



### Formato para registro de Unidades de aprendizaje 2021

I.- Datos de identificación de la unidad de aprendizaje

<b>Unidad académica:</b>	Centro de Investigación en Computación (CIC)										
<b>Programa académico:</b>	Doctorado en Ciencias de la Computación										
	<input checked="" type="checkbox"/>	Doctorado			Orientación profesional						
		Maestría		<input checked="" type="checkbox"/>	Orientado a la investigación						
		Especialidad			Con la industria						
					Especialidad médica						
<b>Sesión de colegio donde se propuso:</b>	Ordinaria 7, 2023			<b>Fecha de propuesta:</b>	26 de julio de 2023						
<b>Nombre de unidad de aprendizaje:</b>	<b>Quantum Computing</b>										
<b>Clave de la unidad de aprendizaje:</b>	<b>23B8380</b>			<b>Créditos:</b>	5						
<b>Semanas del semestre</b>	18		<b>Horas a la semana:</b>		4		<b>Horas totales:</b>		72		
<b>Tipo de unidad de aprendizaje:</b>	<b>Obligatoria:</b>		<b>Optativa:</b>		<input checked="" type="checkbox"/>		<b>Observaciones:</b>				
	<b>Semestre:</b>										
	<b>Teórica (%):</b>		100		<b>Práctica (%):</b>		<b>Teórico-prácticas (%):</b>				
<b>Área del conocimiento:</b>	Ingeniería y Ciencias Fisicomatemáticas		<input checked="" type="checkbox"/>		Ciencias Sociales y Administrativas		Ciencias Médico Biológicas		Interdisciplinario		
<b>Modalidad no escolarizada:</b>	No escolarizada				<b>Nombre de la Plataforma:</b>						
	<b>Mixta</b>		<b>Presencial (%):</b>				<b>En plataforma (%):</b>				
<b>Hours establecidas en el programa de estudios:</b>	Presenciales (si procede) (hours x semana)						En plataforma (hours x semana):				



### Formato para registro de Unidades de aprendizaje 2021

#### I. Aprendizajes que el estudiante deberá demostrar al finalizar

Conocimientos	Habilidades y destrezas	Actitudes y valores
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Difference between classical computation and quantum computation.</li> <li>• Basic concepts in quantum computation theory.</li> <li>• Mathematical representation of quantum computation.</li> <li>• The benchmark quantum algorithms.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Be able to identify the main differences between classical and quantum computation.</li> <li>• Be able to identify the advantages of quantum over classical computation.</li> <li>• Be able to design and implement quantum algorithms to resolve some special problem and be able to adapt and generalize them to particular situations.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• The student must be willing to study the state of the art related to the topics covered in class.</li> <li>• Student's ability to apply the acquired knowledge in the search for solutions to specific problems.</li> </ul>

#### Resolución que aborda la propuesta con su enfoque disciplinar

Quantum computation is a very broad and interdisciplinary area. Particularly, in computer science, it is vital for those students who wish to formally learn about the new developments in quantum technologies, mainly quantum computing, but not limited to those. The course's content also provides a solid background for the study of more fundamental aspects of quantum systems.

#### II. Proximidad formativa

Áreas multi, inter y transdisciplinarias	Líneas de Generación y Aplicación de Conocimiento	Sectores sociales
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Quantum physics</li> <li>• Information theory</li> <li>• Cryptography</li> <li>• Quantum communication</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Quantum computing</li> <li>• Quantum cryptography</li> <li>• Quantum networks</li> <li>• Quantum physics</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Characterization of quantum channels for research or educational purposes.</li> </ul>
<p>Estrategia de asociación: Practices in some quantum-technologies-related laboratories and /or companies in which the student can perform basic quantum algorithms. The implemented quantum algorithms can be used later by the staff to perform certain experiments or by some other undergraduate students to learn about related subjects.</p>		



### Formato para registro de Unidades de aprendizaje 2021

#### III Metodología de enseñanza – aprendizaje

Descripción

Evidencias como proceso de aprendizaje

Evidencias integradoras (resultados que contribuyen al curriculum)	Ponderación

#### IV. Descripción de la participación esperada en el estudiante

Receptiva	Resolutiva	Autónoma	Estratégica



## Formato para registro de Unidades de aprendizaje 2021

### Contenido temático

1. Initial Reflection: Comparing The different ways of generating computation	(2 hours)
2. Introduction	(5 hours)
2.1. Fundamental principles of quantum mechanics	
2.2. Quantum bits	
2.3. Quantum states and superposition	
2.4. Quantum effects	
3. Matrices and operators	(6 hours)
3.1. Observables	
3.2. Eigenvalues and eigenvectors	
3.3. Operators	
3.4. Postulations in quantum mechanics	
4. Quantum measurement theory	(6 hours)
4.1. Projective measurements	
4.2. Measurements on composite systems	
4.3. Generalized measurements	
4.4. Other measurements	
5. Entanglement	(9 hours)
5.1. Bell's theorem	
5.2. Entangled state	
5.3. Entanglement fidelity	
5.4. Schmidt decomposition	
5.5. Entanglement measures and entanglement monotony	
6. Quantum gates and quantum circuits	(10 hours)
6.1. Classic logic gates and singular qubit gates	
6.2. Quantum circuit diagrams	
6.3. IBM's qiskit and another platform	
7. Quantum algorithms	(12 hours)



### Formato para registro de Unidades de aprendizaje 2021

7.1. Quantum interference	
7.2. Quantum parallelism and function evaluation	
7.3. Deutsch Jozsa algorithm	
7.4. Quantum Fourier transform	
7.5. Shor's algorithm	
7.6. Quantum searching and Grover's algorithm	
7.7. The other quantum algorithms in the state of art	
8. Quantum cryptography	(12 hours)
8.1. Brief overview of RSA encryption	
8.2. No-Cloning theorem	
8.3. Quantum key distribution	
8.4. The BB84, B92 protocols	
8.5. The E91(EKERT) protocol and others	
9. Quantum noise and error correction	(10 hours)
9.1. Single-qubit errors	
9.2. Quantum operations and Krauss operators	
9.3. Quantum channels	
9.4. Amplitude damping and phase damping	
9.5. Quantum error correction	
	Total: 72 hours



### Formato para registro de Unidades de aprendizaje 2021

#### V. Secuencia programática

No.	Te m a	Objetivo de aprendizaje / competencia específica	Tiempo/Hours/Semanas	
Actividad(es):	No. Nombre de la actividad: Descripción de la actividad:		Tipo de interacción(es):	
			Referencias (s):	
Evidencia(s):				

**Tipo de interacción:** ID–Instrucción directa, TC–Trabajo colaborativo, AC–Análisis en campo, RP–Reflexión personal, PE–Presentación expositiva

**Nota:** Replique esta sección las veces que sea necesario para cubrir toda la secuencia programática

Indicar solo el número de las *Referencias* indizadas en la sección VII de este documento.

#### VI. Habilitadores tecnológicos

Disposiciones	Especificaciones / descripción de efectos
Conectividad	
Habilidades digitales	
Interoperabilidad	
Datos abiertos	
<i>Big Data</i>	
<i>Machine Learning</i>	
Simulación	
Realidad aumentada	
Otro...	



## Formato para registro de Unidades de aprendizaje 2021

### VII. Referencias

#### Conferencias magistrales

1. Quantum computing fundamentals (MIT) <a href="https://www.youtube.com/watch?v=aeDbYuJyXr8">https://www.youtube.com/watch?v=aeDbYuJyXr8</a>
2. Quantum Computing Expert Explains One Concept in 5 Levels of Difficulty <a href="https://www.youtube.com/watch?v=OWJcFOvochA">https://www.youtube.com/watch?v=OWJcFOvochA</a>

#### Notas complementarias

1. Feynman, R. P. (1986). Quantum mechanical computers. Foundations of physics, 16(6), 507-531.
2. Howard, M., Wallman, J., Veitch, V., & Emerson, J. (2014). Contextuality supplies the 'magic' for quantum computation. Nature, 510(7505), 351.

#### Documentales / electrónicas

1. Feynman, R. P., Leighton, R. B., & Sands, M. (1965). Lectures on Physics, vol. III. ISBN-13: 978-0201021189
2. Yanofsky, N. S., Mannucci, M. A., & Mannucci, M. A. (2008). Quantum computing for computer scientists (Vol. 20). Cambridge: Cambridge University Press. ISBN 978-0-521-879965
3. Rieffel, E. G., & Polak, W. H. (2011). Quantum computing: A gentle introduction. MIT Press.. ISBN 978-0-262-01506-6
4. McMahan, D. (2007). Quantum Computing Explained (1st ed.). Wiley.
5. Nielsen, M. A., & Chuang, I. L. (2010). Quantum computation and quantum information. Cambridge university press. ISBN: 9780521635035.
6. Hayashi, M. (2017). Quantum Information Theory - Mathematical Foundation (2nd ed.). Springer.

### VIII. Créditos y responsabilidades

Responsabilidad	Nombre completo	Clave de nombramiento /No. de empleado
Coordinador (Autor)	Dra. Guohua Sun	15530-EC-22/210668
Participante (Coautor)	Dr. ShiHai Dong	16604-EE-22-6 COL /2600622
Asesor didáctico / Diseñador Instruccional		
Tecnólogo educativo / Comunicólogo		
Corrector de estilo		



### Formato para registro de Unidades de aprendizaje 2021

Programador multimedia / Diseñador gráfico		
Otro...		

#### VERIFICACIÓN GENERAL DE LA PLANEACIÓN DIDÁCTICA

Por la División de Operación y Promoción al Posgrado de la SIP

Nombre \_\_\_\_\_

FIRMA \_\_\_\_\_

#### REVISIÓN DE LA PLANEACIÓN DIDÁCTICA (VIABILIDAD)

Por la Subdirección de Diseño y Desarrollo de la DEV

Nombre \_\_\_\_\_

FIRMA \_\_\_\_\_

#### VERIFICACIÓN PARA SU PUESTA EN OPERACIÓN

Por la Dirección de Posgrado

Nombre \_\_\_\_\_

FIRMA \_\_\_\_\_

SELLO DE VALIDACIÓN

#### REVISIÓN TÉCNICO-PEDAGÓGICA PARA LA MODALIDAD

Por la Dirección para la Educación Virtual

Nombre \_\_\_\_\_

FIRMA \_\_\_\_\_





Instituto Politécnico Nacional

Secretaría Académica  
Dirección de Educación Virtual

Secretaría de Investigación y Posgrado  
Dirección de Posgrado

SIP-30

**Formato para registro de Unidades de aprendizaje 2021**

--	--