



## Propuesta de Trabajo Fin de Grado del Doble Grado en Física y Matemáticas (curso 2020-2021)

*Responsable de tutorización:* Juani Bermejo-Vega  
*Departamento:* Electromagnetismo y Física de la Materia  
*Área de conocimiento:* Física de la Materia

*Responsable de cotutorización:*  
*Departamento:*  
*Área de conocimiento:*

*(Rellenar sólo en caso de que la propuesta esté realizada a través de un estudiante)*  
*Estudiante que propone el trabajo:* José Alberto Azorín Puche

*Título:* Estructuras algebraicas en computación cuántica: diseño de algoritmos clásicos de simulación de circuitos cuánticos

*Tipología del trabajo (marcar una o varias de las siguientes casillas):*

1. Revisiones y/o trabajos bibliográficos sobre el estado actual de aspectos específicos relacionados con la titulación
2. Estudio de casos, teóricos o prácticos, relacionados con la temática de la titulación, a partir del material disponible en los centros
3. Trabajos experimentales, de toma de datos de campo, de laboratorio, etc.
4. Elaboración de nuevas prácticas de laboratorio
5. Elaboración de un informe o un proyecto en el ámbito del grado de naturaleza profesional
6. Trabajos relacionados con las prácticas externas

*Descripción y resumen de contenidos:*

La computación cuántica es un tema de investigación muy activo en la actualidad. Los ordenadores cuánticos ofrecen mejoras computacionales drásticas para la resolución de problemas. Algoritmos cuánticos conocidos podrían tener aplicaciones revolucionarias en criptografía y la simulación por ordenador. Avances recientes en el campo del hardware cuántico, con contribuciones de empresas como D-Wave, Microsoft, Google e Intel, han impulsado la investigación de nuevos algoritmos cuánticos en ramas como las ciencias de datos o la optimización.

A pesar de los avances tecnológicos recientes, el origen de las ventajas computacionales ofrecidas por los ordenadores cuánticos sigue siendo un misterio. Una pregunta fundamental en computación cuántica teórica es entender y caracterizar los fenómenos físicos y las estructuras matemáticas que separan la computación cuántica de la clásica. Entender esto es esencial para diseñar buenos algoritmos cuánticos que consuman menos recursos que los clásicos. Avances teóricos en esta pregunta son necesarios ya que en la actualidad la implementación de algoritmos cuánticos consume recursos prohibitivos.

Avances recientes en computación cuántica teórica han desvelado que recursos cuánticos como la contextualidad cuántica y la negatividad de una función de Wigner son posibles causas de las ventajas cuánticas [1,2]. Estos recursos se identifican desarrollando algoritmos de simulación clásicos basados en técnicas matemáticas de carácter algebraico: teoría de grupos, análisis simpléctico, teoría de la representación o cohomología, así como técnicas de optimización convexa [3,4].

En este Trabajo de Fin de Grado, le alumne investigará algoritmos de simulación clásica de circuitos cuánticos [3], buscará posibles mejoras y usará estos para entender el origen de las ventajas computacionales cuánticas. Le estudiante adquirirá competencias matemáticas avanzadas útiles en computación cuántica.

*Keywords:* Computación Cuántica, algoritmos, teoría de grupos, álgebra abstracta, análisis simpléctico, cohomología

**Actividades a desarrollar:**

Revisión bibliográfica. Métodos de álgebra computacional, análisis simpléctico, teoría de grupos, optimización convexa para el desarrollo de algoritmos.

**Objetivos planteados**

- Estudio del algoritmo de simulación clásica de [3]

- Búsqueda de mejoras en la eficiencia de dicho algoritmo

- Interpretación cualitativa de los resultados y sus implicaciones en computación cuántica

**Bibliografía**

[1] J. Bermejo-Vega, N. Delfosse, D. E. Browne, C. Okay, R. Raussendorf, Contextuality as a resource for models of quantum computation on qubits, Physical Review Letters 119, 12, 120505 (2017), arXiv:1610.08529

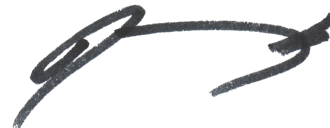
[2] Phase space simulation method for quantum computation with magic states on qubits, R. Raussendorf, J. Bermejo-Vega, E. Tyhurst, C. Okay, M. Zurel, Phys. Rev. A 101, 012350 (2020), arXiv:1905.05374

[3] S. Aaronson, D. Gottesman, Improved Simulation of Stabilizer Circuits, Phys. Rev. A 70, 052328 (2004), quant-ph/0406196

[4] Robustness of Magic and Symmetries of the Stabiliser Polytope, M. Heinrich and D. Gross, Quantum 3, 132 (2019).



Firma del estudiante



Firma del responsable de tutorización

(solo para trabajos propuestos por alumnos)

Firma del responsable de cotutorización (*en su caso*)

En Granada, a 24 de junio de 2020