UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS

SÍLABO

1. INFORMACIÓN GENERAL

1.1 Curso	:	Introduction a la Computación Cuántica
1.2 Código	:	QC381
1.3 Programa Académico	:	Computación Científica
1.4 Créditos	:	4
1.5 Prerrequisitos	:	▪ QC251. Mecánica Cuántica. (8^{vo} Sem) ▪ MA381. Estructuras Algebraicas. (9^{no} Sem)
1.6 Tipo de curso	:	Electivo
1.7 Área de Estudios	:	Estudios Generales
1.8 Número de Semanas	:	16
1.9 Horas por semana	:	2 HT; 4 HP;
1.10 Ciclo	:	I
1.11 Modalidad de aprendizaje	:	Presencial
1.12 Periodo Académico	:	2026-I
1.13 Inicio del semestre	:	
1.14 Fin del semestre	:	

2. PROFESORES

Atención previa coordinación con el profesor

3. INTRODUCCIÓN AL CURSO

Este curso introduce los principios fundamentales de la computación cuántica, incluyendo cúbits, superposición, entrelazamiento, algoritmos cuánticos y hardware. Los estudiantes contrastarán modelos clásicos y cuánticos, explorando aplicaciones en criptografía, optimización, simulación física y aprendizaje automático cuántico, usando frameworks como Qiskit o Cirq. Incluye un módulo práctico sobre arquitecturas de hardware (superconductores, trampas de iones) y su impacto en el diseño de algoritmos.

4. OBJETIVOS

- Comprender los postulados de la mecánica cuántica aplicados a la computación.
- Implementar circuitos cuánticos básicos y algoritmos de optimización.
- Analizar el impacto ético, técnico y comercial de la computación cuántica.
- Evaluar las limitaciones del hardware en aplicaciones del mundo real.

5. RESULTADOS DEL ESTUDIANTE

ABET-1) Habilidad para identificar, formular y resolver problemas técnicos o científicos ampliamente definidos mediante la aplicación de conocimientos de matemáticas y ciencias y/o temas técnicos en áreas relevantes para la disciplina. (Usage)

ABET-3) Habilidad para desarrollar y llevar a cabo experimentos o probar hipótesis, analizar e interpretar datos y utilizar el juicio científico para obtener conclusiones. (Usage)

6. TEMAS

Unidad 1: Conceptos fundamentales (10 horas)	
Resultados esperados: ABET-1,ABET-3	
Temas	**Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*)**
▪ Cúbits y representación en la esfera de Bloch. ▪ Postulados de la mecánica cuántica. ▪ Compuertas cuánticas (Hadamard, CNOT, Toffoli).	▪ Modelar matemáticamente un cúbit [Usar]. ▪ Simular operaciones básicas en Qiskit [Evaluar].
Lecturas : [**NielsenChuang**], [**QiskitTextbook**]	

Unidad 2: Arquitecturas Cuánticas (10 horas)	
Resultados esperados: ABET-1,ABET-3	
Temas	**Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*)**
▪ Principios: • El principio de dualidad onda-partícula • El principio de incertidumbre en el experimento de doble rendija • ¿Qué es un Qubit? Superposición, interferencia y medición. Fotones como qubits • Sistemas de dos qubits, Entrelazamiento, estados de Bell, El teorema de No Señalización ▪ Axiomas de la MC: principio de superposición, axioma de medición, evolución unitaria ▪ Compuertas de un solo qubit para el modelo de circuito de computación cuántica: X, Z, H ▪ Compuertas de dos qubits y productos tensoriales, trabajando con matrices ▪ El Teorema de No Clonación. El protocolo de Teleportación Cuántica ▪ Algoritmos: • Algoritmos cuánticos simples: Bernstein-Vazirani, algoritmo de Simon • Implementar Deutsch-Josza con Interferómetros Mach-Zehnder • Factorización cuántica (Algoritmo de Shor) • Búsqueda cuántica (Algoritmo de Grover) ▪ Aspectos de implementación: • La implementación física de qubits • Control clásico de una Unidad de Procesamiento Cuántico (QPU) • Mitigación y control de errores, NISQ y más allá • Enfoques de medición ▪ Aplicaciones Emergentes: • Cifrado post-cuántico • La Internet Cuántica • Computación cuántica adiabática (AQC) y recocido cuántico	▪ Discutir cómo un objeto cuántico producido como partícula se propaga como una onda y se detecta como partícula con una distribución de probabilidad correspondiente a la onda [Debatir] ▪ Discutir la naturaleza a nivel cuántico que es inherentemente probabilística [Debatir] ▪ Expresar tu punto de vista sobre el entrelazamiento que puede usarse para crear correlaciones no clásicas, pero no hay forma de usar el entrelazamiento cuántico para enviar mensajes más rápido que la velocidad de la luz [Evaluar] ▪ Describir el paralelismo cuántico y el papel de la interferencia constructiva vs destructiva en algoritmos cuánticos dada la naturaleza probabilística de las mediciones [Describir] ▪ Analizar un fragmento de código proporcionando el papel de la transformada cuántica de Fourier (QFT) en el algoritmo de Shor [Analizar] ▪ Escribir un programa para implementar el algoritmo de Shor en un simulador, destacando los componentes clásicos y aspectos del algoritmo de Shor [Escribir] ▪ Enumerar los detalles de cada modalidad de qubit (por ejemplo, ion atrapado, superconductor, espín de silicio, fotónico, punto cuántico, átomo neutro, topológico, centro de color, electrón sobre helio) [Enumerar] ▪ Contrastar AQC con el modelo de compuertas de computación cuántica y los problemas para los que cada uno es más adecuado resolver [Contrastar]
Lecturas : [**QuantumHardwareBook**], [**IBMQuantumRoadmap2023**]	

Unidad 3: Estrategias Algorítmicas (12 horas)	
Resultados esperados: ABET-1,ABET-3	
Temas	**Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*)**
▪ Computación cuántica ▪ Algoritmo de Deutsch-Jozsa. ▪ Búsqueda de Grover (aplicada a optimización combinatoria). ▪ Factorización de Shor y su impacto en RSA.	▪ Implementar Grover para problemas SAT [Usar].
Lecturas : [**PreskillNotes**], [**QiskitTextbook**]	

Unidad 4: Lenguajes Formales y Autómatas (10 horas)	
Resultados esperados: ABET-1,ABET-3	
Temas	**Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*)**
▪ Computación cuántica: • Postulados de la mecánica cuántica: ◦ Espacio de estados ◦ Evolución del estado ◦ Composición de estados ◦ Medición del estado • Representaciones de vector columna de qubits • Representaciones matriciales de operaciones cuánticas • Compuertas cuánticas simples (por ejemplo, XNOT, CNOT) ▪ Algoritmo de Optimización Cuántica Aproximada (QAOA). ▪ Aplicaciones en logística/finanzas (Optimización de Cartera).	▪ Para un sistema cuántico dar ejemplos que expliquen los siguientes postulados: • Espacio de Estados - estado del sistema representado como un vector unitario en espacio de Hilbert • Evolución del Estado - el uso de operadores unitarios para evolucionar el estado del sistema • Composición de Estados - el uso de producto tensorial para componer estados del sistema • Medición del Estado - la salida probabilística de medir un estado del sistema. [Familiarizarse]. ▪ Diseñar un QAOA para problemas de enrutamiento [Evaluar].
Lecturas : [**QMLBook**], [**Bravyi2022**]	

Unidad 5: Ethics and Post-Quantum Security (6 horas)	
Resultados esperados: ABET-1,ABET-3	
Temas	**Aprendizaje esperado (*Learning Outcomes*)**
▪ Criptografía post-cuántica (Estandarización NIST PQC). ▪ Supremacía cuántica: debate técnico/ético. ▪ Patentes y geopolítica cuántica.	▪ Proponer estrategias de migración post-cuántica [Familiarizarse].
Lecturas : [**QuantumSupremacyPaper**]	

7. PLAN DE TRABAJO

7.1 Metodología

Se fomenta la participación individual y en equipo para exponer sus ideas, motivándolos con puntos adicionales en las diferentes etapas de la evaluación del curso.

7.2 Sesiones Teóricas

Las sesiones de teoría se llevan a cabo en clases magistrales donde se realizarán actividades que propicien un aprendizaje activo, con dinámicas que permitan a los estudiantes interiorizar los conceptos.

7.3 Sesiones Prácticas

Las sesiones prácticas se llevan en clase donde se desarrollan una serie de ejercicios y/o conceptos prácticos mediante planteamiento de problemas, la resolución de problemas, ejercicios puntuales y/o en contextos aplicativos.

8. SISTEMA DE EVALUACIÓN

********* EVALUATION MISSING ********

9. BIBLIOGRAFÍA BÁSICA