

Computación Cuántica
Facultad de Ingeniería
Universidad de Antioquia
2025-1

Práctica No. 3
Teletransportación Cuántica y Mitigación de Errores

Realización: En parejas.
Fecha de Entrega: viernes 23 de mayo del 2025

1. Asignación de un estado cuántico

A fin de realizar la presente práctica de laboratorio, identifique su apellido entre los intervalos indicados en la **Tabla 1**, y tome nota del estado cuántico asignado.

Apellidos	Estado cuántico
Alvarez - Cano	$ \psi\rangle = \sqrt{\frac{2}{3}} 0\rangle + \sqrt{\frac{1}{3}} \cdot e^{i\pi/2} 1\rangle$
Correa - Henao	$ \psi\rangle = \sin\left(\frac{\pi}{12}\right) 0\rangle + \cos\left(\frac{\pi}{12}\right) e^{i\pi} 1\rangle$
Hoyos - Kuhn	$ \psi\rangle = \sqrt{0.7} 0\rangle + \sqrt{0.3} \cdot e^{i\frac{3\pi}{4}} 1\rangle$
Lopez - Olivo	$ \psi\rangle = \sqrt{\frac{5}{6}} 0\rangle + \sqrt{\frac{1}{6}} e^{i\pi/4} 1\rangle$
Ortiz – Sanchez	$ \psi\rangle = \cos\left(\frac{\pi}{6}\right) 0\rangle + \sin\left(\frac{\pi}{6}\right) e^{i\frac{2\pi}{3}} 1\rangle$

Tabla 1: Asignación de estados cuánticos de acuerdo con su primer apellido o el de su compañero (sólo un estado cuántico por grupo de estudiantes).

2. (10%) Implementación del estado asignado

- 2.1. Implemente en la plataforma **Qiskit** un *qubit* $|Q_0\rangle$ con el estado cuántico asignado según la **Tabla 1**.
- 2.2. Evalúe la *fidelidad* de su *qubit* $|Q_0\rangle$ implementado en el paso anterior, a fin de verificar que sí corresponde con el estado cuántico asignado en la **Tabla 1**.

3. (60%) Diseño e implementación de Circuito Cuántico

- 3.1. Diseñe un circuito cuántico que mediante *teletransportación cuántica*, le transmita a “**Bob**” la información de su *qubit* $|Q_0\rangle$, considerando que el estado cuántico entrelazado compartido entre “**Alice**” y “**Bob**” es el **Estado W** .

3.1.1. Demuestre matemáticamente la información cuántica recibida por “**Bob**” en su circuito diseñado.

3.1.2. De acuerdo a su demostración matemática, ¿qué utilidad puede tener el tercer qubit del estado **W** que no interviene en las operaciones cuánticas entre “**Alice**” y “**Bob**”? De aquí en adelante, llamemos a este qubit **m** .

3.1.3. Presente un gráfico que delimite claramente la etapa de su circuito que implementa el **Estado W** , y la etapa del circuito que implementa la **teletransportación cuántica**.

- 3.2. Implemente en la plataforma **Qiskit** su circuito resultante, teniendo en cuenta los tutoriales estudiados en clase sobre *Teletransportación Cuántica* y el estado **W** , los cuales se encuentran disponibles en:

https://github.com/gpatigno/QC_2025/blob/main/CAP4/2_Teletransportacion_Cuantica_2025_Qiskit2.0.ipynb

https://github.com/gpatigno/QC_2025/blob/main/CAP4/0_GHZ-W_States_2025_Qiskit2.0.ipynb

3.2.1. Presente en **Qiskit** el **vector de estado** (*statevector*) del qubit $|Q_0\rangle$ inicialmente en poder de “**Alice**”, y del qubit recibido por “**Bob**”.

3.2.2. Igualmente en **Qiskit** represente mediante esferas de Bloch el estado cuántico del qubit $|Q_0\rangle$ de “**Alice**”, y el estado cuántico recibido por “**Bob**” en su circuito cuántico.

3.3. Realice la simulación en **Qiskit** de su circuito implementado:

3.3.1. Mida el estado cuántico recibido por “**Bob**”, y de la misma manera como se indica en el anterior *Tutorial* sobre *Teletransportación Cuántica*, evalúe si las amplitudes de los *kets* $|0\rangle$ y $|1\rangle$ corresponden según lo esperado.

- Compare explícitamente el qubit final recibido por “**Bob**”, con el estado cuántico asignado según la **Tabla 1**.

3.3.2. En su informe, presente sus comparaciones entre la información recibida por “**Bob**” en la simulación realizada en **Qiskit**, y la información esperada según su demostración matemática descrita en el **ítem 3.1.1**.

3.3.3. Igualmente, compruebe la utilidad que el qubit m (tercer qubit del estado W), puede tener en este circuito de teletransportación cuántica, según su demostración en el **ítem 3.1.2**.

3.4. Realice ahora la ejecución real de su circuito en uno de los procesadores cuánticos disponibles en IBM.

3.4.1. En dicha ejecución real, mida el estado cuántico recibido por “**Bob**”, y evalúe si las amplitudes de los *kets* $|0\rangle$ y $|1\rangle$ corresponden según lo esperado.

3.4.2. Compare esta información recibida por “**Bob**” en la ejecución real, con la información recibida en la simulación realizada en el **ítem 3.3**. Calcule la tasa de error de esta información recibida.

3.5. A fin de reducir la tasa de error presentada, realice ahora una **mitigación del error** en la medida final de su circuito, usando la Extensión **Mthree** de **Qiskit** siguiendo el *tutorial* explicado en clase y disponible en:

https://github.com/gpatigno/QC_2025/blob/main/CAP4/0_GHZ-W_States_Mitigated_Qiskit2.0.ipynb

3.5.1. Presente los histogramas comparativos que indiquen la mejora en las distribuciones de probabilidad esperadas.

3.5.2. Calcule nuevamente las tasas de error de la información recibida por “**Bob**” en cada caso.

4. (30%) Informe

- 4.1.** Presente su solución a la presente Práctica de Laboratorio adjuntando “*pantallazos*” de los resultados obtenidos.
- 4.2.** Analice los resultados presentados en el circuito implementado, e interprete los datos obtenidos.
- 4.3.** Presente sus conclusiones generales del trabajo realizado en esta Práctica de Laboratorio.
- 4.4.** Presente citaciones y referencias de la bibliografía adicional utilizada.

Referencias Bibliográficas

- 1) **GHZ and W states.** Lesson on Multiples Systems. IBM Quantum Learning Available on: <https://learning.quantum.ibm.com/course/basics-of-quantum-information/multiple-systems#ghz-and-w-states>
- 2) **Matrix-free Measurement Mitigation (M3).** Available on: <https://github.com/Qiskit/qiskit-addon-mthree/tree/main>
- 3) **Exploring measurement error mitigation with the Mthree Qiskit extension.** Available on: <https://www.ibm.com/quantum/blog/mthree-qiskit-extension>