Computación cuántica

Procesamiento de datos a gran escala

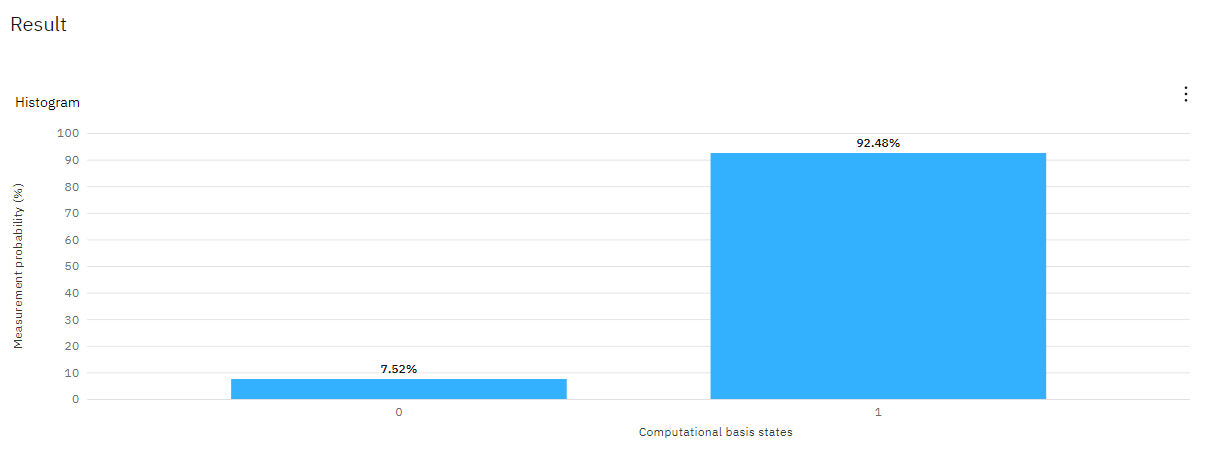
Alejandro Cabana Suárez y Óscar Gómez Borzdynski

MUCD20-21

# Puertas Cuánticas

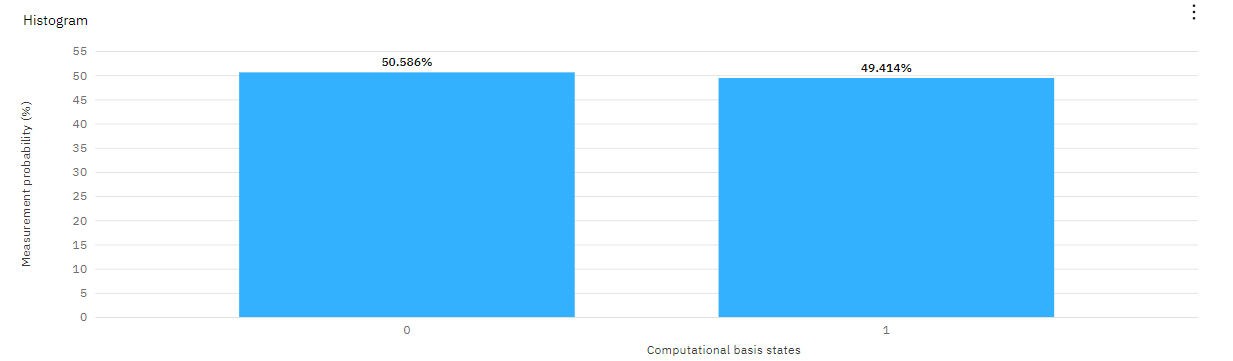
Como primeras puertas cuánticas a probar hemos elegido:

* **NOT:** Esta puerta intercambia las componentes |0〉 y |1〉. Hemos probado a aplicarla sobre un qubit inicializado en mínima energía (|0〉). Comprobamos que el resultado es el esperado con un pequeño margen de error.

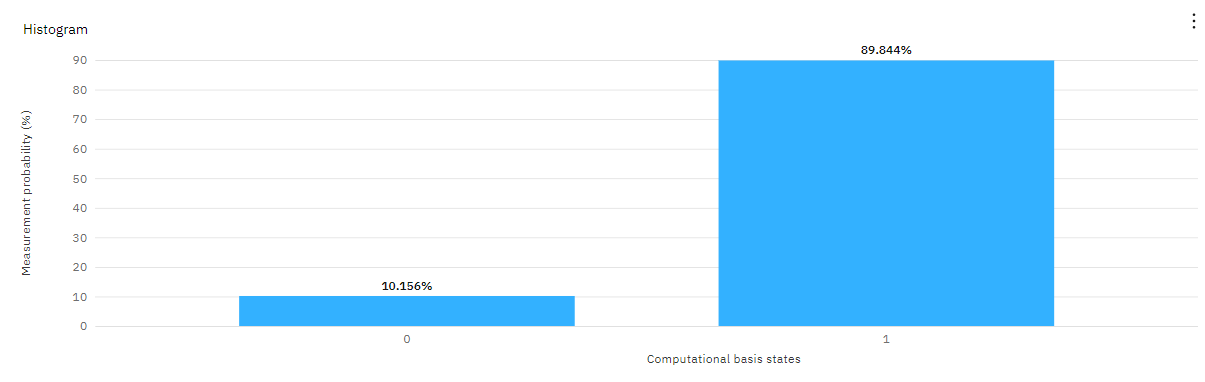
****

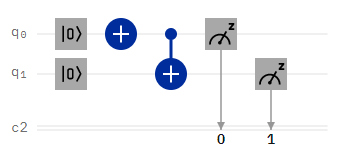
* **Hadamard:** Se usa para poner los qubits en estado de superposición. En caso de utilizarse sobre un qubit |0〉, devolverá el estado |+〉 = . En caso de aplicarse sobre un qubit |1〉, obtendremos el estado |〉 = .

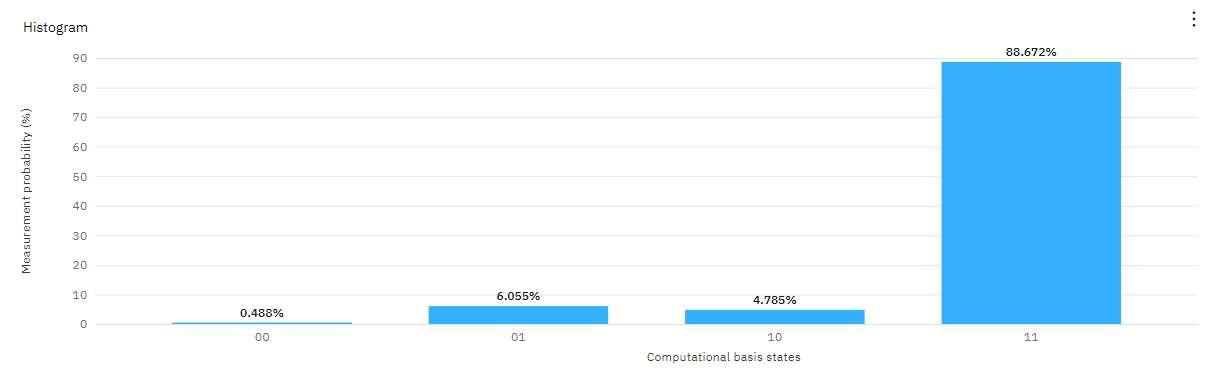
Al realizar mediciones en un computador cuántico, obtendremos equiprobabilidad entre el estado 0 y el 1.



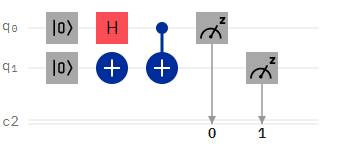
* **Z:** Esta puerta cambia el signo de la componente |1〉 del estado. Por tanto, al aplicarla sobre un |1〉 obtendremos -|1〉, que colapsa a 1 al ser observado.

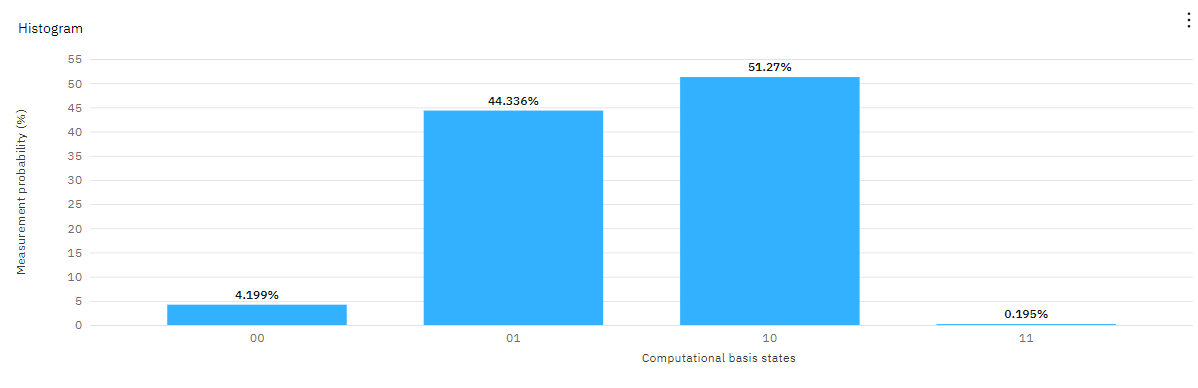


* **CNOT:** Controlled-NOT, se trata de una puerta de 2 qubits que aplica un NOT al qubit objetivo si el qubit de control toma valor |1〉.

****

Hemos probado a combinar algunas de las puertas anteriores en un mismo circuito:

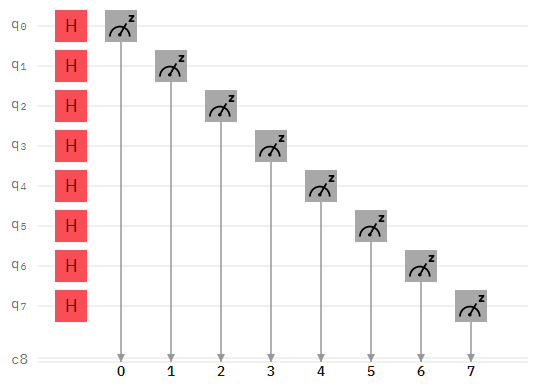




En este caso, el qubit de control está en superposición, pudiendo tomar los valores |0〉 y |1〉. Cuando al medir toma el valor 1, el qubit objetivo de la CNOT cambiará a |0〉. Al medir un 0, el objetivo de la CNOT no sufre ningún cambio, manteniéndose en |1〉.

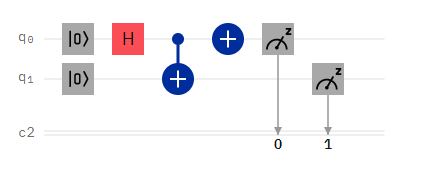
# Generación de números aleatorios con un Computador Cuántico

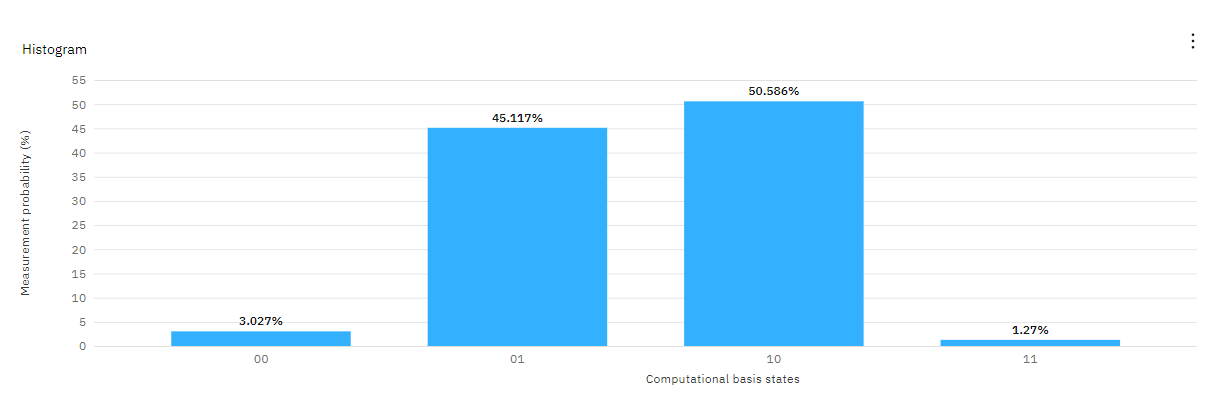
Para generar números aleatorios de 8 bits, lo más simple es utilizar 8 qubits en estado de superposición. Cada qubit individual colapsará a 0 o 1 con la misma probabilidad. Si los números de 8 bits obtenidos son realmente aleatorios, el histograma esperado después de 1024 ejecuciones tendrá valores parecidos para todas las opciones posibles de números de 8 bits. En este caso deberían estar en torno a 1024/256 = 4 apariciones de cada número.



# Entrelazamiento

Dos qubits se encuentran entrelazados cuando el sistema toma valor . En mecánica cuántica dos partículas se encuentran entrelazadas cuando no pueden definirse como partículas individuales, sino que deben definirse como una única ecuación de onda para el sistema completo. Esto lleva a una relación en las mediciones realizadas en computación cuántica: si en uno de ellos medimos un 1 sabríamos con certeza que en el otro qubit mediríamos un 0 y viceversa. Dado que los qubits pueden estar separados espacialmente, este fenómeno se denomina teleportación cuántica y permite transmitir información de manera instantánea entre cualesquiera dos puntos.

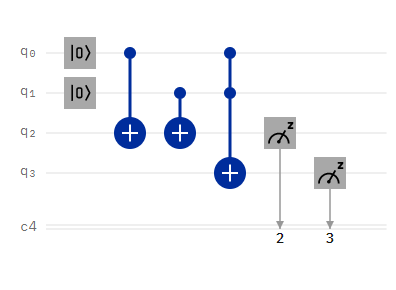




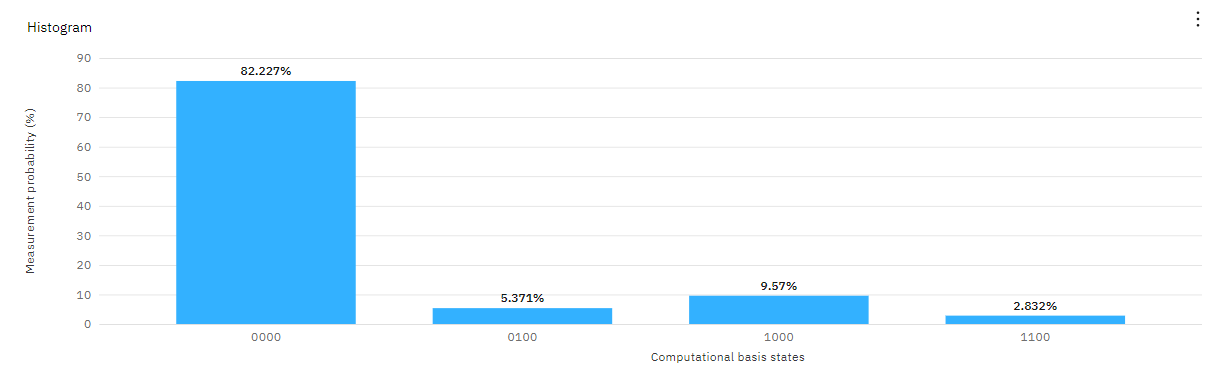
En el histograma podemos ver que, para valor 0 en el primero qubit, obtenemos un 1 en la medición del segundo y un 1 en el primer qubit implica un 0 en el segundo.

# Sumador de dos qubits

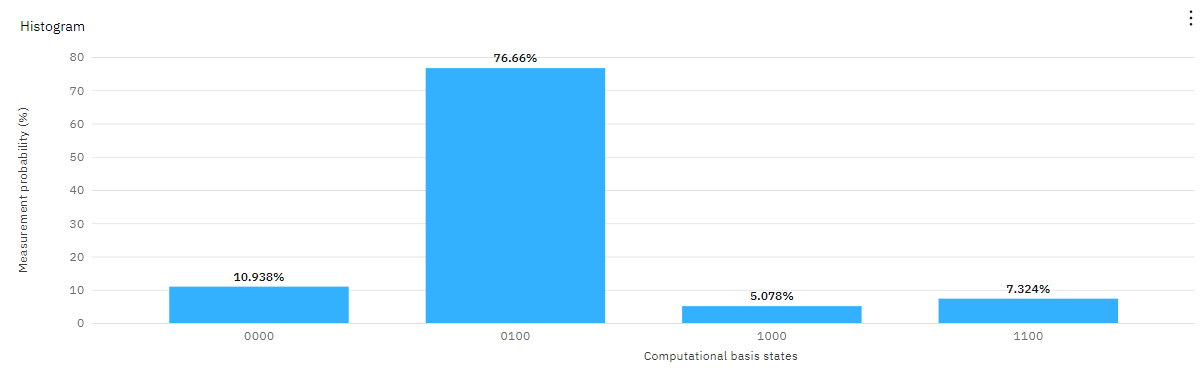
La operación suma entre dos qubits se define con el siguiente circuito:



En la imagen del circuito se colocan los qubits 0 y 1 a 0 y serán las entradas del sumador.



Podemos comprobar que la suma 0 + 0 es 0. Probando con otros valores de entrada obtenemos los resultados esperados en los qubits de salida. Por ejemplo, para 1 + 0 obtenemos el siguiente resultado:



La manera en que funciona el circuito que hemos usado es la siguiente:

1. La primera CNOT esencialmente copia q0 en q2 para no sobrescribir las entradas (si q0 es 0, se queda a 0 y si es 1, realiza un NOT y escribe 1).
2. El segundo CNOT hace las veces de la puerta XOR de un sumador tradicional, devolviéndonos el qubit menos significativo de nuestra suma.
3. La tercera puerta que utilizamos se llama puerta de Toffoli. Podemos pensar en ella como un CNOT con dos qubits de control: sólo aplica el NOT si los dos son 1. En este sentido, si se la aplicamos a un qubit inicializado a 0, se comporta como la puerta AND tradicional. Con esto conseguimos el bit de acarreo de nuestra suma (que sólo es 1 cuando sumamos dos 1).

# Algoritmos cuánticos