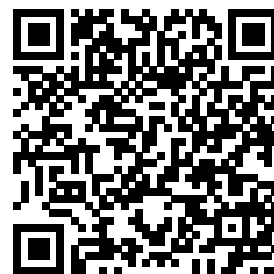


# Circuitos cuánticos superconductores

**MÁSTER UNIVERSITARIO EN TECNOLOGÍAS CUÁNTICAS**

***UNIVERSIDAD INTERNACIONAL MENÉNDEZ PELAYO***

Este documento puede utilizarse como documentación de referencia de esta asignatura para la solicitud de reconocimiento de créditos en otros estudios. Para su plena validez debe estar sellado por la Secretaría de Estudiantes UIMP.



## DATOS GENERALES

### Título asignatura

Circuitos cuánticos superconductores

### Código asignatura

102781

### Curso académico

2024-25

### Planes donde se imparte

[MÁSTER UNIVERSITARIO EN TECNOLOGÍAS CUÁNTICAS](#)

### Créditos ECTS

3

### Carácter de la asignatura

OPTATIVA

### Duración

Cuatrimestral

### Idioma

# CONTENIDOS

## Contenidos

Esta asignatura introducirá al alumnado a los circuitos cuánticos construidos con superconductores tipo I y II, tal y como se emplean actualmente en diferentes ordenadores y simuladores cuánticos fabricados por IBM, Google, D-Wave y otras empresas y laboratorios.

- Introducción a la superconductividad
- Teoría cuántica de circuitos
- Fotones y elementos lineales
- Qubits superconductores
- Interacción qubit-fotón y qubit-qubit, y medidas
- Aplicación a ordenadores cuánticos y optimizadores cuánticos

# RESULTADOS DE APRENDIZAJE Y DE FORMACIÓN

## Generales

### RFA a nivel de Contenidos

RFA2 Entender el procesado de la información usando sistemas cuánticos, como qubits, puertas cuánticas, medidas, entrelazamiento, correlación, y limitaciones fundamentales y complejidad cuántica de algoritmos y operaciones.

RFA3 Identificar conceptos avanzados en el estudio mecano-cuántico de sistemas físicos de muchos cuerpos, fundamentos de interacción luz-materia, elementos de sistemas abiertos y topología.

RFA5 Conocer las principales implementaciones físicas de las tecnologías cuánticas y comprender sus principios de funcionamiento.

### RFA a nivel de Competencias

RFA6 Diseñar, organizar e implementar un evento científico para la presentación del estado del arte en un campo de investigación.

RFA7 Atender, comprender e interpretar una charla científica en un ámbito de investigación de frontera de las tecnologías cuánticas, así como desarrollar una exposición crítica de los resultados presentados.

RFA9 Desarrollar capacidad de análisis, razonamiento crítico y resolución de problemas.

RFA10 Trabajar en equipo de forma activa compartiendo información y tareas para lograr la consecución de los objetivos previstos.

RFA11 Desarrollar proyectos básicos de investigación de forma autónoma.

RFA12 Redactar documentos científicos y técnicos, en particular artículos científicos.

RFA13 Realizar presentaciones sobre una investigación o proyecto científico ante públicos especializados.

RFA14 Buscar, obtener, procesar, comunicar información y transformarla en conocimiento.

RFA15 Conocer las herramientas metodológicas necesarias para desarrollar proyectos de investigación.

### RFA a nivel de Habilidades o destrezas

RFA16 Aplicar conocimiento teórico relacionado con las tecnologías cuánticas en el ámbito de la investigación básica.

RFA17 Aplicar conocimiento teórico relacionado con las tecnologías cuánticas en el ámbito de la

investigación aplicada y el desarrollo tecnológico.

RFA18 Aplicar conocimiento práctico relacionado con las tecnologías cuánticas en el ámbito de la investigación básica.

RFA19 Aplicar conocimiento práctico relacionado con las tecnologías cuánticas en el ámbito de la investigación aplicada y el desarrollo tecnológico.

# PLAN DE APRENDIZAJE

## Actividades formativas

Lección magistral

Clase práctica

Tutorías individuales y/o colectivas

Estudio individual y trabajo autónomo del estudiante

Elaboración de trabajos individuales y/o en grupo

## Metodologías docentes

Clases magistrales

Resolución de casos prácticos

Prácticas de programación o de laboratorio

Ponencias sobre los trabajos o entregables de problemas

Seminarios y conferencias

# SISTEMA DE EVALUACIÓN

## Descripción del sistema de evaluación

Valoración de la participación en tutorías (ponderación mínima 10.0 y ponderación máxima 30.0)

Valoración de informe, prácticas y trabajos individuales o en grupo (ponderación mínima 20.0 y ponderación máxima 50.0)

Valoración de exposiciones orales de trabajos (ponderación mínima 20.0 y ponderación máxima 50.0)

Valoración del examen final oral o escrito (ponderación mínima 40.0 y ponderación máxima 80.0)

## **PROFESORADO**

### **Profesor responsable**

**García Ripoll, Juan José**

*Doctor en Física.*

*Investigador Científico de OPI.*

*Instituto de Física Fundamental, IFF-CSIC.*

### **Profesorado**

**Ramos del Río, Tomás Andrés**

*Doctor en Física.*

*Investigador Ramón y Cajal.*

*Instituto de Física Fundamental IFF-CSIC.*

**Aguado Solá, Ramón**

*Doctor En Física.*

*Profesor De Investigación CSIC*

*Instituto De Ciencia De Materiales De Madrid (ICMM-CSIC)*

**Pino García, Manuel**

*Doctor en Física.*

*Profesor Permanente Laboral.*

*Universidad de Salamanca. Departamento de Física Fundamental.*





# HORARIO

## Horario

17/02/2025

18:00 - 19:00

Quantized electric circuits

Juan José García Ripoll

Doctor en Física.  
Investigador Científico de OPI.  
Instituto de Física Fundamental, IFF-CSIC.

18/02/2025

18:00 - 19:00

Quantized electric circuits

Juan José García Ripoll

Doctor en Física.  
Investigador Científico de OPI.  
Instituto de Física Fundamental, IFF-CSIC.

19/02/2025

18:00 - 19:00

Microwave photons, cavities and transmission lines

Juan José García Ripoll

Doctor en Física.  
Investigador Científico de OPI.  
Instituto de Física Fundamental, IFF-CSIC.

20/02/2025

18:00 - 19:00

Microwave photons, cavities and transmission lines

Juan José García Ripoll

Doctor en Física.  
Investigador Científico de OPI.  
Instituto de Física Fundamental, IFF-CSIC.

21/02/2025

18:00 - 19:00

Problems (circuits and photons)

Juan José García Ripoll

Doctor en Física.  
Investigador Científico de OPI.  
Instituto de Física Fundamental, IFF-CSIC.

24/02/2025

18:00 - 19:00

Tutoría

Juan José García Ripoll

Doctor en Física.  
Investigador Científico de OPI.  
Instituto de Física Fundamental, IFF-CSIC.

25/02/2025

18:00 - 19:00

Superconducting qubits

Juan José García Ripoll

Doctor en Física.  
Investigador Científico de OPI.  
Instituto de Física Fundamental, IFF-CSIC.

26/02/2025

18:00 - 19:00

Superconducting qubits

Juan José García Ripoll

Doctor en Física.  
Investigador Científico de OPI.  
Instituto de Física Fundamental, IFF-CSIC.

27/02/2025

18:00 - 19:00

Photon-qubit interactions

Juan José García Ripoll

Doctor en Física.  
Investigador Científico de OPI.  
Instituto de Física Fundamental, IFF-CSIC.

28/02/2025

18:00 - 19:00

Problems (superconducting qubits)

Juan José García Ripoll

Doctor en Física.  
Investigador Científico de OPI.  
Instituto de Física Fundamental, IFF-CSIC.

03/03/2025

18:00 - 19:00

Interactions between qubits

Juan José García Ripoll

Doctor en Física.  
Investigador Científico de OPI.  
Instituto de Física Fundamental, IFF-CSIC.

04/03/2025

18:00 - 19:00

Interactions between qubits

Juan José García Ripoll

Doctor en Física.  
Investigador Científico de OPI.  
Instituto de Física Fundamental, IFF-CSIC.

05/03/2025

18:00 - 19:00

Measurements & errors

Tomás Andrés Ramos del Río

Doctor en Física.  
Investigador Ramón y Cajal  
Instituto de Física Fundamental, IFF-CSIC

06/03/2025

18:00 - 19:00

Measurements & errors

Tomás Andrés Ramos del Río

Doctor en Física.  
Investigador Ramón y Cajal  
Instituto de Física Fundamental, IFF-CSIC

07/03/2025

18:00 - 19:00

Problems (measurement and errors)

Tomás Andrés Ramos del Río

Doctor en Física.  
Investigador Ramón y Cajal  
Instituto de Física Fundamental, IFF-CSIC

10/03/2025

18:00 - 19:00

Quantum computers

Juan José García Ripoll

Doctor en Física.  
Investigador Científico de OPI.  
Instituto de Física Fundamental, IFF-CSIC.

11/03/2025

18:00 - 19:00

Quantum computers

Juan José García Ripoll

Doctor en Física.  
Investigador Científico de OPI.  
Instituto de Física Fundamental, IFF-CSIC.

12/03/2025

18:00 - 19:00

Error Correction

Juan José García Ripoll

Doctor en Física.  
Investigador Científico de OPI.  
Instituto de Física Fundamental, IFF-CSIC.

13/03/2025

18:00 - 19:00

Measurements & errors

Tomás Andrés Ramos del Río

Doctor en Física.  
Investigador Ramón y Cajal  
Instituto de Física Fundamental, IFF-CSIC

14/03/2025

18:00 - 19:00

Tutoría

Tomás Andrés Ramos del Río

Doctor en Física.



Investigador Ramón y Cajal  
Instituto de Física Fundamental, IFF-CSIC

17/03/2025

18:00 - 19:00

Quantum annealers

Manuel Pino García

Doctor en Física.  
Profesor Permanente Laboral.  
Universidad de Salamanca. Departamento de Física Fundamental.

18/03/2025

18:00 - 19:00

Quantum annealers

Manuel Pino García

Doctor en Física.  
Profesor Permanente Laboral.  
Universidad de Salamanca. Departamento de Física Fundamental.

19/03/2025

18:00 - 19:00

Quantum annealers

Manuel Pino García

Doctor en Física.

Profesor Permanente Laboral.

Universidad de Salamanca. Departamento de Física Fundamental.

20/03/2025

18:00 - 19:00

New architectures and hybrid systems

Ramón Aguado Solá

Investigador Científico

Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid, CSIC

21/03/2025

18:00 - 19:00

New architectures and hybrid systems

Ramón Aguado Solá

Investigador Científico

Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid, CSIC

24/03/2025

18:00 - 19:00

Tutoría

Manuel Pino García

Doctor en Física.  
Profesor Permanente Laboral.  
Universidad de Salamanca. Departamento de Física Fundamental.

25/03/2025

18:00 - 19:00

Tutoring and problems (annealers)

Manuel Pino García

Doctor en Física.  
Profesor Permanente Laboral.  
Universidad de Salamanca. Departamento de Física Fundamental.

26/03/2025

18:00 - 19:00

Problems (hybrids)

Ramón Aguado Solá

Investigador Científico  
Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid, CSIC

27/03/2025

18:00 - 19:00

Tutoring and problems (quantum computers)

Juan José García Ripoll

Doctor en Física.  
Investigador Científico de OPI.  
Instituto de Física Fundamental, IFF-CSIC.

28/03/2025

18:00 - 19:00

Superconducting quantum networks

Juan José García Ripoll

Doctor en Física.  
Investigador Científico de OPI.  
Instituto de Física Fundamental, IFF-CSIC.

# BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES RELACIONADOS

## Bibliografía

M. Tinkham, [Introduction to superconductivity](#), Courier Corporation (2004).

Lecture notes: Quantum Information and Quantum Optics with Superconducting Circuits, Juan José García-Ripoll.

A. Blais, A. L. Grimsmo, S. M. Girvin, A. Wallraff, [Circuit Quantum Electrodynamics](#), Rev. Mod. Phys. 93, 025005 (2021)