadístico-probabilística en los estudios de mercado, para la determinación del costo óptimo de obra civil en una institución pública colombiana. Para el análisis de las instituciones de educación superior, se procede al estudio de riesgo, mediante el método de simulación de Montecarlo aplicado a la inversión pública en el sector educativo (Limachi, 2019).

Posteriormente, se accedió a la página de inicio de Scopus (<https://www.scopus.com/>), a través de la website de la Universidad, la cual se encuentra suscrita a dicha bases de datos.

En la barra de búsqueda, se escribió las palabras clave entre comillas doble"- TITLE-ABS-KEY ("metodología estadístico-probabilística") OR "costo óptimo de obra civil " OR "estudios de mercado" OR "institución pública" OR "Colombia")

Se efectúa clic en 'Buscar'. Una vez que los resultados aparecen, se observa el número total de documentos relacionados con tu búsqueda en la parte superior de la página. También se hace uso de las herramientas de filtrado a la izquierda para reducir los resultados por año, tipo de documento y área de investigación.

Búsqueda de Literatura: Definición de palabras clave: Se identifican las palabras clave relevantes que ayudarán a buscar en las bases de datos. Se identifican palabras como "metodología estadístico-probabilística", costo óptimo de obra civil", "estudios de mercado" y "Colombia". En la búsqueda se determina tener presente la programación dinámica de proyectos de construcción mediante evaluación y simulación de riesgos (Tavakolan, 2015).

Búsqueda de documentos: Utiliza las palabras clave para buscar en las bases de datos. Se prueba diferentes combinaciones y variaciones para asegurarse de la búsqueda exhaustiva.

Selección de Literatura: Screening inicial: Primero, examina los títulos y resúmenes de los documentos encontrados sobre metodología estadístico-probabilística, para determinar su relevancia. Screening detallado: Luego, se lee los documentos seleccionados para comprender a fondo su contenido y determinar si se cumplen con los criterios de inclusión.

Extracción de Datos: De cada documento seleccionado, recoge la información relevante para el estudio. Esto incluye: detalles de la publicación: Título, autores, año de publicación, revista, etc., contenido de la investigación: Objetivos, metodología, resultados, conclusiones y datos bibliométricos: Número de citas, palabras clave, afiliaciones de los autores, etc.

Análisis de Datos: Posteriormente se examinó la información recolectada y se busca patrones y tendencias, como ejercicio fundamental para un análisis óptimo de la información (Kar y otros, 2023).

Análisis cuantitativo: En el análisis se incluye el conteo de publicaciones por año, la identificación de los autores e instituciones más destacadas y la frecuencia de las palabras clave.

Redes bibliométricas: Aquí se construye y analiza las redes de coautores, las redes de citas o las redes de co-palabras, utilizando herramientas como VOSviewer o Gephi.

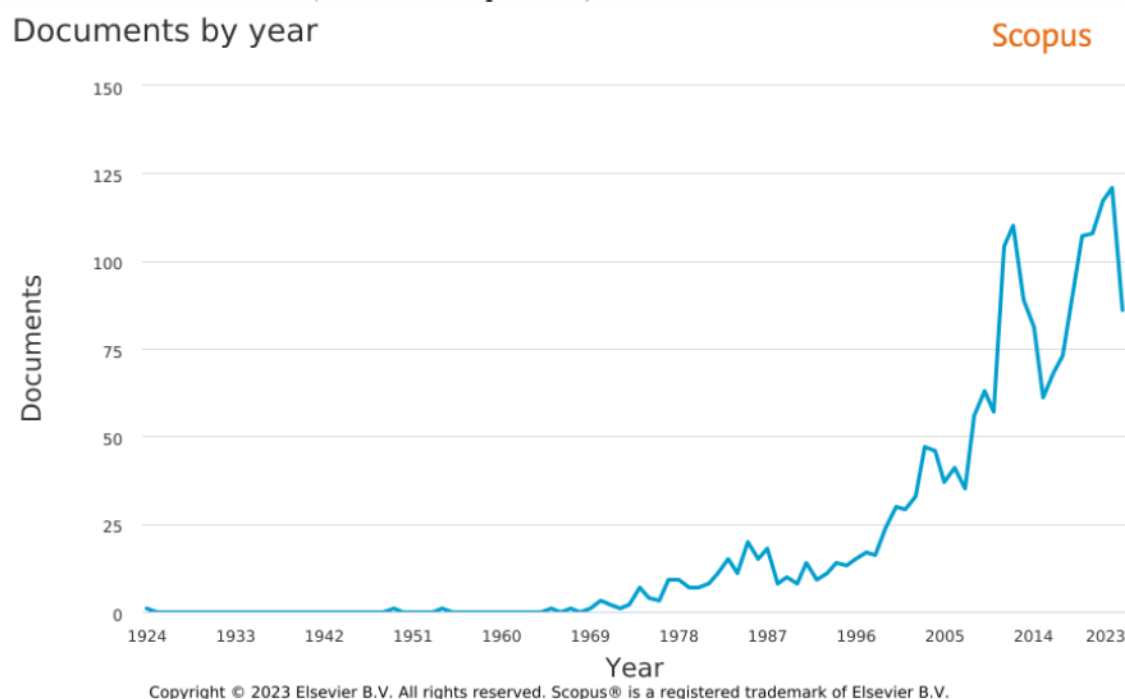
A continuación, se presenta el análisis cuantitativo de la búsqueda efectuada.

Búsqueda Bases de Datos Scopus (Documentos 1924-2023)

En análisis se efectúa a partir de la búsqueda en las bases de datos de Scopus sobre las Integración de una metodología estadístico-probabilística en los estudios de mercado, para la determinación del costo óptimo de obra civil en una institución pública colombiana, encontrándose 2007 documentos en el período 1924 y 2023. La producción bibliográfica entre 1924 y 1969, en promedio registra 3 artículos por año. Como lo muestra la **ilustración 1**, en los años 1996-2006, se producen en promedio 35 artículos anualmente, lo cual muestra gran interés por la literatura sobre metodología estadístico probabilístico y por los costos ópticos de obras civiles.

Ilustración 1

Análisis cuantitativo (Documentos por año)



Fuente: <https://www2-scopus-com.ezproxy.unicolmayor.edu.co/term/analyzer.uri>

Análisis cuantitativo (Documentos 2013 - 2023)

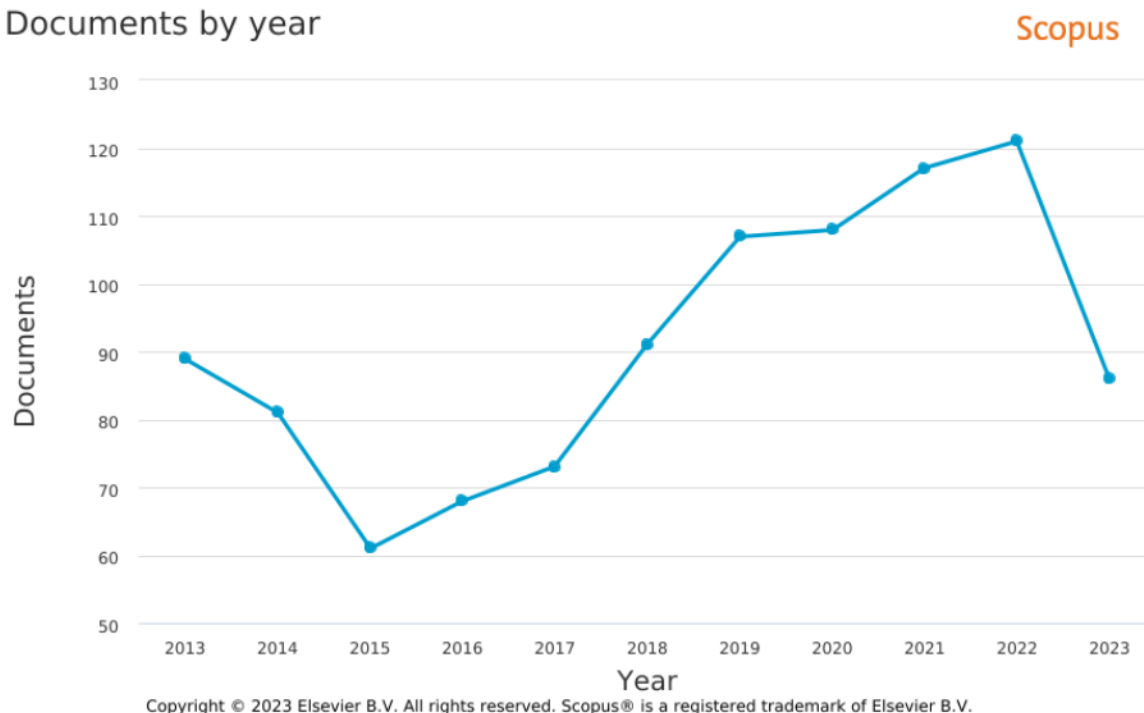
Se efectúa una búsqueda específica en las bases de datos de Scopus en el período (2013-2023), sobre las Integración de una metodología estadístico-probabilística en los estudios de

mercado, para la determinación del costo óptimo de obra civil en una institución pública colombiana, encontrándose 807 documentos en el período enunciado. La ilustración 2, refleja el número de documentos elaborados por año, encontrando el año 2022, como el de mayor producción académica, con cerca de 123 documentos a nivel mundial.

Ilustración 2

Análisis cuantitativo (Documentos por año)

Documents by year



Fuente: <https://www2-scopus-com.ezproxy.unicolmayor.edu.co/term/analyzer.uri>

Análisis cuantitativo (Documentos 2008 - 2023)

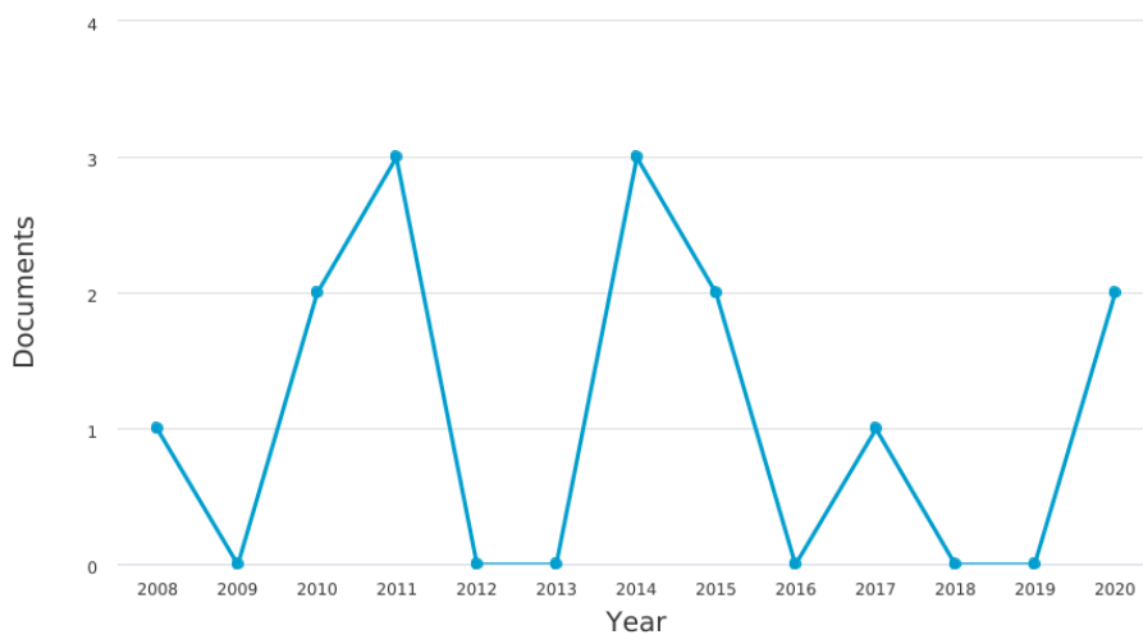
Se efectúa una búsqueda específica en las bases de datos de Scopus con los parámetros "Monte Carlo simulation in construction projects," OR "cost scenario simulation in construction," OR "cost uncertainty in construction," OR "risk analysis in construction projects" en el período (2008-2020), sobre las Integración de una metodología estadístico-probabilística en los estudios de mercado, para la determinación del costo óptimo de obra civil en una institución pública colombiana, encontrándose 14 documentos en el período enunciado. La ilustración 3, refleja el número de documentos elaborados por año a nivel mundial, en dicha base de datos.

Ilustración 3

Análisis cuantitativo (Documentos por año)

Documents by year

Scopus



Copyright © 2023 Elsevier B.V. All rights reserved. Scopus® is a registered trademark of Elsevier B.V.

Fuente: <https://www2-scopus-com.ezproxy.unicolmayor.edu.co/term/analyzer.uri>**Análisis cuantitativo (Documentos por año por fuente)**

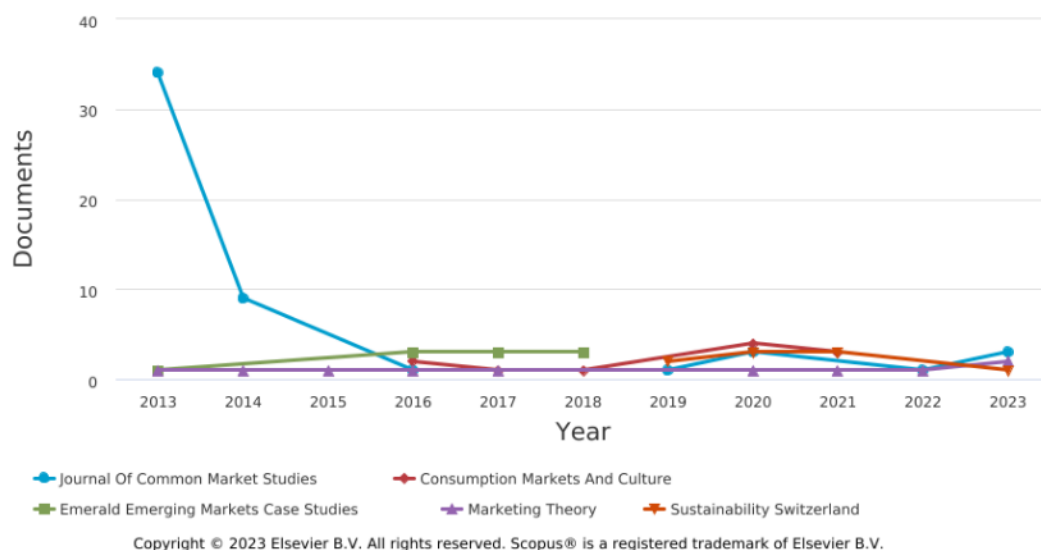
En análisis se efectúa a partir de la búsqueda en las bases de datos de Scopus sobre "metodología estadístico-probabilística", "costo óptimo de obra civil" y "estudios de mercado" para el período 2013-2023, encontrándose **101** documentos en dicho período. La ilustración 4, refleja el número de documentos elaborados por año y por fuente, encontrando en el año 2013 como el de mayor producción académica por año y por fuente y entre el 2014 y 2023 una baja producción, con cerca de 5 documentos por año a nivel mundial. Estos guarismos alrededor de 2019 no son de sorprender, debido a la pandemia COVID 2019 a nivel mundial y sus repercusiones en el ámbito académico (Tarkar, 2020) e investigativo (Rashid & Yadav, 2020). Los documentos tenidos en cuenta, abordan los riesgos de origen tecnológico en los que se conceptualiza para una adecuada definición, caracterización y reconocimiento de las perspectivas de estudio del riesgo tecnológico (Ramírez, 2009).

Ilustración 4*Análisis cuantitativo (Documentos por año por fuente)*

Documents per year by source

Compare the document counts for up to 10 sources. Compare sources and view CiteScore, SJR, and SNIP data

Scopus



Fuente: <https://www2-scopus-com.ezproxy.unicolmayor.edu.co/term/analyzer.uri>

Análisis cuantitativo (Documentos por afiliación)

En el análisis de documentos por afiliación, como se identifica en la ilustración 5, se encontraron universidades de Alemania, Reino Unido, Dublín y, a partir de la búsqueda en las bases de datos de Scopus sobre "metodología estadístico-probabilística", "costo óptimo de obra civil", "estudios de mercado", se encontraron cerca de 100 documentos de las universidades de Karolinska, Gotenberg, Handelshogskolan y Glasgow, como las más relevantes en el tema.

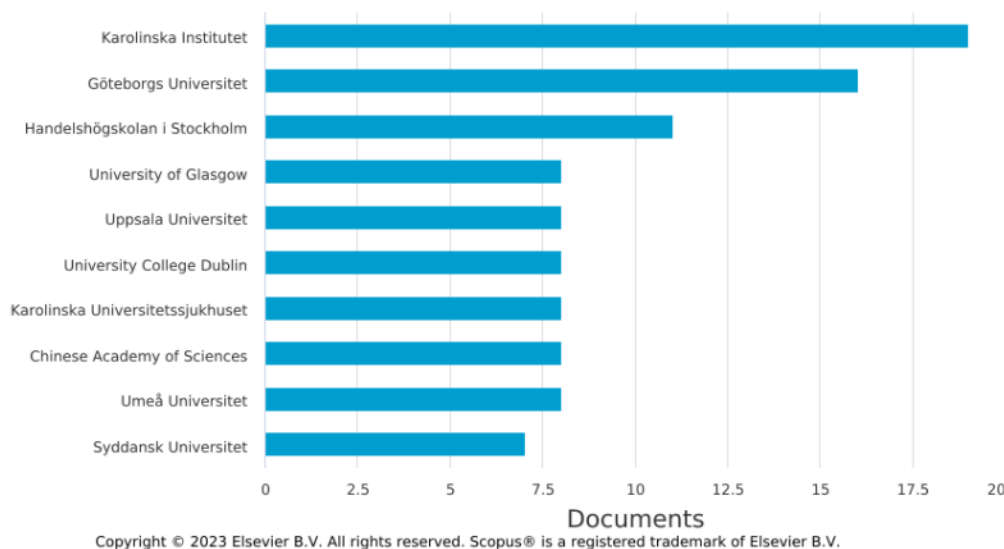
Ilustración 5

Análisis cuantitativo (Documentos por afiliación)

Documents by affiliation

Compare the document counts for up to 15 affiliations.

Scopus



Fuente: <https://www2-scopus-com.ezproxy.unicolmayor.edu.co/term/analyzer.uri>

Análisis cuantitativo (Documentos por área temática)

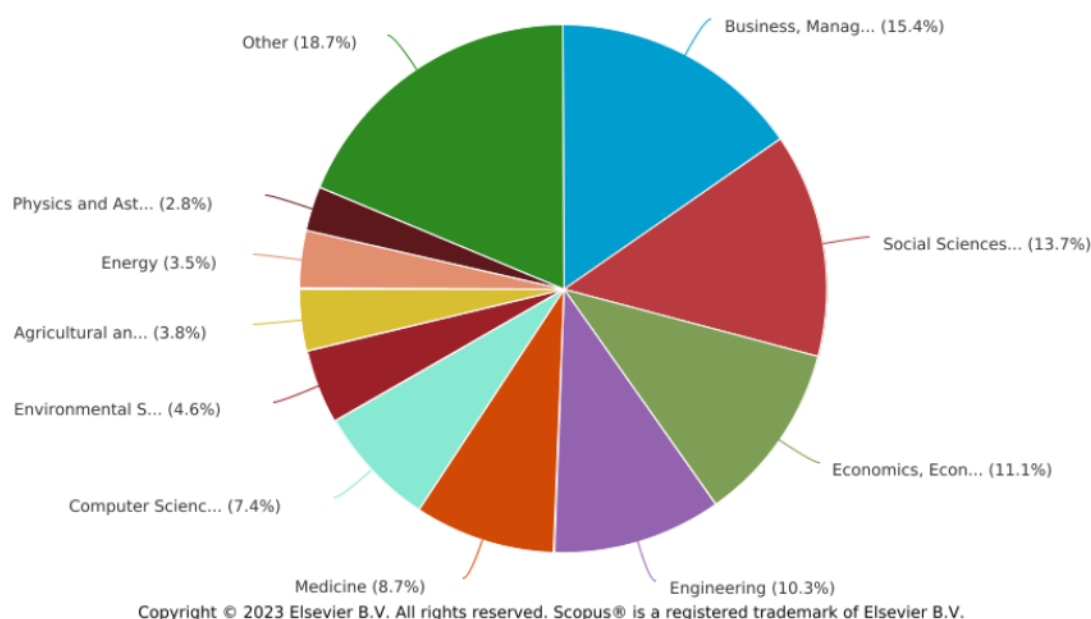
Se efectúa una búsqueda por áreas temáticas, encontrándose que el tema de las "metodología estadístico-probabilística", "costo óptimo de obra civil", "estudios de mercado", ha sido desarrollado principalmente, en las áreas económica, ciencias sociales y negocios y administración, con un porcentaje de 40.2%. Por otra parte, como se muestra en la ilustración 6 el área de ingeniería se encuentra en un 10.3% y en el área de medicina y ciencias de la computación, 16,1%. Esto indica, el bajo interés en el área de las ingenierías, por el desarrollo en dicho tema.

Ilustración 6

Análisis cuantitativo (Documentos por área temática)

Documents by subject area

Scopus



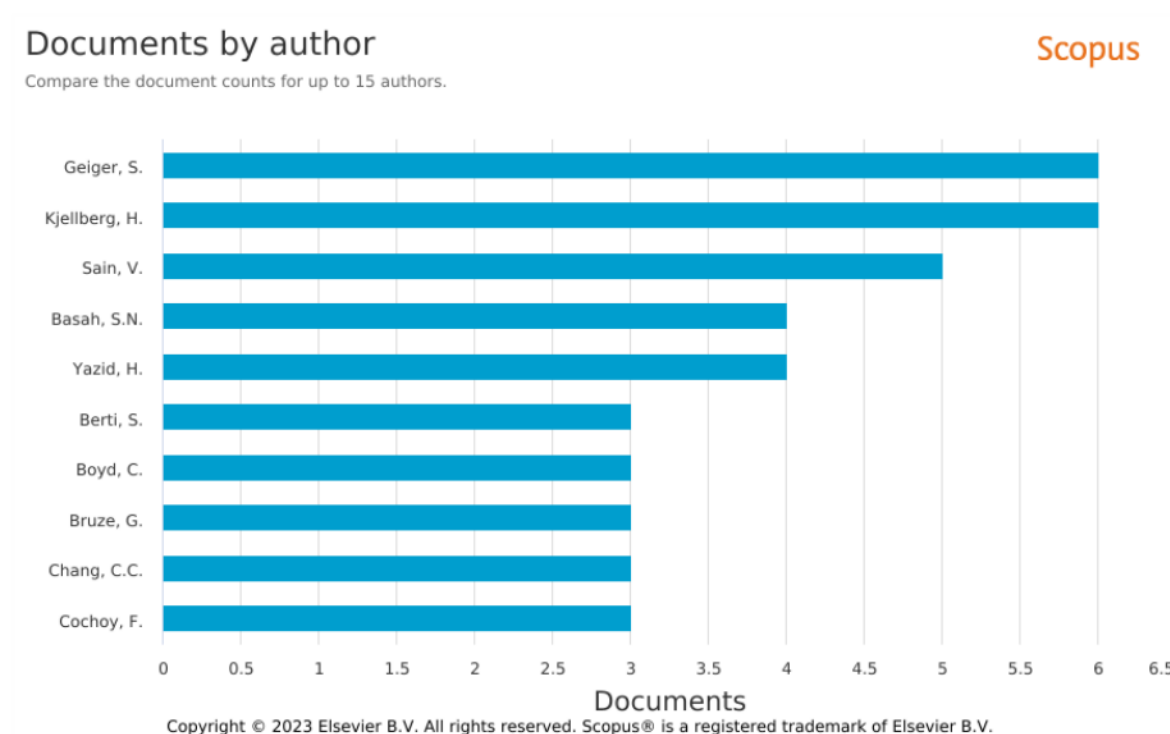
Fuente: <https://www2-scopus-com.ezproxy.unicolmayor.edu.co/term/analyzer.uri>

Análisis cuantitativo (Documentos por autor)

Con respecto a la búsqueda de los autores "metodología estadístico-probabilística", "costo óptimo de obra civil", "estudios de mercado", En la ilustración 7, se destacan 10 autores, como los más referenciados en las bases de datos de Scopus, siendo Geiger, Kjeliberg, Sain, Basah y Yazid, como los autores más citados en el área.

Ilustración 7

Análisis cuantitativo (Documentos por autor)



Fuente: <https://www2-scopus-com.ezproxy.unicolmayor.edu.co/term/analyzer.uri>

Análisis cuantitativo (Documentos por tipo)

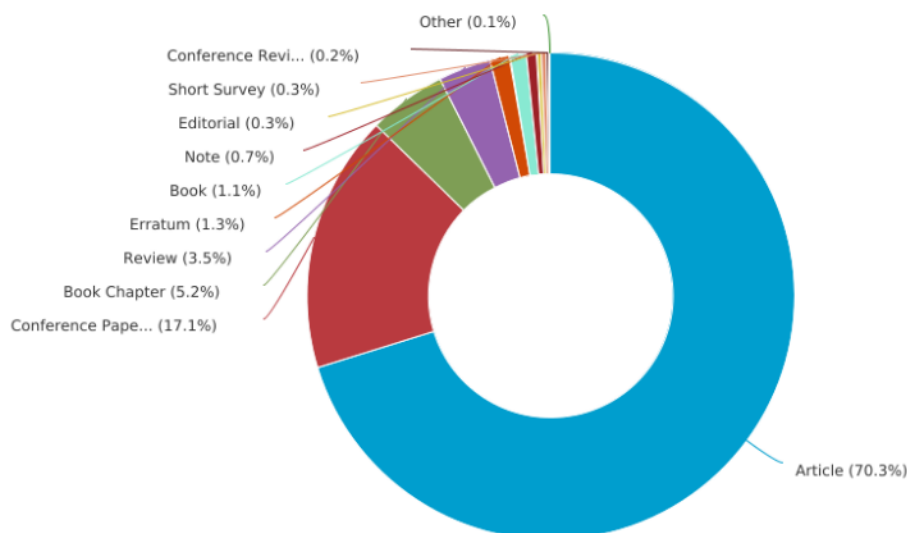
En el análisis de documentos por tipo, en temas de "metodología estadístico-probabilística", "costo óptimo de obra civil", "estudios de mercado, en la ilustración 8, se encuentra que el 70.3% de dichos sponsors, corresponden a artículos y el 27.5% corresponde a papers, conferencias y demás documentos. Sin duda alguna, tal como lo afirman Liebowitz & Megbolugbe (2023), la gestión del conocimiento se ha visto positivamente afectada por la recopilación y difusión de información de calidad, preferentemente en canales de difusión masiva como los papers y journals, hoy día accesibles prácticamente a toda la población mundial.

Ilustración 8

Análisis cuantitativo (Documentos por tipo)

Documents by type

Scopus



Copyright © 2023 Elsevier B.V. All rights reserved. Scopus® is a registered trademark of Elsevier B.V.

Fuente: <https://www2-scopus-com.ezproxy.unicolmayor.edu.co/term/analyzer.uri>

Análisis cuantitativo Documentos por patrocinador de financiación)

En el análisis por patrocinador de financiación, se encuentra que es la National Natural Science posee 20 sponsors, como se muestra en la ilustración 9.

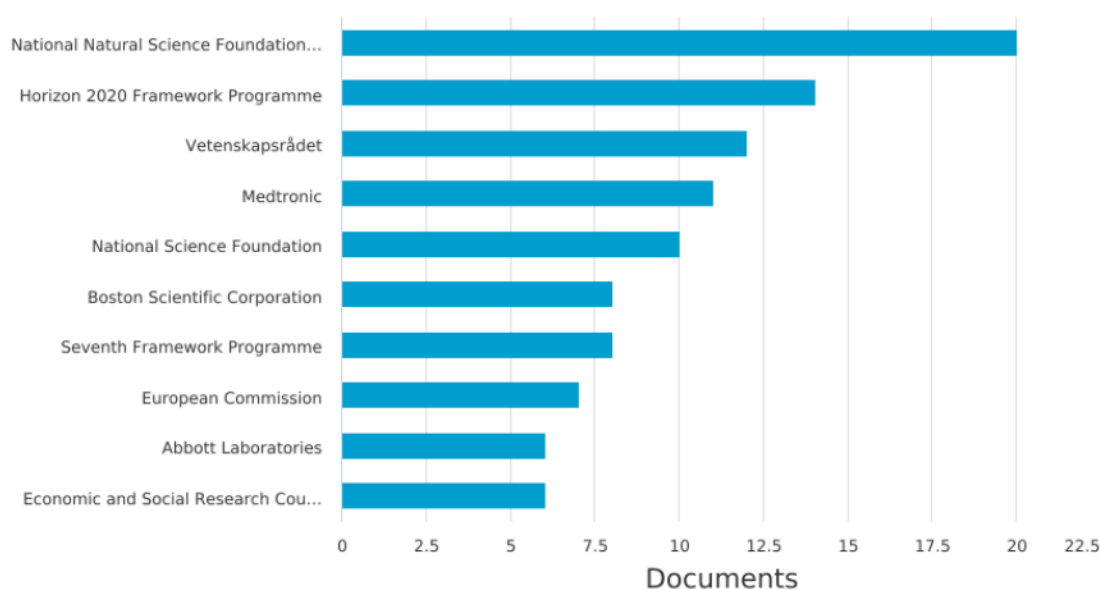
Ilustración 9

Análisis cuantitativo (Documentos por patrocinador financiador)

Documents by funding sponsor

Scopus

Compare the document counts for up to 15 funding sponsors.



Copyright © 2023 Elsevier B.V. All rights reserved. Scopus® is a registered trademark of Elsevier B.V.

Fuente: <https://www2-scopus-com.ezproxy.unicolmayor.edu.co/term/analyzer.uri>

Análisis cuantitativo (Documentos por país y territorio)

En la ilustración 10, se presentan los documentos por país y territorio, siendo Estados Unidos, Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte, Alemania y China, los países con mayor producción literaria en metodologías estadística-probabilística.

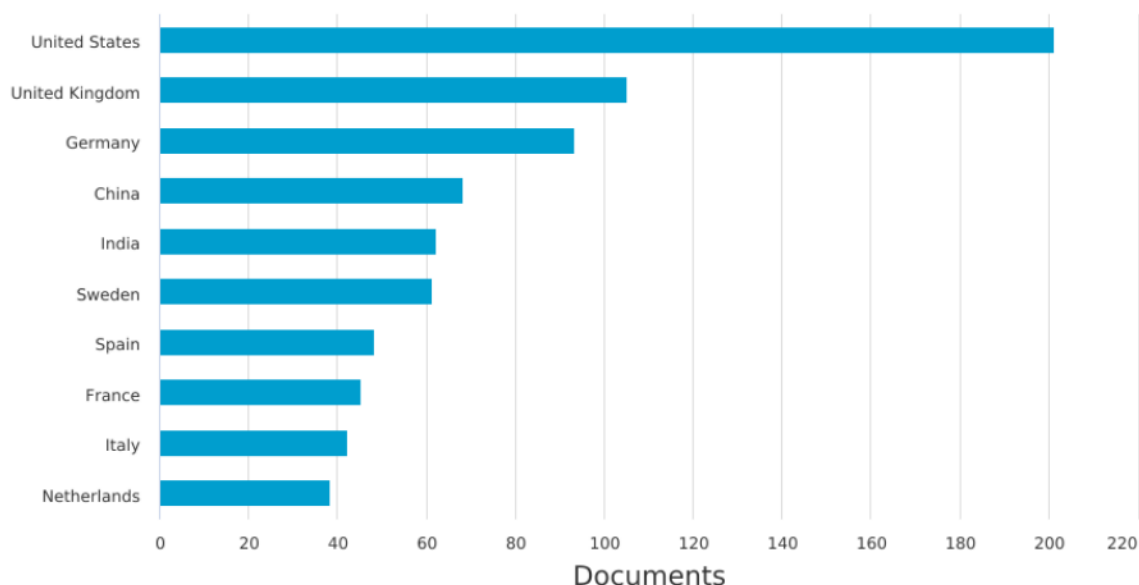
Ilustración 10

Análisis cuantitativo (Documentos por país y territorio)

Documents by country or territory

Scopus

Compare the document counts for up to 15 countries/territories.



Copyright © 2023 Elsevier B.V. All rights reserved. Scopus® is a registered trademark of Elsevier B.V.

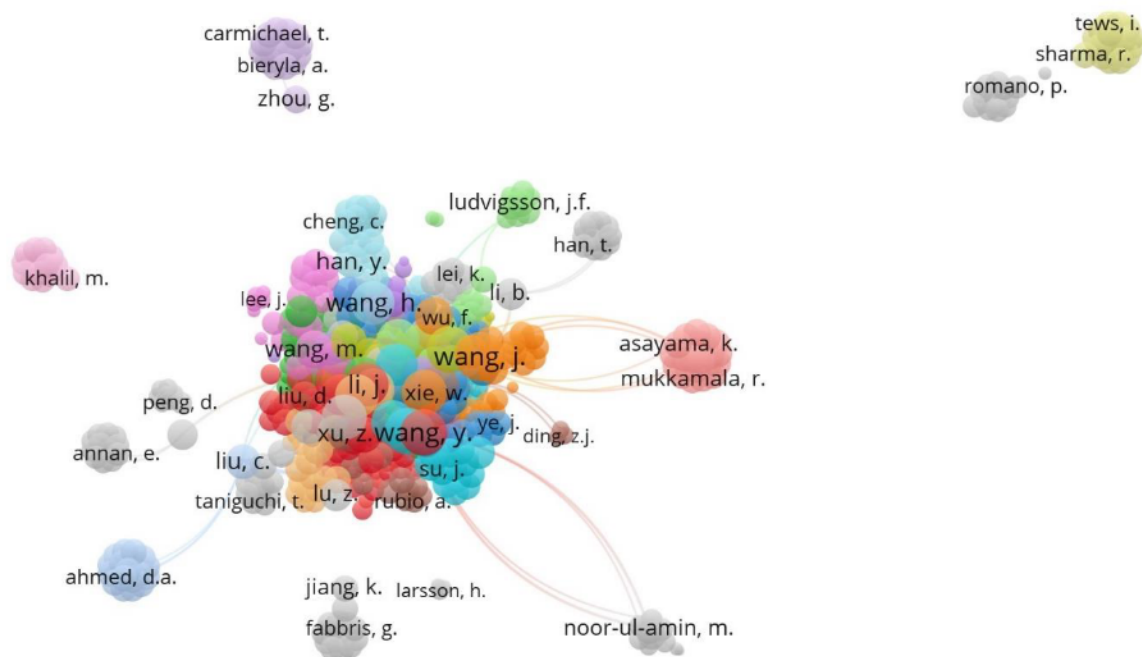
Fuente: <https://www2-scopus-com.ezproxy.unicolmayor.edu.co/term/analyzer.uri>

Análisis mapa Network Visualization

En la ilustración 11, se presentan los documentos por país y autor, siendo Estados Unidos y la República Popular China, los países con mayor cantidad de autores y producción literaria en la determinación de costos de obra civil y estudios de mercado para la determinación de costos en instituciones públicas. Este análisis cobra especial relevancia hoy día puesto que, ante la sobrecarga de información en la web, los investigadores pueden acceder a una representación gráfica versátil y fácil de usar para identificar rápidamente sus intereses académicos (Yang y otros, 2023). La utilización de VOSviewer en la investigación sobre "Integración de una metodología estadístico-probabilística en los estudios de mercado, para la determinación del costo óptimo de obra civil en una institución pública colombiana", tras realizar una búsqueda detallada en Scopus mediante buscadores booleanos, ofrece una perspectiva visual en el análisis bibliométrico. La función de network visualization de VOSviewer posibilita mapear gráficamente las relaciones entre los estudios identificados, permitiendo la identificación de conexiones clave y la comprensión de la estructura subyacente del campo de investigación, a la vez de permitir a los investigadores tener acceso a "herramientas fáciles de usar y escalables, con características de visualización incomparables" (Bukar y otros, 2023)

Ilustración 11

Análisis cuantitativo (Network Visualization)



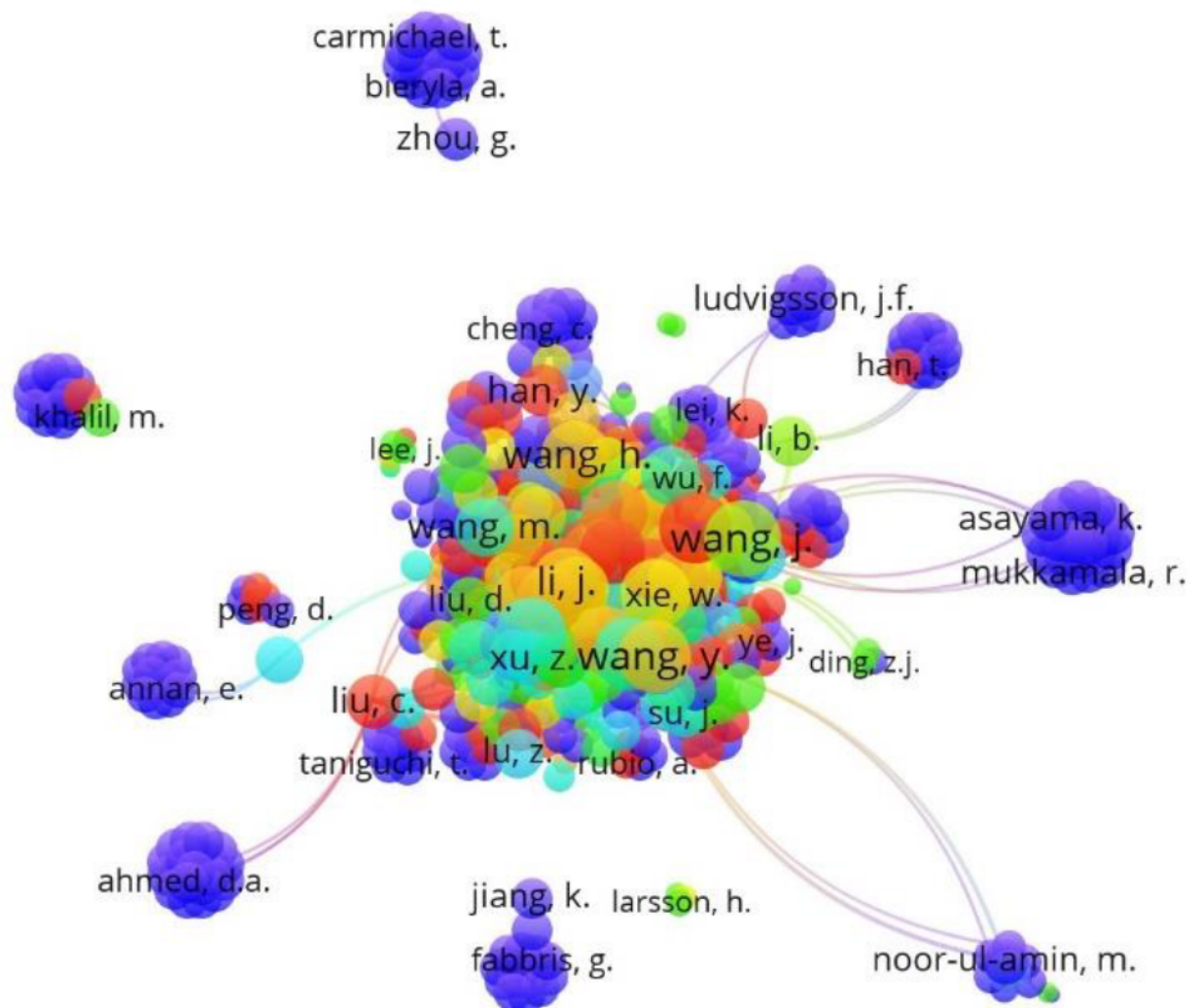
Fuente: <https://www2-scopus-com.ezproxy.unicolmayor.edu.co/term/analyzer.uri>

Análisis mapa Overlay

En la ilustración 12, se puede apreciar que al incorporar la overlay visualization, podemos superponer información adicional, como la autoría, la institución o el año de publicación, lo que facilita el examen detallado de patrones emergentes y la identificación de actores y tendencias relevantes en la literatura científica.

Ilustración 12

Análisis cuantitativo (Overlay)



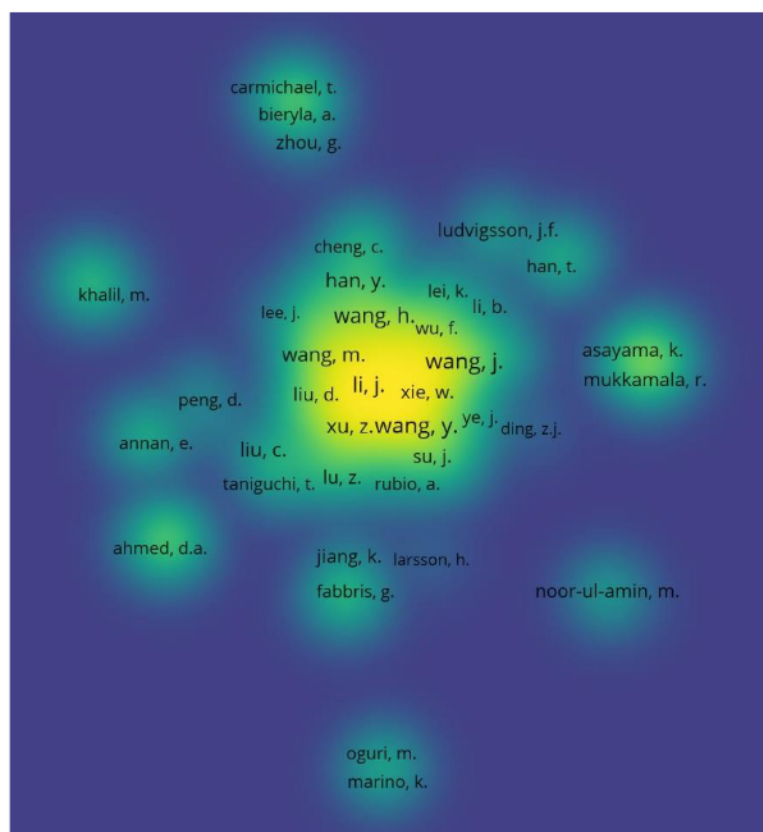
Fuente: <https://www2-scopus-com.ezproxy.unicolmayor.edu.co/term/analyzer.uri>

Análisis mapa Density Visualization

En la ilustración 13, se puede apreciar que al incorporar la density visualization en VOSviewer resalta las áreas más densamente conectadas en la red, ofreciendo una representación gráfica de la concentración temática y orientando la atención hacia los temas más relevantes. Estas funciones combinadas en VOSviewer proporcionan una herramienta integral y detallada para explorar la riqueza de la investigación relacionada con la integración de metodologías estadístico-probabilísticas en estudios de mercado y costos de obras civiles en el contexto específico de instituciones públicas colombianas.

Ilustración 13

Análisis cuantitativo (Density Visualization)



Fuente: <https://www2-scopus-com.ezproxy.unicolmayor.edu.co/term/analyzer.uri>

Una vez efectuado el análisis bibliométrico cuantitativo de los documentos encontrados en las bases de datos de Scopus y reflejado en las nueve ilustraciones, se procederá a efectuar el análisis de las metodologías estadístico-probabilísticas en la estimación de costos.

Autores colombianos han efectuado estudios en los que se involucran las 3 variables de la tesis doctoral, a saber, análisis estadístico-probabilístico, estudio de mercado y determinación de costo óptimo de obra civil:

Tabla 1

Principales aportes en Colombia

Autor	Enfoque por evaluar
(Abdul-Rahman, H., & Wang, 2017)".	“Esta se refiere a la incorporación y aplicación de enfoques y técnicas estadísticas y probabilísticas en la investigación de mercados relacionados con proyectos de construcción de obras civiles en el contexto colombiano. El objetivo es utilizar métodos estadísticos y probabilísticos para analizar datos, evaluar riesgos, y tomar decisiones informadas sobre la planificación y el costo óptimo de proyectos de obra civil en el país (Abdul-Rahman, H., & Wang, 2017)".
(Ashuri, 2016).	“El análisis de riesgo en este contexto implica la evaluación sistemática de las incertidumbres asociadas con

los proyectos de construcción de obras civiles en instituciones públicas de Colombia.

Se utiliza para identificar, cuantificar y gestionar los riesgos financieros y operativos relacionados con los costos de construcción, esto permite tomar decisiones más fundamentadas y desarrollar estrategias de mitigación de riesgos para garantizar la ejecución exitosa de los proyectos (Ashuri, 2016).

(Kerzner, 2017).

“Estas metodologías se refieren a los enfoques, técnicas y herramientas estadísticas utilizadas en la investigación de mercado llevada a cabo en el ámbito de instituciones públicas en Colombia.

Esto incluye la recopilación, análisis y presentación de datos para comprender mejor las necesidades, preferencias y comportamientos de los ciudadanos o usuarios, y así poder tomar decisiones eficaces en la gestión de servicios públicos o proyectos gubernamentales (Kerzner, 2017).

Fuente. *Elaboración propia. Principales aportes en Colombia*

Conclusiones

La investigación ha delineado un enfoque innovador y necesario para mejorar la eficiencia en la gestión de proyectos de obra civil pública en Colombia. Al superar las limitaciones inherentes al análisis estadístico convencional, el uso del Método de Monte Carlo respaldado por el marco normativo de contratación pública ha demostrado ser una alternativa robusta y eficaz. La capacidad de modelar un conjunto más amplio de ofertas y establecer una distribución uniforme de los datos ha permitido mitigar los sesgos causados por valores extremos, resultando en presupuestos finales más realistas y optimizados.

La implementación de la herramienta desarrollada en MS Excel ofrece a las entidades interesadas una solución práctica y accesible. La rutina de cálculos proporciona una estimación porcentual de posibles sobrecostos para cada ítem evaluado, empoderando a los responsables de la toma de decisiones con información precisa y detallada. Este enfoque estadístico-probabilístico no solo contribuye a la transparencia en los procesos de contratación pública, sino que también promueve una asignación más eficiente de recursos, fomentando el desarrollo sostenible y la ejecución exitosa de proyectos de infraestructura. En última instancia, este estudio ofrece una valiosa contribución al campo, proporcionando una herramienta práctica y una metodología innovadora para la gestión de costos en proyectos de construcción pública en Colombia.

Referencias bibliográficas

- Abdul-Rahman, H., & Wang, C. (2017). Monte Carlo simulation and risk assessment in construction projects. In *Risk Management in Engineering Projects* (pp. 131-154). Springer.
- Ashuri, B., Tavakolan, M., & Baroudi, B. (2016). A survey of building information modeling and geographic information system workflows in facility management. *Automation in Construction*, 63, 1-13.
- Prieto Baldovino, F., Pérez Vásquez, M., & Escorcía Muñoz, M. (2021). La importancia del proceso de selección de personal en el desarrollo de las políticas de gestión del talento humano en las PYMES colombianas. *Conocimiento Global*, 6(S1), 48-60. Recuperado a partir de <https://conocimientoglobal.org/revista/index.php/cglobal/article/view/129>

- Bukar, U., Sayeed, M., Razak, S., Yogarayan, S., Amodu, O., & Mamood, R. (2023). A method for analyzing text using VOSviewer. *MethodsX*, 11, 102339.
- Chapman, C. B., & Ward, S. (2011). How to manage project opportunity and risk: Why uncertainty management can be a much better approach than risk management. Wiley.
- Enríquez Yépez, . S. & López Paredes, H. . (2020). Análisis de las prácticas de salario emocional que fidelizan al personal, caso: empresa de servicio de la ciudad de Quito. *Aglala*, 11(2), 39–51. Recuperado a partir de <https://revistas.curn.edu.co/index.php/aglala/article/view/1694> (9)
- Gallego, J., Rivero, G., & Martínez, J. (2021). Preventing rather than punishing: An early warning model of malfeasance in public procurement. *International Journal of Forecasting*, 37(1), 360-377.
- Harrington, H. J. (2005). Monte Carlo Simulation: The Ultimate Tool for Risk Analysis and Decision Making. *Defense AT&L Magazine*, 34(4), 29-32.
- Kar, A. K., Angelopoulos, S., & Rao, H. R. (2023). Big data-driven theory building: Philosophies, guiding principles, and common traps. *International Journal of Information Management* (102661).
- Kerzner, H. (2017). Project management: A systems approach to planning, scheduling, and controlling. Wiley.
- Liebowitz, J., & Megbolugbe, I. (2003). A set of frameworks to aid the project manager in conceptualizing and implementing knowledge management initiatives. *international Journal of project management*, 21(3), 189-198.
- Limachi, O. M. R. (2019). Análisis de riesgo mediante el método de simulación de Montecarlo aplicado a la inversión pública en el sector educativo peruano: el caso del departamento de Puno. *Praxis*, 15(2), 163-176.
- Moncada, S. G. (2014). Cómo realizar una búsqueda de información eficiente. Foco en estudiantes, profesores e investigadores en el área educativa. *Investigación en educación médica*, 3(10), 106-115.
- Montgomery, D. C., Runger, G. C., & Medal, E. G. U. (1996). *Probabilidad y estadística aplicadas a la ingeniería* (Vol. 1). Mexico DF, Mexico: McGraw-Hill.
- Pennycook, G., & Rand, D. (2019). Fighting misinformation on social media using crowdsourced judgments of news source quality. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116(7), 2521-2526.
- Quintero, N. C., & Pinilla, G. S. (2016). Some reflections about leading large classes. *Revista Ingeniería, Matemáticas y Ciencias de la Información*, 3(6).
- Ramírez, O. J. (2009). Riesgos de origen tecnológico: apuntes conceptuales para una definición, caracterización y reconocimiento de las perspectivas de estudio del riesgo tecnológico. *Luna azul*, (29), 82-94.
- Rashid, S., & Yadav, S. (2020). Impact of Covid-19 pandemic on higher education and research. *Indian Journal of Human Development*, 14(2), 340-343.
- Sears, G. A., & Clough, R. H. (2000). Construction project planning and scheduling. McGraw-Hill.
- Tarkar, P. (2020). Impact of COVID-19 pandemic on education system. *International Journal of Advanced Science and Technology*, 29(9), 3812-3814.
- Tavakolan, M., & Javernick-Will, A. (2015). Dynamic scheduling of construction projects using risk assessment and simulation. *Journal of Construction Engineering and Management*, 141(7), 04015001.
- Yang, C. C., Chen, H., & Hong, K. (2023). Visualization of large category map for Internet browsing. *Decision support systems*, 35(1), 89-102.