



**POLITÉCNICA**

# En línea con la infraestructura cuántica Europea.

## Plan Complementario en Madrid y EuroQCI en la Universidad Politécnica de Madrid

### JJT RedIRIS 2024. Tecnologías emergentes

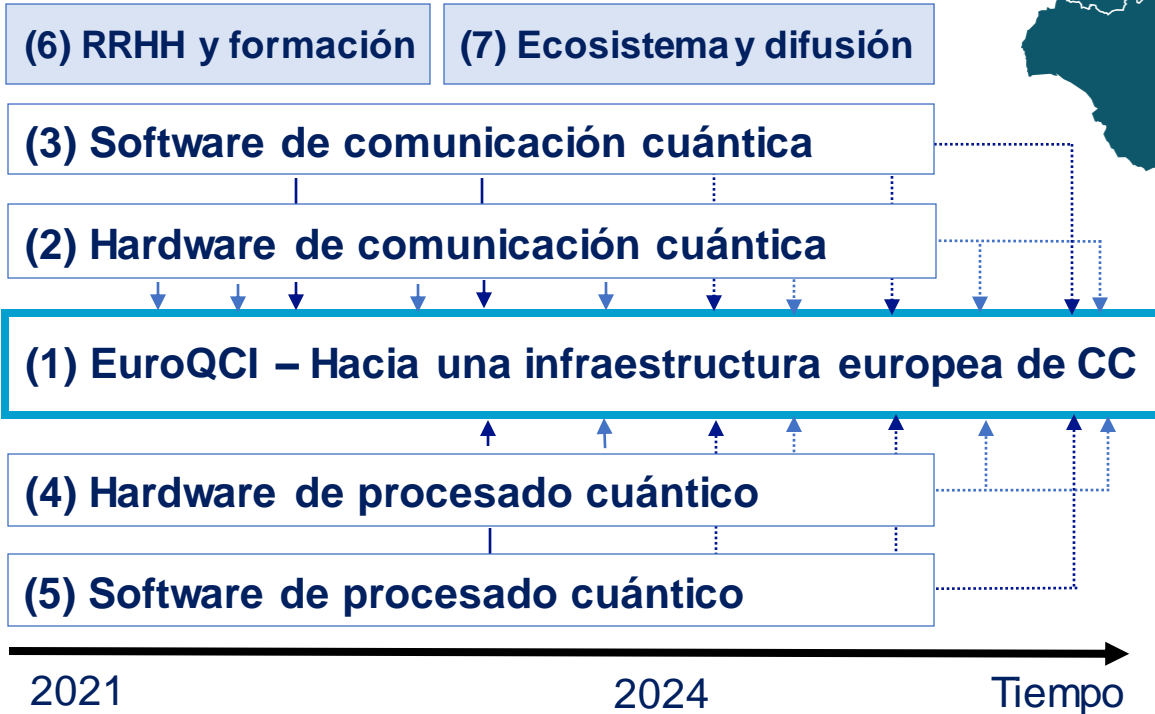
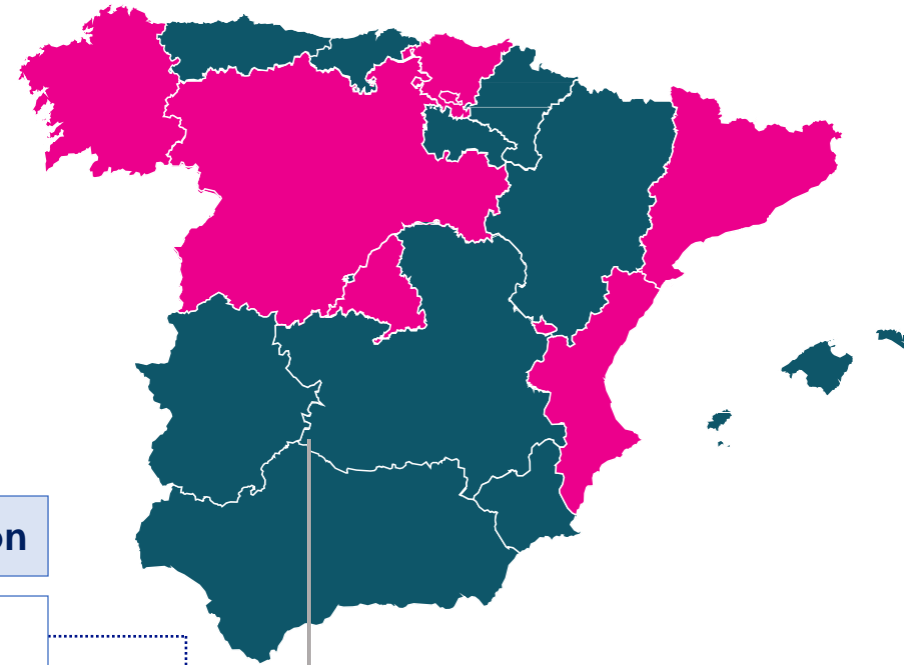
Universidad Politécnica de Madrid  
Centro de Simulación Computacional  
Grupo de Investigación en Información y Computación Cuántica

Alberto Sebastián-Lombraña, Juan P. Brito, Laura Ortiz, Rubén B. Méndez, Rafael García, Jaime S. Buruaga, Marta Cid, José Luis Bejarano, Vicente Martín.

## Contenidos

- Plan Complementario en Comunicación Cuántica, MADQuantum-CM y EuroQCI.
- Red cuántica de Madrid.
- Comunicaciones cuánticas en la UPM.

# Plan Complementario de Comunicación Cuántica



**País Vasco**  
**Castilla y León**  
**Cataluña**  
**Galicia**  
**Madrid**  
**Valencia**  
**CSIC**

# Plan Complementario de Comunicación Cuántica



Financiado por  
la Unión Europea  
NextGenerationEU

GOBIERNO DE ESPAÑA  
MINISTERIO DE CIENCIA E INNOVACIÓN

Plan de  
Recuperación,  
Transformación  
y Resiliencia

Comunidad  
de Madrid

# PC3

PLAN COMPLEMENTARIO DE  
COMUNICACIONES CUÁNTICAS

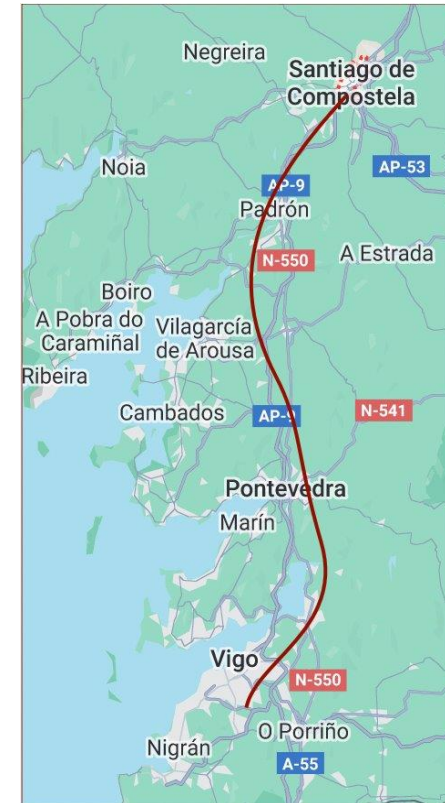
---

# Plan Complementario de Comunicación Cuántica



PLAN COMPLEMENTARIO DE COMUNICACIONES CUÁNTICAS

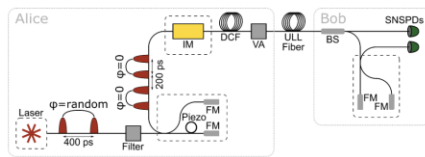
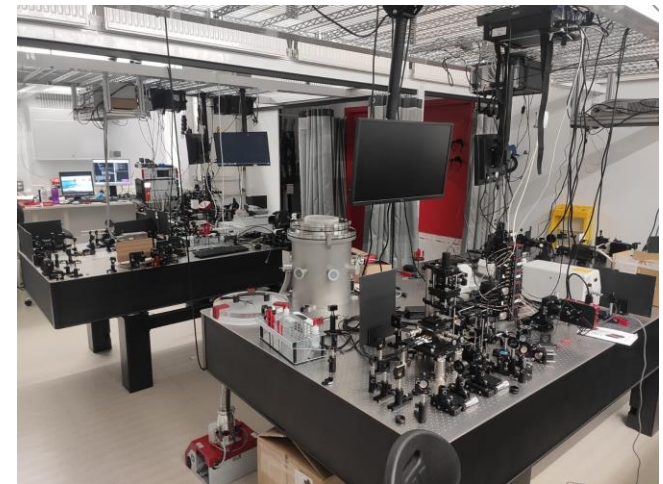
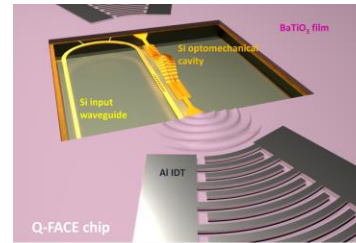
## (1) EuroQCI – Hacia una infraestructura europea de CC



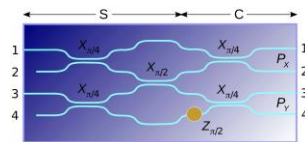
# Plan Complementario de Comunicación Cuántica



## (2) Hardware de comunicación cuántica



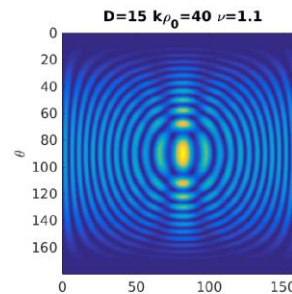
Implementaciones de QKD sobre fibra



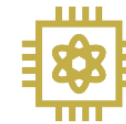
Fotónica integrada para QKD



OGS para QKD para enlaces aéreos

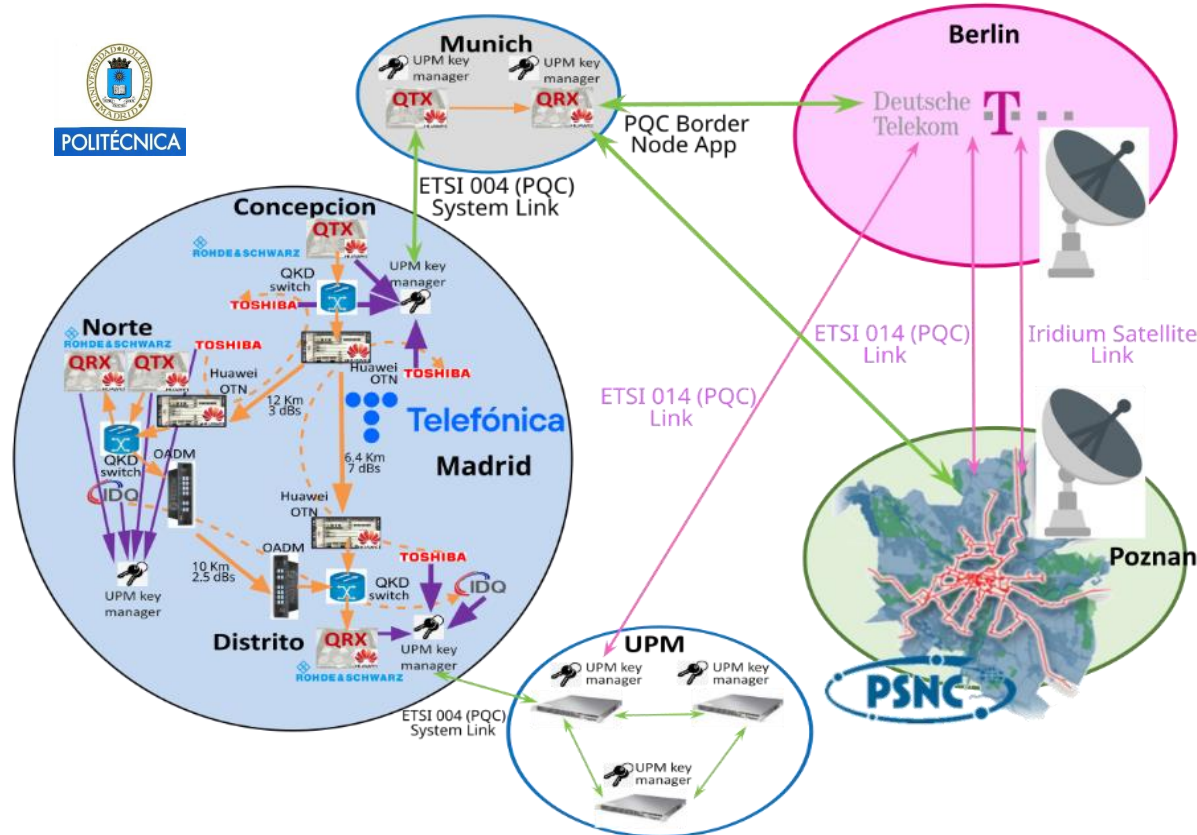


Universidad de Valladolid



# Plan Complementario de Comunicación Cuántica

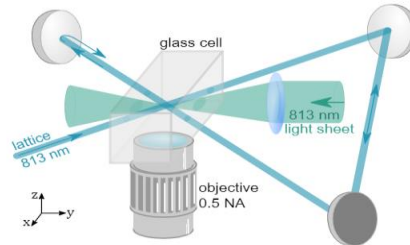
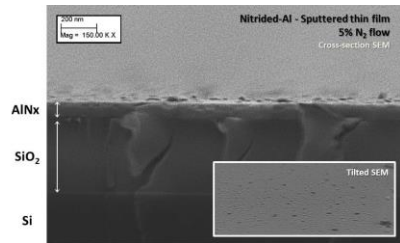
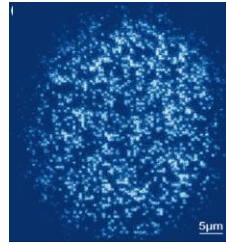
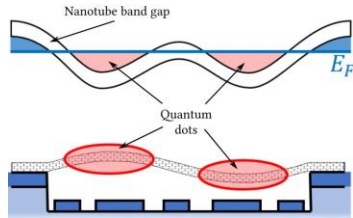
## (3) Software de comunicación cuántica



# Plan Complementario de Comunicación Cuántica



## (4) Hardware de procesamiento cuántico

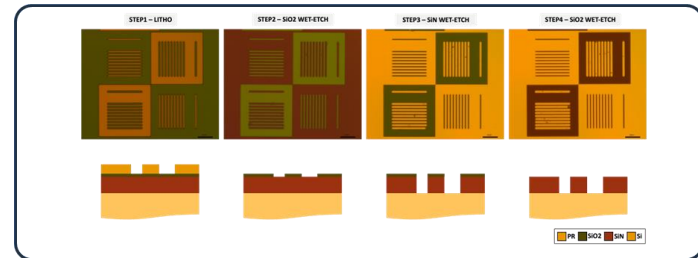


**Cryogenic enabling technologies**

Crvoelectron  
nol  
SC chips

**Novel qubits**

**Qudit quantum**





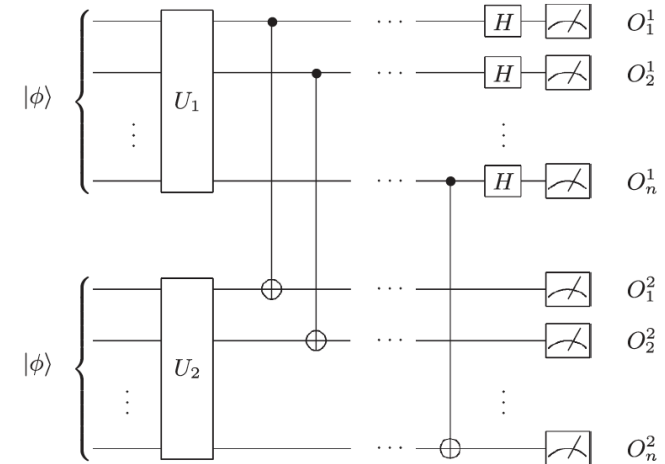
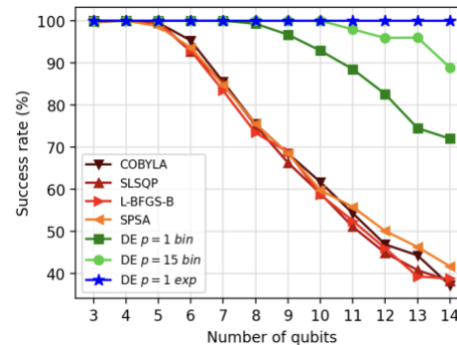
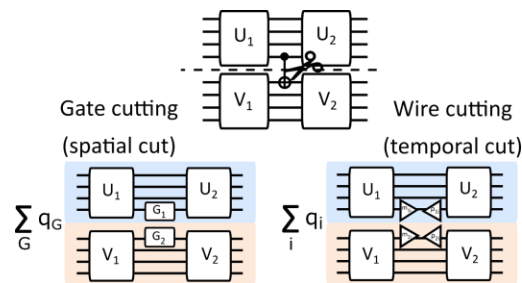
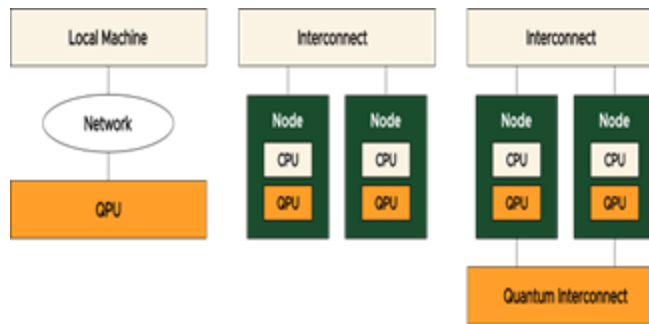
# Plan Complementario de Comunicación Cuántica



POLITÉCNICA



## (5) Software de procesamiento cuántico



# Proyecto MADQuantum-CM



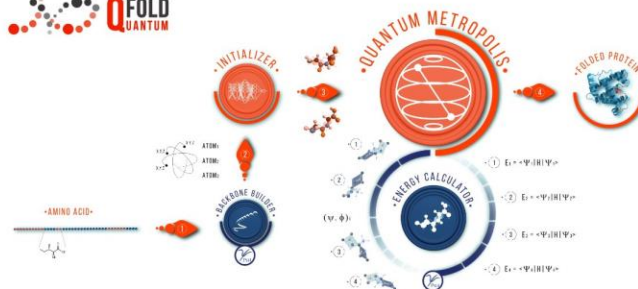
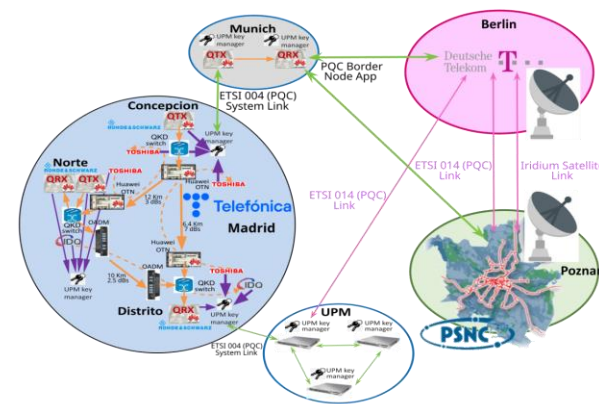
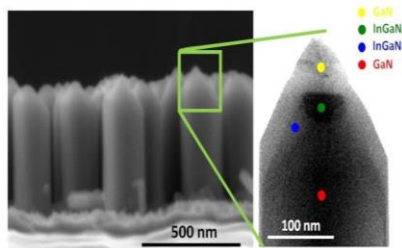
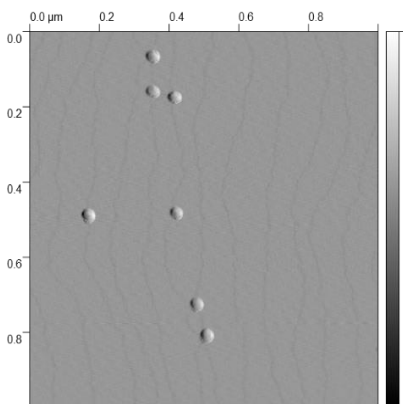
Financiado por la Unión Europea  
NextGenerationEU



Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia



# MadQ-CM



# Proyecto MADQuantum-CM



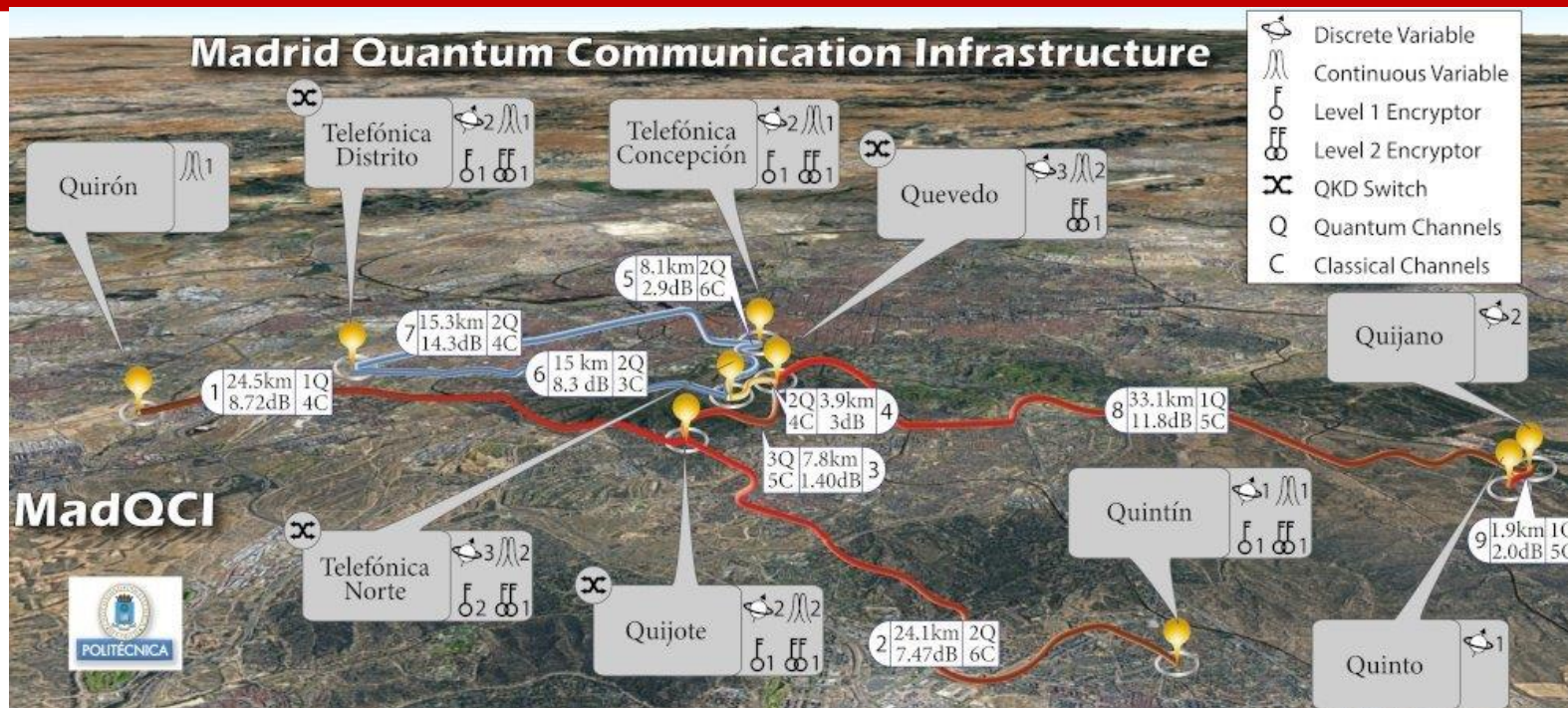
Financiado por la Unión Europea  
NextGenerationEU



Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia



# MadQ-CM



POLITÉCNICA



UNIVERSIDAD COMPLUTENSE MADRID



# Iniciativa EuroQCI



Financiado por  
la Unión Europea  
NextGenerationEU



Plan de  
Recuperación,  
Transformación  
y Resiliencia



Comunidad  
de Madrid



# EuroQCI

DECLARATION ON A  
**QUANTUM COMMUNICATION  
INFRASTRUCTURE**  
FOR THE EU

Digital Europe Programme



# Iniciativa EuroQCI



Financiado por  
la Unión Europea  
NextGenerationEU



Plan de  
Recuperación,  
Transformación  
y Resiliencia



## EuroQCI

DECLARATION ON A  
QUANTUM COMMUNICATION  
INFRASTRUCTURE  
FOR THE EU

Digital Europe Programme



## EUROQCI SPAIN

cellnex



CSIC

CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

tecnobit  
grupo oesia



Telefónica



POLITÉCNICA

ICFO<sup>R</sup>

# Com. cuánticas en la UPM



Financiado por la Unión Europea NextGenerationEU

Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia

- (6) RRHH y formación
- (7) Ecosistema y difusión
- (3) Software de comunicación cuántica
- (2) Hardware de comunicación cuántica
- (1) EuroQCI – Hacia una infraestructura europea de CC
- (4) Hardware de procesado cuántico
- (5) Software de procesado cuántico

2021 2024 Tiempo

MadQCI

EuroQCI

Financiado por la Unión Europea NextGenerationEU

Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE MADRID

CENTRO ESPAÑOL DE METROLOGÍA

Universidad Autónoma de Madrid

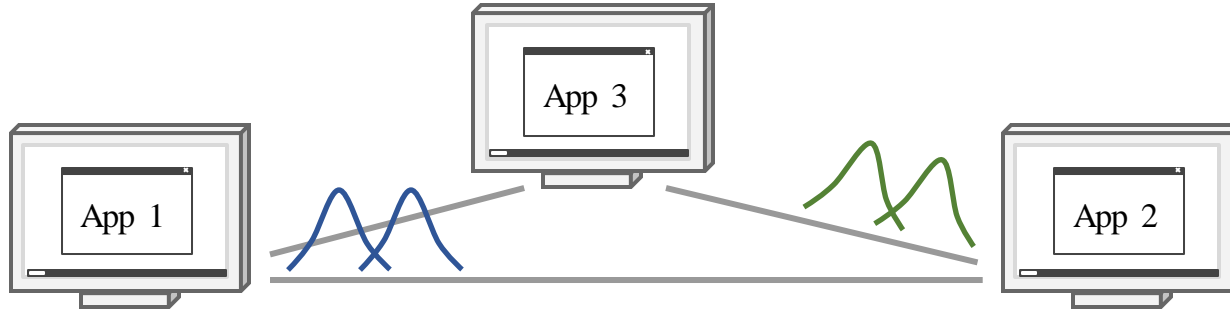
DECLARATION ON A QUANTUM COMMUNICATION INFRASTRUCTURE FOR THE EU

All 27 EU Member States

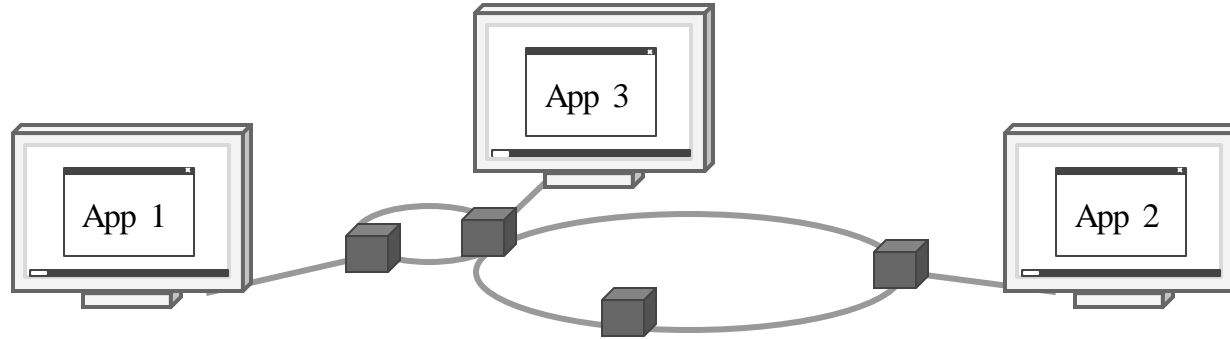
+ EUROQCI SPAIN

@FutureTechEU #EuroQCI

# Comunicaciones cuánticas

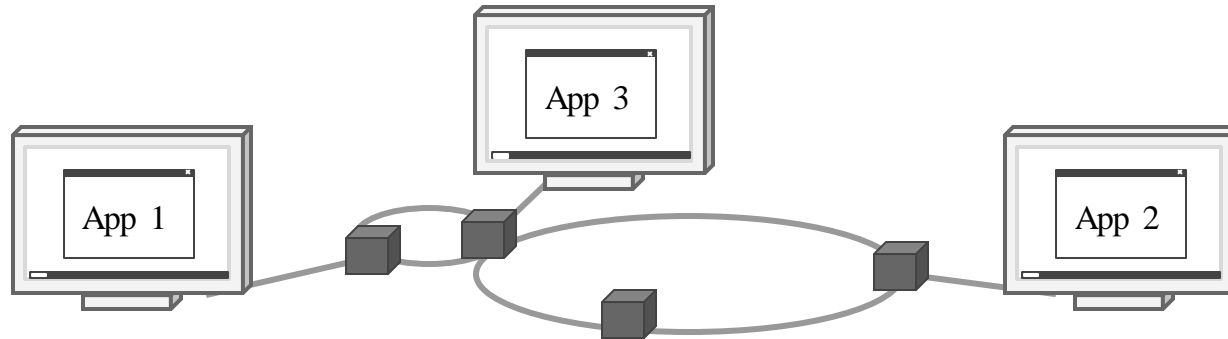


# Comunicaciones cuánticas





# Comunicaciones cuánticas

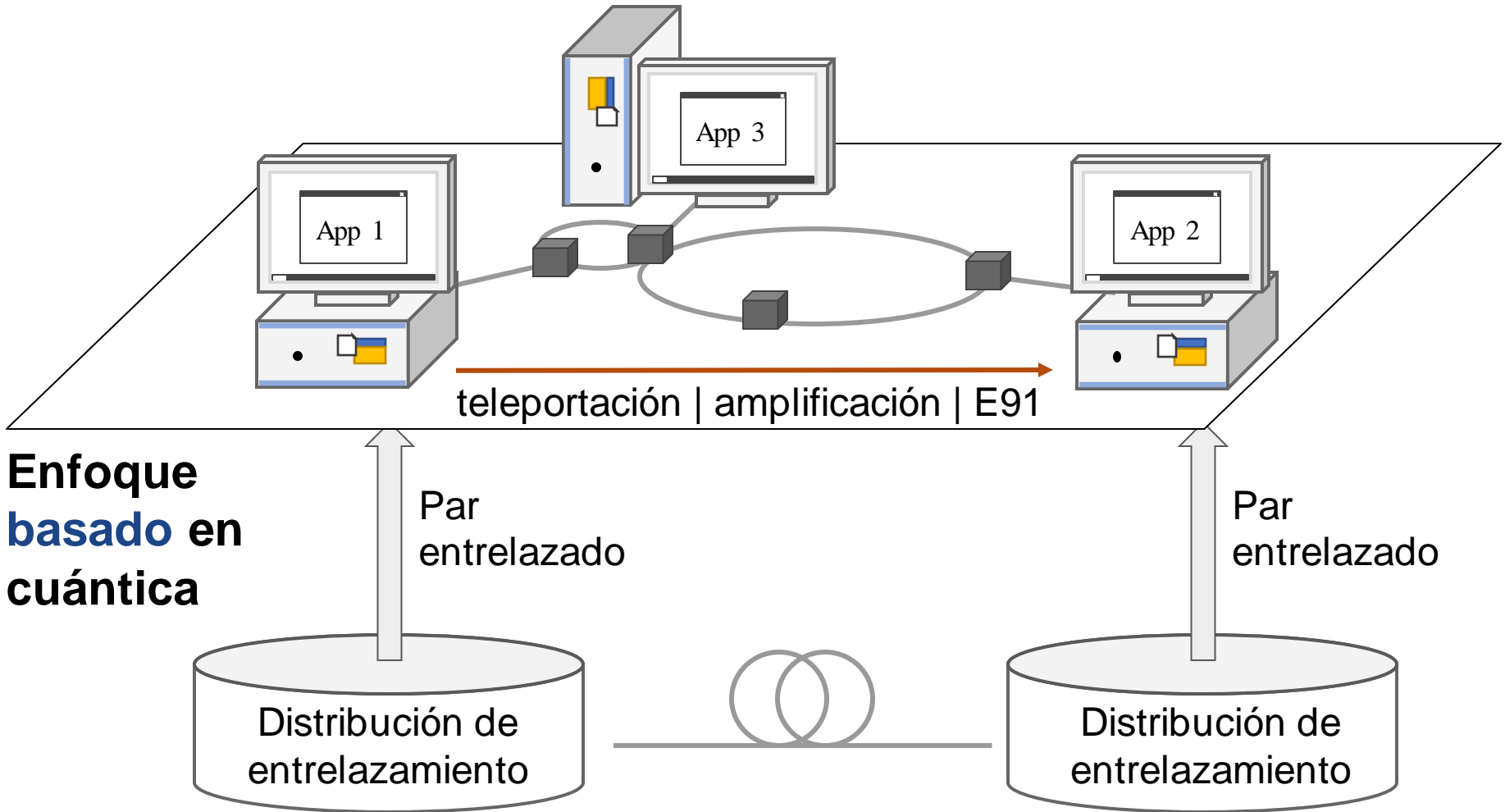


Técnicas y tecnologías de **vanguardia**

Tecnología **madura**

- **comparado** con otras

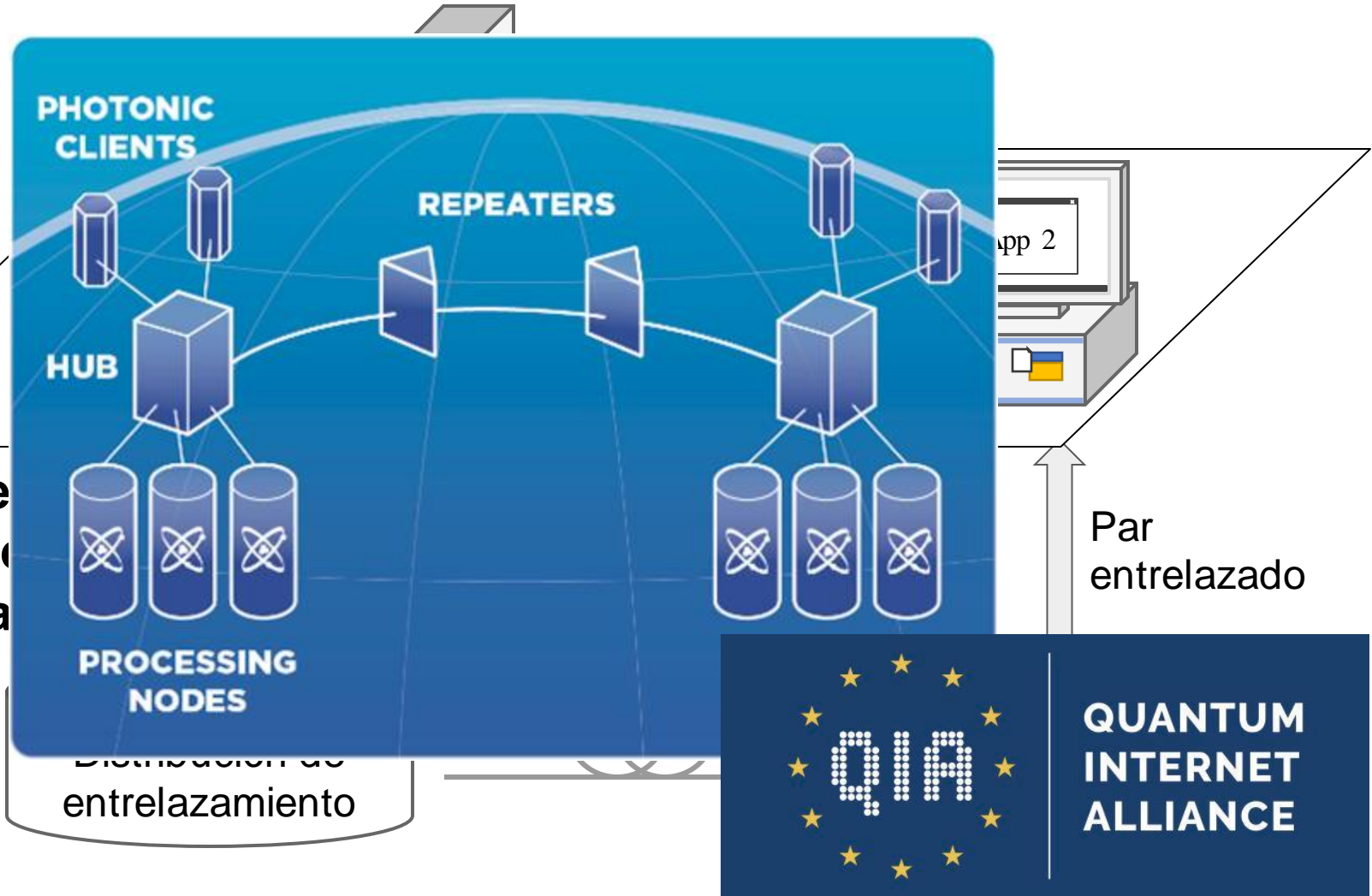
# Comunicaciones cuánticas



**Enfoque basado en cuántica**

Funciones cuánticas de red

# Comunicaciones cuánticas



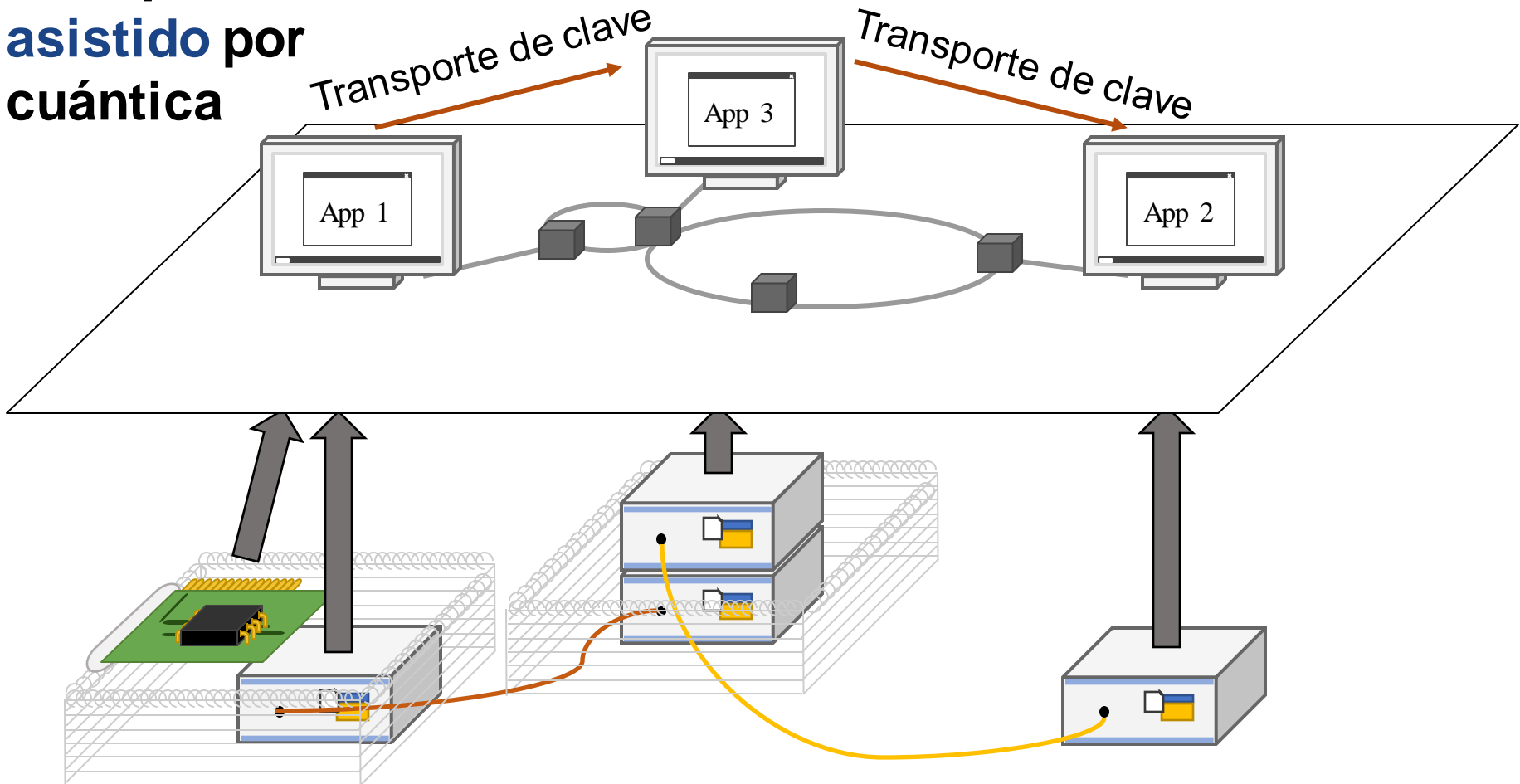
Enfoque basado en comunicaciones cuánticas

Funciones cuánticas de red

<https://quantum-internet.team>

# Criptografía cuántica

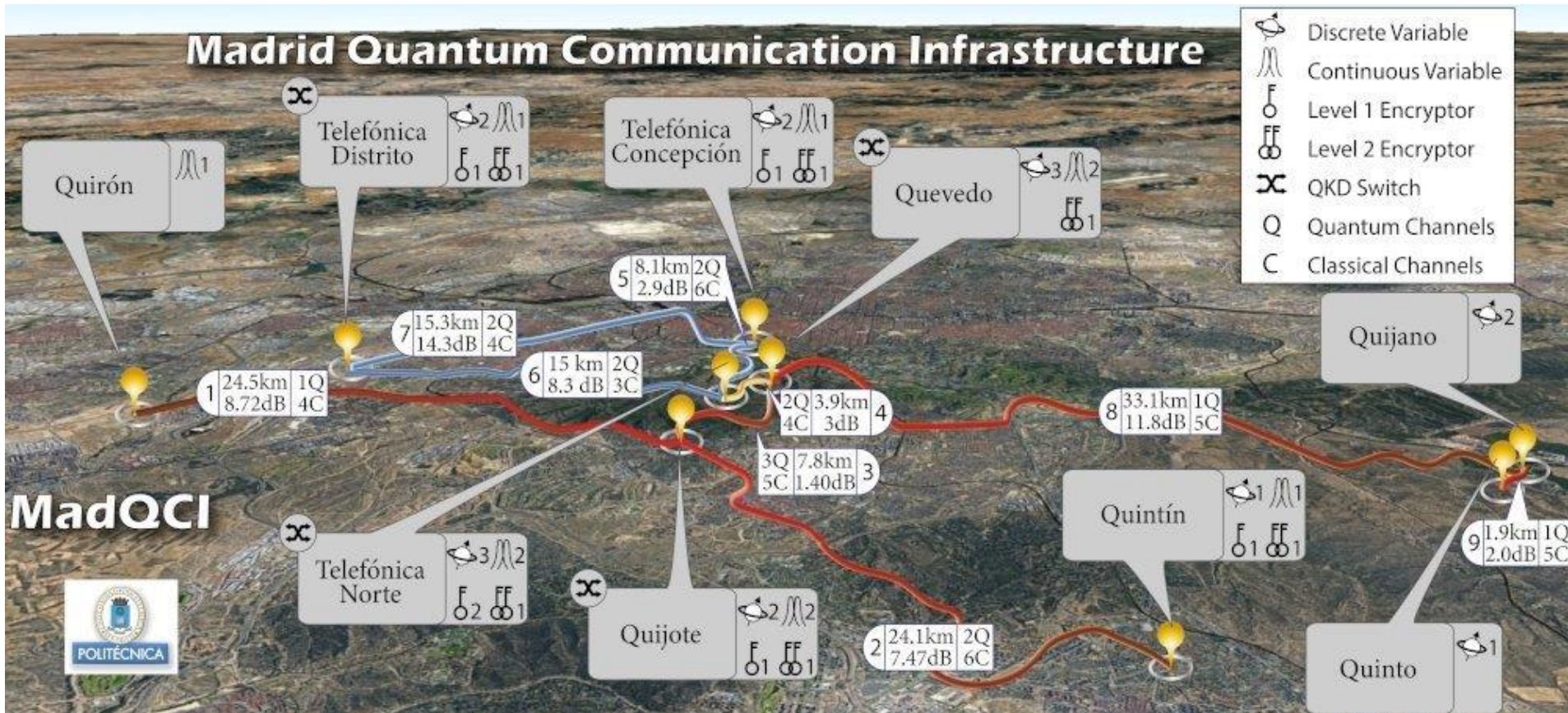
## Enfoque asistido por cuántica



Funciones cuánticas de red

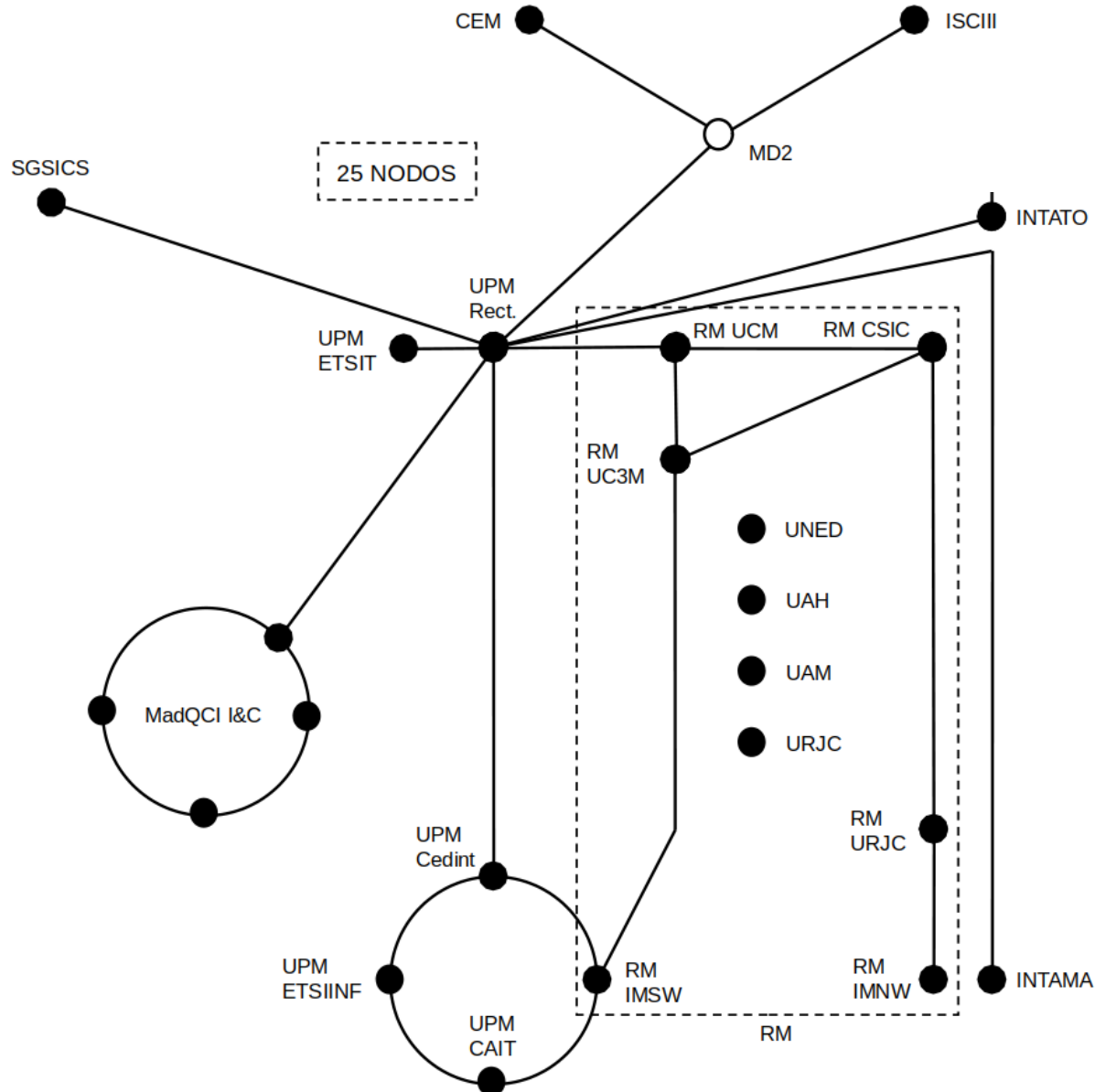
# La red cuántica de Madrid

## Iteración 2018-2022



# La red cuántica de Madrid

## Iteración "2023-2033". UPM

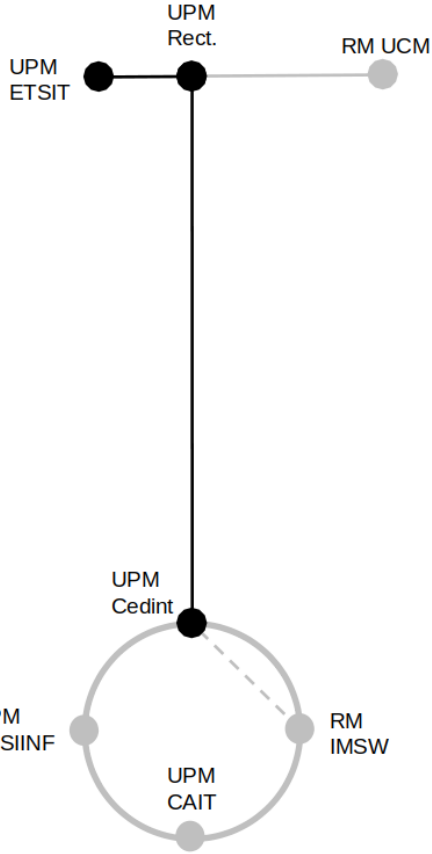


# La red cuántica de Madrid



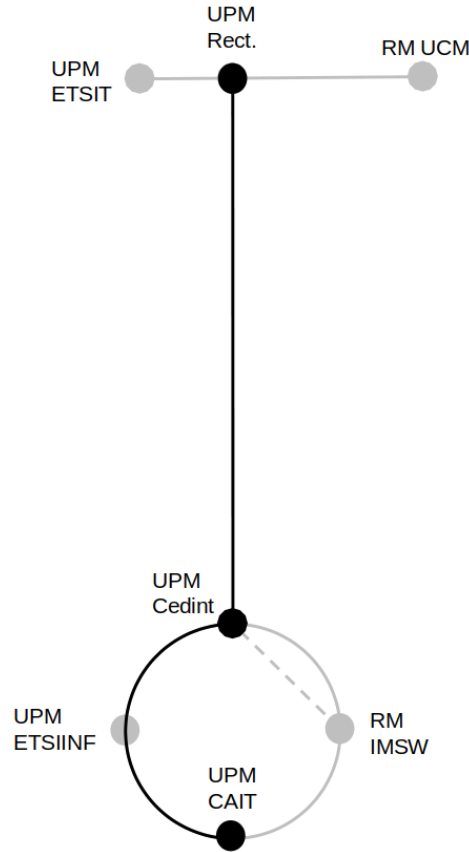
## Iteración "2023-2033". UPM

### Troncal



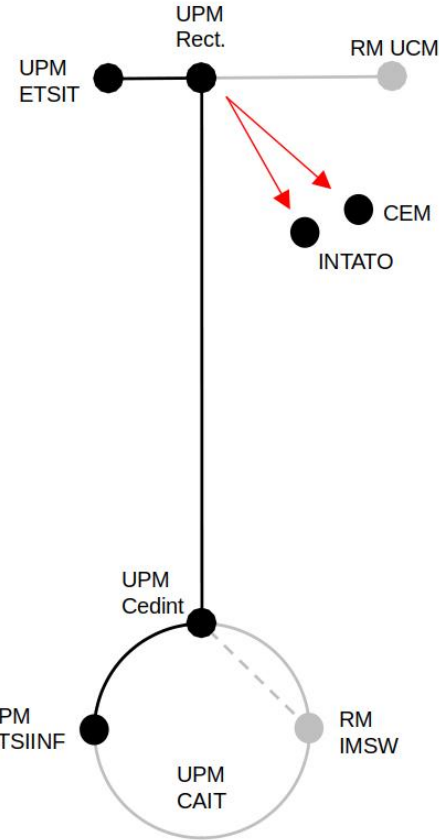
Línea 1  
MadQCI

### Demostración



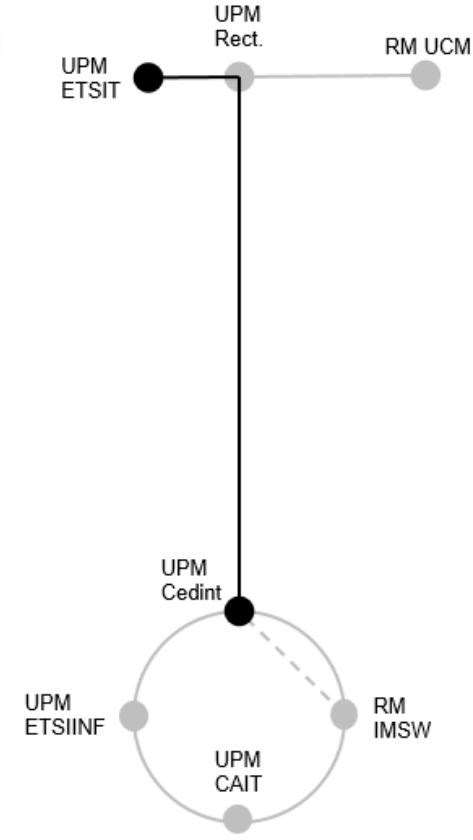
Línea 3  
Software

### Beyond



Línea 4  
Hardware

### Experimentación

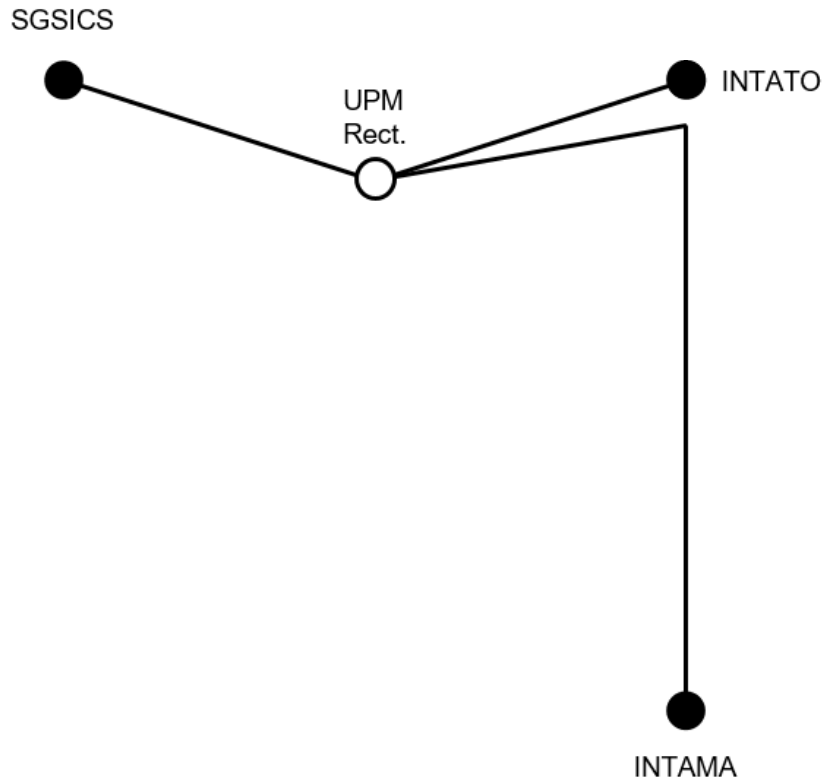


# La red cuántica de Madrid

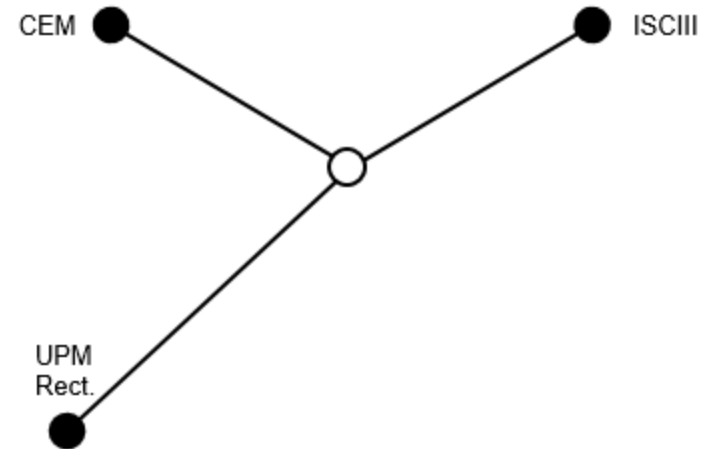


## Iteración "2023-2033". UPM

Alta seguridad y



"Y norte"



Cortesía de:



Exp. SUM 57/22






# La red cuántica de Madrid



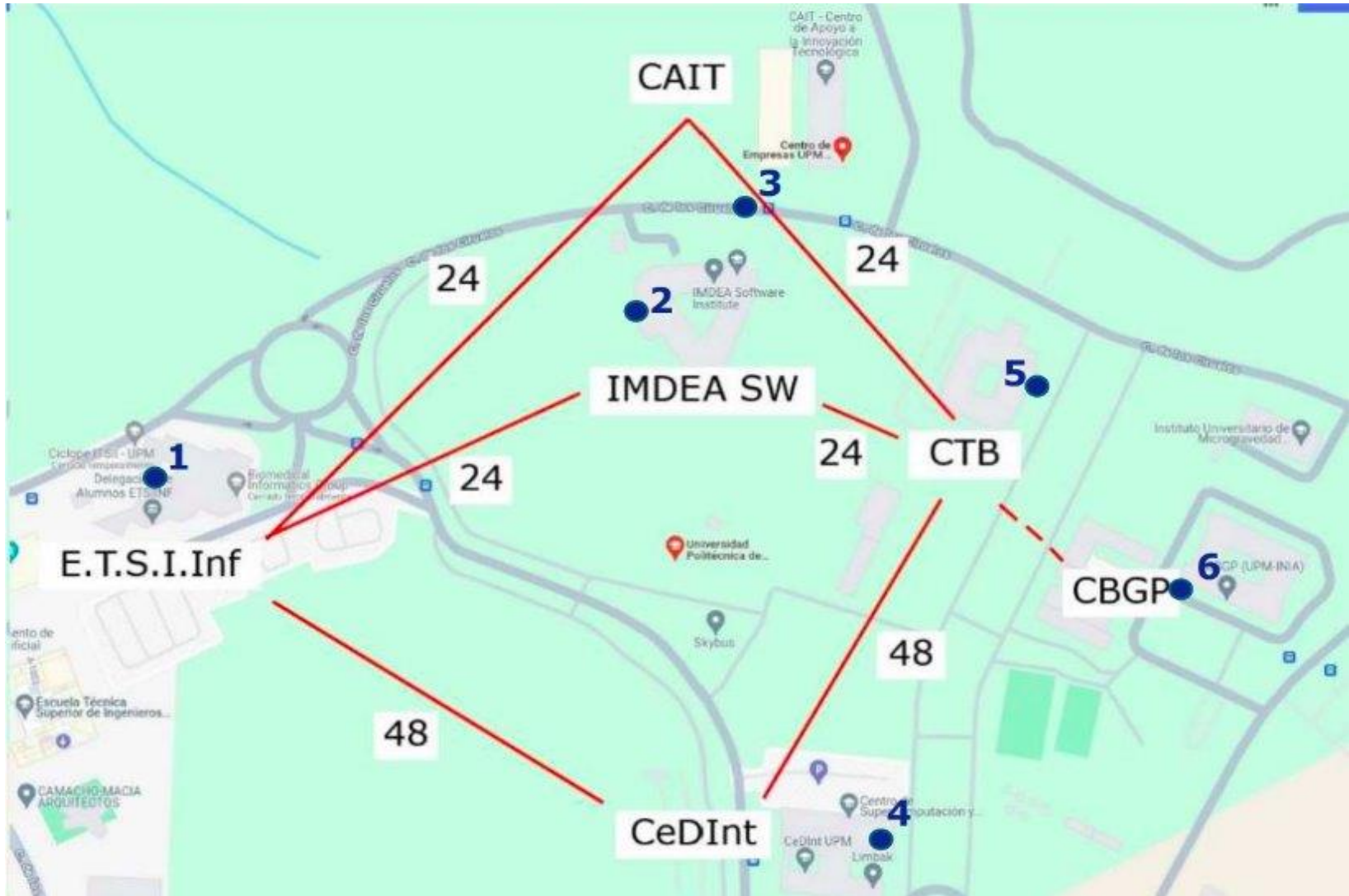
## Infraestructura de fibra

- Mediante suministro tipo IRU redefinido (2+15 años).
- Múltiples fibras en cada enlace.

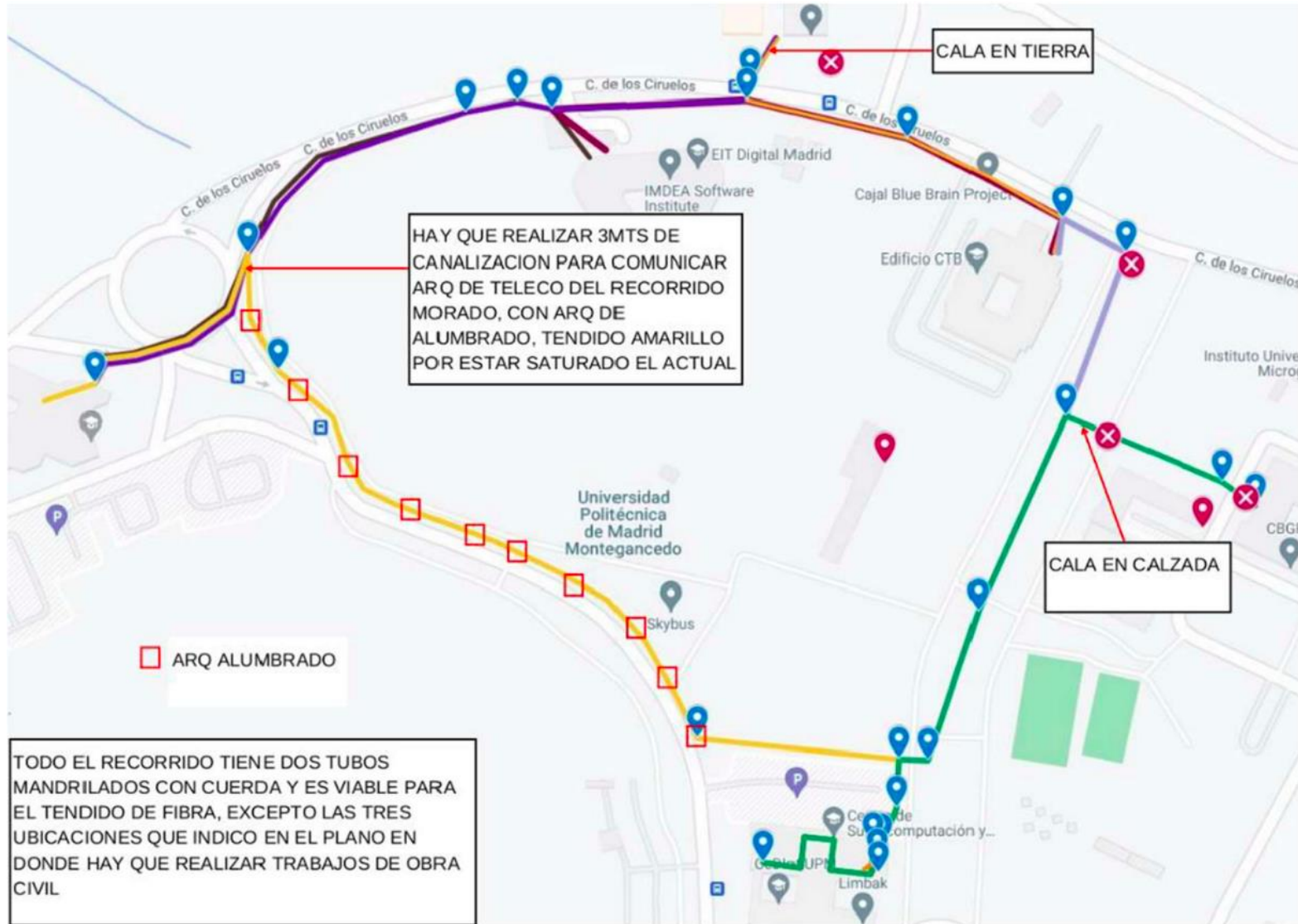
Enlace	Exped.	Precio (€)
Teleco-Rectorado-Informáticos-CAIT	SUM-18/23	156.000 € (250.000€ )
Rectorado-CEM-ISCI III  	SUM-57/22	<<< 575.000 € (1.235.000 €)
MadQCI-REDIMadrid 	FIBRA- MADQCI	1.300.000 € (1.900.000 €)
Rectorado-INTATorrejón-INTAMarañosa	SUM-15/24	- (1.225.000 €)
Rectorado-CETSE(SGSICS)	-	-

# La red cuántica de Madrid

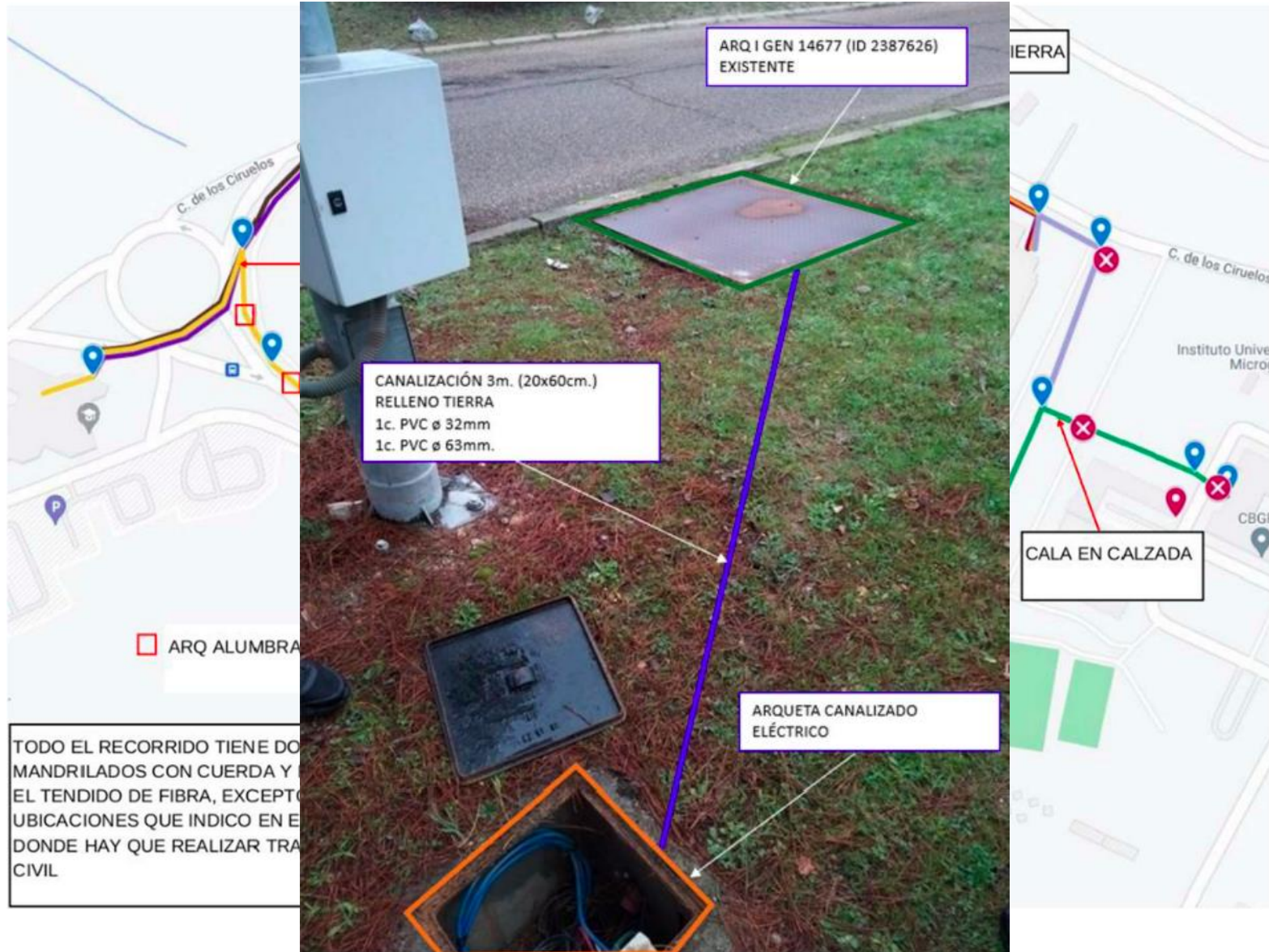
## Infraestructura de fibra. Anillo intra-campus



## Infraestructura de fibra. Anillo intra-campus



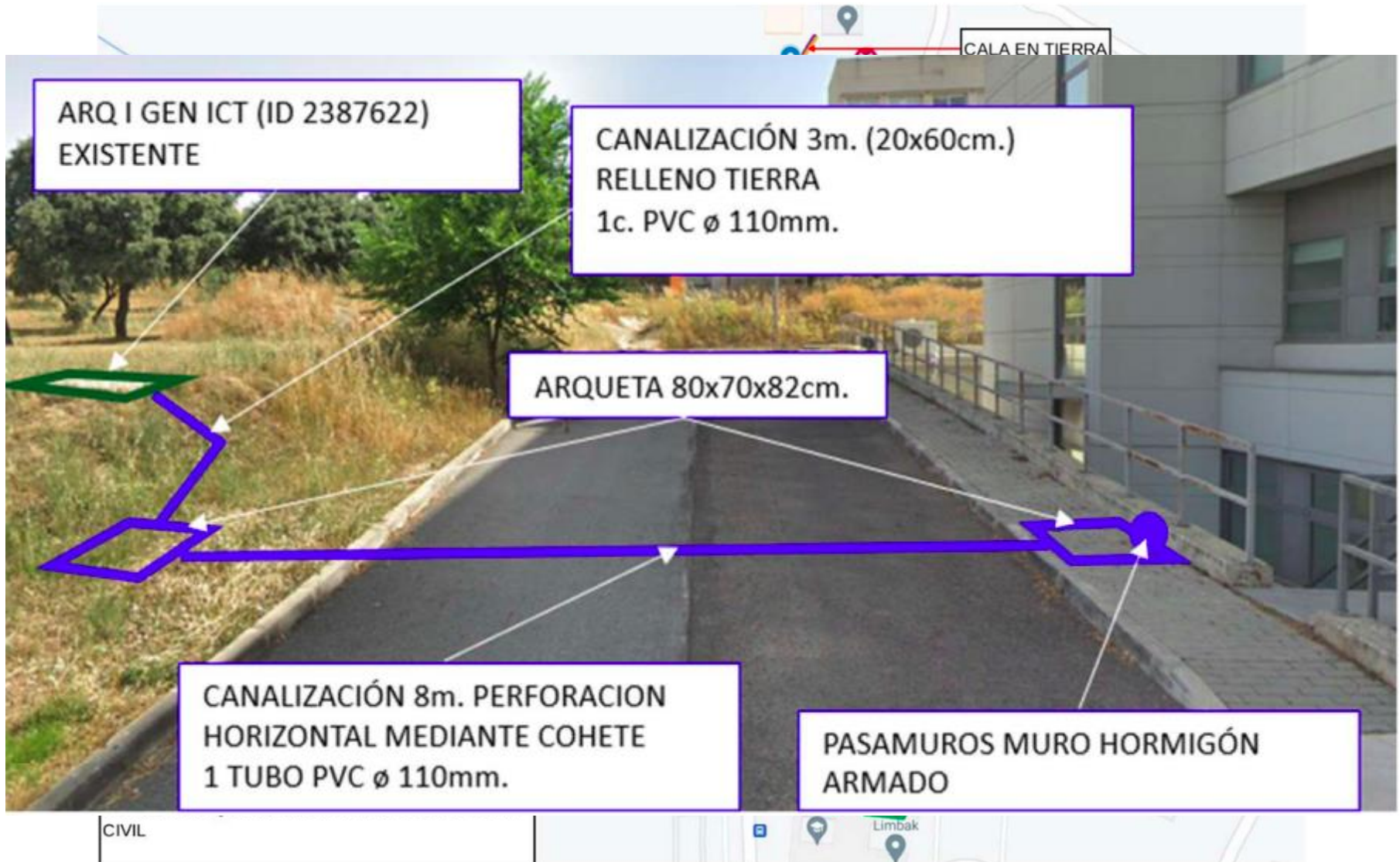
## Infraestructura de fibra. Anillo intra-campus



## Infraestructura de fibra. Anillo intra-campus

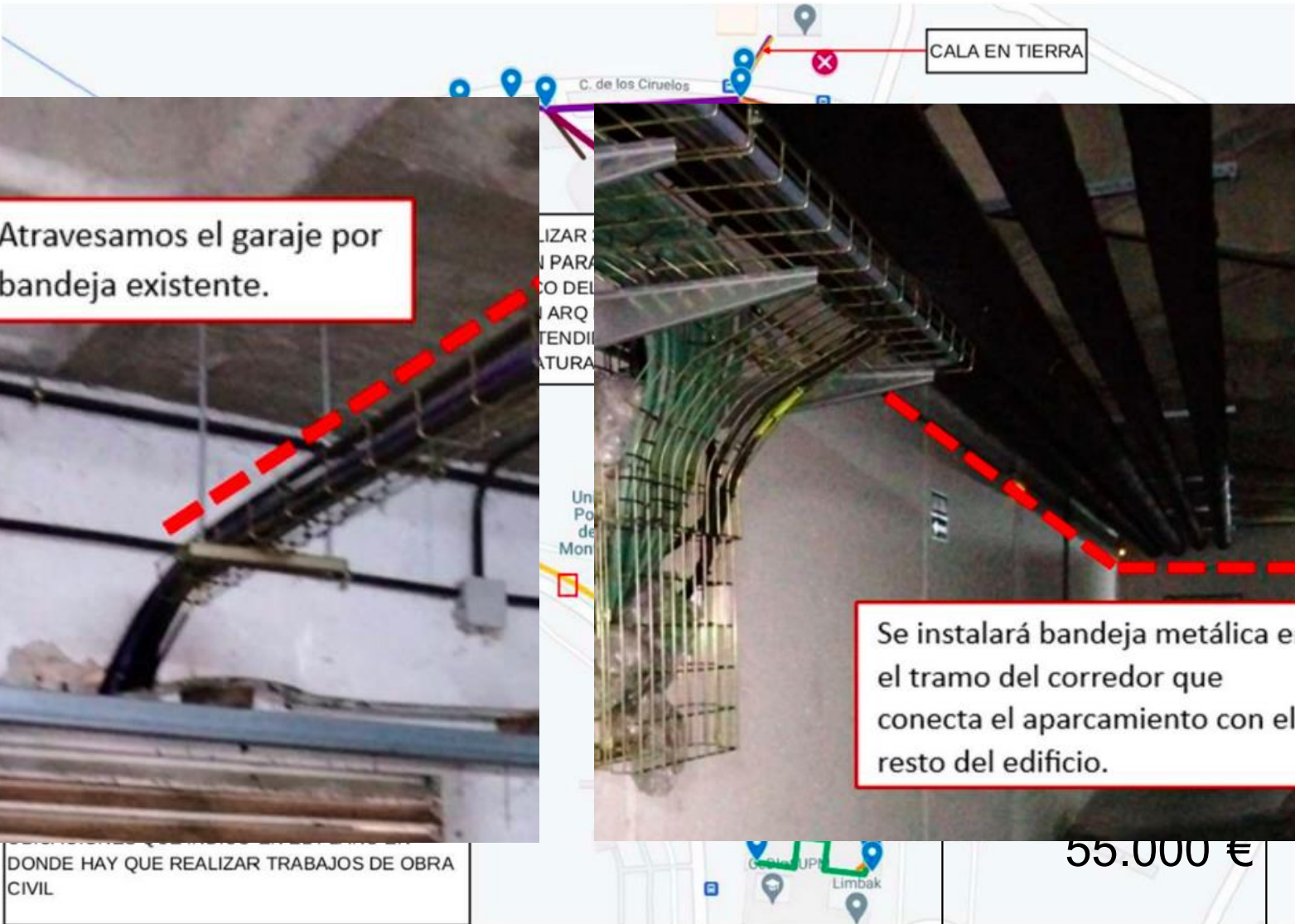


## Infraestructura de fibra. Anillo intra-campus



# La red cuántica de Madrid

## Infraestructura de fibra. Anillo intra-campus



A map showing the fiber network route. A red line indicates the path, with a red 'X' marking a specific location. Labels include 'CALA EN TIERRA' and 'C. de los Ciruelos'. A red dashed line on the map indicates the location of the installation site.

**Atravesamos el garaje por bandeja existente.**

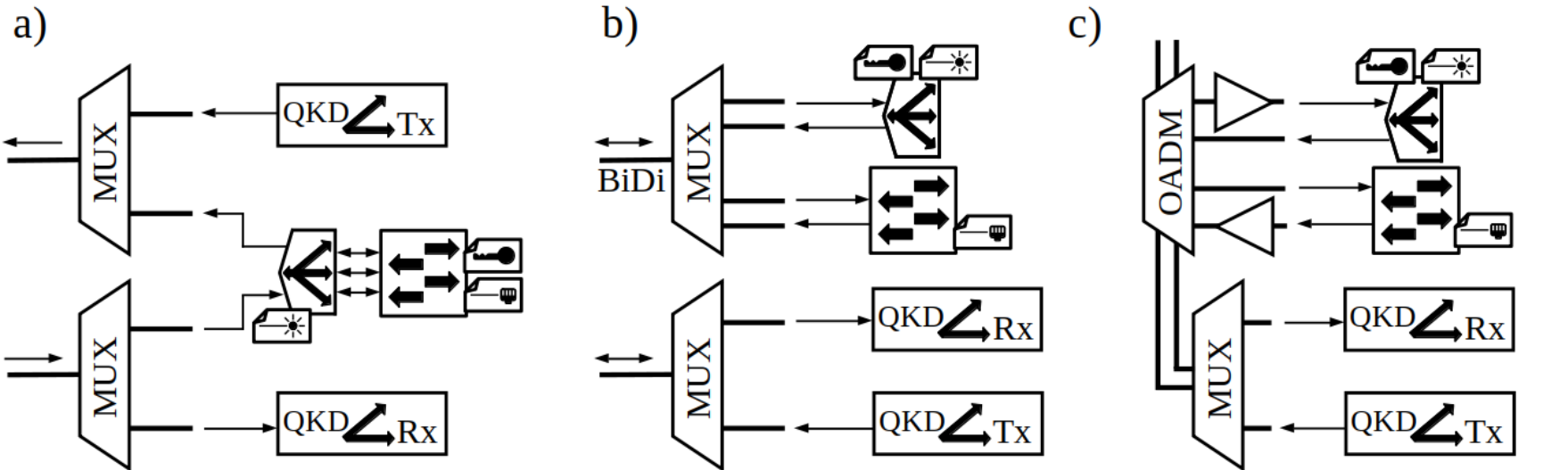
Se instalará bandeja metálica en el tramo del corredor que conecta el aparcamiento con el resto del edificio.

55.000 €

DONDE HAY QUE REALIZAR TRABAJOS DE OBRA CIVIL

## Sistemas de telecomunicación

- Múltiples paradigmas a nivel óptico.



### Legend:



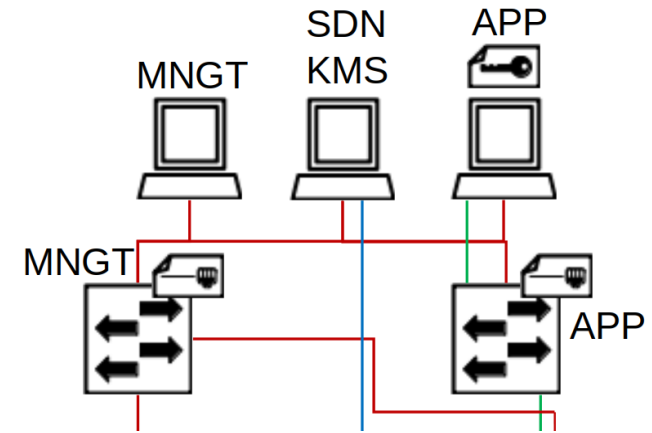
- Múltiples tasas y tecnologías.
  - Ethernet vs. Infiniband.
  - 10 Gb/s vs. 100 Gb/s vs. 400 Gb/s.
  - Propietarias vs. *white-boxes*.

Precio (€)
~ 300.000 €



## Sistemas de información

- Global
  - Sistemas para control SDN.
  - Sistemas de gestión y pasarela.
  - Sistema de almacenamiento.
- Específicos.
  - Escenario demostración.
    - Sistema para virtualización de ensayos.
  - Escenario *beyond*
    - Sistema con GPU —para cifrados, post-procesados, etc.—.
    - Sistemas anexos.
  - Escenario de alta seguridad
    - Sistema certificado TEMPEST.
    - Con módulos HSM.



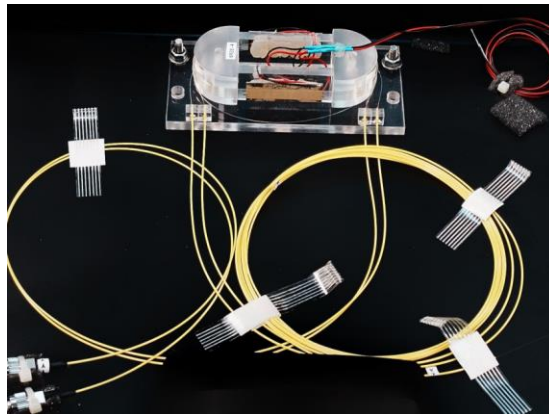
Precio (€)
~ 400.000 €

## Sistemas cuánticos. QKD

- Compra pública de sistemas de distribución cuántica de clave (QKD) (2.600.000 €)
  - 3 sistemas de grado industrial
  - 6 sistemas de grado I+D
  - 2 sistemas de variables continuas
  - 1 sistema con entrelazamiento
  - 1 sistema de bajo coste
- Compra pública de sistema MDI-QKD (~ 550.000 €)
- Contratación pública de servicios de investigación y desarrollo experimental (~ 900.000 €).

## Sistemas cuánticos. QKD

- Compra pública de sistemas de distribución cuántica de clave (QKD) (2.600.000 €)
  - Puntos adicionales por formación abierta.
  - Puntos adicionales por modularidad.
  - Puntos adicionales por material de formación, exhibición o museístico.



## Sistemas cuánticos. QKD

- Compra pública de sistemas de distribución cuántica de clave (QKD) (2.600.000 €)
  - Puntos adicionales por formación abierta.
  - Puntos adicionales por modularidad.
  - Puntos adicionales por material de formación. exhibición o museístico.
- Conclusiones
  - «La compra pública lo permite todo».
  - La administración electrónica en Europa no es buena.

## Sistemas cuánticos. QKD

- Sistemas QKD de variables discretas —«los normales»—. (~200.000 €/u)



ThinkQUANTUM | **TOSHIBA**

- Sistemas QKD de variables continuas —«los teleco»—. (~160.000 €/u)



- Sistemas QKD-MDI (independientes del equipo de medida) —«los de larga distancia»—.

(>> 350.000 €/u)



- Sistemas QKD basados en pares entrelazados —«los del futuro»—.

(>> 350.000 €/u)



QUANTUM OPTICS  
JENA



QUANTUM INDUSTRIES

¿Qué esperar de iniciativas como esta?

- Mucho trabajo.
  - Debilidad.
- Muchos recursos con necesidades específicas.
  - Amenaza.
- Mucha investigación a la aventura.
  - Fortaleza.
- Muchas peticiones raras.
  - Oportunidad.



**POLITÉCNICA**

# En línea con la infraestructura cuántica Europea.

## Plan Complementario en Madrid y EuroQCI en la Universidad Politécnica de Madrid

### JJT RedIRIS 2024. Tecnologías emergentes

AJ.Sebastian@upm.es

Vicente@fi.upm.es

Alberto Sebastián-Lombrana, Juan P. Brito, Laura Ortiz, Rubén B. Méndez, Rafael García, Jaime S. Buruaga, Marta Cid, José Luis Bejarano, Vicente Martín.