



UNIVERSIDAD
DE GRANADA



FACULTAD
DE CIENCIAS

Propuesta TFG. Curso 2026/2027

GRADO: Doble Grado en Física y
Matemáticas

CÓDIGO DEL TFG: 295-020-2026/2027

1. DATOS BÁSICOS DEL TFG:

Título: Teoría espectral de recursos contextuales para la integración de ordenadores cuánticos y sistemas multiagente cooperativos

Descripción general (resumen y metodología):

Descripción general, resumen y metodología

Este Trabajo Fin de Grado desarrollará una arquitectura físico-matemática para computación cuántica contextual, combinando teoría de recursos, simetrías, lenguajes diagramáticos, kernels composicionales y prototipos reproducibles. El foco estará en construir una estructura formal y computacional, no solo en estudiar un algoritmo aislado.

El trabajo se apoya en contextualidad composicional JJBV, simulación clásica de circuitos, teoría de recursos mágicos, circuitos normalizadores, Pauli Based Computation, OpenQASM, PyZX y nuevos lenguajes diagramáticos. La parte computacional podrá implementarse con Python, C/C++ y Vue, según la pista elegida.

La propuesta tiene tres pistas. Cada estudiante tomará una única pista, manteniendo una arquitectura común: núcleo matemático, kernel computacional, interfaz reproducible y validación mediante ejemplos pequeños.

Pistas posibles

Pista A · Quantum architecture: OpenQASM, PyZX y kernels algebraicos

Esta pista se centrará en construir una arquitectura de compilación y análisis para circuitos cuánticos, integrando OpenQASM, PyZX, lenguajes diagramáticos y kernels algebraicos para estudiar simetrías, recursos mágicos o descomposiciones Clifford.

Pista B · Cooperative agents: IO Games y composición contextual

Esta pista modelará agentes cooperativos clásicos, cuánticos o quantum-like como secciones locales componibles. La implementación construirá una interfaz IOGAMES como sistema IO pluraltyped, donde módulos científicos se conectan mediante APIs y reglas de composición.

Pista C · Hybrid and fault-tolerant resources

Esta pista estudiará recursos para computación híbrida y tolerancia a fallos desde una perspectiva composicional: asignación de recursos, costes, fronteras de ejecución, magic, contextualidad y arquitectura modular.

Tipología: Estudio de casos, teóricos o prácticos, relacionados con la temática del Grado.

Objetivos planteados:

Objetivos específicos

1. Definir una arquitectura composicional para circuitos, agentes o workflows cuánticos contextuales.
2. Formular los objetos matemáticos principales: recursos, contextos, secciones locales, kernels y reglas de composición.
3. Construir un prototipo computacional mínimo con separación entre núcleo, API e interfaz.
4. Explorar integración con OpenQASM, PyZX, Pauli Based Computation o lenguajes diagramáticos.
5. Implementar ejemplos pequeños de compilación, composición, simulación o asignación de recursos.
6. Estudiar simetrías, recursos mágicos, contextualidad o tolerancia a fallos según la pista elegida.
7. Definir métricas de coste: tiempo, memoria, número de recursos, profundidad, comunicación o complejidad de composición.
8. Describir la relación entre backend científico, API composicional y posible interfaz Vue.
9. Preparar diagramas, definiciones, pseudocódigo y ejemplos reproducibles.
10. Redactar una memoria de perfil teórico-computacional con resultados y límites explícitos.

Bibliografía básica:

Bibliografía básica

- Giulio Camillo, Filipa C. R. Peres, Markus Heinrich and Juani Bermejo-Vega, "Symmetry-Accelerated Classical Simulation of Clifford-Dominated Circuits", manuscript / preprint, 2025.
- Sergey Bravyi, Dan Browne, Pádraic Calpin, Earl Campbell, David Gosset and Mark Howard, "Simulation of quantum circuits by low-rank stabilizer decompositions", Quantum 3, 181, 2019.
- Daniel Gottesman, "The Heisenberg Representation of Quantum Computers", PhD thesis, 1997.
- Jara Bermejo-Vega and Maarten Van den Nest, "Classical simulations of Abelian-group normalizer circuits with intermediate measurements", Quantum Information and Computation 14, 0181-0216, 2014.
- Jara Bermejo-Vega, C. Y. Y. Lin and Maarten Van den Nest, "Normalizer circuits and a Gottesman-Knill theorem for infinite-dimensional systems", arXiv:1409.3208, 2014.
- Jara Bermejo-Vega and K. C. Zatloukal, "Abelian hypergroups and quantum computation", arXiv:1509.05806, 2015.
- Jara Bermejo-Vega, Nicolas Delfosse, Dan E. Browne, Cihan Okay and Robert Raussendorf, "Contextuality as a resource for models of quantum computation on qubits", Physical Review Letters 119, 120505, 2017.
- Samson Abramsky and Adam Brandenburger, "The sheaf-theoretic structure of non-locality and contextuality", New Journal of Physics 13, 113036, 2011.

Recomendaciones y orientaciones para el estudiante:

Recomendaciones y orientaciones para el estudiante

Es recomendable tener interés en física matemática, álgebra lineal, teoría de grupos, computación cuántica, teoría de recursos, grafos o hipergrafos y programación científica básica. El trabajo es adecuado para una estudiante o un estudiante que quiera desarrollar una memoria de perfil teórico, estructural y transdisciplinar.

Plazas: 3

2. DATOS DEL TUTOR/A:

Nombre y apellidos: JARA JUANA BERMEJO VEGA

Ámbito de conocimiento/Departamento: FÍSICA DE LA MATERIA CONDENSADA

Correo electrónico: jbermejovega@ugr.es

3. COTUTOR/A DE LA UGR (en su caso):

Nombre y apellidos:

Ámbito de conocimiento/Departamento:

Correo electrónico:

4. COTUTOR/A EXTERNO/A (en su caso):

Nombre y apellidos:

Correo electrónico:

Nombre de la empresa o institución:

Dirección postal:

Puesto del tutor en la empresa o institución:

Centro de convenio Externo:

5. DATOS DEL ESTUDIANTE:

Nombre y apellidos:

Correo electrónico: