

Algoritmos de la Computación Cuántica: Aplicaciones en el Desarrollo de Software dentro de la Ingeniería de Sistemas

Quantum Computing Algorithms: Applications in Software Development within Systems Engineering

Sanchez Huicho Alejandra Verioska

Facultad de Ingenieria y Arquitectura

Escuela Profesional de Ingenieria de Sistemas

Universidad Andina del Cusco, Perú

023200604a@uandina.edu.pe

<https://orcid.org/0009-0008-6549-9013>

Rolando Lozano Cusi

Facultad de Ciencias y Humanidades

Departamento Académico de Matemática, Física, Química y Estadística

Universidad Andina del Cusco, Perú

rlozano@uandina.edu.pe

<https://orcid.org/0000-0001-7619-2107>

Resumen

La computación cuántica abre nuevas posibilidades para el desarrollo de software, especialmente en tareas que requieren altos niveles de seguridad, optimización y capacidad de cómputo. Los fundamentos cuánticos, como la superposición y el entrelazamiento, permiten diseñar algoritmos con ventajas significativas sobre los modelos tradicionales

(Chuang, 2010) Los avances recientes demuestran que la computación cuántica altera la forma en que se abordan problemas de factorizar números grandes y realizar búsquedas eficientes (Preskill, 2018)

El objetivo del artículo es revisar los principales algoritmos cuánticos y analizar sus aplicaciones reales y potenciales dentro del desarrollo de software en la Ingeniería de Sistemas, considerando el impacto en seguridad, optimización, machine learning cuántico y diseño de arquitecturas híbridas (Preskill, 2018)

Palabras clave: computación cuántica, desarrollo de software, algoritmos cuánticos, ciberseguridad cuántica, ingeniería de sistemas.

Abstract

Quantum computing opens new possibilities for software development, especially in tasks that require high levels of security, optimization, and computational capacity. Quantum fundamentals such as superposition and entanglement make it possible to design algorithms with significant advantages over traditional models (Chuang, 2010). Recent advances show that quantum computing is transforming how problems such as large-number factorization and efficient search are addressed (Preskill, 2018)

The aim of this article is to review the main quantum algorithms and analyze their real and potential applications within software development in Systems Engineering, considering their impact on security, optimization, quantum machine learning, and the design of hybrid architectures (Preskill, 2018)

Keywords: quantum computing, software development, quantum algorithms, quantum cybersecurity, systems engineering.

Introducción

Gracias a principios como la superposición y el entrelazamiento, que posibilitan reconsiderar la elaboración de algoritmos y estructuras de software, la computación cuántica se ha vuelto un motor transformador para el desarrollo del software en la ingeniería de sistemas. Como explica (Chuang, 2010), estos principios brindan habilidades superiores a las de la computación clásica, ya que los qubits posibilitan gestionar varios estados a la vez, lo que permite nuevos modelos de optimización y programación dentro del software.

A pesar de su potencial, hay un problema fundamental: las metodologías, los lenguajes y los marcos actuales no están listos para fusionar modelos cuánticos ni para trabajar sobre hardware ruidoso de la época NISQ. (Preskill, 2018) señala que la inestabilidad de los qubits, el ruido y las restricciones de corrección de errores afectan directamente la creación de software que requiera operaciones cuánticas reales, lo cual plantea dificultades en términos de compilación, pruebas y despliegue.

La presión para adaptarse se incrementa desde los últimos avances en experimentación. Demostró la supremacía cuántica utilizando un procesador superconductor programable (Frank Arute, 2019), lo que mostró que algunos problemas tienen solución de manera exponencialmente más veloz que en sistemas clásicos. Los ingenieros de software tienen que tomar en cuenta arquitecturas híbridas y algoritmos creados específicamente para aprovechar las ventajas cuánticas en trabajos particulares, de acuerdo con este resultado.

Otra vía de impacto es el aprendizaje automático cuántico. (Jacob Biamonte, 2017) indica que los modelos cuánticos posibilitan el manejo de estructuras matemáticas complejas que van más allá de los sistemas clásicos; por su parte, (Killoran, 2019) describe que las funciones con cualidades cuánticas generan espacios de Hilbert, lo que brinda nuevas

oportunidades para crear software inteligente. Esto exige una reconsideración del diseño de las bibliotecas, los entornos de entrenamiento y los pipelines de datos.

La seguridad informática es uno de los retos más difíciles. La necesidad de cambiar por completo las bases del software seguro surge de la vulnerabilidad que los algoritmos criptográficos tradicionales tendrán frente a dispositivos cuánticos escalables en el futuro. (Gangopadhyay, 2025) recalca la necesidad de que las bibliotecas de criptografía se desplacen hacia algoritmos post-cuánticos con el fin de salvaguardar la autenticidad y la integridad de los sistemas.

Los aspectos éticos, además, se hacen imprescindibles. (Possati, 2023) señala que la computación cuántica representa riesgos en relación con la privacidad de los datos, la transparencia algorítmica y la autonomía digital; esto exige nuevas regulaciones y directrices éticas para el desarrollo de software, que son una parte esencial del diseño de sistemas.

Para llevar a cabo esta revisión, se utilizó una metodología que consiste en el análisis sistemático de literatura científica reciente. Se eligieron estudios fundamentales sobre: fundamentos cuánticos (Chuang, 2010) era NISQ (Preskill, 2018), supremacía cuántica (Frank Arute, 2019), aprendizaje automático cuántico (Jacob Biamonte, 2017); (Killoran, 2019), criptografía poscuántica (Gangopadhyay, 2025), algoritmos para computación científica (R Au-Yeung, 2024) y perspectivas éticas (Possati, 2023). La revisión muestra que la computación cuántica transformará el proceso de desarrollo de software de manera sustancial, demandando nuevas herramientas, lenguajes, arquitecturas y marcos éticos en el ámbito de la ingeniería de sistemas.

2. Metodología

Esta investigación se llevó a cabo con el enfoque de un artículo de revisión, aplicando un método sistemático que incluía la búsqueda, selección y análisis crítico de literatura científica exclusivamente vinculada al uso de la computación cuántica en el desarrollo de software en el campo de la ingeniería de sistemas. Las palabras clave, como "computación cuántica", "algoritmos cuánticos", "desarrollo de software cuántico", "criptografía postcuántica" y "aprendizaje automático cuántico", se eligieron basándose en los principios acerca del funcionamiento y la estructura de la computación cuántica que (Chuang, 2010) presentó.

Se llevó a cabo la búsqueda bibliográfica en bases de datos académicas bien conocidas como SpringerLink, IEEE Xplore, Nature, ACM Digital Library y arXiv. Los criterios de inclusión para la selección se basaron en el rigor metodológico, la vigencia entre 2010 y 2025, la relevancia temática y el aporte directo al estudio del desarrollo de software cuántico. Se incorporaron las investigaciones seminales, como la evaluación del hardware NISQ de (Preskill, 2018) debido a su importancia conceptual en el diseño de software cuántico. Asimismo, se tuvieron en cuenta investigaciones experimentales, como la de (Frank Arute, 2019) acerca de supremacía cuántica, por su influencia en la demanda de nuevas estructuras híbridas.

La información recolectada fue clasificada en tres categorías de análisis. La primera abarcó los principios teóricos de la computación cuántica que se pueden aplicar al desarrollo de software, basándose en autores como (Chuang, 2010). La segunda categoría fue compuesta por algoritmos cuánticos que tienen una importancia directa en inteligencia artificial, optimización y seguridad, haciendo uso de contribuciones como las de (Jacob Biamonte,

2017) y (Killoran, 2019). La tercera categoría incluyó aplicaciones actuales en criptografía postcuántica, basándose en investigaciones recientes como la de (Gangopadhyay, 2025) y enfoques éticos vinculados con el desarrollo de software cuántico, fundamentados en (Possati, 2023).

El procedimiento de análisis incluyó una lectura crítica en la que se contrastaron las metodologías, los alcances y las restricciones de cada investigación, además de su conexión con cuestiones contemporáneas del desarrollo de software. Debido a su impacto en el desarrollo de librerías cuánticas y entornos avanzados de programación, se incorporaron también referencias relacionadas con la utilización de algoritmos cuánticos en el cómputo científico, como la investigación (R Au-Yeung, 2024). Desde la perspectiva cuántica, esta revisión posibilitó resumir las oportunidades, desafíos y tendencias que constituyen el estado del arte en el desarrollo de software.

La metodología utilizada, al final, facilitó el desarrollo de una perspectiva integral, organizada y crítica de la literatura. Esto contribuyó a un análisis contemporáneo sobre la manera en que la computación cuántica está modificando los procesos, las herramientas y los principios básicos del desarrollo de sistemas y software.

3. Resultados de la Revisión

El estudio de la literatura posibilitó reconocer que los principios cuánticos planteados por (Chuang, 2010) forman el cimiento para crear nuevos modelos de programación que incorporan entrelazamiento y superposición en la lógica del software. Estos principios producen una transformación conceptual significativa en la ingeniería de sistemas, en la que el software no se edifica solamente sobre estados binarios estables, sino también sobre

probabilidades cuánticas controladas.

Los estudios experimentales de (Frank Arute, 2019) indican que la computación cuántica tiene la capacidad de sobrepassar a los sistemas clásicos en tareas extremadamente complejas. Esto brinda la oportunidad de crear herramientas informáticas especializadas que deleguen cálculos fundamentales a procesadores cuánticos. Esta prueba reafirma la urgencia de arquitecturas híbridas en las que los programadores unan algoritmos tradicionales con subrutinas cuánticas.

De igual manera, los desarrollos en aprendizaje automático cuántico que (Jacob Biamonte, 2017) y (Killoran, 2019) han demostrado indican que los modelos cuánticos tienen la capacidad de representar espacios matemáticos más grandes que los modelos tradicionales. Esto genera un avance notable en lo que al análisis de software inteligente se refiere. Esta tendencia señala que la inteligencia artificial cuántica será uno de los campos con más incidencia en la ingeniería del software.

Dentro del campo de la seguridad, el análisis de (Gangopadhyay, 2025) muestra que los sistemas criptográficos modernos fundamentados en ECC y RSA estarán expuestos a dispositivos cuánticos escalables. Esto exige una reingeniería completa de protocolos, librerías criptográficas y marcos de software seguro. Por último, el estudio ético realizado por (Possati, 2023) muestra que la computación cuántica tendrá un impacto significativo en las áreas de privacidad, auditoría y responsabilidad digital, temas que deben incorporarse al ciclo de vida del software.

4. Discusión

Los resultados muestran que la computación cuántica no solo representa un avance tecnológico, sino una transformación completa en la forma en que se diseña y ejecuta el software dentro de la ingeniería de sistemas. Sin embargo, (Preskill, 2018) advierte que la era NISQ todavía presenta altos niveles de ruido y baja estabilidad en los qubits, lo que limita la implementación práctica de algoritmos cuánticos avanzados. Esto genera un desafío para los desarrolladores, quienes deben crear software capaz de operar sobre hardware imperfecto y en constante evolución.

Por otro lado, la necesidad de migrar hacia criptografía post-cuántica implica reformas profundas en el desarrollo seguro, ya que las bibliotecas, protocolos y sistemas deben ser rediseñados desde la base. (Gangopadhyay, 2025) señala que esta adaptación no es opcional, y que la transición debe iniciarse antes de que existan computadoras cuánticas totalmente escalables, lo que coloca presión sobre la comunidad de ingenieros de software.

Además, los avances en inteligencia artificial cuántica presentan tanto oportunidades como desafíos. Si bien (Jacob Biamonte, 2017) y (Killoran, 2019) demuestran el potencial matemático superior de estos modelos, su integración en entornos reales requiere nuevos lenguajes, compiladores, IDE especializados y frameworks híbridos, lo que implica una curva de aprendizaje elevada para los desarrolladores.

Finalmente, la dimensión ética propuesta por (Possati, 2023) introduce la necesidad de evaluar el impacto social del software cuántico. Esto abarca preocupaciones sobre vigilancia, toma de decisiones automatizadas y acceso desigual a tecnologías avanzadas, las cuales deben considerarse como parte del diseño responsable dentro de la ingeniería de software.

Conclusiones

La revisión realizada demuestra que la computación cuántica representa un cambio paradigmático en el desarrollo de software dentro de la ingeniería de sistemas, afectando áreas como seguridad, optimización, simulación e inteligencia artificial. Los fundamentos teóricos establecidos por (Chuang, 2010) y los experimentos recientes de (Frank Arute, 2019) confirman que el software deberá adaptarse para aprovechar las nuevas capacidades cuánticas.

A nivel de seguridad, la evidencia presentada por (Gangopadhyay, 2025) muestra que es indispensable migrar hacia criptografía post-cuántica, lo que obliga a rediseñar la arquitectura de sistemas y las librerías utilizadas actualmente. Del mismo modo, los aportes de (Jacob Biamonte, 2017) y (Killoran, 2019) señalan que el machine learning cuántico transformará las herramientas de desarrollo orientadas a análisis avanzado de datos.

No obstante, la transición hacia el software cuántico debe enfrentar los desafíos señalados por (Preskill, 2018) quien resalta las limitaciones del hardware NISQ. Esto implica que la formación profesional en ingeniería de software debe incorporar competencias cuánticas, así como un marco ético sólido fundamentado en perspectivas como las propuestas por (Possati, 2023).

En conjunto, los hallazgos muestran que el desarrollo de software cuántico no es un reemplazo inmediato del software clásico, sino una evolución progresiva que demandará nuevos lenguajes, metodologías, arquitecturas híbridas y estándares éticos para su integración plena en la ingeniería de sistemas.

Referencias

- Chuang, M. A. (2010). *Quantum Computation and Quantum Information: 10th*. Cambridge University Press.
- Frank Arute, K. A. (23 de octubre de 2019). Quantum supremacy using a programmable superconducting processor. *nature*, 505-510. Obtenido de <https://www.nature.com/articles/s41586-019-1666-5>
- Gangopadhyay, N. A. (2025). A Survey of Post-Quantum Cryptography Support in Cryptographic Libraries. *ArXiv*, 12 -14.
- Jacob Biamonte, P. W. (2017). Quantum machine learning. *nature*, 105-202.
- Killoran, M. S. (2019). Quantum Machine Learning in Feature Hilbert Spaces. *APS*, 122.
- Possati, L. M. (2023). Ethics of Quantum Computing: an Outline. *Springer Nature Link*, 36,48.
- Preskill, J. (2018). Quantum Computing in the NISQ era and beyond. *Quantum*, 75.
- R Au-Yeung, □. B. (29 de Octubre de 2024). *Reports on Progress in Physics*. Obtenido de IOPscience: https://www.researchgate.net/journal/Reports-on-Progress-in-Physics-1361-6633/publication/384852827_Quantum_algorithms_for_scientific_computing/links/6721ba28db208342dedb9e9b/Quantum-algorithms-for-scientific-computing.pdf?origin=journalDetail#:~:text=2.-