



**Solicitud de información para el diseño de la nueva red SDN de REDIMadrid y REDIMadridQCI (red cuántica de la comunidad de madrid). ref RFI-SDN-MadQCI-OP**

**Solicitud de información para el diseño de la nueva red SDN de REDIMadrid y REDIMadridQCI (red cuántica de la comunidad de madrid). ref RFI-SDN-MadQCI-OP**

## Índice

<b>1. Introducción</b>	<b>4</b>
<b>2. Objetivo del documento</b>	<b>5</b>
<b>3. Planificación temporal de la RFI</b>	<b>6</b>
<b>4. Requisitos genérico de los sistemas requeridos</b>	<b>7</b>
4.1. CONTROLADOR JERÁRQUICO . . . . .	9
4.1.1. NBI – NORTHBOUND INTERFACES . . . . .	9
4.1.2. SBI – SOUTHBOUND INTERFACES . . . . .	9
4.1.3. ROUTED-OPTICAL NETWORKS . . . . .	11
4.1.4. PCE MULTI-CAPA . . . . .	11
4.1.5. PROVISIÓN DE SERVICIOS . . . . .	12
4.1.6. OPERACIÓN DE RED MULTI-CAPA . . . . .	13
4.1.7. ARQUITECTURA HARDWARE Y SOFTWARE . . . . .	15
4.1.8. SEGURIDAD . . . . .	16
4.1.9. REFERENCIAS E INTEROPERABILIDAD . . . . .	16
4.2. CONTROLADOR DE DOMINIO IP . . . . .	16
4.2.1. NBI – NORTHBOUND INTERFACES . . . . .	16
4.2.2. SBI – SOUTHBOUND INTERFACES . . . . .	17
4.2.3. ROUTED-OPTICAL NETWORKS . . . . .	18
4.2.4. PCE . . . . .	19
4.2.5. PROVISIÓN DE SERVICIOS . . . . .	20
4.2.6. OPERACIÓN DE RED . . . . .	21
4.2.7. TELEMETRÍA . . . . .	23
4.2.8. ARQUITECTURA HARDWARE Y SOFTWARE . . . . .	24
4.2.9. SEGURIDAD . . . . .	25
4.2.10. REFERENCIAS E INTEROPERABILIDAD . . . . .	25
4.3. CONTROLADOR DE DOMINIO ÓPTICO . . . . .	25
4.3.1. NBI – NORTHBOUND INTERFACES . . . . .	25
4.3.2. SBI – SOUTHBOUND INTERFACES . . . . .	27
4.3.3. PCE . . . . .	27
4.3.4. PROVISIÓN DE CIRCUITOS . . . . .	27

**Solicitud de información para el diseño de la nueva red SDN de REDIMadrid y REDIMadridQCI (red cuántica de la comunidad de madrid). ref RFI-SDN-MadQCI-OP**

4.3.5.	OPERACIÓN DE RED . . . . .	28
4.3.6.	TELEMETRÍA . . . . .	30
4.3.7.	ARQUITECTURA HARDWARE Y SOFTWARE . . . . .	30
4.3.8.	SEGURIDAD . . . . .	31
4.3.9.	REFERENCIAS E INTEROPERABILIDAD . . . . .	31
<b>5.</b>	<b>CASOS DE USO</b>	<b>31</b>
5.1.	CONTROLADOR JERÁRQUICO . . . . .	31
5.2.	CONTROLADOR DE DOMINIO IP . . . . .	33
5.3.	CONTROLADOR DE DOMINIO ÓPTICO . . . . .	34
<b>6.</b>	<b>ESCENARIOS DE VALORACIÓN</b>	<b>34</b>
<b>7.</b>	<b>Respuesta de la RFI</b>	<b>37</b>
7.1.	Respuesta técnica . . . . .	37
7.1.1.	Detalles técnicos que incluir en la respuesta . . . . .	38
7.2.	Respuesta económica . . . . .	39
7.2.1.	Requerimientos generales . . . . .	39
<b>8.</b>	<b>Consultas y Contacto</b>	<b>40</b>
<b>9.</b>	<b>Confidencialidad</b>	<b>40</b>
<b>10.</b>	<b>Escenarios</b>	<b>40</b>
<b>11.</b>	<b>REFERENCIAS</b>	<b>44</b>
<b>12.</b>	<b>ACRÓNIMOS</b>	<b>47</b>

**Solicitud de información para el diseño de la nueva red SDN de REDIMadrid y REDIMadridQCI (red cuántica de la comunidad de madrid). ref RFI-SDN-MadQCI-OP**

## 1. Introducción

REDIMadrid es la Red Telemática de Investigación de la Comunidad de Madrid y en su trayectoria ha vivido la explosión de Internet que ha supuesto el desarrollo de las tecnologías de la información y las comunicaciones como elemento fundamental de la sociedad de la información.

El objetivo principal de la Red Telemática de Investigación de la Comunidad de Madrid es la provisión de una infraestructura de alta fiabilidad, flexibilidad y capacidad que permita la experimentación de una amplia gama de servicios telemáticos, así como la puesta en marcha de multitud de aplicaciones y proyectos de investigación.

Se pretende también mejorar y favorecer el desarrollo del trabajo cooperativo entre grupos docentes, investigadores y del colectivo científico en general de las diferentes universidades y centros de investigación de la Comunidad de Madrid y posiblemente de otras instituciones, así como la interacción de diferentes grupos de trabajo interdisciplinarios dispersos, no necesariamente dentro del entorno académico.

Todos estos objetivos llevan al desarrollo de una serie de servicios que, de forma no exhaustiva, podemos ver listados a continuación:

- Servicios de Telefonía sobre IP / Videoconferencia.
- Servicios de Vídeo Bajo Demanda (VoD).
- Servicios de Teleeducación y Teleformación.
- Servicios de Telemedicina.
- Soporte de Redes Privadas Virtuales.
- Servicio de acceso a bases de datos multimedia (Bibliotecas Digitales).
- Servicios de Laboratorios Cooperativos (Laboratorios Virtuales).
- Sistemas de Tiempo Real de altas prestaciones.
- Experimentación de red piloto basada en IPv6 y QoS.

## Solicitud de información para el diseño de la nueva red SDN de REDIMadrid y REDIMadridQCI (red cuántica de la comunidad de madrid). ref RFI-SDN-MadQCI-OP

- Experiencias de Supercomputación en Red.
- Comunicaciones cuánticas.
- Análisis y mitigación DDoS.

La combinación de los requisitos anteriores se concreta en la necesidad de gran capacidad de transporte a bajo coste y la posibilidad de su ampliación, así como la utilización de Protocolos de Internet (IP) y servicios de nivel 2.

Las necesidades de los investigadores están cambiando y eso exige una estructura de comunicaciones en la que el énfasis esté en los servicios diferenciados y en la utilización de la red como medio de colaboración para grupos cerrados de usuarios o como parte de grandes experimentos científicos de carácter regional, nacional e internacional.

En la actualidad es responsabilidad de la Fundación IMDEA Software la gestión de REDIMadrid. A efectos del presente pliego técnico se utiliza “REDIMadrid” e “IMDEA Software” indistintamente para referirse a la entidad que publica el pliego y que solicita propuestas para el suministro que se describe en dicho pliego.

## 2. Objetivo del documento

El objetivo de la presente Solicitud de Información (RFI) es obtener propuestas y sugerencias acerca del despliegue de la nueva red gestionada por software (SDN) de REDIMadrid llamada MadQCI y en concreto de la parte de REDIMadrid llamada REDIMadridQCI.

Este gestor SDN se debe diseñar para poder gestionar tanto el equipamiento de la nueva red REDIMadrid como la red actual de REDIMadrid, las características técnicas que tiene que cumplir están descritas en el apartado [4](#)

Este documento es un paso previo para la preparación una licitación pública lo más precisa, competitiva y plural posible.

## **Solicitud de información para el diseño de la nueva red SDN de REDIMadrid y REDIMadridQCI (red cuántica de la comunidad de madrid). ref RFI-SDN-MadQCI-OP**

No es objetivo de la presente Solicitud de Información obtener propuestas o proyectos finales concretos ya que dichas propuestas o proyectos serían objeto del mencionado proceso posterior de licitación.

El objetivo de este documento es recopilar la máxima información posible con el objeto de evitar restricciones innecesarias, y errores y defectos de forma o redacción que impidan soluciones técnica y económicamente viables, o limiten de alguna manera la competencia.

Tanto la información contenida en este documento como aquella obtenida como respuesta no se considerará vinculante.

En este documento se presenta una serie de necesidades y requisitos imprescindibles y otros deseables para el nuevo despliegue.

Si el proveedor o suministrador considera que existe una alternativa que cubriría las necesidades de la red solicitadas en este documento se solicitan, dicha opción podrá ser considerada e incluida en la posterior licitación, siempre y cuando las modificaciones sean justificadas y la documentación entregada sea acorde con los objetivos solicitados.

Toda la información técnica (especificaciones, garantías de servicio, etc.), establecida en el presente documento se proporciona a título orientativo, pudiendo los interesados incluir en sus propuestas variaciones a dicha información.

El contenido de estas respuestas tendrá un carácter estrictamente confidencial exclusivamente para la redacción de la posterior licitación, y no será publicado por esta entidad ni compartida con terceros.

### **3. Planificación temporal de la RFI**

- Publicación de la RFI: viernes 29 de agosto de 2023
- Sesiones de aclaración de dudas, dos sesiones:
  1. Sesión de 2h el 13/09 de 10 a 12, solicitar link de conexión al mail [noc@redimadrid.es](mailto:noc@redimadrid.es)

**Solicitud de información para el diseño de la nueva red SDN de REDIMadrid y REDIMadridQCI (red cuántica de la comunidad de madrid). ref RFI-SDN-MadQCI-OP**

2. Sesión de 2h el 27/09 de 10 a 12, solicitar link de conexión al mail [noc@redimadrid.es](mailto:noc@redimadrid.es)

- Fecha límite para recibir las respuestas de los suministradores: miércoles 11 de octubre de 2023 a las 12h.
- Presentación de la propuesta: sesión única de cada licitador de máximo 3h a planificar.

## 4. Requisitos genérico de los sistemas requeridos

Esta especificación se fundamenta en los componentes considerados en las arquitecturas de orquestación y control “model-driven” definidas en las especificaciones:

- IETF RFC8453 Framework for Abstraction and Control of TE Networks (ACTN)
- IETF RFC8969 A Framework for Automating Service and Network Management with YANG
- ONF SDN Architecture for Transport Networks y TAPI v2.4.1 Reference Implementation Agreement

Estas especificaciones definen arquitecturas de orquestación y control de servicios IP con dos niveles claramente diferenciados:

- Un orquestador o controlador jerárquico de nivel superior con visión “multi-dominio” o “multi-capa” de la red con interfaces “norte” (NBIs en adelante) hacia sistemas de nivel superior como BSS, por ejemplo, e interfaces “sur” (SBIs en adelante) hacia controladores de dominio IP y de dominio óptico
- Controladores de dominio específicos\* de los que consideraremos los controladores de red IP y de red OTN con NBIs hacia el controlador jerárquico y SBIs hacia los elementos de red y/o gestores específicos de red.

---

\*Los controladores de dominio inalámbrico quedan fuera del alcance de esta especificación

## Solicitud de información para el diseño de la nueva red SDN de REDIMadrid y REDIMadridQCI (red cuántica de la comunidad de madrid). ref RFI-SDN-MadQCI-OP

Estos tres elementos (controlador jerárquico, controlador de dominio IP y controlador de dominio óptico) serán los descritos en esta especificación, buscando a la vez recoger el máximo de información de lo propuesto por los licitantes. De la respuesta técnica realizada por los suministradores se espera obtener la máxima información sobre las características actuales de sus plataformas, sus referencias y la línea de evolución futura de las mismas, así como la aplicabilidad para el caso particular de REDIMadrid.

Las convenciones que guiarán esta especificación serán las siguientes:

- Las cuestiones en que se indica explícitamente que una funcionalidad “deberá” ser soportada serán de obligado cumplimiento, mientras que, aquéllas en que se solicita al suministrador indicar si una funcionalidad está disponible o se solicita información, servirán para la mejor valoración de la solución propuesta.
- Cuando en una cuestión sea citado un documento de cualquier organismo de normalización (IETF, ITU-T, IEEE, ...) se asumirá la exigencia de cumplimiento íntegro de la misma. Si la solución propuesta cumple parcialmente dicha especificación, se deberá especificar con detalle el grado de cumplimiento de la misma.
- En el caso de referencias de especificaciones de organismos de estandarización es posible que la solución propuesta no cumpla la versión de la especificación citada explícitamente, sino una versión anterior ya superada por la citada. En tal caso, se indicará explícitamente la versión de la norma que se cumple para la implementación de la funcionalidad mencionada.
- En el caso de que una funcionalidad de las solicitadas no sea soportada por la solución propuesta por el suministrador, pero su cumplimiento esté especificado en su roadmap de evolución, se indicará tal hecho y la versión en que se incorporará.
- En cada respuesta el suministrador podrá anexar cualquier observación, aclaración o documento relevante que crea necesario para responder del modo más completo a cada cuestión. En el caso en que se haga referencia a un documento, la respuesta será considerada no válida si no se incluye el capítulo, página o enlace para la localización de la información concreta.



**Solicitud de información para el diseño de la nueva red SDN de REDIMadrid y  
REDIMadridQCI (red cuántica de la comunidad de madrid). ref  
RFI-SDN-MadQCI-OP**

## **4.1. CONTROLADOR JERÁRQUICO**

El controlador jerárquico mantiene la visión “multicapa” de los dominios IP y óptico, sobre los cuales es capaz de orquestar servicios.

### **4.1.1. NBI – NORTHBOUND INTERFACES**

1. El controlador jerárquico deberá disponer de NBIs hacia herramientas de nivel superior como, por ejemplo, BSSs, “self-service portals”, sistemas de “ticketing”, herramientas de análisis de datos, etc. Se describirán con detalle los NBIs disponibles y la disponibilidad entre ellos de buses de mensajes (Kafka, RabbitMQ, etc.).

### **4.1.2. SBI – SOUTHBOUND INTERFACES**

## **CONTROLADOR DE DOMINIO ÓPTICO**

1. El controlador jerárquico deberá contar con SBIs RESTCONF (RFC8040 del IETF) de acuerdo al interfaz T-API v2.4.1 descrito en la especificación TR-547 v2.1 del ONF para la interacción con controladores de dominio óptico.
2. El controlador jerárquico deberá soportar modelos de datos YANG (RFC6020 del IETF) de acuerdo al interfaz T-API v2.4.1 descrito en la especificación TR-547 v2.1 del ONF para la interacción con controladores de dominio óptico.
3. Se indicará si el controlador jerárquico soporta modelos de datos YANG 1.1 (RFC7950 del IETF) para la interacción con controladores de dominio óptico.
4. El controlador jerárquico deberá soportar la codificación JSON de datos modelados en YANG (RFC7951 del IETF) de acuerdo al interfaz T-API v2.4.1 descrito en la especificación TR-547 v2.1 del ONF para la interacción con controladores de dominio óptico.
5. El controlador jerárquico deberá soportar notificaciones RESTCONF de acuerdo al interfaz T-API v2.4.1 descrito en la especificación TR-547 v2.1 del ONF para la interacción con controladores de dominio óptico.

**Solicitud de información para el diseño de la nueva red SDN de REDIMadrid y REDIMadridQCI (red cuántica de la comunidad de madrid). ref RFI-SDN-MadQCI-OP**

6. El controlador jerárquico deberá soportar “network topology models” YANG de acuerdo al interfaz T-API v2.4.1 descrito en la especificación TR-547 v2.1 del ONF para la interacción con controladores de dominio óptico.
7. El controlador jerárquico deberá soportar “connectivity service models” YANG de acuerdo al interfaz T-API v2.4.1 descrito en la especificación TR-547 v2.1 del ONF para la interacción con controladores de dominio óptico.
8. El controlador jerárquico deberá soportar “notification models” YANG de acuerdo al interfaz T-API v2.4.1 descrito en la especificación TR-547 v2.1 del ONF para la interacción con controladores de dominio óptico.
9. Se indicará si el controlador jerárquico soporta la recepción de información en modo “streaming” desde controladores ópticos de acuerdo al interfaz T-API v2.4.0 descrito en la especificación TR-548 v2.0 del ONF.
10. El controlador jerárquico deberá poder incorporar de modo dinámico nuevos módulos YANG sea cual fuere su naturaleza: IETF, OpenConfig o nativos (=propietarios). Se describirá el procedimiento para hacerlo.
11. Se describirán otros SBIs del controlador jerárquico para la interacción con controladores de dominio óptico en caso de contar con ellos.
12. El controlador jerárquico deberá soportar los casos de uso descritos en la especificación T-API v.2.4.1 del ONF para la interacción con controladores de dominio óptico, respetando los aspectos mandatorios y opcionales de los mismos.

## **CONTROLADOR DE DOMINIO IP**

13. El controlador jerárquico deberá contar con SBIs RESTCONF (RFC8040 del IETF) para la interacción con controladores de dominio IP.
14. El controlador jerárquico deberá soportar el módulo “ietf-yang-library”(RFC8525 del IETF) para el descubrimiento de los módulos YANG soportados por el controlador de dominio IP.

**Solicitud de información para el diseño de la nueva red SDN de REDIMadrid y REDIMadridQCI (red cuántica de la comunidad de madrid). ref RFI-SDN-MadQCI-OP**

15. El controlador jerárquico deberá soportar la codificación JSON de datos modelados en YANG (RFC7951 del IETF) para la interacción con controladores de dominio IP.
16. El controlador jerárquico deberá soportar modelos de datos YANG (RFC6020 del IETF) para la interacción con controladores de dominio IP.
17. Se indicará si el controlador jerárquico soporta modelos de datos YANG 1.1 (RFC7950 del IETF) para la interacción con controladores de dominio IP.
18. El controlador de jerárquico deberá poder incorporar de modo dinámico nuevos módulos YANG sea cual fuere su naturaleza: IETF, OpenConfig o nativos (=propietarios). Se describirá el procedimiento para hacerlo.
19. Se describirán otros SBIs del controlador jerárquico para la interacción con controladores de dominio IP en caso de contar con ellos.

#### **4.1.3. ROUTED-OPTICAL NETWORKS**

1. El controlador jerárquico deberá poder orquestar y controlar “routed-optical networks” donde transponder ópticos son integrados en los routers de la red IP, exigiendo control dual de red OTN tradicional y estos nuevos elementos integrados en la red IP. Se describirán con detalle las capacidades del controlador para la operación de estas redes.
2. Se describirá la aproximación que el controlador jerárquico considera para estas redes:
  - Control compartido de los routers de red IP entre el controlador de dominio IP y el controlador de dominio óptico
  - Control exclusivo de los routers de red IP desde el controlador de dominio IP

#### **4.1.4. PCE MULTI-CAPA**

1. El controlador jerárquico deberá poder actuar como PCE multi-capa con capacidades de ingeniería de tráfico combinando los dominios óptico e IP. El suministrador

## Solicitud de información para el diseño de la nueva red SDN de REDIMadrid y REDIMadridQCI (red cuántica de la comunidad de madrid). ref RFI-SDN-MadQCI-OP

describirá la funcionalidad y proporcionará casos de uso de esta capacidad de control multi-capa.

2. El controlador jerárquico deberá tener capacidades de optimización dinámica de red y de servicios reasignando recursos y/o reprovisionando servicios a través de los dominios tanto IP como óptico por interacción con los correspondientes controladores de dominio. Se describirá con detalle la capacidad.
3. El controlador jerárquico deberá tener capacidades de configuración de caminos diversificados multi-capa de modo que se garantice la total diversidad de caminos a diferente nivel (enlace, nodo, "shared risk link groups") manteniendo visión de diversidad desde la capa física hasta la de servicio. Se describirá con detalle esta capacidad.

### 4.1.5. PROVISIÓN DE SERVICIOS

1. El controlador jerárquico deberá contar con la capacidad de provisión de servicios (L3VPNs, NG-MVPNs, EVPN, VPLS, pseudowires, IP services, etc.) a través de los dominios IP y óptico. Se describirá con detalle esta capacidad.
2. El controlador jerárquico deberá descomponer cualquier actividad de provisión en múltiples actividades de provisión a través de los dominios óptico e IP por interacción con los controladores respectivos.
3. El controlador jerárquico deberá realizar la provisión de servicios de modo "atómico" ("network wide transaction") a través de múltiples elementos de red IP y óptica (interactuando con los correspondientes controladores de dominio), de modo que disponga de la capacidad de llevar a cabo un "auto-rollback" en caso de fallo de cualquiera de las actividades de provisión.
4. El controlador jerárquico deberá disponer del historial de provisión de servicios pudiendo realizar un "rollback" forzado a estados anteriores de la red actuando sobre los dominios óptico e IP.
5. El controlador jerárquico dispondrá de la capacidad de modelado de servicios por medio de plantillas o "templates" para la provisión de servicios a través de los dominios IP y óptico. Se describirá con detalle esta capacidad.

**Solicitud de información para el diseño de la nueva red SDN de REDIMadrid y REDIMadridQCI (red cuántica de la comunidad de madrid). ref RFI-SDN-MadQCI-OP**

6. El controlador jerárquico deberá adoptar un modelo operativo “model driven” como el descrito en la RFC8309 del IETF realizando la adaptación de módulos YANG “customer service”, “operations support” y “business support” en módulos YANG “network services” para su interacción con los controladores de dominio óptico y de dominio IP.

#### **4.1.6. OPERACIÓN DE RED MULTI-CAPA**

1. El controlador jerárquico deberá realizar cualquier acción de configuración sobre las redes subyacentes de modo “atómico” (“network wide transaction”) a través de múltiples elementos de red IP y óptica (interactuando con los correspondientes controladores de dominio), de modo que disponga de la capacidad de llevar a cabo un “auto-rollback” en caso de fallo de cualquiera de las acciones.
2. El controlador jerárquico deberá disponer de la capacidad de descubrimiento de servicios, dispositivos y topologías combinando las capas óptica e IP. Se describirá con detalle esta capacidad.
3. El controlador jerárquico deberá disponer de un inventario unificado de servicios y de red (“single source of truth”) combinando tanto la capa óptica como la capa IP. Se describirá con detalle esta capacidad.
4. El controlador jerárquico deberá disponer de visión topológica tanto de las redes ópticas como de las redes IP gestionadas desde los controladores de dominio específicos de los que recupera dicha información.
5. Se indicará si el controlador jerárquico dispone de la funcionalidad de gestión de capacidad (“capacity planning”) a través de los dominios óptico e IP: informes de ocupación, control de umbrales, etc. Se describirá con detalle esta capacidad.
6. Se indicará si el controlador jerárquico dispone de la capacidad de predicción de evolución de red basado en tendencias de crecimiento del tráfico de red a través de los dominios óptico e IP. Se describirá con detalle esta capacidad.
7. Se indicará si el controlador jerárquico dispone de la capacidad de simulación de escenarios de evolución de red a través de los dominios óptico e IP a partir de

**Solicitud de información para el diseño de la nueva red SDN de REDIMadrid y REDIMadridQCI (red cuántica de la comunidad de madrid). ref RFI-SDN-MadQCI-OP**

potenciales modificaciones realizadas sobre la situación actual de red. Se describirá con detalle esta capacidad.

8. Se indicará si el controlador jerárquico dispone de la capacidad de simulación de la red multi-capa al nivel de un "digital twin" siguiendo los principios descritos en el draft draft-irtf-nmrg-network-digital-twin-arch-03 del IRTF. Se describirá con detalle esta capacidad.
9. Se indicará si el controlador jerárquico dispone de la capacidad de ejecución y reporting de tests de rendimiento ("performance monitoring") a través de los dominios óptico e IP. Se describirá con detalle esta capacidad, aportando los tests de rendimiento soportados en el controlador jerárquico.
10. Se indicará si el controlador jerárquico dispone de capacidad de "intent-based networking" manteniendo los dominios óptico e IP dentro de los objetivos de funcionamiento establecidos para la red y los servicios sobre ella configurados. Se describirá con detalle esta capacidad. Pueden tomarse como referencia los principios descritos en la RFC9315 del IRTF.
11. Se indicará si el controlador jerárquico dispone de capacidades de "closed-loop automation" dentro de una filosofía de "self-driven network". Se describirán con detalle estas capacidades, requisitos asociados a las mismas (i.e. necesidad de despliegue de sondas hardware o software, ...), así como los casos de uso de closed-loop automation contemplados por el controlador jerárquico.
12. Se indicará si el controlador jerárquico dispone de capacidades de analítica avanzada de información y presentación de la misma en modo de reportes. Se describirán las características de las mismas.
13. El controlador jerárquico deberá disponer de capacidad de centralización de alarmas de los dominios óptico e IP. Se describirá con detalle la capacidad.
14. Se indicará si el controlador jerárquico dispone de capacidades de correlación de alarmas multi-capa de cara a la elaboración de diagnósticos avanzados de avería. Se describirá con detalle esta capacidad.
15. Se indicará si el controlador jerárquico dispone de realización de tests de servicio como parte del proceso de diagnóstico ante fallos. Se describirá con detalle esta capacidad.

**Solicitud de información para el diseño de la nueva red SDN de REDIMadrid y REDIMadridQCI (red cuántica de la comunidad de madrid). ref RFI-SDN-MadQCI-OP**

16. Se indicará si el controlador jerárquico integra funcionalidades de IA dentro de sus diferentes funcionalidades (diagnósticos avanzados de avería, análisis de desviaciones de configuración, “closed-loop automation”, etc.)

#### **4.1.7. ARQUITECTURA HARDWARE Y SOFTWARE**

1. El suministrador describirá con detalle la estructura software del controlador jerárquico: módulos independientes que lo componen, interacción entre ellos, funcionalidades incluidas en cada uno de ellos, etc.
2. El suministrador describirá con detalle el modelo de licenciamiento de la solución propuesta para el controlador jerárquico para todos y cada uno de sus componentes.
3. El suministrador describirá las opciones de alta disponibilidad que el controlador jerárquico ofrece considerando cada uno de sus módulos.
4. El suministrador describirá con detalle los requisitos software asociados al controlador jerárquico: sistemas operativos soportados, entornos virtuales de funcionamiento (considérese tanto VNF como CNF), soluciones “cloud”, etc.
5. El suministrador describirá con detalle los requisitos hardware y de conectividad asociados al controlador jerárquico tanto en entornos “bare metal”, como en entornos virtuales (considérese tanto VNF como CNF), como en soluciones “cloud”, etc.
6. El suministrador describirá con detalle la política de versiones de software del controlador jerárquico.
7. El suministrador describirá con detalle el ciclo de vida de software del controlador jerárquico: periodos típicos de vida de software, notificaciones de “end-of-sales” y “end-of-support”, obligaciones de migración, etc.
8. El suministrador proporcionará las “release notes” de la versión software propuesta del controlador jerárquico, así como los manuales de la misma.
9. El suministrador proporcionará el roadmap de evolución del controlador jerárquico.

**Solicitud de información para el diseño de la nueva red SDN de REDIMadrid y  
REDIMadridQCI (red cuántica de la comunidad de madrid). ref  
RFI-SDN-MadQCI-OP**

#### **4.1.8. SEGURIDAD**

1. El acceso de usuarios al controlador jerárquico deberá permitir la definición de roles con permisos diferenciados (“role-based access control”) en cuando a visibilidad, operaciones a llevar a cabo, etc. Se describirá dicha funcionalidad.
2. El controlador jerárquico deberá almacenar las operaciones ejecutadas por los diferentes usuarios que acceden a la plataforma. Se describirá dicha funcionalidad.

#### **4.1.9. REFERENCIAS E INTEROPERABILIDAD**

1. El suministrador proporcionará referencias de despliegues del controlador jerárquico proporcionando detalles de los controladores de dominio tanto IP como óptico con los que se ha integrado.
2. El suministrador proporcionará referencias disponibles de pruebas de interoperabilidad en que el controlador jerárquico haya tomado parte.

## **4.2. CONTROLADOR DE DOMINIO IP**

### **4.2.1. NBI – NORTHBOUND INTERFACES**

1. El controlador de dominio IP deberá contar con NBIs RESTCONF (RFC8040 del IETF) para la interacción con controladores de dominio jerárquico.
2. El controlador de dominio IP deberá soportar el módulo “ietf-yang-library”(RFC8525 del IETF) para el descubrimiento de los módulos YANG soportados desde el controlador jerárquico.
3. El controlador de dominio IP deberá soportar la codificación JSON de datos modelados en YANG (RFC7951 del IETF) para la interacción con el controlador jerárquico.
4. El controlador de dominio IP deberá soportar modelos de datos YANG (RFC6020 del IETF) para la interacción con el controlador jerárquico.



**Solicitud de información para el diseño de la nueva red SDN de REDIMadrid y REDIMadridQCI (red cuántica de la comunidad de madrid). ref RFI-SDN-MadQCI-OP**

5. Se indicará si el controlador de dominio IP soporta modelos de datos YANG 1.1 (RFC7950 del IETF) para la interacción con el controlador jerárquico.
6. El controlador de dominio IP deberá poder incorporar de modo dinámico nuevos módulos YANG sea cual fuere su naturaleza: IETF, OpenConfig o nativos (=propietarios). Se describirá el procedimiento para hacerlo.
7. Se describirán otros NBIs del controlador de dominio IP para la interacción con el controlador jerárquico en caso de contar con ellos.

#### **4.2.2. SBI – SOUTHBOUND INTERFACES**

1. El controlador de dominio IP deberá contar con SBIs NETCONF (RFC6241 del IETF y sus actualizaciones RFC7803 y RFC8526) para la interacción con equipamiento de red IP.
2. El controlador de dominio IP deberá contar con SBIs NETCONF sobre SSH de modo acorde a la RFC6242 del IETF.
3. El controlador de dominio IP deberá contar, como parte de sus SBIs, con el soporte de notificación de eventos NETCONF de modo acorde a la RFC5277 del IETF.
4. El controlador de dominio IP deberá contar, como parte de sus SBIs, con el soporte de extensiones NETCONF para el soporte de la "Network Management Data Store" de modo acorde a la RFC8526 del IETF.
5. El controlador de dominio IP deberá soportar modelos de datos YANG (RFC6020 del IETF) para la interacción con los elementos de red IP.
6. Se indicará si el controlador de dominio IP soporta modelos de datos YANG 1.1 (RFC7950 del IETF) para la interacción con los elementos de red IP.
7. El controlador de dominio IP deberá contar con SBIs PCEP (RFC5440 del IETF) para la interacción del PCE con equipamiento de red IP.

**Solicitud de información para el diseño de la nueva red SDN de REDIMadrid y REDIMadridQCI (red cuántica de la comunidad de madrid). ref RFI-SDN-MadQCI-OP**

8. El controlador de dominio IP deberá contar con SBI's BGP-LS (RFC7752 del IETF) para la exportación de la información de estado de la red IP (topología e ingeniería de tráfico) hacia el PCE. Considérense los elementos de red IP acordes a las extensiones de ingeniería de tráfico definidas en las RFC8570 y RFC7471 del IETF.
9. El controlador de dominio IP deberá contar con SBI's acordes a gNMI (draft-openconfig-rtgwg-gnmi-spec-01\*\* del IETF y <https://www.openconfig.net/docs/gnmi/gnmi-specification/>) para el envío de información estadística de red por medio de "streaming telemetry" hacia el colector en el propio controlador de dominio IP.
10. Se describirán con detalle los SBI's adicionales soportados por el controlador de dominio IP para la interacción con elementos de red IP (syslog, IPFIX, SNMP, CLI, etc.) y el objeto de los mismos (provisión, troubleshooting, telemetría, etc.).
11. El controlador de dominio IP será multivendor, no estableciendo restricciones en cuanto al proveedor del equipamiento de red IP siempre que cumpla con los requisitos de los SBI's asociados al propio controlador de dominio IP.
12. El controlador de dominio IP deberá poder incorporar de modo dinámico nuevos módulos YANG sea cual fuere su naturaleza: IETF, OpenConfig o nativos (=propietarios). Se describirá el procedimiento para hacerlo.

#### **4.2.3. ROUTED-OPTICAL NETWORKS**

1. El controlador de dominio IP deberá poder integrarse en un escenario de orquestación y control de "routed-optical networks" donde transponder ópticos son integrados en los routers de la red IP, exigiendo control dual de red OTN tradicional y estos nuevos elementos integrados en la red IP. Se describirán con detalle las capacidades del controlador de dominio IP para la integración en estas redes.
2. El suministrador proporcionará los modelos YANG soportados por el controlador de dominio IP de modo específico para "routed-optical networks".

---

\*\* Este draft no evolucionó a RFC, pero aporta directrices sobre la implementación de gNMI

**Solicitud de información para el diseño de la nueva red SDN de REDIMadrid y REDIMadridQCI (red cuántica de la comunidad de madrid). ref RFI-SDN-MadQCI-OP**

#### 4.2.4. PCE

1. El PCE del controlador de dominio IP deberá integrarse con el PCE “multi-capa” del controlador de dominio jerárquico para posibilitar la ingeniería de tráfico simultánea sobre dominios óptico e IP. Se describirá dicha capacidad de integración.
2. El PCE del controlador de dominio IP deberá soportar el protocolo PCEP de acuerdo a las RFC4657 y RFC5440 del IETF.
3. El PCE del controlador de dominio IP deberá actuar como un “stateful PCE” tal y como describe la RFC8051 del IETF.
4. Se indicará si el PCE del controlador de dominio IP soporta las extensiones del protocolo PCEP para un “stateful PCE” tal y como describe la RFC8231 del IETF.
5. Se indicará si el PCE del controlador de dominio IP soporta las extensiones del protocolo PCEP para la computación de caminos considerando latencia, jitter, pérdida de paquetes y ancho de banda disponible, tal y como describe la RFC8233 del IETF.
6. Se indicará si el PCE del controlador de dominio IP soporta la conexión segura basada en TLS para el protocolo PCEP, tal y como describe la RFC8253 del IETF.
7. Se indicará si el PCE del controlador de dominio IP soporta las extensiones del protocolo PCEP para un “stateful PCE” en dominos Segment Routing tal y como describe la RFC8664 del IETF.
8. Se indicará si el PCE del controlador de dominio IP dispone de capacidades de ajuste de ancho de banda automático en “stateful PCE” activo tal y como describe la RFC8733 del IETF.
9. Se indicará si el PCE del controlador de dominio IP dispone de capacidades de optimización de caminos tal y como describe la RFC8232 del IETF.
10. Se indicará si el PCE del controlador de dominio IP es compatible con la RFC8281 en el establecimiento de LSPs por un “stateful PCE”.
11. Se indicará si el PCE del controlador de dominio IP es compatible con la RFC8745 en el establecimiento de LSPs por un “stateful PCE” proporcionando caminos protegidos.

**Solicitud de información para el diseño de la nueva red SDN de REDIMadrid y REDIMadridQCI (red cuántica de la comunidad de madrid). ref RFI-SDN-MadQCI-OP**

12. Se indicará si el PCE del controlador de dominio IP es compatible con las extensiones del protocolo PCEP de la RFC9059 en el establecimiento de LSPs “bidireccionales” por un “stateful PCE”.
13. Se indicará si el PCE del controlador de dominio IP es compatible con las extensiones del protocolo PCEP de la RFC8623 en el establecimiento de LSPs P2MP por un “stateful PCE”.
14. Se indicará si el PCE del controlador de dominio IP es compatible con las extensiones de PCEP para el soporte de “Segment Routing policy candidate paths” de acuerdo al draft draft-ietf-pce-segment-routing-policy-cp-12 del IETF.
15. Se indicará si el PCE del controlador de dominio IP es compatible con las extensiones del protocolo PCEP para el establecimiento de relaciones entre grupos de LSPs MPLS de acuerdo a la RFC8697 del IETF.
16. Se indicará si el PCE del controlador de dominio IP es compatible con la arquitectura de PCECC definida en la RFC8283 del IETF y soporta las extensiones del protocolo PCEP definidas en la RFC9050 del IETF y sus casos de uso recogidos en el draft draft-ietf-teas-pcecc-use-cases-13.
17. El controlador de dominio IP deberá tener capacidades de optimización dinámica de red y de servicios reasignando recursos y/o reprovisionando servicios a través del dominio IP. Se describirá con detalle la capacidad.

#### **4.2.5. PROVISIÓN DE SERVICIOS**

1. El controlador de dominio IP deberá contar con la capacidad de provisión de servicios (L3VPNs, NG-MVPNs, EVPN, VPLS, pseudowires, IP services, etc.). Se describirá con detalle esta capacidad.
2. El controlador de dominio IP deberá realizar la provisión de servicios de modo “atómico” (“network wide transaction”) a través de múltiples elementos de red IP, de modo que realice un “auto-rollback” en caso de fallo (“rollback on error capability” presente en los elementos de red).

**Solicitud de información para el diseño de la nueva red SDN de REDIMadrid y REDIMadridQCI (red cuántica de la comunidad de madrid). ref RFI-SDN-MadQCI-OP**

3. El controlador de dominio IP deberá disponer del historial de provisión de servicios pudiendo realizar un "rollback" forzado a estados anteriores de la red en los dominios óptico e IP.
4. El controlador de dominio IP dispondrá de la capacidad de modelado de servicios por medio de plantillas o "templates" para la provisión de servicios. Se describirá con detalle esta capacidad.

#### **4.2.6. OPERACIÓN DE RED**

1. Se indicará si el controlador de dominio IP dispone de la capacidad de control de varias redes IP disjuntas o si, por el contrario, es necesario el despliegue de un controlador de dominio IP por red IP considerada.
2. El controlador de dominio IP deberá realizar cualquier acción de configuración sobre la red IP de modo "atómico" ("network wide transaction"), de modo que disponga de la capacidad de llevar a cabo un "auto-rollback" en caso de fallo de cualquiera de las acciones sobre alguno de los elementos de red IP ("rollback on error capability" presente en los elementos de red).
3. El controlador de dominio IP deberá disponer de capacidad de descubrimiento de servicios, dispositivos y topologías de red IP. Se describirá con detalle esta capacidad.
4. El controlador de dominio IP deberá disponer de un inventario unificado de servicios y de red IP ("single source of truth"). Se describirá con detalle esta capacidad.
5. El controlador de dominio IP deberá disponer de visión topológica de las redes IP gestionadas.
6. Se indicará si el controlador de dominio IP dispone de la funcionalidad de gestión de capacidad ("capacity planning"): informes de ocupación, control de umbrales, etc. Se describirá con detalle esta capacidad.
7. Se indicará si el controlador de dominio IP dispone de la capacidad de predicción de evolución de red basado en tendencias de crecimiento del tráfico de red IP. Se describirá con detalle esta capacidad.

**Solicitud de información para el diseño de la nueva red SDN de REDIMadrid y REDIMadridQCI (red cuántica de la comunidad de madrid). ref RFI-SDN-MadQCI-OP**

8. Se indicará si el controlador de dominio IP dispone de la capacidad de simulación de escenarios de evolución de red IP a partir de potenciales modificaciones realizadas sobre la situación actual de red. Se describirá con detalle esta capacidad.
9. Se indicará si el controlador de dominio IP dispone de la capacidad de simulación de la red IP al nivel de un "digital twin", siguiendo los principios descritos en el draft draft-irtf-nmrg-network-digital-twin-arch-03 del IRTF. Se describirá con detalle esta capacidad.
10. Se indicará si el controlador de dominio IP dispone de la capacidad de ejecución y reporting de tests de rendimiento ("performance monitoring") a través del dominio IP. Se describirá con detalle esta capacidad, aportando los tests de rendimiento soportados en el controlador de dominio IP.
11. Se indicará si el controlador de dominio IP dispone de capacidad de "intent-based networking" manteniendo el dominio IP dentro de los objetivos de funcionamiento establecidos para la red y los servicios sobre ella configurados. Se describirá con detalle esta capacidad. Pueden tomarse como referencia los principios descritos en la RFC9315 del IRTF.
12. Se indicará si el controlador de dominio IP dispone de capacidades de "closed-loop automation" dentro de una filosofía de "self-driven network". Se describirán con detalle estas capacidades, requisitos asociados a las mismas (i.e. necesidad de despliegue de sondas hardware o software, ...), así como los casos de uso de closed-loop automation contemplados por el controlador de dominio IP.
13. Se indicará si el controlador de dominio IP dispone de capacidades de analítica avanzada de información y presentación de la misma en modo de reportes. Se describirán las características de las mismas.
14. El controlador de dominio IP deberá disponer de capacidad de centralización de alarmas del dominio IP. Se describirá con detalle la capacidad.
15. Se indicará si el controlador de dominio IP dispone de capacidades de correlación de alarmas de red IP de cara a la elaboración de diagnósticos avanzados de avería. Se describirá con detalle esta capacidad.

**Solicitud de información para el diseño de la nueva red SDN de REDIMadrid y REDIMadridQCI (red cuántica de la comunidad de madrid). ref RFI-SDN-MadQCI-OP**

16. Se indicará si el controlador de dominio IP dispone de realización de tests de servicio como parte del proceso de diagnóstico ante fallos. Se describirá con detalle esta capacidad.
17. Se indicará si el controlador de dominio IP integra funcionalidades de IA dentro de sus diferentes funcionalidades (diagnósticos avanzados de avería, análisis de desviaciones de configuración, “closed-loop automation”, etc.)

#### 4.2.7. TELEMETRÍA

1. El controlador de dominio IP deberá poder contar con diferentes fuentes de telemetría desde los equipos de red IP (“streaming telemetry”, CLI, syslog, IPFIX, etc.). Se describirán con detalle las diferentes fuentes de telemetría soportadas y el uso de las mismas.
2. El controlador de dominio IP deberá soportar IETF YANG PUSH para “streaming telemetry” por medio del cumplimiento de las RFCs:
  - RFC7923 del IETF – requerimientos para suscripción a YANG “datastores”
  - RFC8639 del IETF – suscripción a notificaciones YANG
  - RFC8640 del IETF – suscripción a eventos YANG y “datastores” sobre NETCONF
  - RFC8641 del IETF – suscripción a eventos YANG para actualizaciones de “datastores”
  - RFC8650 del IETF - suscripción a eventos YANG y “datastores” sobre RESTCONF
3. El controlador de dominio IP deberá soportar el “streaming telemetry” de Openconfig (<https://openconfig.net/projects/models/schemadocs/yangdoc/openconfig-telemetry.html>)
4. El controlador de dominio IP deberá soportar gNMI (draft-openconfig-rtgwg-gnmi-spec-01<sup>\*\*\*</sup> del IETF) y <https://www.openconfig.net/docs/gnmi/gnmi-specification/>)

<sup>\*\*\*</sup> Este draft no evolucionó a RFC, pero aporta directrices sobre la implementación de gNMI

**Solicitud de información para el diseño de la nueva red SDN de REDIMadrid y REDIMadridQCI (red cuántica de la comunidad de madrid). ref RFI-SDN-MadQCI-OP**

para el envío de información estadística de red por medio de “streaming telemetry” hacia el colector en el propio controlador de dominio IP.

5. Se indicará si el controlador de dominio IP soporta tanto el modo “dial-in” (suscripción del controlador en el cliente o equipo de red) como “dial-out” (configuración en el equipo de red para envío de información hacia el colector)
6. Se indicará si el controlador de dominio IP soporta la suscripción de eventos de “streaming telemetry” tanto “on-change” (“streaming” derivado de cambios de estado o umbrales) como periódica (envío periódico de información).
7. El controlador de dominio IP deberá soportar la codificación JSON tanto según la RFC7159 como la RFC7951 del IETF para la interacción con elementos de red.

#### **4.2.8. ARQUITECTURA HARDWARE Y SOFTWARE**

1. El suministrador describirá con detalle la estructura software del controlador de dominio IP: módulos independientes que lo componen, interacción entre ellos, funcionalidades incluidas en cada uno de ellos, etc.
2. El suministrador describirá con detalle el modelo de licenciamiento de la solución propuesta para el controlador de dominio IP para todos y cada uno de sus componentes.
3. El suministrador describirá las opciones de alta disponibilidad que el controlador de dominio IP ofrece considerando cada uno de sus módulos.
4. El suministrador describirá con detalle los requisitos software asociados al controlador de dominio IP: sistemas operativos (considérese tanto VNF como CNF), soluciones “cloud”, etc.
5. El suministrador describirá con detalle los requisitos hardware asociados al controlador de dominio IP tanto en entornos “bare metal”, como en entornos virtuales (considérese tanto VNF como CNF), como en soluciones “cloud”, etc.
6. El suministrador describirá con detalle la política de versiones de software del controlador de dominio IP.



**Solicitud de información para el diseño de la nueva red SDN de REDIMadrid y REDIMadridQCI (red cuántica de la comunidad de madrid). ref RFI-SDN-MadQCI-OP**

7. El suministrador describirá con detalle el ciclo de vida de software del controlador de dominio IP: periodos típicos de vida de software, notificaciones de “end-of-sales” y “end-of-support”, obligaciones de migración, etc.
8. El suministrador proporcionará las “release notes” de la versión software propuesta del controlador de dominio IP, así como los manuales de la misma.
9. El suministrador proporcionará el roadmap de evolución del controlador de dominio IP.

#### **4.2.9. SEGURIDAD**

1. El acceso de usuarios al controlador de dominio IP deberá permitir la definición de roles con permisos diferenciados (“role-based access control”) en cuando a visibilidad, operaciones a llevar a cabo, etc. Se describirá dicha funcionalidad.
2. El controlador de dominio IP deberá almacenar las operaciones ejecutadas por los diferentes usuarios que acceden a la plataforma. Se describirá dicha funcionalidad.

#### **4.2.10. REFERENCIAS E INTEROPERABILIDAD**

1. El suministrador proporcionará referencias de despliegues del controlador de dominio IP proporcionando detalles de los controladores jerárquicos, así como los fabricantes de equipamiento de red IP con los que se ha integrado.
2. El suministrador proporcionará referencias disponibles de pruebas de interoperabilidad en que el controlador de dominio IP haya tomado parte.

### **4.3. CONTROLADOR DE DOMINIO ÓPTICO**

#### **4.3.1. NBI – NORTHBOUND INTERFACES**

1. El controlador de dominio óptico deberá contar con NBIs RESTCONF (RFC8040 del IETF) de acuerdo al interfaz T-API v2.4.1 descrito en la especificación TR-547

**Solicitud de información para el diseño de la nueva red SDN de REDIMadrid y REDIMadridQCI (red cuántica de la comunidad de madrid). ref RFI-SDN-MadQCI-OP**

- v2.1 del ONF para la interacción con el controlador jerárquico.
2. El controlador de dominio óptico deberá soportar modelos de datos YANG (RFC6020 del IETF) de acuerdo al interfaz T-API v2.4.1 descrito en la especificación TR-547 v2.1 del ONF para la interacción con el controlador jerárquico.
  3. Se indicará si el controlador de dominio óptico soporta modelos de datos YANG 1.1 (RFC7950 del IETF) para la interacción con el controlador jerárquico.
  4. El controlador de dominio óptico deberá soportar la codificación JSON de datos modelados en YANG (RFC7951 del IETF) de acuerdo al interfaz T-API v2.4.1 descrito en la especificación TR-547 v2.1 del ONF para la interacción con el controlador jerárquico.
  5. El controlador de dominio óptico deberá soportar notificaciones RESTCONF de acuerdo al interfaz T-API v2.4.1 descrito en la especificación TR-547 v2.1 del ONF para la interacción con el controlador jerárquico.
  6. El controlador de dominio óptico deberá soportar "network topology models" YANG de acuerdo al interfaz T-API v2.4.1 descrito en la especificación TR-547 v2.1 del ONF para la interacción con el controlador jerárquico.
  7. El controlador de dominio óptico deberá soportar "connectivity service models" YANG de acuerdo al interfaz T-API v2.4.1 descrito en la especificación TR-547 v2.1 del ONF para la interacción con el controlador jerárquico.
  8. El controlador de dominio óptico deberá soportar "notification models" YANG de acuerdo al interfaz T-API v2.4.1 descrito en la especificación TR-547 v2.1 del ONF para la interacción con el controlador jerárquico.
  9. Se indicará si el controlador de dominio óptico soporta el envío de información en modo "streaming" desde controladores jerárquicos de acuerdo al interfaz T-API v2.4.0 descrito en la especificación TR-548 v2.0 del ONF.
  10. El controlador de dominio óptico deberá poder incorporar de modo dinámico nuevos módulos YANG sea cual fuere su naturaleza: IETF, OpenConfig o nativos (=propietarios). Se describirá el procedimiento para hacerlo.

**Solicitud de información para el diseño de la nueva red SDN de REDIMadrid y REDIMadridQCI (red cuántica de la comunidad de madrid). ref RFI-SDN-MadQCI-OP**

11. Se describirán otros NBIs del controlador de dominio óptico para la interacción con el controlador jerárquico en caso de contar con él.
12. El controlador de dominio óptico deberá soportar los casos de uso descritos en la especificación T-API v.2.4.1 del ONF para la interacción con el controlador jerárquico, respetando los aspectos mandatorios y opcionales de los mismos.

#### **4.3.2. SBI – SOUTHBOUND INTERFACES**

1. Se indicarán los interfaces SBI disponibles en el controlador de dominio óptico para la interacción con los elementos de red OTN y/o gestores de red OTN. Se describirá con detalle el modelo propuesto de integración con la red OTN.

#### **4.3.3. PCE**

1. El PCE del controlador de dominio óptico deberá integrarse con el PCE “multi-capa” del controlador de dominio jerárquico para posibilitar la ingeniería de tráfico simultánea sobre dominios óptico e IP. Se describirá dicha capacidad de integración.
2. El PCE del controlador de dominio óptico deberá poder establecer circuitos sobre red óptica atendiendo a requisitos específicos de ancho de banda, protección, ruta específica, etc.
3. El controlador de dominio óptico deberá tener capacidades de optimización dinámica de circuitos reasignando recursos y/o reprovisionando circuitos a través del dominio óptico. Se describirá con detalle la capacidad.

#### **4.3.4. PROVISIÓN DE CIRCUITOS**

1. El controlador de dominio óptico deberá contar con la capacidad de provisión de circuitos sobre red OTN. Se describirá con detalle esta capacidad.

**Solicitud de información para el diseño de la nueva red SDN de REDIMadrid y REDIMadridQCI (red cuántica de la comunidad de madrid). ref RFI-SDN-MadQCI-OP**

2. El controlador de dominio óptico deberá realizar la provisión de servicios de modo "atómico" ("network wide transaction") a través de múltiples elementos de red óptica y/o por interacción con el gestor de la misma, de modo que realice un "auto-rollback" en caso de fallo.
3. Se indicará si el controlador de dominio óptico dispone del historial de provisión de servicios pudiendo realizar un "rollback" forzado a estados anteriores de la red en los dominios óptico e IP.
4. Se indicará si el controlador de dominio óptico dispone de la capacidad de modelado de circuitos por medio de plantillas o "templates" para la provisión de servicios. Se describirá con detalle esta capacidad.

#### **4.3.5. OPERACIÓN DE RED**

1. Se indicará si el controlador de dominio óptico dispone de la capacidad de control de varias redes ópticas disjuntas o si, por el contrario, es necesario el despliegue de un controlador de dominio óptico por red OTN considerada.
2. El controlador de dominio óptico deberá realizar cualquier acción de configuración sobre la red IP de modo "atómico", de modo que disponga de la capacidad de llevar a cabo un "auto-rollback" en caso de fallo de cualquiera de las acciones sobre alguno de los elementos de red OTN ("rollback on error capability" presente en los elementos de red).
3. El controlador de dominio óptico deberá disponer de capacidad de descubrimiento de dispositivos, circuitos y topologías de red OTN. Se describirá con detalle esta capacidad.
4. El controlador de dominio óptico deberá disponer de un inventario unificado de circuitos y de red OTN ("single source of truth"). Se describirá con detalle esta capacidad.
5. El controlador de dominio óptico deberá disponer de visión topológica de las redes OTN gestionadas.

**Solicitud de información para el diseño de la nueva red SDN de REDIMadrid y  
REDIMadridQCI (red cuántica de la comunidad de madrid). ref  
RFI-SDN-MadQCI-OP**

6. Se indicará si el controlador de dominio óptico dispone de la funcionalidad de gestión de capacidad (“capacity planning”): informes de ocupación, control de umbrales, etc. Se describirá con detalle esta capacidad.
7. Se indicará si el controlador de dominio óptico dispone de la capacidad de ejecución y reporting de tests de rendimiento (“performance monitoring”) a través del dominio óptico. Se describirá con detalle esta capacidad, aportando los tests de rendimiento soportados en el controlador de dominio óptico.
8. Se indicará si el controlador de dominio óptico dispone de capacidades de “closed-loop automation”. Se describirán las características de las mismas, requisitos asociados a los mismos, casos de uso de aplicación, etc.
9. Se indicará si el controlador de dominio óptico dispone de capacidades de analítica avanzada de información y presentación de la misma en modo de reportes. Se describirán las características de las mismas.
10. El controlador de dominio óptico deberá disponer de capacidad de centralización de alarmas del dominio óptico. Se describirá con detalle la capacidad.
11. Se indicará si el controlador de dominio óptico dispone de capacidades de correlación de alarmas de red OTN de cara a la elaboración de diagnósticos avanzados de avería. Se describirá con detalle esta capacidad.
12. Se indicará si el controlador de dominio óptico dispone de realización de tests de servicio como parte del proceso de diagnóstico ante fallos. Se describirá con detalle esta capacidad.
13. Se indicará si el controlador de dominio óptico integra funcionalidades de IA dentro de sus diferentes funcionalidades (diagnósticos avanzados de avería, análisis de desviaciones de configuración, “closed-loop automation”, etc.).
14. Se indicará si el controlador de dominio óptico dispone de capacidades específicas para monitorizar el estado de la planta física de fibra por interacción con gestores de red óptica, equipos de red óptica o incluso equipamiento de instrumentación específico como OTDRs. Se describirá dicha capacidad para los tres casos considerados (gestor, elemento de red y equipo de instrumentación).

**Solicitud de información para el diseño de la nueva red SDN de REDIMadrid y REDIMadridQCI (red cuántica de la comunidad de madrid). ref RFI-SDN-MadQCI-OP**

#### **4.3.6. TELEMETRÍA**

1. El controlador de dominio óptico deberá poder contar con diferentes fuentes de telemetría desde los elementos de red OTN y/o gestores de red OTN. Se describirán con detalle las diferentes fuentes de telemetría soportadas.

#### **4.3.7. ARQUITECTURA HARDWARE Y SOFTWARE**

1. El suministrador describirá con detalle la estructura software del controlador de dominio óptico: módulos independientes que lo componen, interacción entre ellos, funcionalidades incluidas en cada uno de ellos, etc.
2. El suministrador describirá con detalle el modelo de licenciamiento de la solución propuesta para el controlador de dominio óptico para todos y cada uno de sus componentes.
3. El suministrador describirá las opciones de alta disponibilidad que el controlador de dominio óptico ofrece considerando cada uno de sus módulos.
4. El suministrador describirá con detalle los requisitos software asociados al controlador de dominio óptico: sistemas operativos soportados, entornos virtuales de funcionamiento (considérese tanto VNF como CNF), soluciones "cloud", etc.
5. El suministrador describirá con detalle los requisitos hardware asociados al controlador de dominio óptico tanto en entornos "bare metal", como en entornos virtuales (considérese tanto VNF como CNF), como en soluciones "cloud", etc.
6. El suministrador describirá con detalle la política de versiones de software del controlador de dominio óptico.
7. El suministrador describirá con detalle el ciclo de vida de software del controlador de dominio óptico: periodos típicos de vida de software, notificaciones de "end-of-sales" y "end-of-support", obligaciones de migración, etc.
8. El suministrador proporcionará las "release notes" de la versión software propuesta del controlador de dominio óptico, así como los manuales de la misma.

**Solicitud de información para el diseño de la nueva red SDN de REDIMadrid y REDIMadridQCI (red cuántica de la comunidad de madrid). ref RFI-SDN-MadQCI-OP**

9. El suministrador proporcionará el roadmap de evolución del controlador de dominio óptico.

#### **4.3.8. SEGURIDAD**

1. El acceso de usuarios al controlador de dominio óptico deberá permitir la definición de roles con permisos diferenciados ("role-based access control") en cuando a visibilidad, operaciones a llevar a cabo, etc. Se describirá dicha funcionalidad.
2. El controlador de dominio óptico deberá almacenar las operaciones ejecutadas por los diferentes usuarios que acceden a la plataforma. Se describirá dicha funcionalidad.

#### **4.3.9. REFERENCIAS E INTEROPERABILIDAD**

1. El suministrador proporcionará referencias de despliegues del controlador de dominio óptico proporcionando detalles de los controladores jerárquicos, así como los fabricantes de equipamiento óptico con los que se ha integrado.
2. El suministrador proporcionará referencias disponibles de pruebas de interoperabilidad en que el controlador de dominio óptico haya tomado parte.

## **5. CASOS DE USO**

### **5.1. CONTROLADOR JERÁRQUICO**

El suministrador describirá el modo de implementación de diferentes casos de uso involucrando a red óptica y red IP aportando para cada uno de ellos el máximo detalle en cuanto a:

- Descripción de las funcionalidades aportadas por la plataforma para el caso de uso

**Solicitud de información para el diseño de la nueva red SDN de REDIMadrid y  
REDIMadridQCI (red cuántica de la comunidad de madrid). ref  
RFI-SDN-MadQCI-OP**

- Módulos de la solución involucrados
  - Prerrequisitos del escenario (condiciones del escenario vinculadas al equipamiento de red y/o gestores existentes)
  - Flujos operativos
  - Atributos/funciones configurables
  - Principales módulos YANG empleados tanto en el interfaz entre controlador jerárquico y los de los controladores de dominio como en el interfaz entre los controladores de dominio y los elementos de red IP y red OTN
1. Provisión de circuito de transporte – considérense dos variantes: red OTN tradicional (interacción exclusiva con el controlador de dominio óptico) y “routed-optical network” (i.e. provisión de enlace P2P 400ZR DCO)
  2. Provisión de L3VPN,
  3. Provisión de eVPN.
  4. Modificación masiva de configuración red - caso de uso de crear y aplicar un mismo filtro de tráfico (“access control list”) en múltiples interfaces IP sobre diferentes elementos de red.
  5. Recuperación de la topología de red IP y la red OTN, así como el conjunto de servicios configurados sobre red IP
  6. Análisis de causa raíz ante una caída o degradación de servicio
  7. Detección autónoma de anomalías y diagnóstico de las mismas (desviación respecto del “intent” de red y/o degradación del SLA de servicios en la red)
  8. Simulación de escenarios de evolución de red (“what-if analysis”)



**Solicitud de información para el diseño de la nueva red SDN de REDIMadrid y REDIMadridQCI (red cuántica de la comunidad de madrid). ref RFI-SDN-MadQCI-OP**

## 5.2. CONTROLADOR DE DOMINIO IP

El suministrador describirá el modo de implementación de los siguientes casos de uso aportando para cada uno de ellos el máximo detalle en cuanto a:

- Descripción de las funcionalidades aportadas por la plataforma para el caso de uso
- Módulos de la solución involucrados
- Prerrequisitos del escenario (condiciones del escenario vinculadas al equipamiento de red y/o gestores existentes)
- Flujos operativos
- Atributos/funciones configurables
- Módulos YANG empleados en la interacción con los elementos de red IP

Los casos de uso a considerar serán \*\*\*\*:

1. Provisión de L3VPN,
2. Provisión de eVPN.
3. Modificación masiva de configuración red - caso de uso de crear y aplicar un mismo filtro de tráfico ("access control list") en múltiples interfaces IP sobre diferentes elementos de red.
4. Recuperación de la topología de red IP, así como el conjunto de servicios configurados sobre red IP
5. Análisis de causa raíz ante una caída o degradación de servicio

---

\*\*\*\* Nótese que todos estos casos de uso se consideraron ya desde el punto de vista del controlador jerárquico (capa óptica+IP), luego los de controlador de dominio IP sólo deberán ser respondidos en caso de ofrecer exclusivamente el controlador de dominio IP

**Solicitud de información para el diseño de la nueva red SDN de REDIMadrid y REDIMadridQCI (red cuántica de la comunidad de madrid). ref RFI-SDN-MadQCI-OP**

6. Detección autónoma de anomalías y diagnóstico de las mismas (desviación respecto del "intent" de red y/o degradación del SLA de servicios en la red)
7. Simulación de escenarios de evolución ("what-if analysis")

### **5.3. CONTROLADOR DE DOMINIO ÓPTICO**

El controlador de dominio óptico deberá soportar los casos de uso descritos en la especificación T-API v.2.4.1 del ONF para la interacción con el controlador jerárquico, respetando los aspectos mandatorios y opcionales de los mismos.

## **6. ESCENARIOS DE VALORACIÓN**

Se solicitan tres escenarios de valoración diferenciados en los que habrá que considerar tanto el CAPEX como el OPEX a tres años, así como una planificación potencial de despliegue de los controladores. No se considerará la necesidad de arquitectura redundante en ninguno de los controladores, salvo que el suministrador lo considere recomendable para todos o cada uno de los módulos de la solución propuesta.

Considérense que las redes bajo los controladores jerárquico y de dominio serán:

**Solicitud de información para el diseño de la nueva red SDN de REDIMadrid y REDIMadridQCI (red cuántica de la comunidad de madrid). ref RFI-SDN-MadQCI-OP**

Red	Elemento	Versión SW	Unidades año1	Unidades año 2	Unidades año 3
REDIMadrid IP	Juniper MX480	20.4R3.8	3	3	3
REDIMadrid IP	Juniper MX204	18.3R1.9 20.4R3.8	11	14	23
REDIMadrid óptica	Ciena 6500	1272Z.XQ	7	9	11
REDIMadrid gestor óptico	Gestor Ciena MCP	5.1-161	1	1	1
MadQCI white box	Equipos por seleccionar	N.A.	2 ó 4	N.A.	N.A.
MadQCI óptico	Equipos por seleccionar	N.A.	6-10	N.A.	N.A.

A continuación se indica el número de puertos entre óptico e IP:

Interconexión óptico e IP	Numero de puertos de 10G	Numero de puertos de 100G SW
REDIMadrid	15	10
MadQCI	15	0

Las redes IP de REDIMadrid y MadQCI, tanto su versión de hardware comercial como la basada en “white boxes”, son redes IP equivalentes en funcionalidad a las de cualquier operador de red:

- MPLS (RSVP-TE y LDP)
- Segment Routing (considérense tanto SR-MPLS como SRv6 como opciones de despliegue)
- IPv4 e IPv6 apoyado en BGP
- Multicast – PIM-ASM/PIM-SSM
- Servicios de L3VPN, NG-MVPN y EVPN fundamentalmente

**Solicitud de información para el diseño de la nueva red SDN de REDIMadrid y REDIMadridQCI (red cuántica de la comunidad de madrid). ref RFI-SDN-MadQCI-OP**

- Route-Reflectors para el correcto escalado de routing

Las redes ópticas de REDIMadrid y MadQCI serán redes con un gestor integrado capaz de relacionarse con el controlador de dominio óptico.

Considérese que a medio plazo ambos dominios se combinarán con el despliegue de “routed-optical networks”.

Si es una opción disponible para el producto ofertado, se considerará la instalación de la solución en entorno virtualizado.

Se cotizarán de manera diferenciada las opciones de soporte 24x7, así como la de 8x5.

Los tres escenarios de valoración a considerar son los siguientes, de acuerdo con el esquema que se adjunta en el apartado 10:

1. Escenario completo

- a) Control y orquestación de las cuatro redes consideradas
- b) Disponibilidad de controlador jerárquico y controladores de dominio IP y de dominio óptico
- c) Maximización de funcionalidad en cuanto a las posibilidades de los controladores

2. Escenario intermedio (sin controlador jerárquico)

- a) Control y orquestación de las cuatro redes consideradas
- b) Disponibilidad exclusiva de controladores de dominio IP y de dominio óptico independientes, pero no de un controlador jerárquico
- c) Maximización de funcionalidad en cuanto a las posibilidades de los controladores de dominio

3. Escenario básico (sin controlador jerárquico y funcionalidad limitada)

- a) Control y orquestación de las cuatro redes consideradas

**Solicitud de información para el diseño de la nueva red SDN de REDIMadrid y REDIMadridQCI (red cuántica de la comunidad de madrid). ref RFI-SDN-MadQCI-OP**

- b) Disponibilidad exclusiva de controladores de dominio IP y de dominio óptico independientes, pero no de un controlador jerárquico
- c) Funcionalidad limitada: ambos controladores podrán provisionar servicios (PCE) y tendrán capacidades de recolección de alarmas y telemetría para asistir en la detección de la causa raíz de incidencias de red.

En caso de que el suministrador exclusivamente disponga de un controlador jerárquico o de controladores de dominio IP y/u óptico, la oferta en cada escenario se circunscribiría a dicho elemento dentro de cada uno de ellos.

## 7. Respuesta de la RFI

Con carácter general, la información presentada debe estar estructurada de forma clara y concisa. La propuesta no debe contener referencias a documentos externos o anexos no incluidos, cuando éstos sean puntos clave en la valoración de la propuesta.

Las respuestas a la RFI deberá presentarse en soporte electrónico y se enviara por correo electrónico a [noc@redimadrid.es](mailto:noc@redimadrid.es) antes del miércoles 11 de octubre de 2023 a las 12h:

La respuesta deberá contener una parte técnica y una parte económica.

### 7.1. Respuesta técnica

La respuesta técnica deberá contener 4 apartados:

- Una descripción técnica describiendo la solución propuesta y que describa de manera general el cumplimiento a requerimientos del apartado 4, así como su idoneidad para los tres escenarios planteados en el apartado 10 en la evolución de red planteada a tres años.

**Solicitud de información para el diseño de la nueva red SDN de REDIMadrid y  
REDIMadridQCI (red cuántica de la comunidad de madrid). ref  
RFI-SDN-MadQCI-OP**

- Cumplimentado de los requerimientos técnicos recogidos en el apartado 4 en las pestañas “Requisitos Técnicos” del excel con nombre “RFI SDN MadQCI Response Template”. Existe una pestaña de requisitos por tipo de controlador (jerárquico, de dominio IP y de dominio óptico).
- Desarrollo de los casos de uso definidos en el apartado 5, bien para el controlador jerárquico, bien para el controlador IP, en función de la solución propuesta por el licitante.
- Enlace donde pueda descargarse toda la documentación relevante de interés no solicitada dentro del apartado 4 (datasheets, manuales, certificaciones, etc.)

#### **7.1.1. Detalles técnicos que incluir en la respuesta**

Esta es la información mínima que se espera en la respuesta técnica. La información puede presentarse en el mismo cuerpo de la solución o en cualquier tipo de documentación complementaria

- Estándares y recomendaciones de referencia en los que se basa la solución propuesta
- Descripción y utilidad de cada uno de los componentes utilizados en la solución del escenario 10, con los distintos escenarios.
- Detalle de como se va a proporcionar y con qué medios (personal técnico, repuestos, etc.) y con qué SLA el soporte requerido para los niveles 1, 2 y 3
- Detalle de políticas para End of Life / End of Support de todos los componentes de la solución.
- ROADMAP con foco en las funcionalidades que permitan mejoras en los escenarios propuestos.
- Detalle de las licencias ofertadas y si son renovables o es una licencia sin caducidad.

**Solicitud de información para el diseño de la nueva red SDN de REDIMadrid y REDIMadridQCI (red cuántica de la comunidad de madrid). ref RFI-SDN-MadQCI-OP**

## 7.2. Respuesta económica

Todos los precios tienen que ser en euros (EUR - €) y tienen que incluir el software y los servicios necesarios para la entrega del proyecto llave en mano en la Comunidad de Madrid. Para la consideración de la propuesta económica de la oferta se deberá:

- Presentar una propuesta completa llave en mano para cada escenario de referencia a tres años con detalle itemizado incluyendo "Build of Materials" con PxQ autoexplicativo.

NOTA IMPORTANTE: todas las licencias requeridas deberán estar incluidas y claramente identificadas.

- Rellenado la tabla de la pestaña de "Requisitos Económicos" del excel con nombre "RFI SDN MadQCI Response Template".

### 7.2.1. Requerimientos generales

La propuesta económica debe incluir todo lo necesario para la entrega llave en mano de la solución y para su operación y soporte posterior, en cualquiera de los tres escenarios considerados. En particular deben diferenciarse claramente:

- Coste para la formación: estimar unas 40h de formación oficial de fabricante, presencial en el edificio de Imdea Software para 6 personas.
- Coste para 5 años de servicios completos (L1, L2, L3 24x7) y detalle completo de lo que incluyen.
- Coste para 5 años de servicios completos (L1, L2, L3 8x5) y detalle completo de lo que incluyen.
- Coste para cada año adicional después de los 5 primeros años para los servicios anteriores (24x7 y 8x5).
- Coste para una actualización completa de la versión de software a cargo del suministrador.

**Solicitud de información para el diseño de la nueva red SDN de REDIMadrid y REDIMadridQCI (red cuántica de la comunidad de madrid). ref RFI-SDN-MadQCI-OP**

## 8. Consultas y Contacto

Cualquier consulta en relación con el presente procedimiento de adjudicación debe dirigirse por correo electrónico a la dirección [noc@redimadrid.es](mailto:noc@redimadrid.es) indicando:

**Asunto:** RFI SDN REDIMadridQCI .

**Cuerpo:** nombre de la empresa, datos de la persona que realiza la consulta y texto de la consulta.

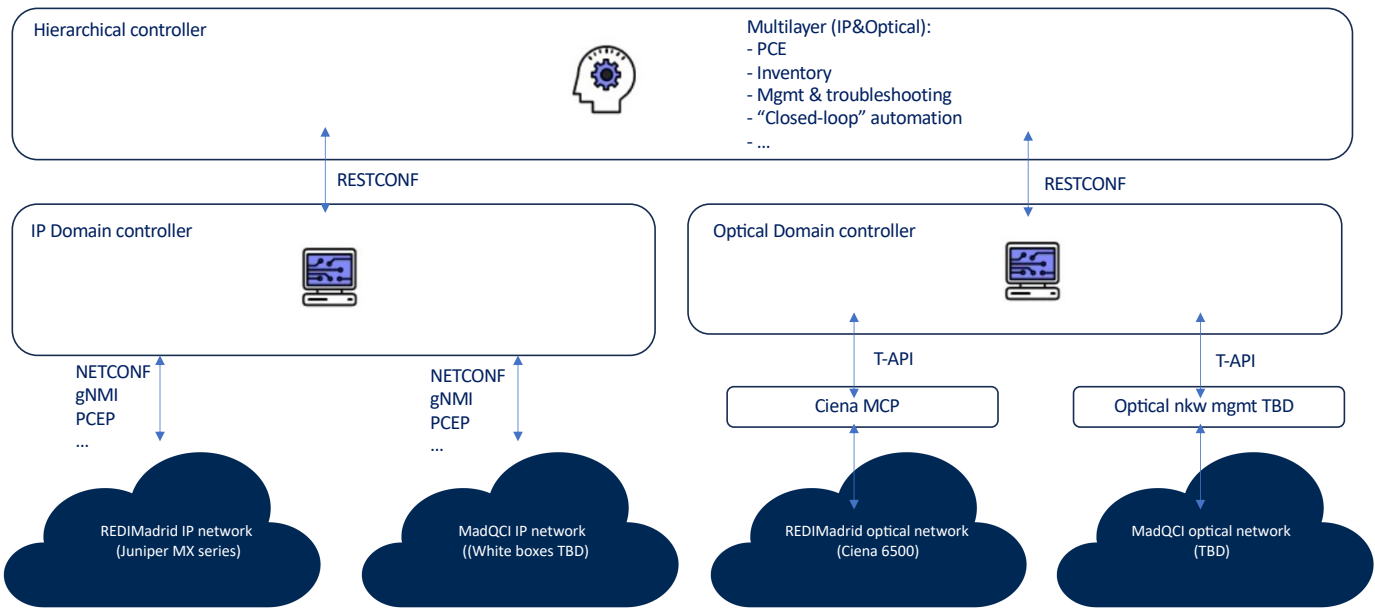
El plazo de recepción de consultas finalizará 24 horas antes del fin del plazo de presentación de ofertas. IMDEA Software no tendrá obligación de responder las consultas realizadas transcurrido dicho plazo.

## 9. Confidencialidad

El licitador deberá respetar el carácter confidencial de aquella información a la que tenga acceso con ocasión de la ejecución del Contrato a la que se le hubiese dado el referido carácter en los pliegos, o que por su propia naturaleza deba ser tratada como tal. Este deber se mantendrá durante un plazo de cinco años desde el conocimiento de esa información. Se excluye de la categoría de información confidencial toda aquella información que sea divulgada por IMDEA Software/REDIMadrid, aquella que haya de ser revelada de acuerdo con las leyes o con una resolución judicial o acto de autoridad competente.

## 10. Escenarios





**IP Domain controller**

IP network:

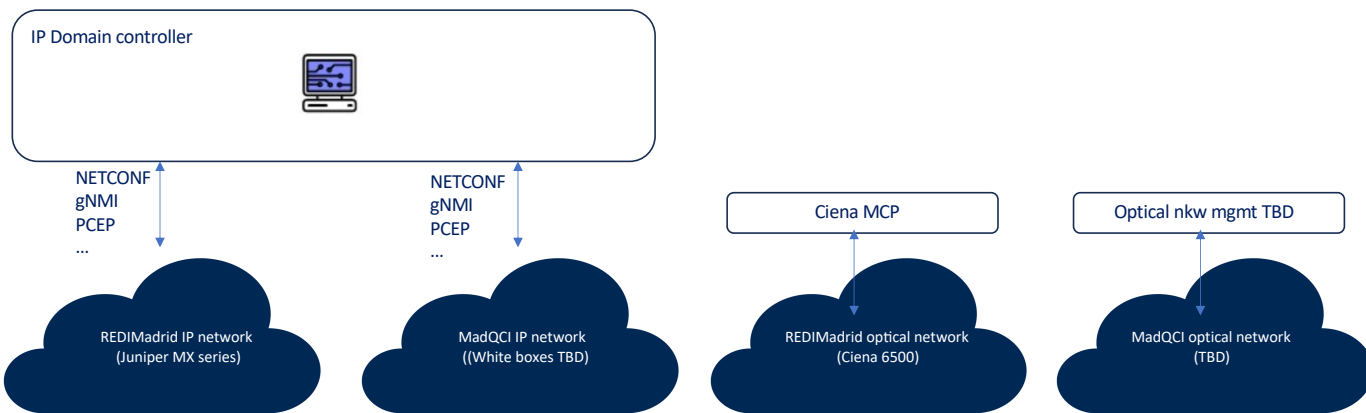
- PCE
- Inventory
- Mgmt & troubleshooting
- "Closed-loop" automation
- ...

**Optical Domain controller**

Optical network:

- PCE
- Inventory
- Mgmt & troubleshooting
- "Closed-loop" automation
- ...

**SCENARIO 1**



IP Domain controller

IP network:

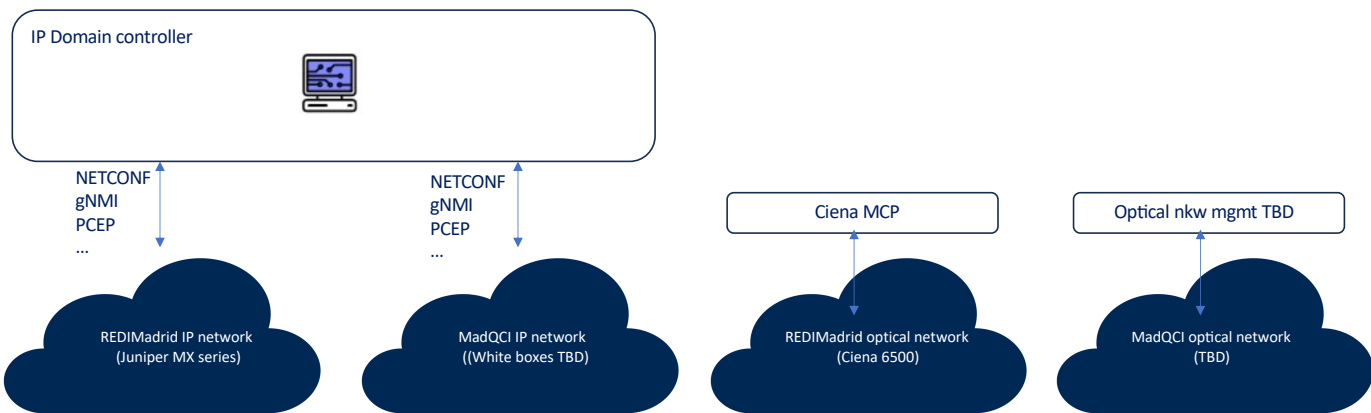
- PCE
- Inventory
- Mgmt & troubleshooting
- "Closed-loop" automation
- ...

Optical Domain controller

Optical network:

- PCE
- Inventory
- Mgmt & troubleshooting
- "Closed-loop" automation
- ...

## SCENARIO 2



- IP Domain controller
- IP network:
    - PCE
    - Mgmt & troubleshooting
    - Telemetry

SCENARIO 3

**Solicitud de información para el diseño de la nueva red SDN de REDIMadrid y REDIMadridQCI (red cuántica de la comunidad de madrid). ref RFI-SDN-MadQCI-OP**

## 11. REFERENCIAS

- IETF RFC4657 Path Computation Element (PCE) Communication Protocol Generic Requirements. J. Ash y otros. Septiembre 2006
- IETF RFC5277 NETCONF Event Notifications. S. Chisholm y otros. Julio 2008
- IETF RFC5440 Path Computation Element (PCE) Communication Protocol (PCEP). JP. Vasseur y otros. Marzo 2009
- IETF RFC6020 YANG - A Data Modeling Language for the Network Configuration Protocol (NETCONF). M. Bjorklund. Octubre 2010
- IETF RFC6241 Network Configuration Protocol (NETCONF). R. Enns y otros. Junio 2011
- IETF RFC6242 Using the NETCONF Protocol over Secure Shell (SSH). M. Wasserman. Junio 2011
- IETF RFC7159 The JavaScript Object Notation (JSON) Data Interchange Format. T. Bray. Marzo 2014
- IETF RFC7471 OSPF Traffic Engineering (TE) Metric Extensions. S. Giacalone y otros. Marzo 2015
- IETF RFC7752 North-Bound Distribution of Link-State and Traffic Engineering (TE) Information Using BGP. H. Gredler y otros. Marzo 2016
- IETF RFC7803 Changing the Registration Policy for the NETCONF Capability URNs Registry. B. Leiba. Febrero 2016
- IETF RFC7923 Requirements for Subscription to YANG Datastores. E. Voit y otros. Junio 2016
- IETF RFC7950 The YANG 1.1 Data Modeling Language. M. Bjorklund. Agosto 2016
- IETF RFC7951 JSON Encoding of Data Modeled with YANG. L. Lhotka. Agosto 2016

**Solicitud de información para el diseño de la nueva red SDN de REDIMadrid y REDIMadridQCI (red cuántica de la comunidad de madrid). ref RFI-SDN-MadQCI-OP**

- IETF RFC8040 RESTCONF Protocol. A. Bierman y otros. Enero 2017
- IETF RFC8051 Applicability of a Stateful Path Computation Element (PCE). X. Zhang y otros. Enero 2017
- IETF RFC8231 Path Computation Element Communication Protocol (PCEP) Extensions for Stateful PCE. E. Crabbe y otros. Septiembre 2017
- IETF RFC8232 Optimizations of Label Switched Path State Synchronization Procedures for a Stateful PCE. E. Crabbe y otros. Octubre 2017
- IETF RFC8233 Extensions to the Path Computation Element Communication Protocol (PCEP) to Compute Service-Aware Label Switched Paths (LSPs). D. Dhody y otros. Septiembre 2017
- IETF RFC8253 PCEPS: Usage of TLS to Provide a Secure Transport for the Path Computation Element Communication Protocol (PCEP). D. Lopez y otros. Octubre 2017
- IETF RFC8281 Path Computation Element Communication Protocol (PCEP) Extensions for PCE-Initiated LSP Setup in a Stateful PCE Model. E. Crabbe y otros. Diciembre 2017
- IETF RFC8283 An Architecture for Use of PCE and the PCE Communication Protocol (PCEP) in a Network with Central Control. A. Farrel y otros. Diciembre 2017
- IETF RFC8309 Service Models Explained. Q. Wu y otros. Enero 2018
- IETF RFC8453 Framework for Abstraction and Control of TE Networks (ACTN). D. Ceccarelli y otros. Agosto 2018
- IETF RFC8525 YANG Library. A. Bierman y otros. Marzo 2019
- IETF RFC8526 NETCONF Extensions to Support the Network Management Datastore Architecture. M. Bjorklund y otros. Marzo 2019
- IETF RFC8570 IS-IS Traffic Engineering (TE) Metric Extensions. L. Ginsberg y otros. Marzo 2019

**Solicitud de información para el diseño de la nueva red SDN de REDIMadrid y REDIMadridQCI (red cuántica de la comunidad de madrid). ref RFI-SDN-MadQCI-OP**

- IETF RFC8623 Stateful Path Computation Element (PCE) Protocol Extensions for Usage with Point-to-Multipoint TE Label Switched Paths (LSPs). U. Palle y otros. Junio 2019
- IETF RFC8639 Subscription to YANG Notifications. E. Voit y otros. Septiembre 2019
- IETF RFC8640 Dynamic Subscription to YANG Events and Datastores over NETCONF. E. Voit y otros. Septiembre 2019
- IETF RFC8641 Subscription to YANG Notifications for Datastore Updates. A. Clemm y otros. Septiembre 2019
- IETF RFC8650 Dynamic Subscription to YANG Events and Datastores over RESTCONF. E. Voit y otros. Noviembre 2019
- IETF RFC8664 Path Computation Element Communication Protocol (PCEP) Extensions for Segment Routing. S. Sivabalan y otros. Diciembre 2019
- IETF RFC8697 Path Computation Element Communication Protocol (PCEP) Extensions for Establishing Relationships between Sets of Label Switched Paths (LSPs). I.Minei y otros. Enero 2020
- IETF RFC8733 Path Computation Element Communication Protocol (PCEP) Extensions for MPLS-TE Label Switched Path (LSP) Auto-Bandwidth Adjustment with Stateful PCE. D. Dhody y otros. Febrero 2020
- IETF RFC8745 Path Computation Element Communication Protocol (PCEP) Extensions for Associating Working and Protection Label Switched Paths (LSPs) with Stateful PCE. H. Ananthakrishnan y otros. Marzo 2020
- IETF RFC8969 A Framework for Automating Service and Network Management with YANG. Q. Wu y otros. Enero 2021
- IETF RFC9050 Path Computation Element Communication Protocol (PCEP) Procedures and Extensions for Using the PCE as a Central Controller (PCECC) of LSPs. Z. Li y otros. Julio 2021

**Solicitud de información para el diseño de la nueva red SDN de REDIMadrid y REDIMadridQCI (red cuántica de la comunidad de madrid). ref RFI-SDN-MadQCI-OP**

- IETF RFC9059 Path Computation Element Communication Protocol (PCEP) Extensions for Associated Bidirectional Label Switched Paths (LSPs). R. Gandhi y otros. Junio 2021
- IETF RFC9067 A YANG Data Model for Routing Policy. Y.Qu y otros. Octubre 2021
- IETF draft-openconfig-rtgwg-gnmi-spec-01 gRPC Network Management Interface (gNMI). R. Shakir y otros. Septiembre 2018
- IETF draft-ietf-pce-segment-routing-policy-cp-12 PCEP extension to support Segment Routing Policy Candidate Paths. M. Koldychev y otros. Julio 2023
- IETF draft-ietf-teas-pcecc-use-cases-13 The Use Cases for Path Computation Element (PCE) as a Central Controller (PCECC). Z. Li y otros. Julio 2023
- IRTF RFC9315 Intent-Based Networking - Concepts and Definitions. A. Clemm y otros. Octubre 2022
- IRTF draft-irtf-nmrg-network-digital-twin-arch-03 Digital Twin Network: Concepts and Reference Architecture. C. Zhou y otros. Abril 2023
- ONF TR-547 v2.1 del ONF T-API v2.4.1 Reference Implementation Agreement
- ONF TR-548 v2.0 del ONF T-API v2.4.0 Reference Implementation Agreement. TA-PI Streaming

## 12. ACRÓNIMOS

ACTN framework for Abstraction and Control of TE Networks

BGP-LS Border Gateway Protocol – Link State

BSS Business Support System

CAPEX CAPital EXpenditure

CLI Command Line Interface

CNF Cloud-native Network Function



**Solicitud de información para el diseño de la nueva red SDN de REDIMadrid y REDIMadridQCI (red cuántica de la comunidad de madrid). ref RFI-SDN-MadQCI-OP**

DCO Digital Coherent Optics

EVPN Ethernet Virtual Private Network

gNMI gRPC Network Management Interface

IA Inteligencia Artificial

IEEE Institute of Electrical and Electronics Engineers

IETF Internet Engineering Task Force

IP Internet Protocol

IPv4 Internet Protocol version 4

IPv6 Internet Protocol version 6

IPFIX IP Flow Information Export

IRTF Internet Research Task Force

ITU-T International Telecommunication Union - Telecommunication Standardization Sector

JSON JavaScript Object Notation

L2VPN Layer 2 Virtual Private Network

L3VPN Layer 3 Virtual Private Network

LSP Label Switched Path

MPLS MultiProtocolo Label Switching

NBI NorthBound Interface

NETCONF NETWORK CONFIGuration protocol

NG-VPN Next Generation – Virtual Private Network

ONF Open Networking Foundation

OPEX OPERational EXPenditure

OTDR Optical Time-Domain Reflectometer

OTN Optical Transport Network

P2P Point To Point

PCE Path Computation Element





**Solicitud de información para el diseño de la nueva red SDN de REDIMadrid y REDIMadridQCI (red cuántica de la comunidad de madrid). ref RFI-SDN-MadQCI-OP**

PCEP Path Computation Element Protocol  
PIM-ASM Protocol Independent Multicast – Any Source Multicast  
PIM-SSM Protocol Independent Multicast – Source Specific Multicast  
RESTCONF RESTCONF  
RFC Request For Comments  
RFI Request For Information  
SBI SouthBound Interface  
SDN Software Defined Networking  
SLA Service Level Agreement  
SNMP Simple Network Management Protocol  
SR Segment Routing  
SR-MPLS Segment Routing – MultiProtocol Label Switching  
SRv6 Segment Routing – ipv6  
T-API Transport - application programming interface  
TLS Transport Layer Security  
TR Technical Recommendation  
VLL Virtual Leased Line  
VNF Virtual Network Function  
VPLS Virtual Private LAN Service  
VPN Virtual Private Network  
YANG Yet Another Next Generation  
ZR Ze best Range