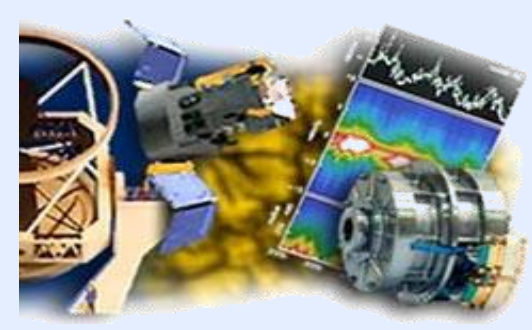


INSTITUTO DE ASTROFÍSICA DE CANARIAS

Acercando a la Industria al universo del Instituto de Astrofísica de Canarias

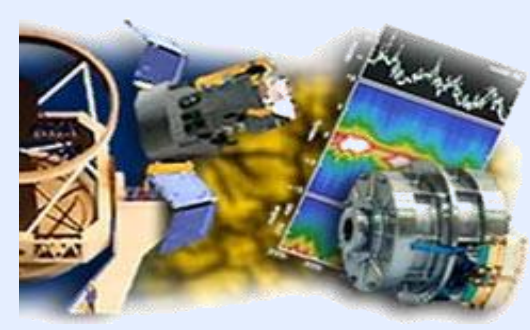
FSOC: Comunicaciones ópticas en espacio libre

Luis Fernando Rodríguez Ramos



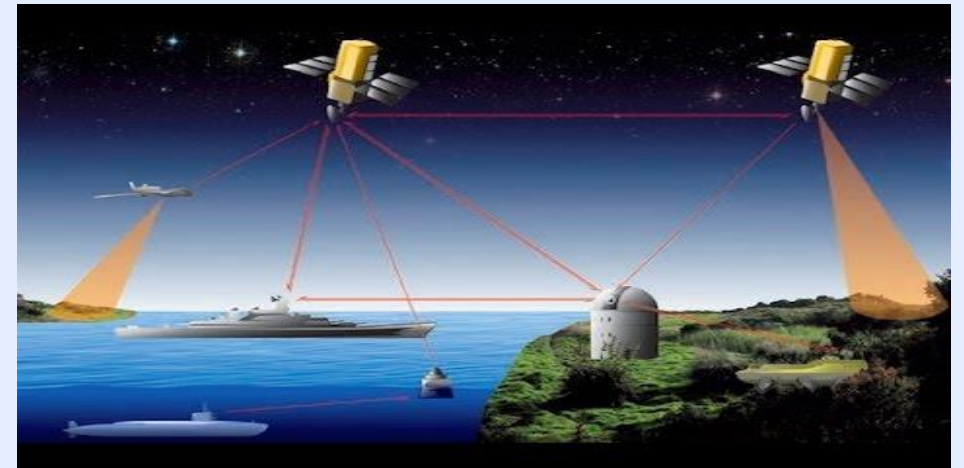
Contenido

- **Comunicaciones ópticas**
- **Comunicaciones cuánticas**
- **Oportunidades para la industria, tanto en desarrollo como en fabricación**

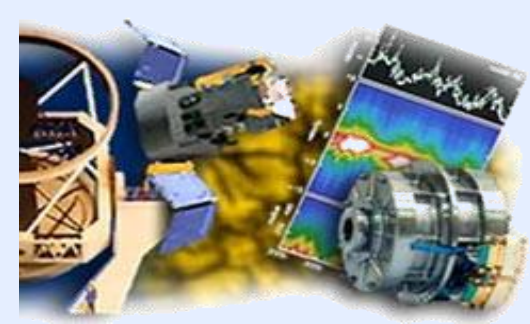


¿Comunicaciones ópticas?

- Las prestaciones de las comunicaciones ópticas son indiscutibles. Todos tenemos fibra óptica en casa desde hace tiempo.
- Las comunicaciones ópticas en espacio libre (FSOC, Free-Space Optical Communications) adquieren sentido cuando uno de los extremos (o ambos) no está fijo sobre el terreno:
 - Satélites
 - Barcos
 - Aviones
 - Helicópteros
 - Drones



Crédito: Rajput Sandeep



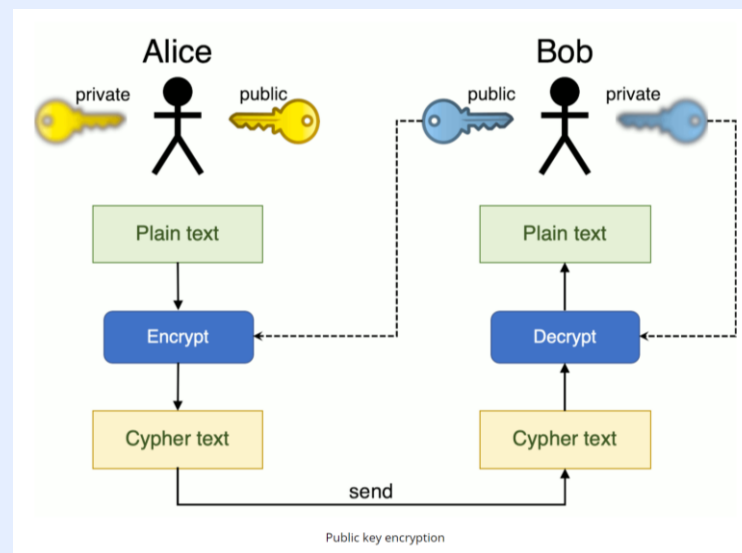
Ventajas de las FSOC

- **Eficiencia de potencia.**
 - Mayor directividad de los láseres con respecto a las microondas, debido a menor longitud de onda
 - Mayor eficiencia en la conversión de DC a potencia transmitida
 - Mayor sensibilidad en los detectores
- **Menores requerimientos de masa**
 - Generadores y detectores más ligeros (láseres y APDs)
 - Óptica más ligera (Telescopios en comparación con antenas)
- **Mayores tasas de transmisión**
 - Frecuencia enormemente más elevada que en radio/microondas
 - Tecnología disponible
- **Mejor comportamiento electromagnético**
 - Patrón de radiación extremadamente estrecho
 - Privacidad
 - Imposibilidad de interferencia
- **Capaz de admitir comunicaciones cuánticas**

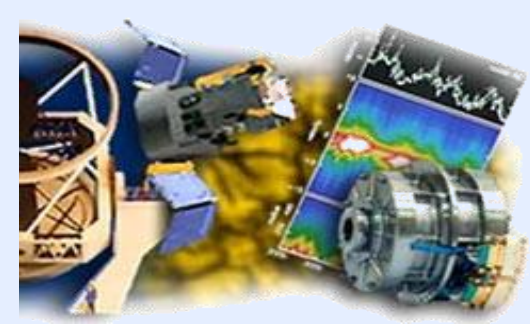
Quantum Key Distribution (QKD)

➤ El secreto en las comunicaciones

- Para cifrar y descifrar un mensaje se requiere una clave, la cual debe estar en poder de ambos interlocutores
- En general se utiliza una clave pública y otra privada, para evitar que se tengan que “juntar”
- La clave pública se genera mediante el producto de dos números primos muy grandes.
- La clave privada son los números primos que se multiplican.
- Recuperar los números primos a partir de su producto es un problema computacionalmente muy complejo



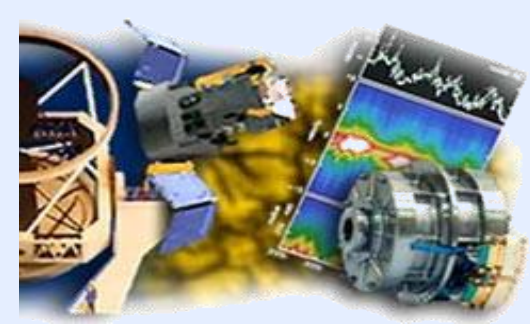
Crédito: <https://www.coengodegebure.com/>



Quantum Key Distribution (QKD)

- **En el futuro los ordenadores cuánticos pueden acabar resolviendo el problema.**
 - Se trabaja actualmente en la criptografía post-cuántica, buscando problemas mucho más difíciles

- **Distribuir las claves usando propiedades cuánticas**
 - “Cuando un estado cuántico se mide, se altera”
 - Controlando el estado cuántico de los fotones que se emiten, se puede entonces garantizar que la clave se ha compartido de forma segura
 - El estado cuántico no puede “amplificarse”, por lo que la atenuación de las fibras ópticas establece un límite en la distancia para la QKD
 - La distribución de claves a través del espacio libre (FSOC) tiene una clara aplicación



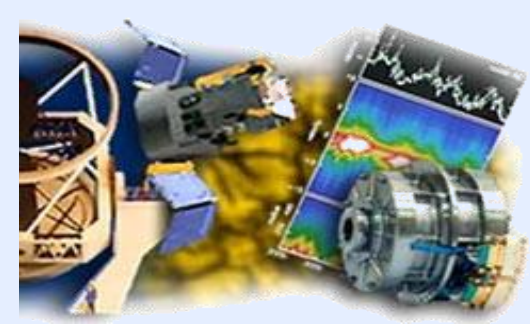
Inconvenientes de la FSOC

➤ Climatología.

- Nubes
- Lluvia
- Nieve
- ...

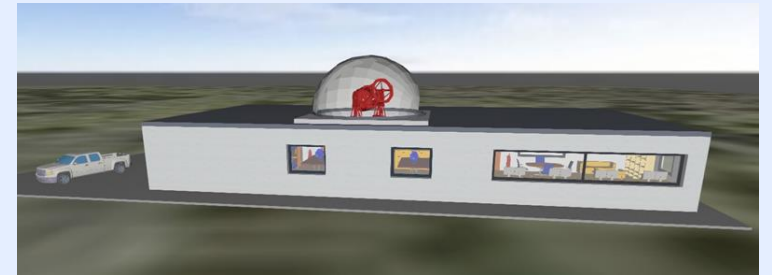
➤ Turbulencia atmosférica

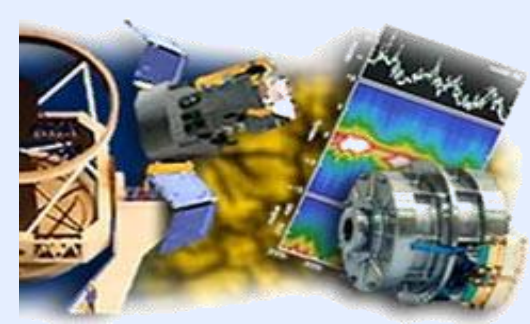
- Incluso en ausencia de climatología adversa, la atmósfera introduce cambios aleatorios en el índice de refracción que producen aberraciones en el frente de onda, lo que se traduce en un emborronamiento de las imágenes.
- El IAC posee un largo historial de conocimiento y experiencia en la compensación de la turbulencia atmosférica para astronomía, que actualmente canaliza hacia su aplicación en comunicaciones ópticas.



Oportunidades para la industria

- **Cargas útiles en satélites.**
 - Comunicaciones ópticas clásicas. Ejemplo ALISIO-1
 - QKD. Ejemplo SpanishQKD (Caramuel)
- **Comunicaciones ópticas (clásicas) para equipos móviles**
 - Barcos
 - Aviones
 - Helicópteros
 - Drones
- **Detectores**
 - SNSPD (Nanohilos superconductores)
 - APDs (Detectores de avalancha)
- **Estaciones terrestres**
 - Móviles
 - fijas
- **Puebas de sistemas de comunicaciones**
 - Laboratorio de Comunicaciones Cuánticas (IACTEC)
 - IAclink





IAClink

- **Infraestructura única en el mundo, explotando la visión directa que existe entre los observatorios OT y ORM, ambos propiedad del IAC.**
- **Abierta a la industria y a grupos de investigación internacionales**

