“Preparation and reconstruction of arbitrary states for two qubits in a single photon”

ALFREDO RICCI

Motivación

Uso de propiedades cuánticas de las ondas electromagnéticas para envíar información.

- Superposición
- Entrelazamiento

Grados de libertad discretos, binarios.

- Polarización
- Camino al salir de un Beam-Splitter

Motivación

Si se usa más de un grado de libertad, se puede duplicar la cantidad de información contenida en una sola entidad.

- Canales de comunicación más rápidos
- Mejoras a sistemas de QKD

Bases mutuamente imparciales

- Menor cantidad de medidas físicas

Construcción de estados arbitrarios para dos qubits en un solo fotón y reconstrucción usando bases mutuamente imparciales

Construcción de estados arbitrarios para dos qubits en un solo fotón y reconstrucción usando bases mutuamente imparciales

¿Qué es un Qubit?

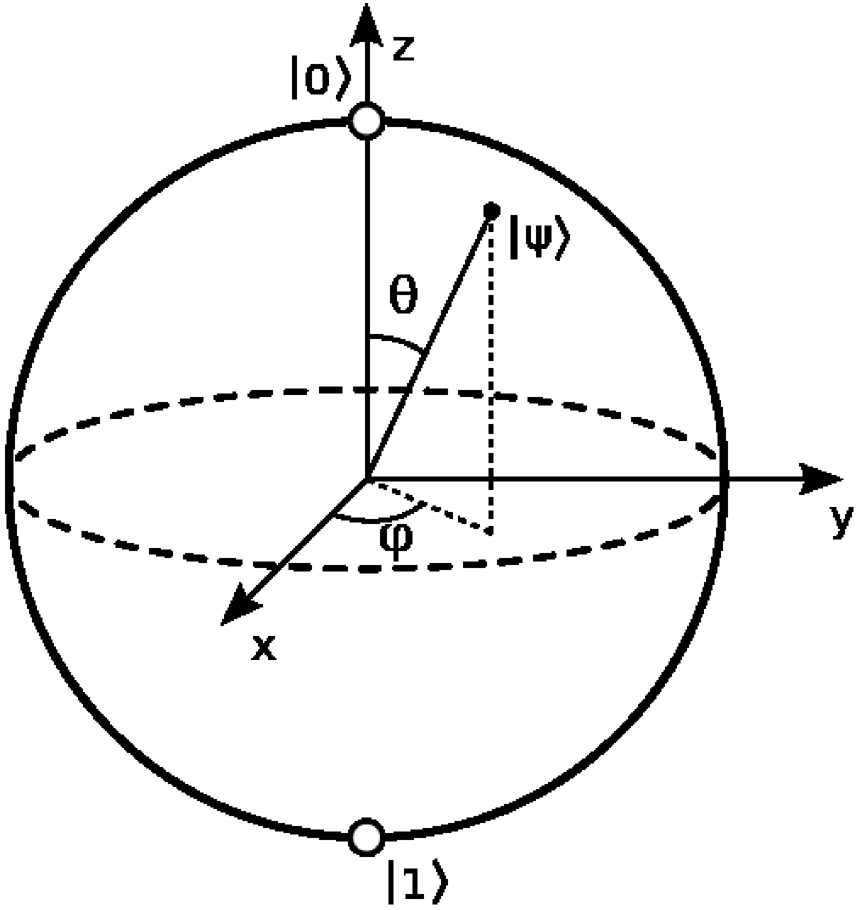
Superposición de estados base, en un sistema cuántico de dos niveles.

$$|\psi\rangle = \alpha\,|H\rangle + \beta\,|V\rangle$$

$$|\alpha|^2 + |\beta|^2 = 1$$

$$\alpha = \cos\theta \qquad \beta = \sin\theta e^{i\phi}$$

Representación mediante la esfera de Bloch



$$|\psi\rangle = \cos\theta\,|0\rangle + \sin\theta e^{i\phi}\,|1\rangle$$

$$|\psi\rangle = \alpha\,|H\rangle + \beta\,|V\rangle$$

Dos qubits en un sólo fotón

Tomar dos grados de libertad discretos

- Polarización
- Camino

Se debe poder controlar cada grado de libertad por separado

Camino A
- Polarización V
- Polarización H

Camino B
- Polarización V
- Polarización H

Construcción de estados arbitrarios para dos qubits en un solo fotón y reconstrucción usando bases mutuamente imparciales

¿Cómo es un estado arbitrario?

$$|\psi(\theta, \theta_a, \theta_b, \gamma)\rangle = \cos\theta \, |a, P(\theta_a)\rangle + \sin\theta e^{i\gamma} \, |b, P(\theta_b)\rangle$$

- Los ángulos están relacionados con cada una de las láminas de onda

- Gamma, es la diferencia de fase entre los caminos.

$$|\psi^{\pm}\rangle = \left(|a, H\rangle \pm |b, V\rangle\right)/\sqrt{2}$$

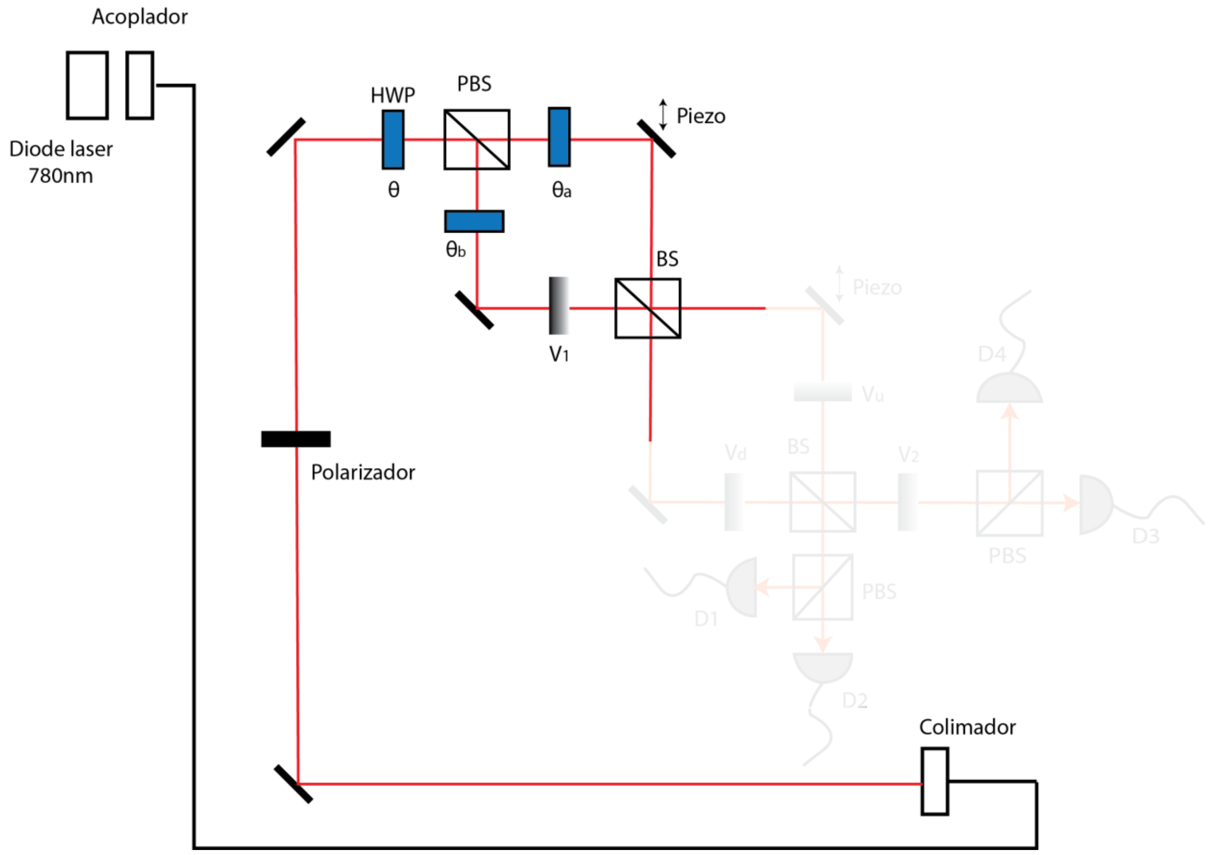
Montaje para construcción de estado arbitrario

$$|P(\theta_\mu)\rangle \;=\; \cos\theta_\mu\,|H\rangle + \sin\theta_\mu\,|V\rangle$$

$$|D/A\rangle = (|H\rangle \pm |V\rangle)\,/\sqrt{2},$$

$$|R/L\rangle = (|H\rangle \pm i\,|V\rangle)\,/\sqrt{2}$$

Montaje para preparación



Construcción de estados arbitrarios para dos qubits en un solo fotón y reconstrucción usando bases mutuamente imparciales

Bases mutuamente imparciales

$$\mathcal{B}_2 = \{|\phi_1\rangle, \ldots, |\phi_d\rangle\} \qquad \mathcal{B}_1 = \{|\varphi_1\rangle, \ldots, |\varphi_d\rangle\}$$

$$|\langle\varphi_i|\phi_j\rangle| = \frac{1}{\sqrt{d}}, \text{ for all } i, j.$$

Medición mediante proyección de el estado desconocido en cada una de las bases.

Bases para qubits en camino y polarización

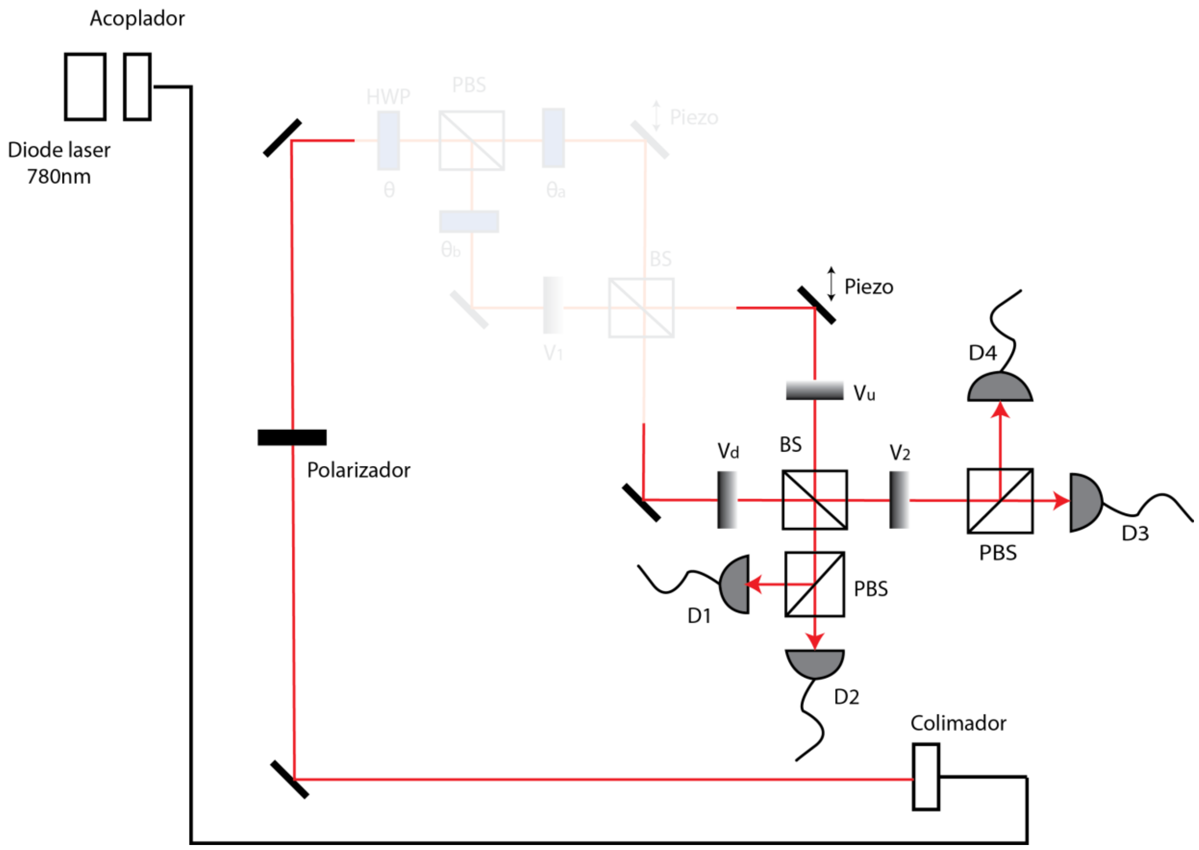
$$\mathcal{B}_0 = \{|a,H\rangle, |a,V\rangle, |b,H\rangle, |b,V\rangle\},$$
$$\mathcal{B}_1 = \{|+,D\rangle, |+,A\rangle, |-,D\rangle, |-,A\rangle\},$$
$$\mathcal{B}_2 = \{|+i,R\rangle, |+i,L\rangle, |-i,R\rangle, |-i,L\rangle\},$$
$$\mathcal{B}_3 = \left\{\frac{1}{\sqrt{2}}\left[|a,D\rangle \pm i\,|b,A\rangle\right], \frac{1}{\sqrt{2}}\left[|a,A\rangle \pm i\,|b,D\rangle\right]\right\}$$
$$\mathcal{B}_4 = \left\{\frac{1}{\sqrt{2}}\left[|a,L\rangle \pm i\,|b,R\rangle\right], \frac{1}{\sqrt{2}}\left[|a,R\rangle \pm i\,|b,R\rangle\right]\right\}$$

Bases para qubits en camino y polarización

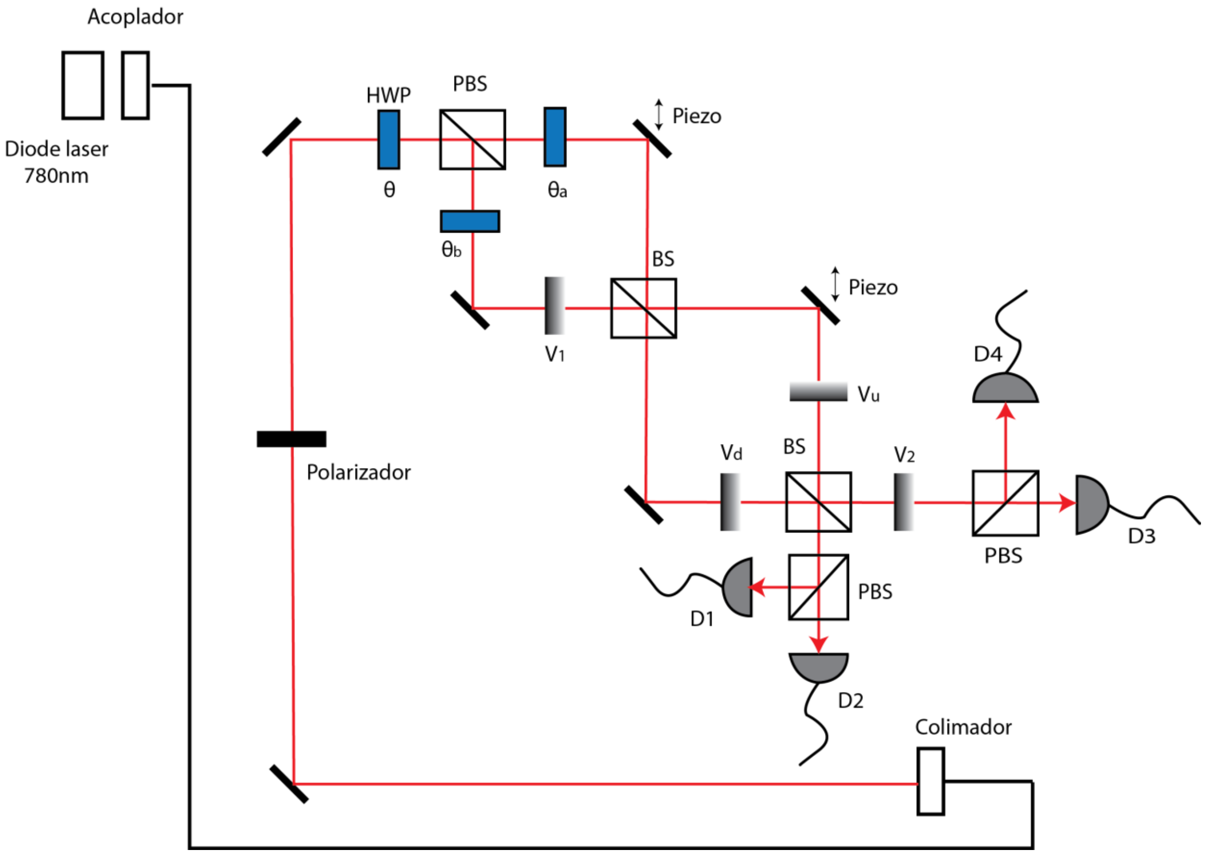
$$\left\{|a\rangle, |b\rangle, |\pm\rangle = \left(|a\rangle \pm |b\rangle\right)/\sqrt{2}, |\pm i\rangle = \left(|a\rangle \pm i\,|b\rangle\right)/\sqrt{2}\right\}$$

$$\left\{|H\rangle, |V\rangle, |D/A\rangle = \left(|H\rangle \pm |V\rangle\right)/\sqrt{2}, |R/L\rangle = \left(|H\rangle \pm i\,|V\rangle\right)/\sqrt{2}\right\}$$

Recontrucción de estado arbitrario, mediante MUB



Montaje experimental completo



Algunas aplicaciones

Protocolos de QKD más sofisticados

“Mean king’s problem”