



Corrección de
errores
**Máster Universitario en
Computación Cuántica**



UNIVERSIDAD
NEBRIJA

GUÍA DOCENTE

Asignatura: Corrección de errores

Titulación: Máster Universitario en Computación Cuántica

Carácter: Obligatoria

Idioma: Castellano

Modalidad: Híbrida

Créditos: 3

Curso: 1º

Semestre: 1º

Profesor / Equipo docente: D. Francisco Gálvez Ramírez, Dr. D. Miguel Ángel Martín-Delgado Alcantara.

1. COMPETENCIAS Y RESULTADOS DE APRENDIZAJE

1.1. Competencias

Competencias básicas

- CB6 Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en el desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación.
- CB7 Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio.
- CB8 Que los estudiantes sean capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios.
- CB9 Que los estudiantes sepan comunicar sus conclusiones y los conocimientos y razones últimas que las sustentan a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades.
- CB10 Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.

Competencias generales

- CG1 Desarrollar la capacidad del aprendizaje autónomo con el fin de adaptarse a un entorno cambiante y con múltiples desafíos en el ámbito de la computación cuántica.
- CG2 Resolver problemas y tomar decisiones eficaces ante problemas planteados en el sector de la computación cuántica.
- CG3 Comunicarse de forma especializada, tanto oralmente como por escrito en el ámbito de la computación cuántica.
- CG4 Utilizar y sintetizar las diferentes fuentes de información para obtener resultados científicos y aplicarlos en el ámbito de la computación cuántica.
- CG5 Conocer y aplicar los conocimientos adquiridos en la resolución de problemas en entornos nuevos, asumiendo riesgos y aplicando un juicio crítico en el ámbito de la computación cuántica.

Competencias específicas

- CE6 Diseñar, componer y analizar circuitos cuánticos para su aplicación a problemas reales.
- CE10 Modificar, corregir y adaptar algoritmos cuánticos existentes para resolver un problema concreto dentro de un proyecto.
- CE12 Realizar cálculos estimativos sobre el alcance de la precisión en un circuito cuántico.
- CE13 Proponer soluciones de corrección de errores en base a los conocimientos adquiridos para distintas plataformas.

1.2. Resultados de aprendizaje

El estudiante al finalizar esta materia deberá:

- Conocer las técnicas de corrección de errores cuánticos.
- Comprender nuevos enfoques aplicables a la corrección de errores en Computación Cuántica.

2. CONTENIDOS

2.1. Requisitos previos

Ninguno.

2.2. Descripción de los contenidos

- Revisión de teoría de la información y corrección de errores.
- Inversión de Bit e Inversión de fase.
- Código de 9 qubits de Shor.
- Códigos correctores CSS (Calderbank-Shor-Steane).
- Formalismos estabilizadores.
- El código de superficie.
- Computación cuántica tolerante a fallos.

2.3. Contenido detallado

Presentación de la asignatura

Explicación de la **guía docente**

Tema 1: Revisión de la teoría de errores clásica.

- 1.1 Corrección y redundancia .
- 1.2 Códigos clásicos de corrección de errores.
- 1.3 Código de Hamming.

Tema 2: Inversión de Bit e Inversión de Fase.

- 2.1 Correcciones de salto de bit cuántico.
- 2.2 Correcciones de corrimiento de fase cuántica.

Tema 3: Código de 9 qubits de Shor.

- 3.1 Corrección conjunta de salto de bit y salto de fase.
- 3.2 Implementación del código corrector de Shor.

Tema 4: Códigos Correctores CSS.

- 4.1 Descripción de los códigos CSS.
- 4.2 Código de Steane.
- 4.3 Realización práctica.

Tema 5: Formalismos estabilizadores.

5.1 El formalismo estabilizador.

5.2 El teorema de Gottesman - Knill.

5.3 Construcción de códigos estabilizadores cuánticos.

Tema 6: El Código de Superficie.

6.1 El código tórico de Kitaev.

6.2 Descripción del código de superficie.

6.3 Corrección de errores mediante el código de superficie.

Tema 7: Computación cuántica tolerante a fallos.

7.1 Fundamentos de computación cuántica topológica.

7.2 El efecto Hall cuántico.

7.3 La partícula de Majorana.

7.4 Técnicas de corrección topológicas.

2.4. Actividades dirigidas

Durante el curso se realizarán varias actividades dirigidas en forma de trabajos orientados al aprendizaje y aplicación de los nuevos conceptos aprendidos o ampliación de éstos. Las actividades se desarrollarán de forma individual o en grupo.

2.5. Actividades formativas

CÓDIGO	ACTIVIDAD FORMATIVA	HORAS	PORCENTAJE DE PRESENCIALIDAD
AF1	Clases de teoría y práctica	22,5	10%
AF2	Tutorías	5,4	0%
AF3	Seminarios y talleres prácticos	7,5	50%
AF4	Estudio individual y trabajo autónomo	36	0%
AF5	Evaluación	3,6	100%

3. SISTEMA DE EVALUACIÓN

3.1. Sistema de calificaciones

El sistema de calificaciones finales se expresará numéricamente del siguiente modo:

0 - 4,9 Suspenso (SS)

5,0 - 6,9 Aprobado (AP)

7,0 - 8,9 Notable (NT)

9,0 - 10 Sobresaliente (SB)

La mención de “matrícula de honor” se otorgará a estudiantes que hayan obtenido una calificación igual o superior a 9,0 puntos. Su número no podrá exceder del cinco por ciento de los estudiantes matriculados en la materia en el correspondiente curso académico, salvo que el número de estudiantes matriculados sea inferior a 20, en cuyo caso se podrá conceder una sola «Matrícula de Honor».

3.2. Criterios de evaluación

Convocatoria ordinaria

Sistemas de evaluación	Porcentaje
SE1. Asistencia y participación	10%
SE2. Actividades académicas dirigidas	30%
SE3. Prueba final presencial	60%

Convocatoria extraordinaria

Sistemas de evaluación	Porcentaje
SE2. Actividades académicas dirigidas	40%
SE3. Prueba final presencial	60%

3.3. Restricciones

Calificación mínima

Para poder hacer media con las ponderaciones anteriores es necesario obtener al menos una calificación de 5,0 puntos en la prueba final presencial, tanto en convocatoria ordinaria como en extraordinaria.

En todo caso, la superación de cualquier asignatura está supeditada a aprobar las pruebas finales presenciales individuales correspondientes.

Asistencia

Para poder presentarse a la convocatoria ordinaria es necesario el contabilizar una asistencia mínima del 85% de las clases virtuales de la asignatura

Normas de escritura

Se prestará especial atención en los trabajos, prácticas y proyectos escritos, así como en los exámenes tanto a la presentación como al contenido, cuidando los aspectos gramaticales y ortográficos. El no cumplimiento de los mínimos aceptables puede ocasionar que se resten puntos en dicho trabajo.

3.4. Advertencia sobre plagio

La Universidad Antonio de Nebrija no tolerará en ningún caso el plagio o copia. Se considerará plagio la reproducción de párrafos a partir de textos de autoría distinta a la del estudiante (Internet, libros, artículos, trabajos de compañeros...), cuando no se cite la fuente original de la que provienen. El uso de las citas no puede ser indiscriminado. El plagio es un delito.

En caso de detectarse este tipo de prácticas, se considerará falta grave y se podrá aplicar la sanción prevista en el reglamento del alumno.

4. BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía básica

- Quantum Computation and Quantum Information – M. A. Nielsen, I. L. Chuang – Cambridge University Press – 2010.

Bibliografía recomendada

- Quantum Error Correction and Fault Tolerant Quantum Computing – Frank Gaitan – CRC Press – 2018.
- Quantum Information Processing, Quantum Computing, and Quantum Error Correction: An Engineering Approach – Ivan B. Djordjevic – Academic Press – 2021.
- Quantum Error Correction: Symmetric, Asymmetric, Synchronizable, and Convolutional Codes – Giuliano Gadioli La Guardia – Springer – 2021.