



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID

PROCESO DE
COORDINACIÓN DE LAS
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S. de Ingenieros
Informaticos

ANX-PR/CL/001-01

GUÍA DE APRENDIZAJE

ASIGNATURA

105000346 - Introducción A La Información, Computación Y Algorítmica Cuántica

PLAN DE ESTUDIOS

10ML - Grado En Matematicas E Informática

CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2023/24 - Primer semestre

Índice

Guía de Aprendizaje

1. Datos descriptivos.....	1
2. Profesorado.....	1
3. Competencias y resultados de aprendizaje.....	2
4. Descripción de la asignatura y temario.....	3
5. Cronograma.....	5
6. Actividades y criterios de evaluación.....	8
7. Recursos didácticos.....	11
8. Otra información.....	12

1. Datos descriptivos

1.1. Datos de la asignatura

Nombre de la asignatura	105000346 - Introducción a la Información, Computación y Algorítmica Cuántica
No de créditos	6 ECTS
Carácter	Optativa
Curso	Cuarto curso
Semestre	Séptimo semestre
Período de impartición	Septiembre-Enero
Idioma de impartición	Castellano
Titulación	10ML - Grado en Matematicas e Informática
Centro responsable de la titulación	10 - Escuela Tecnica Superior De Ingenieros Informaticos
Curso académico	2023-24

2. Profesorado

2.1. Profesorado implicado en la docencia

Nombre	Despacho	Correo electrónico	Horario de tutorías *
Vicente Martin Ayuso (Coordinador/a)	5210	vicente.martin@upm.es	Sin horario.
Antonio Tabernero Galan		antonio.tabernero@upm.es	Sin horario.
Juan Pedro Brito Mendez	5201	juanpedro.brito@upm.es	Sin horario.

* Las horas de tutoría son orientativas y pueden sufrir modificaciones. Se deberá confirmar los horarios de tutorías con el profesorado.

2.2. Personal investigador en formación o similar

Nombre	Correo electrónico	Profesor responsable
Rosales Bejarano, Jose Luis	jose.rosales@fi.upm.es	Martin Ayuso, Vicente

3. Competencias y resultados de aprendizaje

3.1. Competencias

CE26 - Conocimiento de los tipos apropiados de soluciones, y comprensión de la complejidad de los problemas informáticos y la viabilidad de su solución.

CG01 - Capacidad de resolución de problemas aplicando conocimientos de matemáticas, ciencias e ingeniería.

CG02 - Capacidad para el aprendizaje autónomo y la actualización de conocimientos, y reconocimiento de su necesidad en las áreas de la matemática y la informática.

CG06 - Capacidad para trabajar dentro de un equipo, organizando, planificando, tomando decisiones, negociando y resolviendo conflictos, relacionándose, y criticando y haciendo autocrítica.

CG10 - Capacidad para usar las tecnologías de la información y la comunicación.

3.2. Resultados del aprendizaje

RA102 - Desarrollar la solución matemática y algorítmica mas apropiada a un problema matemático o informático que requiera un tratamiento especialmente complejo, analizando y exponiendo su viabilidad.

RA104 - Dado un campo de aplicación de las matemáticas o de la informática, evaluar y diseñar la solución más apropiada para resolver alguno de sus problemas, exponiendo las dificultades técnicas y los limites de la aplicación.

RA111 - Dado un campo de aplicación de las matemáticas o de la informática, evaluar y diseñar la solución más apropiada para resolver alguno de sus problemas, exponiendo las dificultades técnicas y los limites de la aplicación

RA105 - Dado un problema real elegir las herramientas matemáticas o la tecnología informática más apropiada para su solución y diseñar su desarrollo e integración, analizando la viabilidad de su solución.

4. Descripción de la asignatura y temario

4.1. Descripción de la asignatura

El curso pretende dar un panorama del creciente tema de la Información y Computación Cuántica desde un punto de vista de Ciencias de la Computación. Es éste un nuevo paradigma en computación que permite resolver problemas que clásicamente o bien son imposibles (como es el caso de la transmisión de claves con secreto garantizado) o con una complejidad computacional menor (como en el algoritmo de Grover, para búsquedas no dirigidas) que puede llegar a cambiar de orden de complejidad con respecto al mejor algoritmo clásico conocido (como el Algoritmo de Shor, que factoriza números en tiempo polinomial, rompiendo así los sistemas de clave pública habituales, como son la RSA, Diffie-Hellman o los basados en curvas elípticas). Un aspecto más desconocido, pero muy importante para la industria es su uso para resolver problemas de optimización, lo que tiene implicaciones desde farmacología a problemas de camino mínimo o para inteligencia artificial. Son estos últimos algoritmos los que han despertado el interés de gigantes en el mundo de la informática como Google, Microsoft o IBM. El curso acabará con un panorama de estos métodos y una breve descripción del hardware que se está usando para implementar los nuevos ordenadores cuánticos.

4.2. Temario de la asignatura

1. Conceptos fundamentales
 - 1.1. La información es física: qubits.
 - 1.2. Los fundamentos de la mecánica cuántica
 - 1.3. Computación cuántica
 - 1.4. Información cuántica
 - 1.5. Realizaciones experimentales de los conceptos y algoritmos fundamentales.
2. Criptografía cuántica
 - 2.1. Ideas y algoritmos fundamentales en Criptografía Cuántica
 - 2.2. Criptografía cuántica en la práctica.
3. Algoritmos fundamentales en Computación Cuántica
 - 3.1. Búsqueda Cuántica: Algoritmo de Grover.
 - 3.2. Factorización: Algoritmo de Shor.

4. Optimización Cuántica

4.1. Quantum annealing

4.2. Aplicaciones.

5. Implementaciones físicas de la Computación Cuántica.

5.1. Puertas básicas.

5.2. Realizaciones del concepto de ordenador cuántico.

5. Cronograma

5.1. Cronograma de la asignatura *

Sem	Actividad en aula	Actividad en laboratorio	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	<p>Tema 1. Introducción y Conceptos Fundamentales. Qubits Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Tema 1. Duración: 02:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p>			
2	<p>Tema 1. Conceptos Fundamentales de la mecánica cuántica. Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Tema 1. Duración: 02:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p>			
3	<p>Tema 1. Conceptos Fundamentales de la mecánica cuántica. Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Tema 1. Duración: 02:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p>			
4	<p>Tema 1. Conceptos Fundamentales de la mecánica cuántica. Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Tema 1. Duración: 02:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p>			
5	<p>Tema 2: Criptografía Cuántica Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Tema 2. Duración: 02:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p>			

6	<p>Tema 2: Criptografía Cuántica Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Tema 2. Duración: 02:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p>			
7	<p>Tema 3. Algoritmos Fundamentales Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Tema 3. Duración: 02:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p>			
8	<p>Tema 3. Algoritmos Fundamentales: Grover Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Tema 3. Duración: 02:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p>			
9	<p>Tema 3. Algoritmos Fundamentales: Shor Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Tema 3. Duración: 02:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p>			
10	<p>Tema 4. Optimización Cuántica Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Tema 4. Duración: 02:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p>			
11	<p>Tema 4. Duración: 02:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p> <p>Tema 4. Optimización Cuántica. Quantum annealing Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
12	<p>Tema 4. Optimización Cuántica. Quantum annealing Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Tema 4. Duración: 02:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p>			

13	Tema 5: Implementaciones de la Computación Cuántica. Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral Tema 5. Duración: 02:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas			
14				Presentación y desarrollo de los temas de discusión. Primera parte TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua Presencial Duración: 04:00
15				Presentación y desarrollo de los temas de discusión. Primera/Segunda parte. Clase adicional para tener tiempo durante las exposiciones. TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua Presencial Duración: 04:00
16				Presentación y desarrollo de los temas de discusión. Segunda parte. TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación continua Presencial Duración: 04:00
17				Examen Final - Teoría EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación sólo prueba final Presencial Duración: 01:00

Para el cálculo de los valores totales, se estima que por cada crédito ECTS el alumno dedicará dependiendo del plan de estudios, entre 26 y 27 horas de trabajo presencial y no presencial.

* El cronograma sigue una planificación teórica de la asignatura y puede sufrir modificaciones durante el curso derivadas de la situación creada por la COVID-19.

6. Actividades y criterios de evaluación

6.1. Actividades de evaluación de la asignatura

6.1.1. Evaluación (progresiva)

Sem.	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
14	Presentación y desarrollo de los temas de discusión. Primera parte	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	Presencial	04:00	50%	3 / 10	CG01 CG02 CG06 CG10 CE26
15	Presentación y desarrollo de los temas de discusión. Primera/Segunda parte. Clase adicional para tener tiempo durante las exposiciones.	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	Presencial	04:00	%	/ 10	
16	Presentación y desarrollo de los temas de discusión. Segunda parte.	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	Presencial	04:00	50%	3 / 10	CG01 CG02 CG06 CG10 CE26

6.1.2. Prueba evaluación global

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
17	Examen Final - Teoría	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	01:00	100%	5 / 10	CG01 CG02 CG06 CG10 CE26

6.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
-------------	-----------	------	----------	-----------------	-------------	------------------------

Examen Final	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	100%	5 / 10	CG01 CG02 CG06 CG10 CE26
--------------	-------------------------------------	------------	-------	------	--------	--------------------------------------

6.2. Criterios de evaluación

El método de evaluación de la asignatura es el de evaluación progresiva. Conforme a la normativa UPM, se admite también el método de evaluación global para aquellos alumnos que así lo deseen.

Evaluación progresiva:

La calificación se obtendrá mediante la presentación ante la clase de dos trabajos/proyectos y los correspondientes informes/memorias, que serán realizados individualmente (si el número de estudiantes lo permite, dado el incremento de tiempo necesario para las presentaciones) o por grupos con un máximo de dos componentes y subidas a Moodle. Estas presentaciones y entregas se harán al final de la asignatura, por lo que no son recuperables. El estudiante que no las supere deberá presentarse a la prueba de evaluación global.

Las presentaciones serán breves (10-15 min.) y continuarán con la discusión del tema presentado por la clase. Los temas concretos de discusión se asignan durante las clases de la asignatura y también pueden ser propuestos por los estudiantes. Se evaluará positivamente tanto que el tema sea propuesto por los estudiantes como el que levante el interés de la clase y sea discutido por todos. Las presentaciones tendrán lugar en las clases establecidas al respecto aunque, dependiendo del número de estudiantes, el desarrollo del curso y siempre que esté acordado por los que realizarán la presentación, podrá realizarse durante otras clases. Los temas serán elegidos en clase por los estudiantes de la lista de trabajos disponibles. Es posible para el estudiante proponer el tema de trabajo, siempre y cuando pertenezca al temario de la asignatura o esté claramente relacionado con ella. En este caso deberá contar con la aprobación del profesor. Tras la asignación del tema, el grupo deberá presentar un guión, durante las dos semanas siguientes como máximo y de unos dos folios de extensión donde hará un

desarrollo previo, incluyendo bibliografía. Las propuestas serán discutidas en clase y los estudiantes deberán corregir los guiones de acuerdo a los resultados de las discusiones. Estas clases se anunciarán con antelación.

Durante las clases de discusión de los guiones previos, los estudiantes podrán apoyarse en material adicional, como transparencias, programas, etc. para explicar su esquema de guión. Las transparencias usadas durante la presentación así como cualquier material que el grupo considere necesario para su correcta comprensión y evaluación se subirán a Moodle en la correspondiente entrega.

Evaluación Global:

Acorde a la normativa de exámenes (artículo 20.2) de la universidad, se permite una evaluación global, no progresiva, para aquellas alumnos que así lo soliciten. Esta evaluación consistirá en un examen de teoría y la solución de problemas propuestos. Se realizará en las fechas establecidas por jefatura de estudios.

Evaluación única: Acorde a la normativa de exámenes (artículo 20.2) de la universidad, se permite una evaluación única, no continua, para aquellas alumnos que así lo soliciten. Los alumnos que lo deseen deberán solicitarlo por escrito al coordinador de la asignatura en un plazo no superior a 30 días tras el inicio de las clases.

Esta evaluación consistirá en un examen de teoría y la solución de problemas propuestos. Se realizará en las fechas establecidas por jefatura de estudios.

Del mismo modo, acorde a la normativa de la universidad, se establece el Examen Extraordinario de Julio: una convocatoria extraordinaria que consiste en un examen del mismo tipo. Se realizará en las fechas establecidas por jefatura de estudios.

7. Recursos didácticos

7.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
Nielsen, Chuang. Quantum Computation and Quantum Information. Cambridge University Press, 2000.	Bibliografía	
Artículos selectos introductorios en Arxiv.org. (por ejemplo, para criptografía cuántica: http://arxiv.org/abs/quant-ph/9811056 http://arxiv.org/abs/quant-ph/0102016	Bibliografía	
Rieffel, Polak Quantum Computing A Gentle Introduction. MIT Press 2011	Bibliografía	
Libro del curso de Preskill Computer Science 219: ?Quantum Computation en Caltech: http://www.theory.caltech.edu/~preskill/ph219/index.html#lecture	Recursos web	
Articulos especializados y de divulgacion sobre temas diversos del curso.	Bibliografía	Articulos especializados y de divulgacion sobre temas diversos del curso. Estaran disponibles en Moodle o accesibles públicamente en la web.
Transparencias y otro material de clase.	Recursos web	Transparencias usadas en clase y otro material del curso. Disponibles en Moodle
Quantum Mechanics: The theoretical minimum	Bibliografía	Leonard Susskind y Art Friedman. Basic Books, 2014. Un libro simple pero suficientemente serio para empezar a estudiar mecánica cuántica. Muy ameno (y barato)

8. Otra información

8.1. Otra información sobre la asignatura

Nota: Ante cualquier inconsistencia que pudiera surgir entre esta guía y el material equivalente publicado en el Moodle de la asignatura, prevalecerán las instrucciones en Moodle.