

PROGRAMA DE CURSO

INTRODUCCIÓN A LA COMPUTACIÓN CUÁNTICA

A. Antecedentes generales del curso:

Departamento	Ingeniería Industrial					
Nombre del curso	Introducción a la computación cuántica	Código	IN5531	Créditos	6	
Nombre del curso en inglés	<i>Introduction to Quantum Computing</i>					
Horas semanales	Docencia	3	Auxiliares	--	Trabajo personal	7
Carácter del curso	Electivo	X				
Requisitos	IN3171: Modelamiento y Optimización, IN3272: Decisiones Bajo Incertidumbre					

B. Propósito del curso:

El curso tiene como propósito que los y las estudiantes analicen y apliquen los fundamentos teóricos y prácticos de la computación cuántica, identificando su potencial para resolver problemas complejos en diversas áreas del conocimiento. Para ello, adquieren habilidades para representar y manipular información cuántica mediante conceptos fundamentales como qubits, superposición, entrelazamiento y puertas cuánticas.

Además, los y las estudiantes implementan simulaciones de algoritmos cuánticos como el de Grover, Deutsch-Jozsa y Shor, y analizan su impacto en problemas de optimización, criptografía, aprendizaje de máquinas y simulaciones. Se introducen también a herramientas de programación cuántica y frameworks populares como Qiskit para implementar y ejecutar circuitos cuánticos en simuladores y hardware real.

Finalmente, los y las estudiantes desarrollan proyectos donde aplican los conceptos y algoritmos estudiados para abordar desafíos canónicos, considerando las limitaciones y oportunidades de esta tecnología emergente en el contexto actual.

El curso tributa a las siguientes competencias específicas (CE) y genéricas:

<p>CE1: Identificar, analizar y diagnosticar los diferentes elementos de los problemas complejos que surgen en las organizaciones, y que son claves para resolverlos.</p> <p>CE2: Concebir y diseñar soluciones que crean valor para resolver problemas de las organizaciones, utilizando los conocimientos provenientes de la gestión de operaciones, tecnologías de información y comunicaciones, finanzas, economía y marketing.</p> <p>CE3: Modelar, simular y evaluar problemas de gestión, para encontrar soluciones óptimas, a necesidades de la ingeniería industrial.</p> <p>CE4: Emplear y aplicar los conocimientos de las distintas disciplinas constitutivas de la ingeniería industrial: gestión de operaciones, tecnologías de información y comunicaciones, finanzas, economía y marketing, en las respectivas áreas funcionales de las organizaciones.</p>	<p>CG1: Comunicación académica y profesional: Comunicar en español de forma estratégica, clara y eficaz, tanto en modalidad oral como escrita, puntos de vista, propuestas de proyectos y resultados de investigación fundamentados, en situaciones de comunicación compleja, en ambientes sociales, académicos y profesionales.</p> <p>CG2: Comprensión en inglés Leer de manera comprensiva en inglés una variedad de textos e informaciones sobre temas concretos o abstractos, comunicando experiencias y opiniones, adecuándose a diferentes contextos y a las características de la audiencia.</p> <p>CG3: Innovación Concebir ideas viables y novedosas que generen valor para resolver necesidades latentes, materializadas en productos, servicios o en mejoras a procesos dentro de un sistema u organización, considerando el contexto sociocultural y económico y los beneficios para el usuario.</p>
---	---

C. Resultados de aprendizaje:

Competencias específicas	Resultados de aprendizaje
CE1, CE4	RA1: Identifica oportunidades de aplicación de la computación cuántica en la industria, analizando problemáticas complejas donde esta tecnología pueda ofrecer ventajas significativas frente a enfoques clásicos.
CE3	RA2: Implementa simulaciones de sistemas cuánticos mediante bibliotecas <i>open-source</i> en Python integrando conocimientos fundamentales de la computación cuántica.

CE3	RA3: Evalúa el rendimiento de sistemas cuánticos en comparación con sistemas clásicos, identificando ventajas, limitaciones y oportunidades de mejora.
CE2, CE3, CE4	RA4: Modela soluciones a problemas complejos desde el enfoque de la computación cuántica, considerando su aplicabilidad y pertinencia en contextos interdisciplinarios.
Competencias genéricas	Resultados de aprendizaje
CG1	RA5: Elabora de forma clara y precisa informes técnicos de gestión, modelación y análisis de datos e información evidenciando en su escritura el desarrollo coherente de un problema, describiendo los métodos usados y sus resultados.
CG2	RA6: Lee diversos textos en Inglés (presentaciones, artículos científicos, reportes técnicos, etc.) para adquirir e incorporar conocimientos sobre conceptos teóricos, herramientas y aplicaciones de la computación cuántica.
CG3	RA7: Detecta necesidades considerando la situación actual del desempeño de la organización para proponer soluciones innovadoras a partir de las herramientas de la computación cuántica.

D. Unidades temáticas:

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
1	RA1, RA3, RA6	Fundamentos de la computación cuántica	3 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
1.1. Fundamentos de la computación clásica. 1.2. Fundamentos de la computación cuántica.		El/la estudiante: <ol style="list-style-type: none"> Interpreta de manera integral los fundamentos de la computación clásica, desde sus bases en álgebra booleana, bits y arquitectura de hardware hasta sus aplicaciones en problemáticas de la industria. Interpreta de manera integral los fundamentos de la computación cuántica, desde sus bases en la computación clásica, qubits y arquitectura de hardware cuántica hasta sus aplicaciones en problemáticas de la industria. Contrasta los enfoques de computación clásica y cuántica destacando diferencias clave en sus fundamentos, capacidades y aplicaciones. 	
Bibliografía de la unidad		[1] Loceff, M. (2015). A course in quantum computing for the community college: Volume 1	

(Chap. 11). Foothill College

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
2	RA1, RA2, RA3	Sistemas cuánticos	2 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
2.1. Fundamentos de un sistema cuántico. 2.1.1. Bits cuánticos. 2.1.2. Puertas cuánticas. 2.1.3. Circuitos cuánticos. 2.2. Modelamiento de un sistema cuántico. 2.3. Implementación de un modelo de sistema cuántico. 2.4. Evaluación de un modelo de sistema cuántico.		El/la estudiante: 1. Identifica los fundamentos teóricos de un sistema cuántico, incluyendo sus componentes básicos y su funcionamiento. 2. Modela sistemas cuánticos considerando los fundamentos teóricos para simular escenarios específicos. 3. Ejecuta modelos de sistemas cuánticos utilizando recursos open-source para acceso a simuladores y computadores cuánticos validando su funcionamiento. 4. Evalúa modelos de sistemas cuánticos en términos de optimalidad, viabilidad y desempeño, analizando su comportamiento en contextos prácticos y teóricos.	
Bibliografía de la unidad		[1] Loceff, M. (2015). A course in quantum computing for the community college: Volume 1 (Chap. 9, 11, 13). Foothill College.	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
3	RA2, RA6	Fenómenos cuánticos	2 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
3.1. Fundamentos de los fenómenos cuánticos. 3.2. Fenómenos cuánticos principales. 3.2.1. Superposición. 3.2.2. Interferencia. 3.2.3. Entrelazamiento. 3.2.4. Decoherencia.		El/la estudiante: 1. Caracteriza las propiedades de los sistemas cuánticos como fenómenos y las oportunidades que esto significa en comparación a las limitaciones de un sistema clásico. 2. Describe la superposición y cómo permite a los sistemas cuánticos existir en múltiples estados simultáneamente, y discute sus aplicaciones en la computación cuántica y otros campos científicos. 3. Describe cómo la interferencia cuántica contribuye al procesamiento y manipulación de información en sistemas cuánticos, y sus aplicaciones en el desarrollo de tecnologías avanzadas. 4. Identifica el impacto del entrelazamiento en la seguridad cuántica y la computación, permitiendo correlaciones instantáneas entre	

	<p>partículas separadas, lo que abre camino a innovaciones en comunicación cuántica.</p> <p>5. Analiza el fenómeno de la decoherencia cuántica como el principal obstáculo para el mantenimiento de la coherencia en sistemas cuánticos, comprendiendo su impacto en la pérdida de información y en el diseño de tecnologías cuánticas estables.</p>
Bibliografía de la unidad	[1] Loceff, M. (2015). A course in quantum computing for the community college: Volume 1 (Chap. 11). Foothill College.

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
4	RA2, RA3, RA6	Algoritmos cuánticos	3 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
<p>4.1 Fundamentos de un algoritmo cuántico.</p> <p>4.2 Algoritmos cuánticos principales.</p> <p>4.2.1 Algoritmo Shor.</p> <p>4.2.2 Algoritmo Deutsch-Jozsa.</p> <p>4.2.3 Algoritmo Grover.</p> <p>4.3 Otros algoritmos cuánticos.</p>		<p>El/la estudiante:</p> <ol style="list-style-type: none"> Analiza problemas reales cuya solución resulta infactible o inviable desde un enfoque clásico, y justifica la necesidad de aplicar algoritmos cuánticos para abordarlos, demostrando comprensión del potencial y las limitaciones de la computación cuántica. Implementa simulaciones del algoritmo de Shor utilizando herramientas de programación cuántica, y evalúa sus implicancias criptográficas al factorizar números enteros, considerando los desafíos éticos asociados a la seguridad de los sistemas de encriptación. Modela y ejecuta soluciones a problemas de búsqueda en bases de datos no estructuradas mediante el algoritmo de Grover, optimizando procesos computacionales y argumentando su aplicabilidad en contextos de Big Data. Implementa y evalúa el algoritmo Deutsch-Jozsa para resolver problemas de clasificación de funciones, comparando su eficiencia respecto a métodos clásicos y valorando sus ventajas para la resolución de tareas complejas. Implementa y evalúa algoritmos cuánticos emergentes, como QAOA y los algoritmos variacionales, en contextos de optimización combinatoria y simulación cuántica, proponiendo soluciones innovadoras con base en fundamentos teóricos y prácticos. Comunica de manera clara y coherente sus procesos de resolución y resultados obtenidos en simulaciones 	

	cuánticas, utilizando lenguaje técnico adecuado en informes escritos y presentaciones orales.
Bibliografía de la unidad	[1] Loceff, M. (2015). <i>A course in quantum computing for the community college: Volume 1</i> (Chap. 12, 18, 23). Foothill College.

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
5	RA1, RA6	Computación cuántica	3 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
5.1. Hardware cuántico. 5.2. Aplicaciones de la computación cuántica. 5.2.1. Criptografía. 5.2.2. Aprendizaje de máquinas 5.2.3. Optimización de algoritmos. 5.2.4. Simulación de sistemas cuánticos.		El/la estudiante: 1. Reconoce los principales tipos de hardware cuántico, comprendiendo su funcionamiento básico y su importancia para el desarrollo de la computación cuántica. 2. Explica el impacto de la computación cuántica en la criptografía, identificando riesgos y nuevas formas de seguridad basadas en principios cuánticos. 3. Aplica principios de computación cuántica en el diseño y simulación de modelos de aprendizaje automático, evaluando su potencial para resolver problemas complejos de procesamiento de datos. 4. Identifica cómo la computación cuántica puede mejorar la resolución de problemas de optimización, y reconoce sus aplicaciones en distintos campos prácticos.	
Bibliografía de la unidad		[3] Wong, H. Y. (2025). <i>Quantum computing architecture and hardware for engineers</i> (Chap. 4). Springer.	

E. Estrategias de enseñanza – aprendizaje:

El curso considera las siguientes estrategias de enseñanza-aprendizaje:

- **Clases expositivas:** Se revisan y discuten los fundamentos teóricos de la computación cuántica, proporcionando a los y las estudiantes los conocimientos necesarios para comprender el funcionamiento de los sistemas cuánticos.
- **Laboratorios computacionales:** Se promueve la aplicación práctica de los contenidos teóricos mediante programación en Python, utilizando bibliotecas *open-source* especializadas en computación cuántica.

F. Estrategias de evaluación:

El curso considera distintas instancias de evaluación:

Tipo de evaluación	RA asociado a la evaluación	Ponderación
<p>Tarea 1: “Aplicaciones en la industria” Investiga el estado actual y potencial de la computación cuántica en diversas industrias. Identifica sus aplicaciones, ventajas, desventajas y los principales desafíos técnicos y éticos. Elabora un informe que evidencie la comprensión del estado del arte y la proyección de esta tecnología en distintos sectores.</p>	RA1, RA5, RA6, RA7	10%
<p>Tarea 2: “Sistemas cuánticos básicos” Implementa y evalúa simulaciones de sistemas cuánticos básicos propuestos, ejecutándolos en simuladores cuánticos mediante Qiskit. Explora el uso de componentes fundamentales de un sistema cuántico (como qubits, compuertas y medidas) evaluando sus efectos sobre el sistema. Elabora un informe técnico en formato Notebook (.ipynb) que incluya el desarrollo de los ítems en Python, comentarios explicativos sobre la implementación y las conclusiones requeridas.</p>	RA2, RA3, RA5, RA6	20%
<p>Tarea 3: “Sistemas cuánticos avanzados” Implementa y evalúa simulaciones de sistemas cuánticos avanzados propuestos, ejecutándolos tanto en simuladores cuánticos como en computadores cuánticos reales mediante Qiskit. Considera el uso de componentes avanzados y algoritmos cuánticos (como entrelazamiento, oráculos o algoritmos de búsqueda), evaluando sus efectos en el sistema. Elabora un informe técnico en formato Notebook (.ipynb) que incluya el desarrollo de los ítems en Python, comentarios explicativos sobre la implementación y las conclusiones requeridas.</p>	RA2, RA3, RA5, RA6	20%
<p>Tarea 4: “Aplicaciones de algoritmos cuánticos” Modela, implementa y evalúa sistemas</p>	RA2, RA3, RA4, RA5, RA6	30%

<p>cuánticos para resolver una problemática propuesta en áreas de la industria como la criptografía o el aprendizaje automático, analizando sus resultados y limitaciones. Elabora un informe técnico en formato Notebook (.ipynb) que incluya el desarrollo de los ítems en Python, comentarios explicativos sobre la implementación y las conclusiones requeridas.</p>		
<p>Tarea 5: “Optimización de circuitos cuánticos” Diseña y mejora circuitos cuánticos implementados previamente, optimizando su profundidad y número de compuertas. Justifica las decisiones de diseño y analiza el impacto en la eficiencia computacional y fidelidad del resultado final. Elabora un informe técnico en formato Notebook (.ipynb) que incluya el desarrollo de los ítems en Python, comentarios explicativos sobre la implementación y las conclusiones requeridas.</p>	<p>RA2, RA3, RA4, RA5, RA6</p>	<p>20%</p>
<p>Examen (1)</p>		

Cualquier cambio en las ponderaciones o en el tipo de evaluación se informará con antelación.

G. Recursos bibliográficos:

<p>Bibliografía obligatoria:</p> <p>[1] Loceff, M. (2015). <i>A course in quantum computing for the community college: Volume 1</i>. Foothill College.</p> <p>[2] Young, P. (2022). <i>An undergraduate course on quantum computing</i> (3° Ed.).</p> <p>[3] Wong, Y. (2025). <i>Quantum computing architecture and hardware for engineers</i> (1° Ed.). Springer.</p> <p>Bibliografía complementaria:</p> <p>[4] Departamento de Ingeniería Matemática, UCH. (2021). Apunte de Álgebra Lineal.</p> <p>[5] Woody, L. S. III. (2022). <i>Essential mathematics for quantum computing</i>. Packt Publishing.</p> <p>[6] Chang, W.-L., & Vasilakos, A. V. (2021). <i>Fundamentals of quantum programming in IBM's quantum computers</i> (1° Ed.). Springer.</p> <p>[7] Weaver, J. & Hankins, F. (2023). <i>Qiskit pocket guide: Quantum development with Qiskit</i>. O'Reilly.</p>

H. Datos generales sobre elaboración y vigencia del programa de curso:

Vigencia desde:	Primavera, 2025
Elaborado por:	Juan D. Velásquez Silva
Validado por:	COMDOC
Revisado por:	Área de Gestión Curricular