



## Propuesta de Trabajo Fin de Grado en Física

<b>Tutor/a:</b>	Juani Bermejo-Vega
<b>Departamento y Área de Conocimiento:</b>	Electromagnetismo y Física de la Materia
<b>Cotutor/a:</b>	
<b>Departamento y Área de Conocimiento:</b>	

<b>Título del Trabajo:</b>	Implementación de algoritmos de simulación clásica de circuitos cuánticos		
<b>Tipología del Trabajo:</b> (Segun punto 3 de las Directrices del TFG aprobadas por Comisión Docente el 10/12/14)	1. Revisión bibliográfica	X	4. Elaboración de nuevas prácticas de laboratorio
	2. Estudio de casos teórico-prácticos	X	5. Elaboración de un proyecto
	3. Trabajos experimentales		6. Trabajo relacionado con prácticas externas

**Breve descripción del trabajo:** 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.

Una pregunta fundamental en computación cuántica teórica es entender y caracterizar los tipos de circuitos cuánticos que pueden simularse eficientemente. Entender esto es esencial para diseñar buenos algoritmos cuánticos que consuman menos recursos que los clásicos. Al mismo tiempo ayuda a minimizar los recursos consumidos por dichos algoritmos, cuya implementación es muy costosa en la actualidad.

Avances recientes en computación cuántica han identificado nuevos algoritmos de simulación clásica eficientes, basados en técnicas como la función de Wigner o quasiprobabilidades [1, 2, 3]. Estos algoritmos se han usado en el estudio teórico de recursos cuánticos necesarios para tener ventajas algorítmicas cuánticas y, aunque son eficientes, no siempre son prácticos.

Este Trabajo de Fin de Grado, estudiará la implementación de algoritmos de simulación clásica de circuitos cuánticos. Se implementarán algoritmos recientes de simulación de circuitos de Clifford y estados mágicos que utilizan funciones de Wigner. Se pondrá el énfasis en la implementación de códigos prácticos y en la integración con librerías de programación cuántica existentes.

**Keywords:** Computación Cuántica, algoritmos, simulación, programación, supercomputación

### Objetivos planteados:

- Implementación de un algoritmo reciente de simulación clásica de circuitos cuánticos de Clifford [1, 3]

### Metodología:

- Estudio del algoritmo.
- Comparación de librerías existentes de programación cuántica de circuitos de Clifford (Q#, Qiskit, Stim) [4,5,6]
- Implementación en una librería que cumpla los requisitos de ser eficiente, tener buen soporte y ser código abierto

### Bibliografía:

- [1] 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
- [2] S. Bravyi et al., Simulation of quantum circuits by low-rank stabilizer decompositions, Quantum 3, 181 (2019).
- [3] C. Okay, M. Zurel, R. Raussendorf, On the extremal points of the  $\Lambda$ -polytopes and classical simulation of quantum computation with magic states, arXiv:2104.05822



UNIVERSIDAD  
DE GRANADA



Facultad de Ciencias  
Sección de Físicas

- [4] S. Kaiser, CHP simulator for Q#, <https://github.com/qsharp-community/chp-sim/>  
[5] QISKIT, The extended stabilizer simulator,  
[https://qiskit.org/documentation/tutorials/simulators/6\\_extended\\_stabilizer\\_tutorial.html](https://qiskit.org/documentation/tutorials/simulators/6_extended_stabilizer_tutorial.html)  
[6] Gidney, Stim: a fast stabilizer circuit simulator, <https://arxiv.org/abs/2103.02202>

***A rellenar sólo en el caso que el alumno sea quien realice la propuesta de TFG***

*Alumno/a* Manuel Morante Sola  
*propuesto/a:*

Granada, a 14 de mayo de 2021

Sello del Departamento