

CENTRO: 180 - Escuela de Ingeniería Informática

TITULACIÓN: 4046 - Grado en Ingeniería Física y Matemática

ASIGNATURA: 49209 - COMPUTACIÓN CUÁNTICA

CÓDIGO UNESCO: **TIPO:** Optativa **CURSO:** 4 **SEMESTRE:** 2º semestre

CRÉDITOS ECTS: 3 **Especificar créditos de cada lengua:** **ESPAÑOL:** 3 **INGLÉS:**

Enlace a la MEMORIA DE VERIFICACIÓN

<https://www2.ulpgc.es/plan-estudio/4046/40/verificacion/4>

REQUISITOS PREVIOS RESPECTO A ASIGNATURAS DE LA TITULACIÓN

Programación I, Programación II
Fundamentos de Mecánica Cuántica

CONTENIDOS TEÓRICOS, PRÁCTICOS Y DE LABORATORIO

Contenidos teóricos

Tema 1 (2 horas): Información cuántica

- Cúbits, puertas y medidas
- Estados cuánticos y reversibilidad
- Teorema de no clonación
- Puertas y circuitos cuánticos

Bibliografía: [4]

Tema 2 (7 horas): Algoritmos cuánticos

- Algoritmos que utilizan la amplificación de amplitud
- Algoritmos que utilizan la transformada de Fourier cuántica
- Algoritmos de caminata cuántica
- Algoritmos de optimización

Bibliografía: [2]

Tema 3 (1 hora): Criptografía cuántica

- Protocolos BB84 y Ekert91
- Codificación densa

Bibliografía: [2, 4, 5]

Tema 4 (3 horas): Computación cuántica para el aprendizaje automático

- Codificación de las características

- Máquina vector soporte cuántico
- Quantum neural networks

Bibliografía: [1, 2]

Tema 5 (2 horas): Arquitecturas y tecnologías de los computadores cuánticos

- Puertas nativas, transpilación y compilación
- Decoherencia, relajación, y desfase
- Corrección de errores cuánticos
- Computación cuántica con iones atrapados
- Computación cuántica con superconductores

Bibliografía: [3]

Se desarrollará las Competencias: CB1, CB5, CG1, CG3, CG5, CG6, CT1, CE2, CE4, CE5, CE14, CE15

Contenidos prácticos

De forma presencial, se realizarán cinco prácticas en el laboratorio asignado a esta asignatura. El nivel de profundidad de los contenidos abordados dependerá del tiempo asignado a cada práctica. A continuación, se presenta una descripción de cada una de ellas.

1. (1 hora) Entorno de desarrollo integrado. Fundamentos de programación cuántica
 - Cúbits. Esfera de Bloch. Estados cuánticos
 - Puertas y circuitos cuánticos elementales.
 - Algoritmos de Bernstein-Vazirani, de Deutsch y de Deutsch-Jozsa
2. (2 horas) Programación de algoritmos que utilizan la amplificación de amplitud
 - Algoritmo de Grover (Amplificación de amplitud cuántica (QAA))
 - Estimación de amplitud cuántica
 - Coloreado de grafos
3. (4 horas) Programación de algoritmos que utilizan la transformada de Fourier cuántica
 - Transformada cuántica de Fourier (QFT)
 - Circuito de retroceso de fase (Phase-Kick Circuit)
 - Estimación de la fase cuántica (QPE)
 - Algoritmo de Shor
 - Aritmética cuántica
4. (4 horas) Algoritmos de optimización
 - Eigensolver cuántico variacional (VQE)
 - Algoritmo de Optimización Cuántica Aproximada (QAOA)
 - Formulación de Ising de problemas NP
5. (4 horas) El aprendizaje automático cuántico
 - SVM cuántico
 - Circuitos varicionales

Bibliografía para TODAS las prácticas: [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8]

Se desarrollará las competencias: CB1, CB5, CG1, CG3, CG5, CG6, CT1, CE2, CE4, CE5, CE14, CE15

Esta asignatura se adhiere a las directrices sobre sostenibilidad curricular emitidas por la CRUE y la propia ULPGC a través la Agenda 2030, y sus 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Las competencias y contenidos de la asignatura Arquitectura de Computadores integrarán contenidos y referencias a los ODS: 9,3,7 y 13; y la metodología y la evaluación se guiarán por buenas prácticas de sostenibilidad en todo lo posible.

EVALUACIÓN:

Criterios y sistemas de evaluación

Las fuentes de evaluación que se usarán, con los criterios a aplicar en cada caso, son:

FE1. Exámenes: Realización de exámenes o pruebas de carácter escrito que integrarán preguntas teóricas y problemas prácticos. En su evaluación, el profesorado valorará: (a) la capacidad del estudiante para justificar y describir de forma adecuada el procedimiento empleado en la resolución de las cuestiones y problemas, (b) la claridad, coherencia y organización en la exposición y desarrollo de las respuestas y soluciones propuestas.

Competencias: CB1, CB5, CG1, CG3, CG5, CG6, CT1, CE2, CE4, CE5, CE14, CE15

FE2. Trabajo práctico: se valorará que el estudiantado sea capaz de desarrollar trabajo práctico autónomo del contenido de la asignatura, propuesto por el profesorado.

Competencias: CB1, CB5, CG1, CG3, CG5, CG6, CT1, CE2, CE4, CE5, CE14, CE15

FE3. Exámenes prácticos: Realización de exámenes o pruebas de carácter escrito que integrarán ejercicios prácticos. En su evaluación, el profesorado valorará: (a) la capacidad del estudiante para justificar y describir de forma adecuada el procedimiento empleado en la resolución de las ejercicios prácticos, (b) la claridad, coherencia y organización en la exposición y desarrollo de las respuestas y soluciones propuestas.

Sistemas de evaluación (y criterios de calificación)

El sistema de evaluación será el mismo para todas las convocatorias:

* Evaluación de la teoría: Para evaluar la teoría se recogerá una evidencia con un examen.

* Evaluación de las prácticas: Para evaluar las prácticas se utilizará como evidencias exámenes de prácticas. El número variará dependiendo de la convocatoria.

* Evaluación del trabajo práctico: Para evaluar el trabajo práctico realizado por el estudiantado se usarán como evidencias las actividades propuestas por el profesorado durante el desarrollo de la asignatura, tales como cuestionarios.

En lo que se refiere a guardar notas de prácticas aprobadas en cursos anteriores, se hará lo que disponga la normativa vigente a ese respecto.

En las distintas pruebas de evaluación solo se podrá hacer uso del material que el profesorado indique, y no se podrá utilizar las herramientas basadas en IA. El uso de la misma dará lugar a un suspenso en la prueba y en la asignatura.

En lo que al uso de la IA se refiere para el resto de actividades de la asignatura, se permite su uso para el estudio y comprensión de la asignatura. Cuando el estudiantado utilice la IA en cualquier actividad entregable, debe indicar que la ha utilizado, de qué forma la ha utilizado, qué preguntas realizó, cuales fueron las respuestas de la IA y cómo ha mejorado el entregable de la actividad por

el hecho de haber utilizado la IA. No indicar que se ha utilizado la IA, habiéndola utilizado, dará lugar a un suspenso en la actividad y en la asignatura.

Criterios de calificación

* Convocatoria ORDINARIA:

Nota de la teoría, Nota_Teoría, vendrá dada por la calificación de un examen de teoría (FE1) realizado el día de la convocatoria oficial. Esta nota contribuirá con un 40% a la nota final de la asignatura.

Nota de las prácticas, Nota_Prácticas, se obtendrá de la media ponderada de los exámenes de prácticas (FE3). Esta nota contribuirá con un 40% a la nota final de la asignatura.

Nota de los trabajos prácticos, Nota_Trabajo, se calculará con la media ponderada de las distintas actividades planteadas. Esta nota contribuirá con un 20% a la nota final de la asignatura.

La nota final se calculará como:

$$\text{Nota_Final} = 0.4 * \text{Nota_Teoría} + 0.4 * \text{Nota_Prácticas} + 0.2 * \text{Nota_Trabajo}$$

El rango de puntuación de nota_Teoría, Nota_Prácticas y Nota_Trabajo es [0 .. 10]. Para aprobar la asignatura, tanto Nota_Final, Nota_Teoría como Nota_Prácticas deben ser cada una de ellas superior o igual a 5,0. Cuando no se cumpla alguna de las condiciones anteriormente expuestas, la nota que se reflejará en el acta se calculará como el mínimo entre la Nota_Final y 4.

El estudiante recibirá una calificación "No Presentado" cuando no se presente a la convocatoria ordinaria, que se celebrará en la fecha fijada por el centro.

* Convocatoria EXTRAORDINARIA y ESPECIAL:

Nota de la teoría, Nota_Teoría, vendrá dada por la calificación de un examen de teoría (FE1) realizado el día de la convocatoria oficial. Esta nota contribuirá con un 40% a la nota final de la asignatura.

Nota de las prácticas, Nota_Prácticas, vendrá dada por la calificación de un examen de prácticas (FE3) realizado el día de la convocatoria oficial. Esta nota contribuirá con un 40% a la nota final de la asignatura.

Nota de los trabajos prácticos, Nota_Trabajo, se calculará con la media ponderada de las distintas actividades planteadas. Esta nota contribuirá con un 20% a la nota final de la asignatura. Solo podrán realizarse estas actividades durante el periodo de docencia de la asignatura.

La nota final se calculará como:

$$\text{Nota_Final} = 0.4 * \text{Nota_Teoría} + 0.4 * \text{Nota_Prácticas} + 0.2 * \text{Nota_Trabajo} (+)$$

El rango de puntuación de nota_Teoría, Nota_Prácticas y Nota_Trabajo es [0 .. 10]. Para aprobar la asignatura, tanto Nota_Final, Nota_Teoría como Nota_Prácticas deben ser cada una de ellas superior o igual a 5,0. Cuando no se cumpla alguna de las condiciones anteriormente expuestas, la nota que se reflejará en el acta se calculará como el mínimo entre la Nota_Final y 4.

(+) Solo podrán realizarse estas actividades durante el periodo de docencia de la asignatura.

Cuando no se cumpla alguna de las condiciones anteriormente expuestas, la nota que se reflejará en el acta se calculará como el mínimo entre la Nota_Final y 4.

El estudiante recibirá una calificación "No Presentado" cuando no se presente a la convocatoria oficial, que se celebrará en la fecha fijada por el centro.

PLANIFICACIÓN SEMANAL

En 15 semanas se distribuyen 11 horas de teoría (AF1), 4 horas sesiones académicas de interacción (AF2), 15 horas de prácticas de laboratorio/informática (AF3) y 20 horas de trabajos prácticos no presencial (AF4):

Semana 1: Tema 1, AF1 (1 h) + AF2 (1 h)
Semana 2: Tema 2, AF1 (1 h) + Práctica 1, AF3 (1 h) + AF4 (1 h)
Semana 3: Tema 2, AF1 (1 h) + AF2 (1 h)
Semana 4: Práctica 2, AF3 (2 h) + AF4 (2 h)
Semana 5: Tema 2, AF1 (2 h)
Semana 6: Práctica 3, AF3 (2 h) + AF4 (2 h)
Semana 7: Tema 2, AF1 (2 h) + AF4 (1 h)
Semana 8: Práctica 3, AF3 (2 h) + AF4 (2 h)
Semana 9: Tema 3, AF1 (1 h) + Práctica 4, AF3 (1 h)
Semana 10: Práctica 4, AF3 (2 h) + AF4 (2 h)
Semana 11: Tema 4, AF1 (1 h) + Práctica 4, AF3 (1 h) + AF4 (2 h)
Semana 12: Tema 4, AF1 (1 h) + AF2 (1 h) + AF4 (2 h)
Semana 13: Práctica 5, AF3 (2 h) + AF4 (2 h)
Semana 14: Tema 5, AF1 (1 h) + AF2 (1 h) + AF4 (2 h)
Semana 15: Práctica 5, AF3 (2 h) + AF4 (2 h)

PROFESORADO

Dr./Dra. José Carlos Ruiz Luque

(COORDINADOR)

Departamento: 260 - INFORMÁTICA Y SISTEMAS

Ámbito: 035 - Arquitectura Y Tecnología de Computadores

Área: 035 - Arquitectura Y Tecnología de Computadores

Despacho: INFORMÁTICA Y SISTEMAS

Teléfono: **Correo Electrónico:** carlos.luque@ulpgc.es

CV: [Información curricular del profesor](#)

Dr./Dra. Carmelo Cuenca Hernández

Departamento: 260 - INFORMÁTICA Y SISTEMAS

Ámbito: 035 - Arquitectura Y Tecnología de Computadores

Área: 035 - Arquitectura Y Tecnología de Computadores

Despacho: INFORMÁTICA Y SISTEMAS

Teléfono: 928458737 **Correo Electrónico:** carmelo.cuenca@ulpgc.es

CV: [Información curricular del profesor](#)

[1 Básico] A Practical Guide to Quantum Machine Learning and Quantum Optimization: Hands-on Approach to Modern Quantum Algorithms

Elias F. Combarro, Samuel Gonzalez-Castillo
Packt Publishing - (1)
1804613835

[2 Básico] Quantum Computing for Programmers

Hundt, R
Cambridge: Cambridge University Press. - (2)

[3 Básico] Building Quantum Computers: A Practical Introduction

Majidy, S., Wilson, C. and Laflamme, R.
Cambridge: Cambridge University Press

[4 Básico] Quantum Computation and Quantum Information: 10th Anniversary Edition

NIELSEN M. and CHUANG I.
Cambridge University Press

[5 Básico] A Student's Guide to Quantum Computing

Olivares, S.
Springer Nature - (2025)

[6 Recomendado] Learn Quantum Computation using Qiskit.

<http://community.qiskit.org/textbook>
- (2020)

[7 Recomendado] PennyLane Documentation

<https://docs.pennylane.ai/en/stable/>

[8 Recomendado] Qiskit Textbook (IBM): Repositorio con notebooks interactivos para aprender computacion cuantica con Qiskit.

<https://github.com/Qiskit/textbook/blob/main/notebooks/ch-gates/README.md>