

Computación Cuántica
Facultad de Ingeniería
Universidad de Antioquia
2025-1

Práctica Final
Quantum Machine Learning

Realización: En parejas.

Fecha de Entrega: Miércoles **09 de julio** del 2025.

Introducción

En la última semana previa al receso de clases, realizamos una breve introducción al QML (*Quantum Machine Learning*), incluyendo una rápida presentación de la plataforma de programación *PennyLane* de la empresa Xanadú (Canadá). Para conocer más detalles de dicha plataforma, se recomienda revisar la siguiente página y sus diversos enlaces:

<https://PennyLane.ai/qml/quantum-machine-learning>

Observación

Si para el desarrollo de este trabajo utiliza alguna herramienta basada en IA (del tipo *ChatGPT*, *Gemini*, u otras), Asegúrese de **comprender, cuestionar y asimilar** cada explicación, segmento de código o respuesta provista por dichas herramientas de IA.

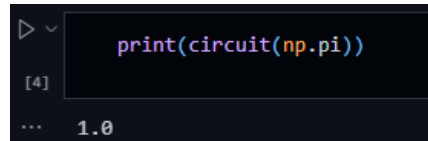
Evitemos ser usuarios pasivos de la IA

1. Primer Circuito Cuántico en PennyLane

1.1. Implemente en *PennyLane* el circuito cuántico explicado en el siguiente video:

<https://www.youtube.com/watch?v=2T8lSejPFog>

- Analice el circuito implementado, y explique matemáticamente el resultado mostrado en la **línea 4** del código Python mostrado en dicho video:



```
[4]: print(circuit(np.pi))  
... 1.0
```

1.2. Ahora implemente en *PennyLane* el circuito cuántico explicado en el siguiente video, relacionado al proceso de optimizar parámetros de un PQC (*Parameterized Quantum Circuit*):

<https://www.youtube.com/watch?v=TiQ7T1h8VAQ>

- Analice el circuito implementado, y explique el proceso de optimización llevado a cabo. ¿Cuál es la función de costo optimizada y la variable evaluada en dicho proceso? **Explique.**

2. Introducción a los circuitos Variacionales

2.1. Realice la lectura y estudio del tutorial de *PennyLane* disponible en el siguiente enlace:

https://PennyLane.ai/qml/demos/tutorial_variational_classifier

- Durante la lectura de este tutorial, realice la consulta y documentación de los siguientes conceptos allí mencionados:
 1. *Variational Quantum Classifiers*
 2. *Basis Encoding*
 3. *Optimization of Variational Circuits to emulate parity functions*
 4. *Ring of CNOTs for entangling qubits with their neighbours*
 5. *Weights*

6. *BasisState function*
7. *Supervised Learning*
8. *Cost Function*
9. *Initialization of variables randomly*
10. *Batch Size*

2.2. Dicho tutorial presenta dos ejemplos diferentes de implementación de circuitos cuánticos variacionales. De estos dos ejemplos, analice e implemente el **primero** de ellos. En su implementación de este ejemplo, incluya:

- Un segmento de código que dibuje el circuito implementado.
- Identificación de las diversas etapas que componen dicho circuito cuántico.
- Un segmento de código que presente los **pesos finales** resultantes luego del entrenamiento realizado.
- Cualquier personalización adicional que usted y su compañero deseen agregar.

2.3. Finalmente, ¿Cuál es la diferencia que presenta el proceso de entrenamiento realizado en este circuito cuántico, con aquel llevado a cabo en el aprendizaje de máquina clásico (*Classical Machine Learning*)? **Explique.**

3. Informe

- 3.1. Presente su informe con el análisis pedido en esta guía de laboratorio.
- 3.2. Adjunte a este informe un archivo **zip** con los códigos escritos y “pantallazos” de cada ejecución realizada.
- 3.3. Presente conclusiones, y bibliografía adicional utilizada para realizar este informe.