



## Guía Docente

| Guía Docente          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |                    |                      |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------------------|----------------------|
| Datos Identificativos |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |                    | 2023/24              |
| Asignatura (*)        | Computación Cuántica                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |        | Código             | 610G04035            |
| Titulación            | Grao en Nanociencia e Nanotecnoloxía                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |        |                    |                      |
| Descriptor            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |                    |                      |
| Ciclo                 | Período                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Curso  | Tipo               | Créditos             |
| Grao                  | 1º cuatrimestre                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Cuarto | Optativa           | 4.5                  |
| Idioma                | CastelánGalego                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |        |                    |                      |
| Modalidade docente    | Presencial                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |                    |                      |
| Prerrequisitos        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |        |                    |                      |
| Departamento          | Ciencias da Computación e Tecnoloxías da Información                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |        |                    |                      |
| Coordinación          | Moret Bonillo, Vicente                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |        | Correo electrónico | vicente.moret@udc.es |
| Profesorado           | Chobanova , Veronika Georgieva                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |        | Correo electrónico | v.chobanova@udc.es   |
|                       | Moret Bonillo, Vicente                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |        |                    | vicente.moret@udc.es |
| Web                   | ciencias.udc.es/es/grado-en-nanociencia-y-nanotecnologia                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |        |                    |                      |
| Descrición xeral      | Este curso pretende transmitir ao alumnado os conceptos fundamentais da Computación Cuántica, o formalismo matemático necesario para traballar con qubits, as vantaxes informáticas e computacionais da superposición cuántica e do enredo cuántico, e definir un marco que contemple a evolución dos sistemas.deterministas clásicos ata chegar a sistemas cuánticos, pasando por sistemas tipicamente probabilísticos. Unha vez establecido este marco, analizaranse conceptualmente algúns dos algoritmos cuánticos máis relevantes. |        |                    |                      |

## Competencias do título

| Código | Competencias do título                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A1     | CE1 - Comprender los conceptos, principios, teorías y hechos fundamentales relacionados con la Nanociencia y Nanotecnología.                                                                                                                                                                                                                                    |
| A2     | CE2 - Aplicar los conceptos, principios, teorías y hechos fundamentales relacionados con la Nanociencia y Nanotecnología a la resolución de problemas de naturaleza cuantitativa o cualitativa.                                                                                                                                                                 |
| A3     | CE3 - Reconocer y analizar problemas físicos, químicos, matemáticos, biológicos en el ámbito de la Nanociencia y Nanotecnología, así como plantear respuestas o trabajos adecuados para su resolución, incluyendo el uso de fuentes bibliográficas.                                                                                                             |
| A7     | CE7 - Interpretar los datos obtenidos mediante medidas experimentales y simulaciones, incluyendo el uso de herramientas informáticas, identificar su significado y relacionarlos con las teorías químicas, físicas o biológicas apropiadas.                                                                                                                     |
| A9     | CE9 - Evaluar correctamente los riesgos sanitarios y de impacto ambiental asociados a la Nanociencia y la Nanotecnología.                                                                                                                                                                                                                                       |
| A10    | CE10 - Comprender la legislación en el ámbito del conocimiento y la aplicación de la Nanociencia y Nanotecnología. Aplicar principios éticos en este marco.                                                                                                                                                                                                     |
| B1     | CB1 - Que los estudiantes hayan demostrado poseer y comprender conocimientos en un área de estudio que parte de la base de la educación secundaria general, y se suele encontrar a un nivel que, si bien se apoya en libros de texto avanzados, incluye también algunos aspectos que implican conocimientos procedentes de la vanguardia de su campo de estudio |
| B2     | CB2 - Que los estudiantes sepan aplicar sus conocimientos a su trabajo o vocación de una forma profesional y posean las competencias que suelen demostrarse por medio de la elaboración y defensa de argumentos y la resolución de problemas dentro de su área de estudio                                                                                       |
| B3     | CB3 - Que los estudiantes tengan la capacidad de reunir e interpretar datos relevantes (normalmente dentro de su área de estudio) para emitir juicios que incluyan una reflexión sobre temas relevantes de índole social, científica o ética                                                                                                                    |
| B4     | CB4 - Que los estudiantes puedan transmitir información, ideas, problemas y soluciones a un público tanto especializado como no especializado                                                                                                                                                                                                                   |
| B5     | CB5 - Que los estudiantes hayan desarrollado aquellas habilidades de aprendizaje necesarias para emprender estudios posteriores con un alto grado de autonomía                                                                                                                                                                                                  |
| B6     | CG1 - Aprender a aprender                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| B7     | CG2 - Resolver problemas de forma efectiva.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| B8     | CG3 - Aplicar un pensamiento crítico, lógico y creativo.                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| B9     | CG4 - Trabajar de forma autónoma con iniciativa.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| B10    | CG5 - Trabajar de forma colaborativa.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |



|     |                                                                                                                                                                                                              |
|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| B11 | CG6 - Comportarse con ética y responsabilidad social como ciudadano/a y como profesional.                                                                                                                    |
| B12 | CG7 - Comunicarse de manera efectiva en un entorno de trabajo.                                                                                                                                               |
| C1  | CT1 - Expresarse correctamente, tanto de forma oral como escrita, en las lenguas oficiales de la comunidad autónoma                                                                                          |
| C2  | CT2 - Dominar la expresión y la comprensión de forma oral y escrita de un idioma extranjero                                                                                                                  |
| C3  | CT3 - Utilizar las herramientas básicas de las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) necesarias para el ejercicio de su profesión y para el aprendizaje a lo largo de su vida             |
| C4  | CT4 - Desarrollarse para el ejercicio de una ciudadanía respetuosa con la cultura democrática, los derechos humanos y la perspectiva de género                                                               |
| C5  | CT5 - Entender la importancia de la cultura emprendedora y conocer los medios al alcance de las personas emprendedoras                                                                                       |
| C7  | CT7 - Desarrollar la capacidad de trabajar en equipos interdisciplinarios o transdisciplinarios, para ofrecer propuestas que contribuyan a un desarrollo sostenible ambiental, económico, político y social. |
| C8  | CT8 - Valorar la importancia que tiene la investigación, la innovación y el desarrollo tecnológico en el avance socioeconómico y cultural de la sociedad                                                     |
| C9  | CT9 - Tener la capacidad de gestionar tiempos y recursos: desarrollar planes, priorizar actividades, identificar las críticas, establecer plazos y cumplirlos                                                |

| Resultados da aprendizaxe                                                        |     |                        |    |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----|------------------------|----|
| Resultados de aprendizaxe                                                        |     | Competencias do título |    |
| Comprender a necesidade da computación cuántica en nanociencia e nanotecnoloxía. | A1  | B1                     | C1 |
|                                                                                  | A2  | B2                     | C2 |
|                                                                                  | A3  | B3                     | C3 |
|                                                                                  | A7  | B4                     | C4 |
|                                                                                  | A9  | B5                     | C5 |
|                                                                                  | A10 | B6                     | C7 |
|                                                                                  |     | B7                     | C8 |
|                                                                                  |     | B8                     | C9 |
|                                                                                  |     | B9                     |    |
|                                                                                  |     | B10                    |    |
|                                                                                  |     | B11                    |    |
|                                                                                  |     | B12                    |    |
| Coñecer os conceptos fundamentais da computación cuántica.                       | A1  | B1                     | C1 |
|                                                                                  | A2  | B2                     | C2 |
|                                                                                  | A3  | B3                     | C3 |
|                                                                                  | A7  | B4                     | C4 |
|                                                                                  | A9  | B5                     | C5 |
|                                                                                  | A10 | B6                     | C7 |
|                                                                                  |     | B7                     | C8 |
|                                                                                  |     | B8                     | C9 |
|                                                                                  |     | B9                     |    |
|                                                                                  |     | B10                    |    |
|                                                                                  |     | B11                    |    |
|                                                                                  |     | B12                    |    |



|                                                                  |     |     |    |
|------------------------------------------------------------------|-----|-----|----|
| Comprender, aprender a construír e xestionar sistemas de qubits. | A1  | B1  | C1 |
|                                                                  | A2  | B2  | C2 |
|                                                                  | A3  | B3  | C3 |
|                                                                  | A7  | B4  | C4 |
|                                                                  | A9  | B5  | C5 |
|                                                                  | A10 | B6  | C7 |
|                                                                  |     | B7  | C8 |
|                                                                  |     | B8  | C9 |
|                                                                  |     | B9  |    |
|                                                                  |     | B10 |    |
|                                                                  |     | B11 |    |
|                                                                  |     | B12 |    |
| Coñecer o funcionamento dos ordenadores cuánticos.               | A1  | B1  | C1 |
|                                                                  | A2  | B2  | C2 |
|                                                                  | A3  | B3  | C3 |
|                                                                  | A7  | B4  | C4 |
|                                                                  | A9  | B5  | C5 |
|                                                                  | A10 | B6  | C7 |
|                                                                  |     | B7  | C8 |
|                                                                  |     | B8  | C9 |
|                                                                  |     | B9  |    |
|                                                                  |     | B10 |    |
|                                                                  |     | B11 |    |
|                                                                  |     | B12 |    |
| Aprender a deseñar algoritmos cuánticos.                         | A1  | B1  | C1 |
|                                                                  | A2  | B2  | C2 |
|                                                                  | A3  | B3  | C3 |
|                                                                  | A7  | B4  | C4 |
|                                                                  | A9  | B5  | C5 |
|                                                                  | A10 | B6  | C7 |
|                                                                  |     | B7  | C8 |
|                                                                  |     | B8  | C9 |
|                                                                  |     | B9  |    |
|                                                                  |     | B10 |    |
|                                                                  |     | B11 |    |
|                                                                  |     | B12 |    |

| Contidos                |                                                                                            |
|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| Temas                   | Subtemas                                                                                   |
| Introducción            | Antecedentes históricos<br>Contexto de la computación cuántica<br>Reflexiones preliminares |
| Fundamentos Matemáticos | Números complejos<br>Espacios vectoriales<br>Espacios de Hilbert                           |
| Computación Reversible  | Operadores lógicos<br>Operaciones lógicas reversibles<br>Diseño del ordenador reversible   |



|                                   |                                                                                                    |
|-----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| La Unidad Cuántica de Información | Descripción formal del qubit<br>Superposición de estados<br>Principio de no-clonación              |
| Sistemas de qubits                | Bases canónicas<br>Producto tensorial de estados<br>Operaciones en serie y en paralelo             |
| Operaciones y Circuitos Cuánticos | Matrices unitarias<br>Operaciones unitarias<br>Circuitos cuánticos                                 |
| Diseño del Ordenador Cuántico     | Operadores de aniquilación<br>Operadores de creación<br>El Hamiltoniano de la computación cuántica |
| Algoritmos Cuánticos              | Algoritmo de Deutsch<br>Algoritmo de Simon<br>Teletransporte cuántico                              |
| Consideraciones finales           | Análisis de contenidos<br>Síntesis de resultados<br>Discusión y conclusiones                       |

| Planificación                                                                                                            |                                                                                               |                   |                                           |              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|-------------------------------------------|--------------|
| Metodoloxías / probas                                                                                                    | Competencias                                                                                  | Horas presenciais | Horas non presenciais / traballo autónomo | Horas totais |
| Sesión maxistral                                                                                                         | A1 A2 A3 A7 A9 A10<br>B1 B2 B3 B4 B5 B6<br>B7 B8 B9 B10 B11<br>B12 C1 C2 C3 C4 C5<br>C7 C8 C9 | 15                | 60                                        | 75           |
| Prácticas a través de TIC                                                                                                | A1 A2 A3 A7 A9 A10<br>B1 B2 B3 B4 B5 B6<br>B7 B8 B9 B10 B12 C1<br>C2 C3 C4 C5 C7 C8<br>C9     | 23                | 11.5                                      | 34.5         |
| Atención personalizada                                                                                                   |                                                                                               | 3                 | 0                                         | 3            |
| *Os datos que aparecen na táboa de planificación son de carácter orientativo, considerando a heteroxeneidade do alumnado |                                                                                               |                   |                                           |              |

| Metodoloxías              |                                                                                                                                                      |
|---------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Metodoloxías              | Descrición                                                                                                                                           |
| Sesión maxistral          | Explicación en el aula de los contenidos de la materia.<br>Resolución de problemas y supuestos prácticos.<br>Realización de seminarios interactivos. |
| Prácticas a través de TIC | Resolución de problemas prácticos en entornos TIC.<br>Realización en equipo de prácticas de laboratorio con simuladores cuánticos.                   |

| Atención personalizada |            |
|------------------------|------------|
| Metodoloxías           | Descrición |



|                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|---------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Prácticas a través de TIC | <p>Resolución por parte dos profesores da materia, das dúbidas e cuestións expostas polos estudantes.</p> <p>Supervisión e asistencia na realización das prácticas expostas.</p> <p>Segundo calendario e materia xa tratada, realizaranse seminarios interactivos.</p> <p>Resolución en lousa de supostos prácticos con problemas reais fomentando a interdisciplinariedad.</p> <p>É tradición nesta materia a realización en equipo de traballos tutelados.</p> <p>Casos especiais, minusvalías, tempo parcial, terán tratamento adaptado.</p> |
|---------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

| Avaliación                |                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                  |               |
|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| Metodoloxías              | Competencias                                                                                  | Descrición                                                                                                                                                                                                       | Cualificación |
| Sesión maxistral          | A1 A2 A3 A7 A9 A10<br>B1 B2 B3 B4 B5 B6<br>B7 B8 B9 B10 B11<br>B12 C1 C2 C3 C4 C5<br>C7 C8 C9 | <p>Evaluación continua de actividades realizadas individualmente.</p> <p>Evaluación continua de actividades realizadas en equipo.</p> <p>Prueba final de desarrollo de cinco preguntas cortas de la materia.</p> | 50            |
| Prácticas a través de TIC | A1 A2 A3 A7 A9 A10<br>B1 B2 B3 B4 B5 B6<br>B7 B8 B9 B10 B12 C1<br>C2 C3 C4 C5 C7 C8<br>C9     | <p>Evaluación de prácticas individuales.</p> <p>Evaluación de prácticas realizadas en equipo.</p>                                                                                                                | 50            |

| Observacións avaliación                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Non se establece ningunha nota de corte, ni en Teoría ni en Prácticas. <math>\text{Nota\_Final} = 0.5 \times (\text{Nota\_Teoría} + \text{Nota\_Prácticas})</math>. Para aprobar la asignatura, a Nota_Final ten que ser mayor o igual a 5.00 puntos.</p> <p>A realización fraudulenta de probas e/ou actividades implicará directamente a cualificación de suspenso ("0") na materia na convocatoria correspondente, invalidando calquera cualificación obtida en tódalas actividades de cara á seguinte oportunidade, de existir, dentro do mesmo curso académico.</p> |

| Fontes de información              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Bibliografía básica</b>         | <p>- Noson S. Yanofsky, Mirco A. Mannucci (2009). Quantum Computing for Computer Scientists. Cambridge University Press</p> <p>- Richard P. Feynman (2001). Feynman Lectures On Computation. CRC Press</p> <p>- Vicente Moret Bonillo (2017). Adventures in Computer Science. Springer</p> <p>After presenting the necessary prerequisites, the material is organized to look at different aspects of quantum computing from the specific standpoint of computer science. There are chapters on computer architecture, algorithms, programming languages, theoretical computer science, cryptography, information theory, and hardware. The text has step-by-step examples, more than two hundred exercises with solutions, and programming drills that bring the ideas of quantum computing alive for today's computer science students and researchers. After presenting the necessary prerequisites, the material is organized to look at different aspects of quantum computing from the specific standpoint of computer science. There are chapters on computer architecture, algorithms, programming languages, theoretical computer science, cryptography, information theory, and hardware. The text has step-by-step examples, more than two hundred exercises with solutions, and programming drills that bring the ideas of quantum computing alive for today's computer science students and researchers.</p> |
| <b>Bibliografía complementaria</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |



## Recomendacións

### Materias que se recomenda ter cursado previamente

Física na Nanoescala/610G04041  
Nanociencia e Nanotecnoloxía Computacional/610G04034  
Métodos Numéricos e Estatísticos/610G04013  
Fundamentos de Cuántica/610G04015  
Fundamentos de Matemáticas/610G04001  
Mecánica e Ondas/610G04002  
Fundamentos de Informática/610G04010

### Materias que se recomenda cursar simultaneamente

### Materias que continúan o temario

## Observacións

Fomentarase o desenvolvemento dunha cidadanía crítica, aberta e respectuosa coa diversidade na nosa sociedade, salientando a igualdade de dereitos do alumnado sen discriminación por cuestión de xénero ou condición sexual. Empregarase unha linguaxe inclusiva no material e no desenvolvemento das sesións. Traballarase para identificar e modificar prexuízos e actitudes sexistas e influirase na contorna para modificalos e fomentar valores de respecto e igualdade. Para axudar a conseguir unha contorna inmediata sustentable e cumprir co punto 6 da "Declaración Ambiental da Facultade de Ciencias (2020)", os traballos documentais que se realicen nesta materia podrán solicitarse en formato virtual e soporte informático.

(\*)A Guía docente é o documento onde se visualiza a proposta académica da UDC. Este documento é público e non se pode modificar, salvo casos excepcionais baixo a revisión do órgano competente de acordo coa normativa vixente que establece o proceso de elaboración de guías