

REVISTA MULTIDISCIPLINAR EPISTEMOLOGÍA DE LAS CIENCIAS

Volumen 3, Número 1
Enero-Marzo 2026

Edición Trimestral

CROSSREF PREFIX DOI: 10.71112

ISSN: 3061-7812, www.omniscens.com

Revista Multidisciplinar Epistemología de las Ciencias

Volumen 3, Número 1
enero-marzo 2026

Publicación trimestral
Hecho en México

La Revista Multidisciplinar Epistemología de las Ciencias acepta publicaciones de cualquier área del conocimiento, promoviendo una plataforma inclusiva para la discusión y análisis de los fundamentos epistemológicos en diversas disciplinas. La revista invita a investigadores y profesionales de campos como las ciencias naturales, sociales, humanísticas, tecnológicas y de la salud, entre otros, a contribuir con artículos originales, revisiones, estudios de caso y ensayos teóricos. Con su enfoque multidisciplinario, busca fomentar el diálogo y la reflexión sobre las metodologías, teorías y prácticas que sustentan el avance del conocimiento científico en todas las áreas.

Contacto principal: admin@omniscens.com

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación

Se autoriza la reproducción total o parcial del contenido de la publicación sin previa autorización de la Revista Multidisciplinar Epistemología de las Ciencias siempre y cuando se cite la fuente completa y su dirección electrónica.

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



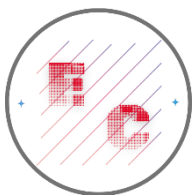
Copyright © 2026: Los autores



9773061781003

Cintillo legal

Revista Multidisciplinar Epistemología de las Ciencias Vol. 3, Núm. 1, enero-marzo 2026, es una publicación trimestral editada por el Dr. Moises Ake Uc, C. 51 #221 x 16B , Las Brisas, Mérida, Yucatán, México, C.P. 97144 , Tel. 9993556027, Web: <https://www.omniscens.com>, admin@omniscens.com, Editor responsable: Dr. Moises Ake Uc. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2024-121717181700-102, ISSN: 3061-7812, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor (INDAUTOR). Responsable de la última actualización de este número, Dr. Moises Ake Uc, fecha de última modificación, 1 enero 2026.



Revista Multidisciplinar Epistemología de las Ciencias

Volumen 3, Número 1, 2026, enero-marzo

DOI: <https://doi.org/10.71112/526zdw76>

**LA INFLUENCIA DE LA MECÁNICA CUÁNTICA EN LA FÍSICA Y TECNOLOGÍA DE
LOS SEMICONDUCTORES: FUNDAMENTOS, APLICACIONES Y PERSPECTIVAS**

**THE INFLUENCE OF QUANTUM MECHANICS ON SEMICONDUCTOR PHYSICS
AND TECHNOLOGY: FUNDAMENTALS, APPLICATIONS, AND PERSPECTIVES**

Baldo Alberto Luigi Dalporto

República Dominicana

La influencia de la mecánica cuántica en la física y tecnología de los semiconductores: fundamentos, aplicaciones y perspectivas

The influence of quantum mechanics on semiconductor physics and technology: fundamentals, applications, and perspectives

Baldo Alberto Luigi Dalporto

baldo.dalporto@intec.edu.do

<https://orcid.org/0009-0008-8719-1562>

Universidad INTEC

República Dominicana

RESUMEN

La mecánica cuántica constituye el pilar fundamental de la física moderna de los semiconductores. Desde la descripción del electrón como entidad de naturaleza onda-partícula hasta la comprensión de la estructura de bandas de energía, los efectos de túnel y el confinamiento cuántico, los principios de funcionamiento de los dispositivos electrónicos contemporáneos —transistores, diodos, láseres, detectores y circuitos integrados— derivan directamente de leyes cuánticas. El presente trabajo analiza de manera rigurosa la relación entre la teoría cuántica y la física de los semiconductores, abordando los fundamentos teóricos, los modelos matemáticos, las aplicaciones tecnológicas y las perspectivas futuras de la microelectrónica y la nanotecnología. Se integran ecuaciones fundamentales, resultados experimentales y proyecciones tecnológicas con un enfoque académico y científico, destacando el papel central de la mecánica cuántica en la evolución y los límites físicos de los dispositivos semiconductores actuales y emergentes.

Palabras clave: mecánica cuántica en semiconductores; estructura de bandas electrónicas; transporte cuántico y efecto túnel; dispositivos semiconductores a nanoescala; espintrónica e información cuántica

ABSTRACT

Quantum mechanics constitutes the cornerstone of modern semiconductor physics. From the description of the electron as an entity of wave-particle nature to the understanding of energy band structure, tunneling effects, and quantum confinement, the operating principles of contemporary electronic devices transistors, diodes, lasers, detectors, and integrated circuits derive directly from quantum laws. This paper rigorously analyzes the relationship between quantum theory and semiconductor physics, addressing theoretical foundations, mathematical models, technological applications, and future perspectives in microelectronics and nanotechnology. Fundamental equations, experimental results, and technological projections are integrated within a scientific framework, highlighting the pivotal role of quantum mechanics in the evolution and physical limits of current and emerging semiconductor devices.

Keywords: quantum mechanics in semiconductors; electronic band structure; quantum transport and tunneling; nanoscale semiconductor devices; spintronics and quantum information

Recibido: 29 diciembre 2025 | Aceptado: 14 enero 2026 | Publicado: 15 enero 2026

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de la electrónica moderna no puede comprenderse sin la aplicación sistemática de la mecánica cuántica. Aunque la física clásica describe con precisión numerosos fenómenos macroscópicos, resulta insuficiente para explicar las propiedades electrónicas de

los sólidos y el comportamiento de los portadores de carga en estructuras microscópicas y nanométricas.

La mecánica cuántica surge como la herramienta esencial para describir la estructura electrónica de los materiales, la formación de bandas de energía, la conducción eléctrica y los procesos de emisión y absorción de radiación. En los dispositivos actuales, cada transistor opera en un régimen dominado por efectos cuánticos, tales como el efecto túnel, la cuantización de niveles de energía y la dispersión electrónica. En consecuencia, el dominio de los fundamentos cuánticos es indispensable para el diseño de la próxima generación de dispositivos electrónicos, fotónicos y cuánticos.

2. Fundamentos de la mecánica cuántica aplicada a los sólidos

2.1. El electrón como partícula-onda

La hipótesis de De Broglie establece que toda partícula con momento lineal p posee una longitud de onda asociada, dada por

$$\lambda = \frac{h}{p},$$

donde h es la constante de Planck. Esta dualidad explica que los electrones en un cristal no se comporten como partículas libres, sino como ondas estacionarias que se propagan en un potencial periódico generado por los iones del retículo cristalino.

2.2. La ecuación de Schrödinger en un potencial periódico

El comportamiento cuántico de los electrones en un sólido se describe mediante la ecuación de Schrödinger independiente del tiempo:

$$-\frac{\hbar^2}{2m}\nabla^2\psi(\mathbf{r}) + V(\mathbf{r})\psi(\mathbf{r}) = E\psi(\mathbf{r}),$$

donde $V(\mathbf{r})$ representa el potencial periódico del cristal. El teorema de Bloch demuestra que las soluciones adoptan la forma

$$\psi_{n\mathbf{k}}(\mathbf{r}) = e^{i\mathbf{k}\cdot\mathbf{r}} u_{n\mathbf{k}}(\mathbf{r}),$$

lo que conduce a la formación de bandas de energía y brechas prohibidas que definen el carácter conductor, semiconductor o aislante de un material.

3. Teoría cuántica de bandas y propiedades electrónicas

3.1. Formación de bandas y brecha energética

En un sólido cristalino, los orbitales atómicos se combinan para formar bandas continuas de energía. La energía prohibida o *band gap* E_g distingue materiales conductores, semiconductores y aislantes. Por ejemplo, E_g es aproximadamente 1.12 eV para el silicio, 0.66 eV para el germanio y 1.42 eV para el arseniuro de galio.

La ocupación de los estados energéticos está gobernada por la distribución de Fermi–Dirac:

$$f(E) = \frac{1}{e^{(E-E_F)/k_B T} + 1},$$

donde E_F es el nivel de Fermi.

3.2. Aproximación de masa efectiva

Cerca del mínimo de la banda de conducción, la relación energía–momento puede aproximarse por

$$E(k) = E_c + \frac{\hbar^2 k^2}{2m^*},$$

donde m^* es la masa efectiva del electrón. Esta aproximación permite tratar a los electrones como partículas cuánticas libres con parámetros modificados por la estructura cristalina.

4. Efectos cuánticos en dispositivos semiconductores

4.1. Efecto túnel

El efecto túnel cuántico permite a los electrones atravesar barreras de potencial incluso cuando su energía es inferior a la altura de la barrera. La probabilidad de transmisión puede aproximarse como

$$T \approx e^{-2\kappa a}, \kappa = \sqrt{\frac{2m(V_0 - E)}{\hbar^2}}.$$

Este fenómeno explica el funcionamiento de los diodos túnel y las corrientes de fuga en transistores nanométricos.

4.2. Confinamiento cuántico

Cuando las dimensiones de un sistema se reducen al orden de la longitud de onda del electrón, la energía se cuantiza. En un pozo cuántico unidimensional infinito, los niveles energéticos están dados por

$$E_n = \frac{n^2 \hbar^2}{8mL^2}.$$

5. Fenómenos cuánticos avanzados

Se destacan fenómenos como los excitones, descritos mediante el modelo de Wannier, y el transporte cuántico balístico, formalizado por la ecuación de Landauer, fundamentales para comprender dispositivos nanoelectrónicos y espintrónicos.

6. Aplicaciones tecnológicas

La mecánica cuántica gobierna el funcionamiento de los MOSFET avanzados, los dispositivos de túnel resonante, los puntos cuánticos y los materiales bidimensionales, estableciendo los límites físicos del escalado tecnológico.

7. Semiconductores y computación cuántica

Los semiconductores constituyen la base de múltiples plataformas de qubits, en particular aquellos basados en espín electrónico en silicio. El acoplamiento espín–órbita, descrito por

$$H_{so} = \frac{\hbar}{4m_0^2 c^2} (\nabla V \times \mathbf{p}) \cdot \boldsymbol{\sigma},$$

es clave en la espintrónica y la computación cuántica sólida.

8. Perspectivas futuras y desafíos

La continua miniaturización de los dispositivos impulsa la convergencia entre microelectrónica y computación cuántica. Materiales topológicos, estructuras híbridas y control cuántico avanzado definirán la próxima etapa de la tecnología de semiconductores.

METODOLOGÍA

El presente estudio se desarrolló bajo un enfoque cualitativo y analítico mediante una revisión sistemática de la literatura especializada en física del estado sólido y nanotecnología. La metodología se estructuró en tres fases: primero, la recopilación y análisis de las ecuaciones fundamentales de la mecánica cuántica (Schrödinger, Bloch, De Broglie) a partir de textos seminales para establecer el marco teórico; segundo, la correlación de estos principios matemáticos con fenómenos experimentales en semiconductores (efecto túnel, confinamiento cuántico) utilizando artículos de revisión técnica; y tercero, la proyección de estos conceptos hacia tecnologías emergentes. Se seleccionaron fuentes académicas de alto impacto que abordan tanto la física fundamental como la ingeniería de dispositivos, permitiendo una síntesis rigurosa que conecta la teoría abstracta con la funcionalidad práctica de los componentes electrónicos modernos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de los fundamentos presentados evidencia un cambio de paradigma en la ingeniería electrónica: la mecánica cuántica ha dejado de ser una mera herramienta correctiva para convertirse en la base del diseño de hardware.

Mientras que en la microelectrónica clásica efectos como el túnel cuántico se consideraban limitaciones parásitas que debían mitigarse, en la nanoelectrónica actual estos fenómenos se explotan deliberadamente para crear dispositivos más rápidos y eficientes, como los diodos túnel y los transistores de efecto de campo de aleta (FinFETs). La discusión sugiere que la barrera física de la miniaturización no es absoluta, sino que marca la transición hacia arquitecturas donde variables como el espín y la fase de la función de onda reemplazan a la carga eléctrica convencional, validando la convergencia inevitable hacia la computación cuántica descrita en las perspectivas futuras.

CONCLUSIONES

La mecánica cuántica no es únicamente una teoría explicativa, sino el fundamento constitutivo de la física de los semiconductores. El futuro de la electrónica, la fotónica y la computación cuántica depende de la aplicación rigurosa de estos principios en el diseño de nuevos materiales y dispositivos.

BIBLIOGRAFÍA

Adachi, S. (2009). *Properties of semiconductor alloys: Group-IV, III–V and II–VI semiconductors*. Wiley.

<https://doi.org/10.1002/9780470744383>

Ashcroft, N. W., & Mermin, N. D. (1976). *Solid state physics*. Holt, Rinehart and Winston.

- Bastard, G. (1988). *Wave mechanics applied to semiconductor heterostructures*. Les Éditions de Physique.
- Colinge, J. P. (2008). *FinFETs and other multi-gate transistors*. Springer.
<https://doi.org/10.1007/978-0-387-71752-4>
- Datta, S. (1995). *Electronic transport in mesoscopic systems*. Cambridge University Press.
<https://doi.org/10.1017/CBO9780511805776>
- Griffiths, D. J. (2018). *Introduction to quantum mechanics* (3rd ed.). Cambridge University Press.
- Hasan, M. Z., & Kane, C. L. (2010). Colloquium: Topological insulators. *Reviews of Modern Physics*, 82(4), 3045–3067.
<https://doi.org/10.1103/RevModPhys.82.3045>
- Kittel, C. (2005). *Introduction to solid state physics* (8th ed.). Wiley.
- Loss, D., & DiVincenzo, D. P. (1998). Quantum computation with quantum dots. *Physical Review A*, 57(1), 120–126.
<https://doi.org/10.1103/PhysRevA.57.120>
- Novoselov, K. S., Geim, A. K., Morozov, S. V., Jiang, D., Katsnelson, M. I., Grigorieva, I. V., Dubonos, S. V., & Firsov, A. A. (2005). Two-dimensional atomic crystals. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 102(30), 10451–10453.
<https://doi.org/10.1073/pnas.0502848102>
- Singh, J. (1993). *Physics of semiconductors and their heterostructures*. McGraw-Hill.
- Sze, S. M., & Ng, K. K. (2006). *Physics of semiconductor devices* (3rd ed.). Wiley-Interscience.
<https://doi.org/10.1002/0470068329>
- Theis, T. N., & Solomon, P. M. (2010). It's time to reinvent the transistor! *Science*, 327(5973), 1600–1601.
<https://doi.org/10.1126/science.1187597>

Yu, P. Y., & Cardona, M. (2010). *Fundamentals of semiconductors: Physics and materials properties* (4th ed.). Springer.

<https://doi.org/10.1007/978-3-642-00710-1>

Zutic, I., Fabian, J., & Das Sarma, S. (2004). Spintronics: Fundamentals and applications. *Reviews of Modern Physics*, 76(2), 323–410.

<https://doi.org/10.1103/RevModPhys.76.323>

Zwanenburg, F. A., Dzurak, A. S., Morello, A., Simmons, M. Y., Hollenberg, L. C. L., Klimeck, G., Rogge, S., Coppersmith, S. N., & Eriksson, M. A. (2013). Silicon quantum electronics. *Reviews of Modern Physics*, 85(3), 961–1019.

<https://doi.org/10.1103/RevModPhys.85.961>