

MÁSTER EN NUEVAS TECNOLOGÍAS ELECTRÓNICAS Y FOTÓNICAS

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER - CURSO 2026-2027

PROPUESTA

Título:	Validación experimental de sistemas CV-QKD sobre canales ópticos free-space
Título en inglés:	Experimental validation of CV-QKD systems over free-space optical channels
Tutor/es:	Verónica Fernández Mármol (ITEFI-CSIC)/Andres Ruiz Chamorro (Q-dynamics)
Correos-e:	Por determinar
Lugar de realización:	Instituto de Tecnologías Físicas y de la Información (ITEFI-CSIC), Madrid

Resumen:

El trabajo estudiará la operación de sistemas de distribución cuántica de clave de variable continua (CV-QKD) sobre enlaces ópticos en espacio libre. El objetivo es analizar experimentalmente cómo las pérdidas variables, la turbulencia atmosférica, el fading, los errores de apuntamiento y las fluctuaciones de acoplo afectan a la estimación de parámetros y a la generación de clave secreta. Se partirá de un enlace de referencia en laboratorio y se desarrollará un banco óptico free-space que permita introducir perturbaciones de forma controlada. El trabajo se enmarca en el desarrollo de tecnologías para comunicaciones cuánticas terrestres y espacio-tierra del CSIC.

Metodología:

1) Revisión del funcionamiento de CV-QKD y de los principales efectos del canal FSO. 2) Diseño y puesta a punto de un banco óptico free-space compatible con el sistema CV-QKD disponible. 3) Caracterización del enlace mediante medidas de transmisión, potencia recibida, SNR, exceso de ruido, estabilidad de fase y tasa de clave secreta. 4) Introducción controlada de pérdidas, desalineamientos y fluctuaciones del canal, y evaluación de su impacto. 5) Estudio de estrategias de mejora, tales como optimización del acoplo, recuperación del enlace, adaptación de parámetros o técnicas de mitigación de fading. 6) Comparación con el funcionamiento sobre fibra y análisis de la aplicabilidad a enlaces terrestres y espacio-tierra.

Conocimientos previos recomendados:

Fundamentos de comunicaciones ópticas y fotónica. Conocimientos básicos de señales y sistemas y programación (Python, MATLAB o equivalente). Se valorarán conocimientos de comunicaciones cuánticas, óptica experimental, procesamiento digital de señal o FPGA, aunque no son imprescindibles.

Bibliografía:

C. Weedbrook et al., "Gaussian quantum information", Rev. Mod. Phys. 84, 621–669 (2012).
F. Laudenbach et al., "Continuous-Variable Quantum Key Distribution with Gaussian Modulation—The Theory of Practical Implementations", Adv. Quantum Technol. 1, 1800011 (2018).
A. A. Semenov et al., trabajos de referencia sobre fluctuaciones de transmisión y canales atmosféricos en comunicaciones cuánticas ópticas.
Documentación técnica y artículos recientes sobre CV-QKD, propagación FSO y enlaces ópticos espacio-tierra.