

Medición de la eficiencia de anunciamiento y la pureza de una fuente de fotones individuales anunciados.

John Fredy Suárez Pérez

Asesora

Mayerlin Nuñez, Ph D.



Universidad de Los Andes
Grupo de Investigación de Óptica Cuántica
Departamento de Física
Septiembre 14 de 2017

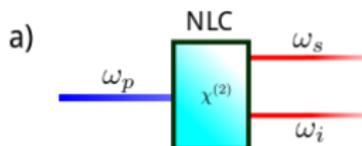
Tabla de Contenidos

- 1 Motivación
- 2 Spontaneous Parametric Down Conversion - SPDC
- 3 Mediciones de Joint Spectrum Tipo I
- 4 Mediciones de Joint Spectrum Tipo II
- 5 HSPS - Control de la correlación

- Medir el espectro conjunto para fuentes de fotones SPDC y así caracterizar las correlaciones entre los pares de fotones producidos.
- Obtener una *HSPS* a partir de una fuente de pares.
- Controlar experimentalmente la correlación entre los pares de fotones para caracterizar la *HSPS* usando diferentes filtros.

SPDC

SPDC Process



Phase Matching Conditions

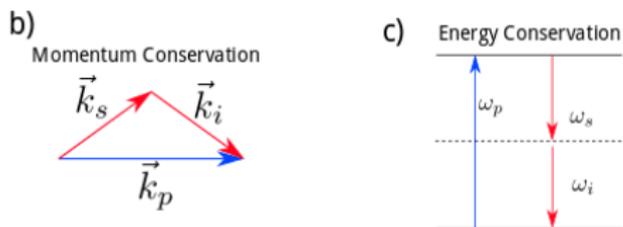


Fig. 1: Condiciones de Phase Matching.

Estado Bifotón

$$|\psi\rangle = -\frac{i}{\hbar} \int_{-\infty}^t dt' H_I |0\rangle \quad (1)$$

$$|\psi\rangle = A \int dk_{zs} \int dk_{iz} L \phi(\Delta k L) \delta(\omega_p - \omega_s - \omega_i) \\ \times \int d^2 \vec{q}_s \int d^2 \vec{q}_i h_{tr}(\Delta \vec{q}) \hat{a}^\dagger(\vec{k}_s) \hat{a}^\dagger(\vec{k}_i) |0\rangle$$

Bajo aproximación paraxial

$$|\psi\rangle = \int \int d\Omega_s d\Omega_i \phi(\Omega_s, \Omega_i) |\Omega_s\rangle |\Omega_i\rangle$$

Distribución Espectral

$$\phi(\Delta k L) = \text{Sinc} \left(\Delta k \frac{L}{2} \right) \approx e^{-\gamma \frac{\Delta k^2 L^2}{4}} \quad (2)$$

$$\delta(\omega_p - \omega_s - \omega_i)$$

$$\omega_p = \omega_s + \omega_i$$

$$\omega_{s/i} = \omega_{s/i}^0 \pm \Omega_{s/i}$$

Tipos de SPDC

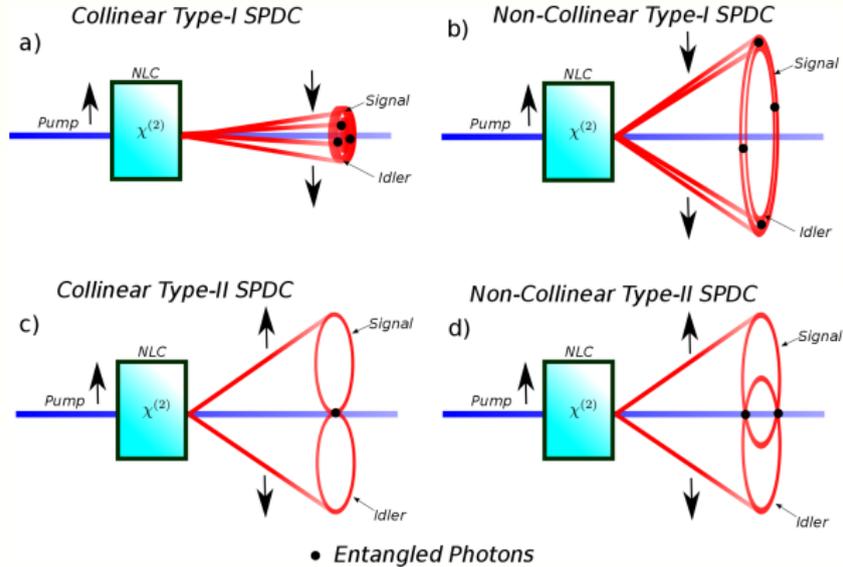


Fig. 2: Producción de fotones enredados mediante proceso SPDC. [1]

Tipo I

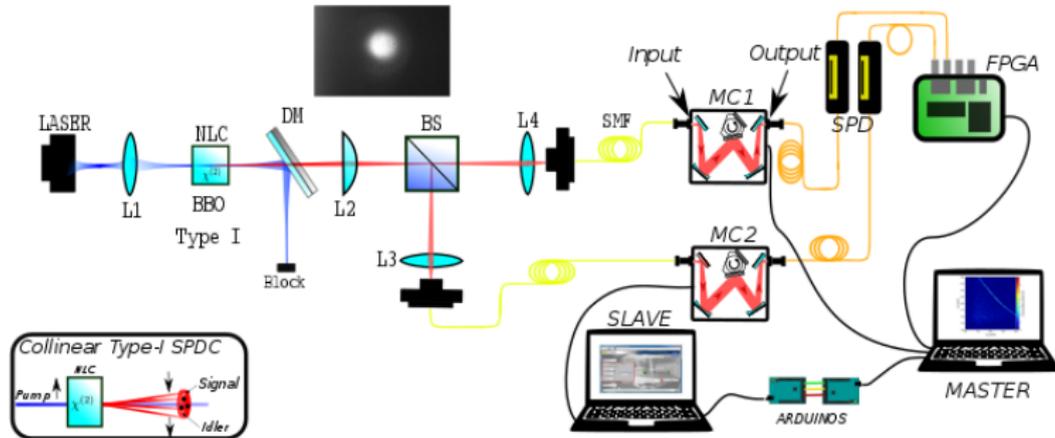


Fig. 3: Fuente de pares tipo I colineal.

Tipe I $G^{(2)}$

$$G^{(2)}(\tau) = |\langle 0 | E^{(+)}(t_2, \vec{r}_2) E^{(+)}(t_1, \vec{r}_1) | \Psi \rangle|^2 \quad \tau = t_2 - t_1$$

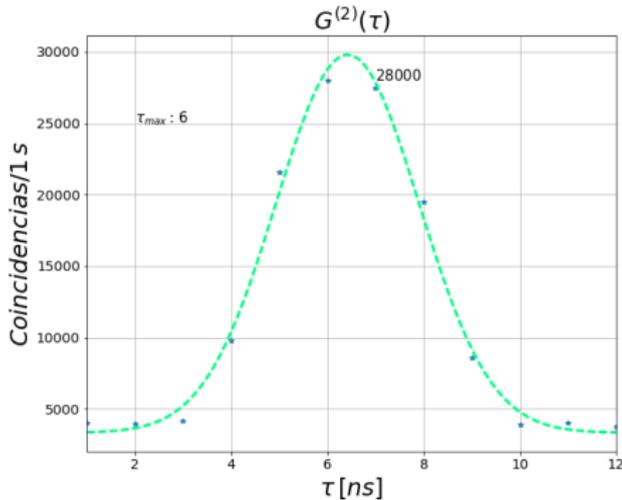


Fig. 4: Función de correlación temporal para la fuente Tipo I.

Tipe I - JS

$$\phi(\Omega_s, \Omega_i) = \text{Sinc} \left(\Delta k \frac{L}{2} \right) \approx e^{-\gamma \frac{\Delta k^2 L^2}{4}}$$

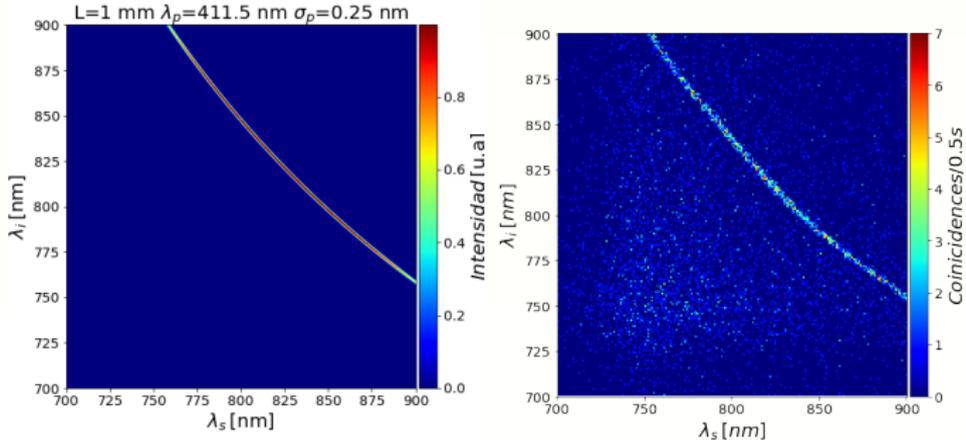


Fig. 5: a) Espectro conjunto calculado Tipo I b) Espectro conjunto medido Tipo I.

Tipo II

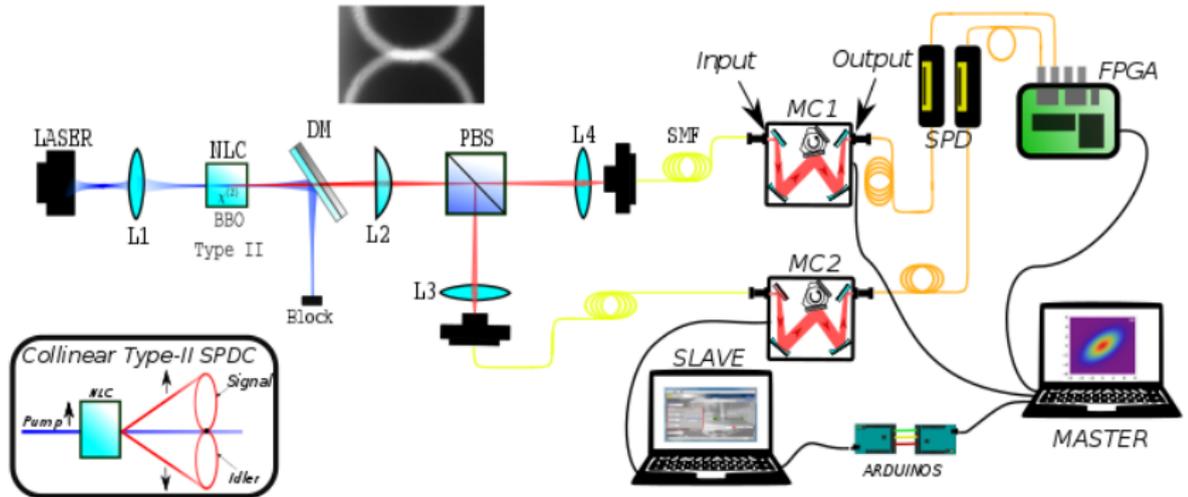


Fig. 6: Fuente de pares tipo II colineal.

Tipe II $G^{(2)}$

$$G^{(2)}(\tau) = |\langle 0 | E^{(+)}(t_2, \vec{r}_2) E^{(+)}(t_1, \vec{r}_1) | \Psi \rangle|^2 \quad \tau = t_2 - t_1$$

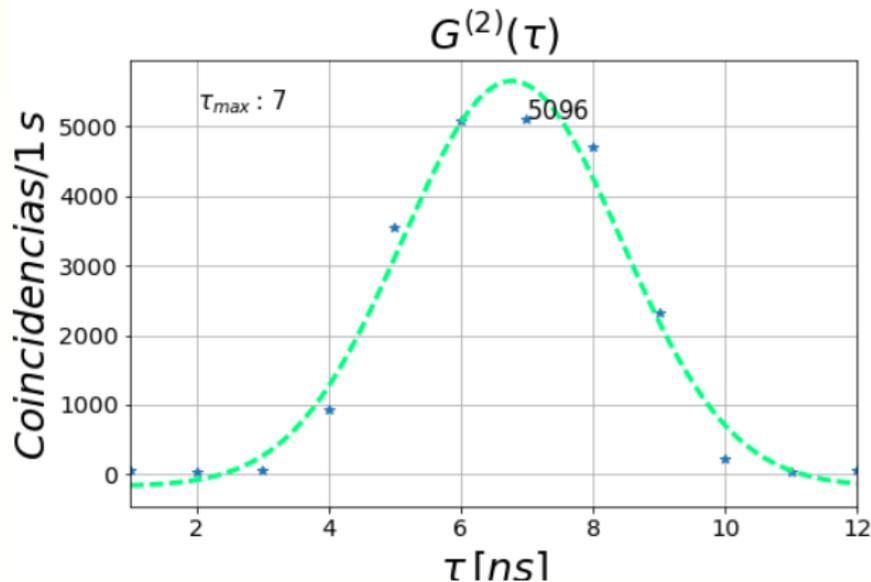


Fig. 7: Función de correlación temporal Tipo II. $\tau = 1.8$

Tipe II - JS

$$\phi(\Omega_s, \Omega_i) = \text{Sinc} \left(\Delta k \frac{L}{2} \right) \approx e^{-\gamma \frac{\Delta k^2 L^2}{4}}$$

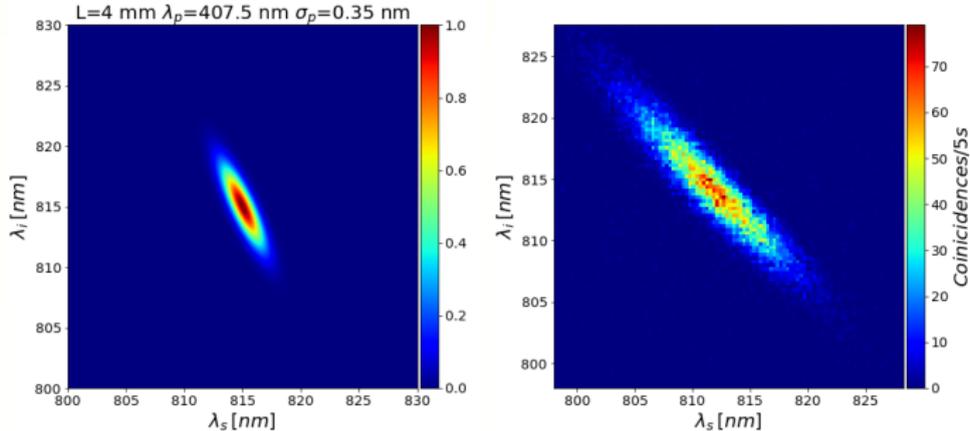
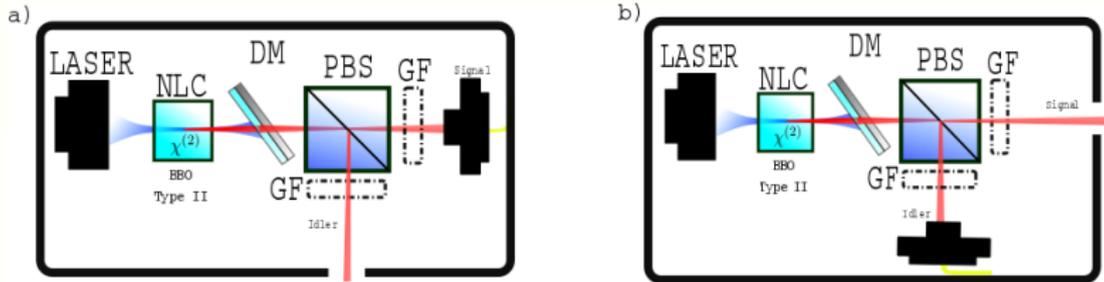


Fig. 8: a) Espectro conjunto calculado Tipo II b) Espectro conjunto medido Tipo II.

HSPS a partir de fuente de pares



$$\eta_{f,x} = \frac{p_{f,b}}{p_{f,x}}$$

$$P = \text{Tr}(|\psi\rangle\langle\psi|)$$

$$PEF_x = \eta_x P$$

Fig. 9: a) *Signal* anunciando a *Idler* b) Viceversa. [2]

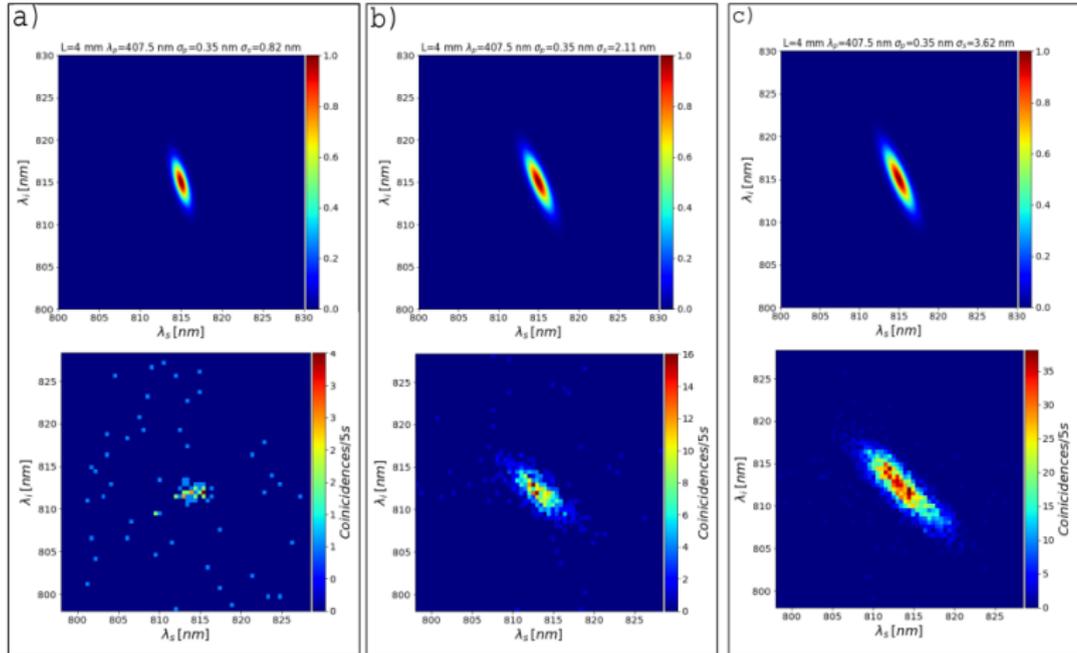


Fig. 10: Control de la correlación utilizando diferentes filtros a) $\sigma = 0.82$ nm, $\sigma = 2.11$ nm, $\sigma = 3.62$ nm ubicados en el brazo *signal*.

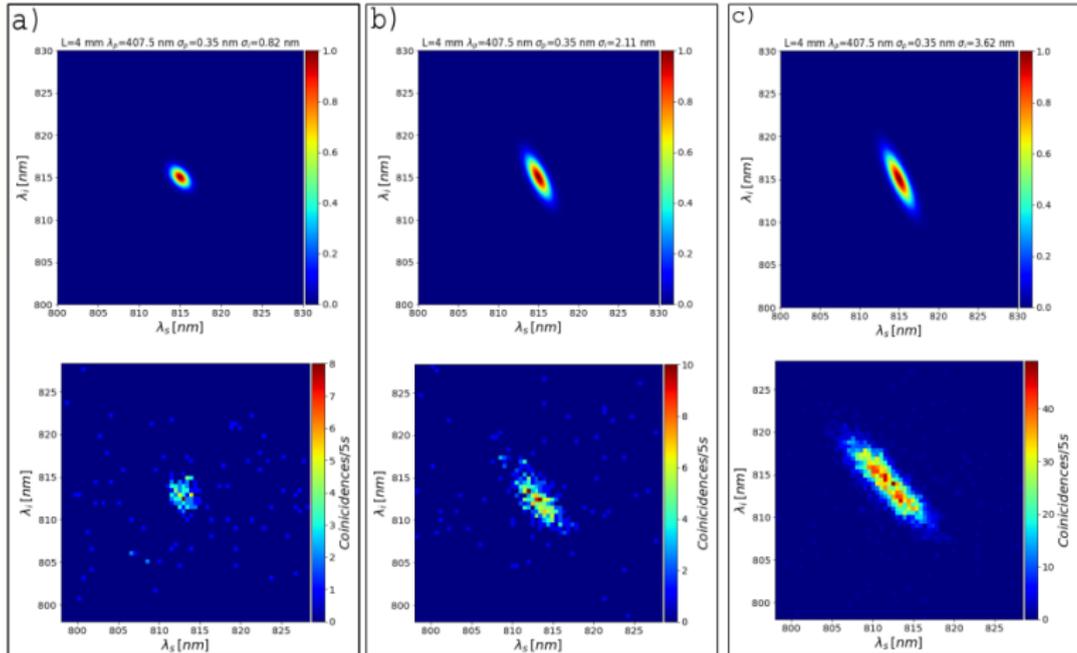


Fig. 11: Control de la correlación utilizando diferentes filtros a) $\sigma = 0.82$ nm, $\sigma = 2.11$ nm, $\sigma = 3.62$ nm ubicados en el brazo *idler*.

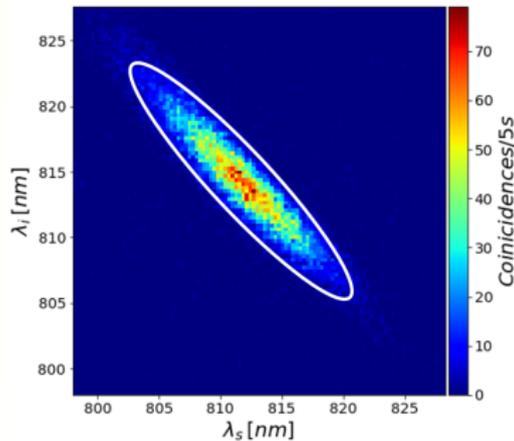


Fig. 12: Fit del JS sin filtros.

$$f(\Omega_s, \Omega_i) = Ae^{(-\frac{a}{2}\Omega_s^2 - \frac{b}{2}\Omega_i^2 + c\Omega_s\Omega_i)}$$

$$\eta_s = \sqrt{\frac{a_o b - c^2}{ab - c^2}}$$

$$\eta_i = \sqrt{\frac{ab_o - c^2}{ab - c^2}}$$

$$P = \sqrt{\frac{ab - c^2}{ab}}$$

$$PEF_j = \eta_j P$$

[3]

Factores de Pureza-Eficiencia

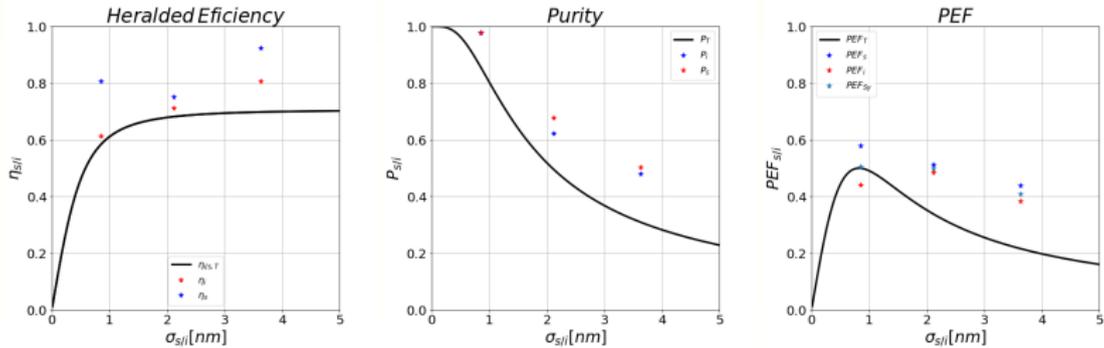


Fig. 13: a) Herald Efficiency b) Purity y c) PEF

Referencias I



Yanhua Shih.

Entangled biphoton source - property and preparation.
Reports on Progress in Physics, 66(6):1009, 2003.



Jefferson Flórez, Omar Calderón, Alejandra Valencia, and Clara I. Osorio.

Correlation control for pure and efficiently generated heralded single photons.
Phys. Rev. A, 91:013819, Jan 2015.



Evan Meyer-Scott, Nicola Montaut, Johannes Tiedau, Linda Sansoni, Harald Herrmann, Tim J. Bartley, and Christine Silberhorn.
Filtering is not enough for pure, efficient photon pairs.
2017.