



VICEPRESIDENCIA,
CONSEJERÍA DE EDUCACIÓN
Y UNIVERSIDADES



Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia



Financiado por
la Unión Europea

NextGenerationEU

**CLÁUSULAS TÉCNICAS QUE HA DE REGIR EN EL CONTRATO
DE SUMINISTRO, INSTALACIÓN Y SOPORTE DE
EQUIPAMIENTO NIVEL 3 Y SU GESTOR PARA EL PROYECTO
MadQuantum-CM.FINANCIADO POR LA COMUNIDAD DE
MADRID Y POR EL PLAN DE RECUPERACIÓN,
TRANSFORMACIÓN Y RESILENCIA - FINANCIADO POR LA
UNIÓN EUROPEA - NetxGenerationEU.
REDIMadrid - FUNDACIÓN IMDEA SOFTWARE**

PROCEDIMIENTO ABIERTO CON PLURALIDAD DE CRITERIOS

REF:2025-04-IP-GESTOR-MADQCI

CLÁUSULAS TÉCNICAS QUE HA DE REGIR EN EL CONTRATO DE SUMINISTRO, INSTALACIÓN Y SOPORTE DE EQUIPAMIENTO NIVEL 3 Y SU GESTOR PARA EL PROYECTO MadQuantum-CM. FINANCIADO POR LA COMUNIDAD DE MADRID Y POR EL PLAN DE RECUPERACIÓN, TRANSFORMACIÓN Y RESILIENCIA - FINANCIADO POR LA UNIÓN EUROPEA - NetxGenerationEU. REDIMadrid - FUNDACIÓN IMDEA SOFTWARE

Índice

1. Introducción	5
2. Objeto del contrato	6
2.1. Requisitos de información y publicidad	7
2.2. Requisitos de inventariado, identificación y etiquetado de inventario	8
2.3. Requisitos de confidencialidad y de gestión de la propiedad intelectual e industrial	9
2.4. Requisitos de exigencia medioambiental. Condiciones especiales de ejecución.	9
3. Requisitos Técnicos de los equipos de Nivel 3	11
3.1. Funcionalidades	13
3.1.1. Funcionalidades Ethernet	13
3.1.2. Funcionalidades de Seguridad y Monitorización equipos IP	15
3.1.3. Funcionalidades de Nivel 2	16
3.1.4. Funcionalidades ROUTING-FORWARDING IP	17
3.1.5. Funcionalidades IPv4	18
3.1.6. Funcionalidades IPv6	19
3.1.7. Protocolos de Routing	21
3.1.8. Funcionalidades de filtrado	24
3.1.9. Funcionalidades MPLS	26
3.1.10. Funcionalidades VPN y VPLS/EVPN	31
3.1.11. Funcionalidades de Traffic Engineering	32
3.1.12. Funcionalidades de Calidad de Servicio (CoS)	33
3.1.13. Funcionalidades de Virtualización y Alta Disponibilidad	34
3.1.14. Otros Servicios/Características a Soportar	35
3.2. Scaling equipos nivel 3	36
3.3. Configuración de los equipos nivel 3	37
3.4. SFPs a ofertar	40
3.5. Requisitos de compatibilidad con hardware existente	41
3.6. Requisitos de gestión y administración de los equipos de nivel 3	41

CLÁUSULAS TÉCNICAS QUE HA DE REGIR EN EL CONTRATO DE SUMINISTRO, INSTALACIÓN Y SOPORTE DE EQUIPAMIENTO NIVEL 3 Y SU GESTOR PARA EL PROYECTO MadQuantum-CM. FINANCIADO POR LA COMUNIDAD DE MADRID Y POR EL PLAN DE RECUPERACIÓN, TRANSFORMACIÓN Y RESILIENCIA - FINANCIADO POR LA UNIÓN EUROPEA - NetxGenerationEU. REDIMadrid - FUNDACIÓN IMDEA SOFTWARE

4. Requisitos Técnicos del gestor/controlador de dominio IP	45
4.1. Controlador de dominio IP	46
4.1.1. NBI – Nortbound interfaces	46
4.1.2. SBI – Southbound interfaces	46
4.1.3. Routed-optical networks	48
4.1.4. PCE	48
4.1.5. Provisión de servicios	48
4.1.6. Operación de red	49
4.1.7. Verificación activa continua (Network Assurance)	52
4.1.8. Telemetría	53
4.1.9. Funcionalidades del gestor relativas a la gestión de usuarios	54
4.1.10. Soporte del fabricante del sistema de gestión	54
4.1.11. Versión Software y roadmap	54
4.1.12. Seguridad	55
4.1.13. Inteligencia Artificial	55
4.1.14. Interoperabilidad e Integración	56
4.1.15. Instalación y Licencias	57
4.1.16. Respecto al uso de Interfaces abiertas y de habilitación de SDN	57
4.2. Evolución del gestor durante el primer año	58
4.3. Casos de uso	60
4.3.1. Caso de uso 1: Detección de anomalías de tráfico	60
4.3.2. Caso de uso 2: Reporte de <i>performance monitoring</i>	61
4.3.3. Caso de uso 3: Reporte de <i>Gestión del ciclo de vida de los dispositivos</i>	62
4.3.4. Caso de uso 4: Observabilidad	62
4.3.5. Caso de uso 5: Confianza y Cumplimiento	63
4.4. Requisitos de compatibilidad del gestor con hardware existente en MadQCI	64
5. Requisitos de Formación	64
5.1. Requisitos de Formación del controlador de dominio IP	64
6. Soporte	65
7. Penalizaciones	76

CLÁUSULAS TÉCNICAS QUE HA DE REGIR EN EL CONTRATO DE SUMINISTRO, INSTALACIÓN Y SOPORTE DE EQUIPAMIENTO NIVEL 3 Y SU GESTOR PARA EL PROYECTO MadQuantum-CM. FINANCIADO POR LA COMUNIDAD DE MADRID Y POR EL PLAN DE RECUPERACIÓN, TRANSFORMACIÓN Y RESILIENCIA - FINANCIADO POR LA UNIÓN EUROPEA - NetxGenerationEU. REDIMadrid - FUNDACIÓN IMDEA SOFTWARE

8. Informes	78
8.1. Informes Regulares	78
8.2. Informes Especiales	79
9. Consultas y Contacto	79
10. Confidencialidad	80

CLÁUSULAS TÉCNICAS QUE HA DE REGIR EN EL CONTRATO DE SUMINISTRO, INSTALACIÓN Y SOPORTE DE EQUIPAMIENTO NIVEL 3 Y SU GESTOR PARA EL PROYECTO MadQuantum-CM. FINANCIADO POR LA COMUNIDAD DE MADRID Y POR EL PLAN DE RECUPERACIÓN, TRANSFORMACIÓN Y RESILIENCIA - FINANCIADO POR LA UNIÓN EUROPEA - NetxGenerationEU. REDIMadrid - FUNDACIÓN IMDEA SOFTWARE

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.

CLÁUSULAS TÉCNICAS QUE HA DE REGIR EN EL CONTRATO DE SUMINISTRO, INSTALACIÓN Y SOPORTE DE EQUIPAMIENTO NIVEL 3 Y SU GESTOR PARA EL PROYECTO MadQuantum-CM. FINANCIADO POR LA COMUNIDAD DE MADRID Y POR EL PLAN DE RECUPERACIÓN, TRANSFORMACIÓN Y RESILIENCIA - FINANCIADO POR LA UNIÓN EUROPEA - NetxGenerationEU. REDIMadrid - FUNDACIÓN IMDEA SOFTWARE

- 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. Objeto del contrato

El objeto de la presente licitación es el suministro, el soporte, formación, instalación y configuración de equipamiento de nivel 3 y su sistema de gestión, para la red de MADQCI.

Así mismo también forma parte del presente procedimiento un servicio de formación del equipamiento suministrado por el adjudicatario.

En este contexto, la red MadQCI es un instrumento con el que se han vertebrado varios proyectos de investigación y desarrollo desde el 2006 hasta estos momentos, cuando se ha alineado con la visión y misión de las iniciativas Quantum Flagship y EuroQCI. Esta red provee la base de conocimiento, técnica y tecnológica necesaria para el despliegue de la infraestructura estable para comunicaciones cuánticas y basada en fibra óptica

CLÁUSULAS TÉCNICAS QUE HA DE REGIR EN EL CONTRATO DE SUMINISTRO, INSTALACIÓN Y SOPORTE DE EQUIPAMIENTO NIVEL 3 Y SU GESTOR PARA EL PROYECTO MadQuantum-CM. FINANCIADO POR LA COMUNIDAD DE MADRID Y POR EL PLAN DE RECUPERACIÓN, TRANSFORMACIÓN Y RESILIENCIA - FINANCIADO POR LA UNIÓN EUROPEA - NetxGenerationEU. REDIMadrid - FUNDACIÓN IMDEA SOFTWARE

que aspira crear el Plan Complementario de Comunicación Cuántica en la Comunidad de Madrid.

Esta licitación forma parte del plan Complementario de Comunicaciones Cuánticas de la Comunidad de Madrid, proyecto MadQuantum-CM, financiado por la Comunidad de Madrid y la Unión Europea con fondos NextGeneration EU en el marco del Plan de Transformación, Recuperación y Resiliencia (Componente 17 Inversión 01).

El equipamiento deberá cumplir las condiciones de hardware y software indicadas en el apartado 2.4 “Requisitos Técnicos”.

El equipamiento deberá cumplir con las condiciones de garantía y soporte indicadas en el apartado 6 “Garantía y Soporte”.

Se requiere que todo el Suministro que se oferte no se encuentre incluido en procesos de discontinuidad, descatalogación o fin de vida del fabricante, y que dicho Suministro sea nuevo. Además, el adjudicatario deberá garantizar el correcto funcionamiento de todo el Suministro (incluidos los repuestos) como mínimo durante **CINCO** años desde la adjudicación de la licitación.

2.1. Requisitos de información y publicidad

Los fondos que financian esta prestación tienen requisitos relativos a la información y publicidad de sus actuaciones. En consecuencia, el adjudicatario deberá incluir información o logos en la totalidad de los documentos, entregables, actos, etc. que formen parte de la ejecución del proyecto. En concreto, en toda la documentación que se genere susceptible de ser pública —como la formación abierta si se opta por ofertarla—, el adjudicatario deberá incorporar el conjunto de logos que figuran en la cabecera de este documento, así como el literal «Plan de Recuperación Transformación y Resiliencia, financiado por la Unión Europea – NextGenerationEU». El adjudicatario también observará lo requerido en la siguiente sección sobre inventariado, identificación y etiquetado.

Si el adjudicatario quiere incluir su logo en la documentación, deberá ser aprobado por IMDEA y siempre deberá ir después del logo de la Comunidad de Madrid.

CLÁUSULAS TÉCNICAS QUE HA DE REGIR EN EL CONTRATO DE SUMINISTRO, INSTALACIÓN Y SOPORTE DE EQUIPAMIENTO NIVEL 3 Y SU GESTOR PARA EL PROYECTO MadQuantum-CM. FINANCIADO POR LA COMUNIDAD DE MADRID Y POR EL PLAN DE RECUPERACIÓN, TRANSFORMACIÓN Y RESILIENCIA - FINANCIADO POR LA UNIÓN EUROPEA - NetxGenerationEU. REDIMadrid - FUNDACIÓN IMDEA SOFTWARE

2.2. Requisitos de inventariado, identificación y etiquetado de inventario

Es responsabilidad del adjudicatario proporcionar la información de inventario necesaria para el correcto seguimiento de los activos de REDIMadrid. El adjudicatario se compromete a colaborar de forma diligente para proporcionar la información necesaria con la que gestionar de forma efectiva el inventario de REDIMadrid.

Los activos materiales y fungibles vendrán etiquetados con el etiquetado proporcionado por REDIMadrid. El etiquetado de inventario debe cumplir las siguientes características:

- Material resistente al desgaste, al agua, a los disolventes, a la luz, a altas temperaturas, a la abrasión y con alta resistencia a rotura.
 - Adhesivo anti-vandalismo, permanente, universal adaptable a distintas superficies.
 - Impresión con tinta indeleble de larga duración.
- Los activos materiales vendrán grabados con estampados en superficies directamente visibles, con medios indelebles. El adjudicatario debe adoptar el procedimiento mejor adaptado según el tipo de superficie, plástica o metálica, donde se realice el grabado. Se grabará la siguiente información, siendo en todo momento perfectamente legible:
- Logotipos: de REDIMadrid u otros definidos y proporcionados por REDIMadrid.
 - Código de inventario: si la hubiera, la codificación la proporcionará REDIMadrid.

En caso de sustitución del activo, el nuevo activo deberá ir etiquetado y grabado en iguales condiciones que el activo al que sustituye, de acuerdo a lo indicado en el punto [2.4](#) del presente pliego.

CLÁUSULAS TÉCNICAS QUE HA DE REGIR EN EL CONTRATO DE SUMINISTRO, INSTALACIÓN Y SOPORTE DE EQUIPAMIENTO NIVEL 3 Y SU GESTOR PARA EL PROYECTO MadQuantum-CM. FINANCIADO POR LA COMUNIDAD DE MADRID Y POR EL PLAN DE RECUPERACIÓN, TRANSFORMACIÓN Y RESILIENCIA - FINANCIADO POR LA UNIÓN EUROPEA - NetxGenerationEU. REDIMadrid - FUNDACIÓN IMDEA SOFTWARE

2.3. Requisitos de confidencialidad y de gestión de la propiedad intelectual e industrial

El adjudicatario se compromete a mantener estricta confidencialidad sobre el contenido de la prestación, así como de todos los datos e información a los que pueda tener acceso durante la ejecución del contrato, limitando su uso exclusivamente a los fines establecidos en el mismo. Dado que la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) coordina el proyecto MadQuantum-CM, esta institución está facultada para solicitar que el adjudicatario de los contratos realizados en el marco del proyecto firme un acuerdo de confidencialidad específico que detalle y refuerce este requisito, asegurando así la protección de la información sensible relacionada con el proyecto de comunicaciones cuánticas. El adjudicatario del contrato se compromete a firmar dicho acuerdo en caso de resultar requerido.

El adjudicatario se compromete a la devolución de todos los activos de que haya dispuesto para la prestación del servicio contratado, ya sean documentación, materiales, intangibles o fungibles. En los casos en que REDIMadrid lo estime necesario podrá exigir al adjudicatario certificaciones de destrucción de documentos o eliminación de información de los equipos empleados para la realización de los servicios objeto del presente pliego.

2.4. Requisitos de exigencia medioambiental. Condiciones especiales de ejecución.

Los fondos que financian esta prestación tienen requisitos relativos a la exigencia medioambiental. En concreto, acorde al artículo 5 de la Orden HFP/1030/2021, de 29 de septiembre, por la que se configura el sistema de gestión del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia, el proyecto MadQuantum-CM debe cumplir con todos los siguientes extremos:

1. Las actividades que se desarrollan en el mismo no ocasionan un perjuicio significativo a los siguientes objetivos medioambientales, según el artículo 17 del Reglamento (UE) 2020/852, relativo al establecimiento de un marco para facilitar las

CLÁUSULAS TÉCNICAS QUE HA DE REGIR EN EL CONTRATO DE SUMINISTRO, INSTALACIÓN Y SOPORTE DE EQUIPAMIENTO NIVEL 3 Y SU GESTOR PARA EL PROYECTO MadQuantum-CM. FINANCIADO POR LA COMUNIDAD DE MADRID Y POR EL PLAN DE RECUPERACIÓN, TRANSFORMACIÓN Y RESILIENCIA - FINANCIADO POR LA UNIÓN EUROPEA - NetxGenerationEU. REDIMadrid - FUNDACIÓN IMDEA SOFTWARE

inversiones sostenibles mediante la implantación de un sistema de clasificación (o «taxonomía») de las actividades económicas medioambientalmente sostenibles:

- Mitigación del cambio climático.
 - Adaptación al cambio climático.
 - Uso sostenible y protección de los recursos hídricos y marinos.
 - Economía circular, incluidos la prevención y el reciclado de residuos.
 - Prevención y control de la contaminación a la atmósfera, el agua o el suelo.
 - Protección y restauración de la biodiversidad y los ecosistemas.
2. Las actividades se adecúan a las características y condiciones fijadas para la componente 17, del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia.
 3. Las actividades que se desarrollan en el proyecto cumplirán la normativa medioambiental vigente que resulte de aplicación.
 4. Las actividades que se desarrollan no están excluidas para su financiación por el Plan al no cumplir el principio DNSH, conforme a la Guía técnica sobre la aplicación del principio de «no causar un perjuicio significativo» en virtud del Reglamento relativo al Mecanismo de Recuperación y Resiliencia (2021/C 58/01)³⁰, a la Propuesta de Decisión de Ejecución del Consejo, relativa a la aprobación de la evaluación del plan de recuperación y resiliencia de España y a su correspondiente Anexo.
 5. Las actividades que se desarrollan no causan efectos directos sobre el medioambiente, ni efectos indirectos primarios en todo su ciclo de vida, entendiéndose como tales aquéllos que pudieran materializarse tras su finalización, una vez realizada la actividad.

En consecuencia, el adjudicatario se compromete a respetar los principios de economía circular y evitar impactos negativos significativos en el medio ambiente («DNSH» por sus siglas en inglés «do no significant harm») en la ejecución de las actuaciones llevadas a cabo.

Tras la firma del contrato, el adjudicatario entregará en el plazo máximo de VEINTE (20) días hábiles la autoevaluación justificativa de que las actuaciones a realizar en la

CLÁUSULAS TÉCNICAS QUE HA DE REGIR EN EL CONTRATO DE SUMINISTRO, INSTALACIÓN Y SOPORTE DE EQUIPAMIENTO NIVEL 3 Y SU GESTOR PARA EL PROYECTO MadQuantum-CM. FINANCIADO POR LA COMUNIDAD DE MADRID Y POR EL PLAN DE RECUPERACIÓN, TRANSFORMACIÓN Y RESILIENCIA - FINANCIADO POR LA UNIÓN EUROPEA - NetxGenerationEU. REDIMadrid - FUNDACIÓN IMDEA SOFTWARE

ejecución del contrato cumplen con el principio “do not significant harm, DNSH”, “no causar perjuicio significativo al medioambiente” (memoria DNSH), en cumplimiento del artículo 17 Reglamento (UE) 2020/852 del Parlamento Europeo y del Consejo de 18 de junio de 2020.

Para la mitigación del cambio climático, se solicita la etiqueta ecológica EU.

En el caso de sustitución total de productos, será necesario un informe o memoria explicativa en la que se deje constancia de que los nuevos productos son de una calidad equivalente a los iniciales y cumplen con los mismos criterios que los productos ofrecidos en la oferta, esta sustitución deberá aprobarse por REDIMadrid.

Requisitos Técnicos

3. Requisitos Técnicos de los equipos de Nivel 3

En los siguientes subapartados se detallan los requisitos o funcionalidades mínimas que deben cumplir los equipos de nivel 3 ofertados por el licitador.

Los requisitos enumerados en los siguientes apartados son requisitos mínimos de obligado cumplimiento. Las propuestas que ofrezcan características inferiores no serán tomadas en consideración en el presente procedimiento de adjudicación:

- Se requiere que todo el Suministro que se oferte no se encuentre incluido en procesos de discontinuidad, descatalogación o fin de vida del fabricante. Además, el adjudicatario deberá garantizar la vigencia del Suministro y Soporte, como mínimo, durante los **CINCO** años siguientes a la adjudicación del presente pliego.
- El equipamiento propuesto debe incluir las funcionalidades y prestaciones requeridas en el presente pliego técnico, tanto las generales como las particulares, para cualquier tipo de interfaz de las solicitadas o de las futuras interfaces que pudieran adquirirse, dentro de las especificadas en el presente apartado.

CLÁUSULAS TÉCNICAS QUE HA DE REGIR EN EL CONTRATO DE SUMINISTRO, INSTALACIÓN Y SOPORTE DE EQUIPAMIENTO NIVEL 3 Y SU GESTOR PARA EL PROYECTO MadQuantum-CM. FINANCIADO POR LA COMUNIDAD DE MADRID Y POR EL PLAN DE RECUPERACIÓN, TRANSFORMACIÓN Y RESILIENCIA - FINANCIADO POR LA UNIÓN EUROPEA - NetxGenerationEU. REDIMadrid - FUNDACIÓN IMDEA SOFTWARE

- Todas estas funcionalidades requeridas deben poder implementarse o configurarse, incluso simultáneamente, sin que afecte al rendimiento global o parcial del equipo y sus prestaciones no se degraden.
- Se exige, siempre que sea posible, que las funcionalidades requeridas se soporten siguiendo los estándares internacionales frente a implementaciones propietarias. En el caso de que no sea posible y la funcionalidad o funcionalidades se implemente mediante soluciones propietarias, éstas deben ser totalmente compatibles con las soluciones implementadas mediante estándares internacionales.
- El backplane debe estar configurado de forma que, con todos los puertos requeridos ocupados con tarjetas de máxima capacidad posible y operando a line-rate, full-duplex, no tenga sobresuscripción. Además, debe soportar el procesamiento total de dicho tráfico, tanto entrante como saliente, sin que las prestaciones del equipo se degraden. Las características de la matriz de conmutación que implementa el blackplane del equipo se describen en los subapartados siguientes con las características técnica particulares asociadas a los mismos.
- El equipamiento se suministrará provisionado y configurado con todos sus elementos redundados, en caso de que se soliciten, tales como fuentes de alimentación, ventiladores, así como cualquier otra tarjeta del plano de control adicional, que por arquitectura del equipamiento, pueda tener una configuración en redundancia.
- La versión del sistema operativo que el adjudicatario instale en el equipo será la más actualizada y estable que exista en el momento del suministro, la cual implementará todas las funcionalidades especificadas en el presente pliego. En cualquier caso esta versión será consensuada con el personal de IMDEA Software. También se debe incluir todas aquellas licencias que fueran necesarias para utilizar dichas funcionalidades.
- La versión del sistema operativo que el adjudicatario instale en el equipo será la más actualizada y estable que exista en el momento del suministro, la cual implementará todas las funcionalidades especificadas en el presente pliego. En cualquier caso esta versión será consensuada con el personal de REDIMadrid. También se debe incluir todas aquellas licencias que fueran necesarias para utilizar dichas funcionalidades.

CLÁUSULAS TÉCNICAS QUE HA DE REGIR EN EL CONTRATO DE SUMINISTRO, INSTALACIÓN Y SOPORTE DE EQUIPAMIENTO NIVEL 3 Y SU GESTOR PARA EL PROYECTO MadQuantum-CM. FINANCIADO POR LA COMUNIDAD DE MADRID Y POR EL PLAN DE RECUPERACIÓN, TRANSFORMACIÓN Y RESILIENCIA - FINANCIADO POR LA UNIÓN EUROPEA - NetxGenerationEU. REDIMadrid - FUNDACIÓN IMDEA SOFTWARE

- Los ventiladores deberán ser intercambiables en campo (FRU). En cualquier caso, el sistema de refrigeración debe tolerar el fallo de al menos un ventilador sin interrupción del servicio ni sobrecalentamiento (redundancia N+1 efectiva).
- El router deberá tolerar el fallo o extracción de una de las fuentes de alimentación sin afectar el servicio (soporte de fuentes hot-swap, con transferencia inmediata a la fuente redundante en caso de fallo).
- Los equipos deberán ocupar la menor huella de rack posible en este sentido los equipos idealmente deberían ocupar 1RU (RackUnit) y en ningún caso el tamaño total de cada equipo no deberá superar las 2Rus (RackUnit).
- Se requiere que pueda instalarse en un rack o bastidor estándar.
- Se requiere tipo de alimentación eléctrica AC 220V - 50Hz, con redundancia de fuente de alimentación. Es decir, cada equipo tendrá al menos dos fuentes de alimentación, en una configuración automática de respaldo.

3.1. Funcionalidades

3.1.1. Funcionalidades Ethernet

- Cada equipo propuesto debe poder SOPORTAR los siguientes tipos de interfaces:
 - Interfaces GigabitEthernet.
 - 1000Base-T, según el IEEE 802.3ab o equivalente
 - 1000Base-SX, para fibra MultiModo (MM) o Monomodo (SM) que opere en la longitud de onda de 850nm y alcance una distancia ≤ 550 m. Compatible con el estándar 802.3z 1000Base-SX o equivalente.
 - 1000Base-LX, para fibra MultiModo (MM) o Monomodo (SM) que opere en la longitud de onda de 1300nm. Distancias a alcanzar de hasta 550m con fibra MM y hasta 10km con fibra SM. Compatible con el estándar 802.3z 1000Base-LX o equivalente.

CLÁUSULAS TÉCNICAS QUE HA DE REGIR EN EL CONTRATO DE SUMINISTRO, INSTALACIÓN Y SOPORTE DE EQUIPAMIENTO NIVEL 3 Y SU GESTOR PARA EL PROYECTO MadQuantum-CM. FINANCIADO POR LA COMUNIDAD DE MADRID Y POR EL PLAN DE RECUPERACIÓN, TRANSFORMACIÓN Y RESILIENCIA - FINANCIADO POR LA UNIÓN EUROPEA - NetxGenerationEU. REDIMadrid - FUNDACIÓN IMDEA SOFTWARE

- Interfaces 10GigabitEthernet Para los distintos tipos de alcance, corto, medio, largo (Short Reach, Intermediate Reach y Long Reach, respectivamente) y para fibra MultiModo (MM) y/o Monomodo (SM), según especificación del estándar 802.3ae o equivalente. los transceivers serán de alguno de los tipos siguientes: SFP/SFP+/XFP.
- Interfaces 25GigabitEthernet Para los distintos tipos de alcance, corto, medio, largo (Short Reach, Intermediate Reach y Long Reach, respectivamente) y para fibra MultiModo (MM) y/o Monomodo (SM), según especificación del estándar 802.3ae o equivalente. los transceivers serán de alguno de los tipos siguientes: QSFP28.
- Las interfaces Ethernet deberán soportar la configuración de VLANs tal y como se define en la especificación 802.1Q y 802.3ac de IEEE.
- Las interfaces Ethernet deberán realizar la adaptación del tráfico IP sobre las tramas ethernet de acuerdo a la especificación RFC1042 de IETF.
- Las interfaces Ethernet deberán soportar la resolución de direcciones por medio del protocolo ARP de acuerdo a la especificación RFC826 de IETF.
- Los interfaces Ethernet deberán soportar VLAN Stacking (Q-in-Q), tal y como se define en la norma 802.1ad de de IEEE.
- Los interfaces Ethernet disponen de la capacidad para constituir interfaces virtuales compuestas por múltiples interfaces físicas de acuerdo a la especificación 802.3ad de IEEE (LAG).
- El router deberá disponer de soporte en las interfaces Ethernet de tramas de hasta 9180 bytes o "jumbo frames".
- IP encapsulation within IP (RFC 2003)
- GRE o Generic Routing Encapsulation (RFCs 2784 y 2890)
- Jumbo Frames (MTU 9100 bytes o superior).
- Debe realizar por hardware las funcionalidades de encapsulación túneles GRE y PIM- SM, así como flow accounting.

CLÁUSULAS TÉCNICAS QUE HA DE REGIR EN EL CONTRATO DE SUMINISTRO, INSTALACIÓN Y SOPORTE DE EQUIPAMIENTO NIVEL 3 Y SU GESTOR PARA EL PROYECTO MadQuantum-CM. FINANCIADO POR LA COMUNIDAD DE MADRID Y POR EL PLAN DE RECUPERACIÓN, TRANSFORMACIÓN Y RESILIENCIA - FINANCIADO POR LA UNIÓN EUROPEA - NetxGenerationEU. REDIMadrid - FUNDACIÓN IMDEA SOFTWARE

3.1.2. Funcionalidades de Seguridad y Monitorización equipos IP

- Monitorización del tráfico por hardware: Exportación de la información asociada a cada flujo IP para realizar una monitorización pasiva del tráfico. Se requiere soportar la Versión 9 de Netflow e IPFIX con la siguiente capacidad de muestreo:
 - Capacidad de muestreo de la información hasta 1:1, es decir, que cada equipo pueda monitorizar cada uno de los paquetes de tráfico que cursa.
 - Número de flujos IP soportados de, al menos, 1M.
 - Esta funcionalidad se soportará en línea, es decir, en la propia tarjeta agregadora de puertos y sin tarjeta de servicios adicional.
 - El equipo deberá disponer de la licencia o licencias necesarias para activar la funcionalidad exportación de flujos de tráfico por hardware.
- Funcionalidad de traffic mirroring. El equipo debe ser capaz de enviar una copia de los paquetes IPv4/IPv6 desde el propio router hasta un equipo externo para su posterior análisis
- Funcionalidad OA&M como LSP ping para realizar troubleshooting MPLS
- El equipo debe soportar las siguientes funcionalidades relativas a la seguridad:
 - Cada equipo debe soportar la implementación de un mecanismo para filtrar paquetes por direcciones IPv4 e IPv6 (origen y destino), con la especificación de protocolo, puerto TCP/UDP, flag TCP y código /tipo de ICMP. Es deseable, aunque no obligatorio, que se pueda implementar mecanismo de filtrado que permitan no solo a nivel de cabeceras, sino también a nivel de ubicaciones de payload dentro del paquete IP (Capa 7). Esta funcionalidad se debe soportar para todos los posibles tipos de interfaces físicos e interfaces lógicos tanto en entrada como en salida. Adicionalmente, el equipamiento suministrado debe permitir la activación de un log asociado al filtrado de paquetes.
 - Cada equipo debe soportar la implementación de políticas de routing que se aplicarán sobre los protocolos de routing para controlar las rutas exportadas e importadas.
 - Cada equipo debe soportar mecanismos de protección frente a ataques DDoS e IP spoofing

CLÁUSULAS TÉCNICAS QUE HA DE REGIR EN EL CONTRATO DE SUMINISTRO, INSTALACIÓN Y SOPORTE DE EQUIPAMIENTO NIVEL 3 Y SU GESTOR PARA EL PROYECTO MadQuantum-CM. FINANCIADO POR LA COMUNIDAD DE MADRID Y POR EL PLAN DE RECUPERACIÓN, TRANSFORMACIÓN Y RESILIENCIA - FINANCIADO POR LA UNIÓN EUROPEA - NetxGenerationEU. REDIMadrid - FUNDACIÓN IMDEA SOFTWARE

- Cada equipo debe soportar un mecanismo de Unicast Reverse Path Forwarding (uRPF).

3.1.3. Funcionalidades de Nivel 2

- 802.1ab LLDP
- 802.1Q VLAN (Virtual Bridged Local Area Networks)
- 802.1ad QinQ
- 802.3ad Aggregation of Multiple Link Segments, disponiendo de mecanismos de balanceo de carga entre los componentes del agregado. Al menos, se requiere que el tráfico se pueda balancear entre los enlaces agregados tanto por flujo como por paquete y que, a la hora de asignar flujos a interfaces, el balanceo de carga no solo tenga en cuenta información a nivel de cabecera IP/Ethernet y nivel de puerto, a nivel de stack MPLS, incluyendo label de servicio y combinación de cabeceras MPLS junto con cabeceras IP/Ethernet y payload si no que se tenga también en cuenta la cantidad de tráfico cursado en los interfaces contribuyentes del agregado.
- Link aggregation control Protocol (LACP)
- 802.1d MAC
- L2PT o Layer 2 Protocol Tunneling
- Especificación Martini o Kompella para establecer VPNs L2 sobre una red MPLS
- EVPN-EPWS
- Requirements for Ethernet VPN o EVPN (RFC 7209)
- Virtual Extensible Local Area Network (VXLAN) (RFC 7348)
- El equipo de soportar la configuración y activación de interconexiones Ethernet en el propio equipo, permitiendo conmutar los paquetes a nivel 2 de un puerto a otro, en el mismo chasis.

CLÁUSULAS TÉCNICAS QUE HA DE REGIR EN EL CONTRATO DE SUMINISTRO, INSTALACIÓN Y SOPORTE DE EQUIPAMIENTO NIVEL 3 Y SU GESTOR PARA EL PROYECTO MadQuantum-CM. FINANCIADO POR LA COMUNIDAD DE MADRID Y POR EL PLAN DE RECUPERACIÓN, TRANSFORMACIÓN Y RESILIENCIA - FINANCIADO POR LA UNIÓN EUROPEA - NetxGenerationEU. REDIMadrid - FUNDACIÓN IMDEA SOFTWARE

- Soporte para realizar inteconexiones Ethernet en el propio equipo, permitiendo conmutar los paquetes a nivel 2 de un puerto a otro, en el mismo chassis.
- Virtual Private Lan Service (VPLS): red ethernet multipunto-multipunto basada en IP y MPLS.
- Virtual Extensible LAN (VXLAN).

3.1.4. Funcionalidades ROUTING-FORWARDING IP

- El router deberá permitir la configuración de rutas estáticas unicast.
- El router deberá permitir la configuración de rutas estáticas multicast.
- El router deberá permitir la unión estática de una interfaz tanto física como lógica a un grupo multicast (unión permanente IGMP).
- El router deberá permitir redistribuir en el proceso de routing IGP las rutas estáticas configuradas.
- El router deberá permitir redistribuir el direccionamiento correspondiente a interfaces directamente conectadas en el proceso IGP.
- El router deberá permitir inhibir en interfaces tanto lógicas como físicas (interfaces pasivas) los procesos de routing dinámico independientemente del protocolo (OSPF, IS-IS, ...) de modo que no exista señalización de routing a través de ellos.
- El router deberá acreditar tiempos cortos para la determinación del "next hop" de un paquete IP unicast, habiendo de minimizar el número de "lookups" sobre la tabla de rutas.
- El router deberá acreditar tiempos cortos para la determinación del o de los "next hops" de un paquete IP multicast, habiendo de minimizar el número de "lookups" sobre la tabla de rutas multicast.
- El router deberá disponer de procedimientos de "forwarding" de paquetes que optimicen los tiempos de tránsito de los paquetes IP a través del mismo.

CLÁUSULAS TÉCNICAS QUE HA DE REGIR EN EL CONTRATO DE SUMINISTRO, INSTALACIÓN Y SOPORTE DE EQUIPAMIENTO NIVEL 3 Y SU GESTOR PARA EL PROYECTO MadQuantum-CM. FINANCIADO POR LA COMUNIDAD DE MADRID Y POR EL PLAN DE RECUPERACIÓN, TRANSFORMACIÓN Y RESILIENCIA - FINANCIADO POR LA UNIÓN EUROPEA - NetxGenerationEU. REDIMadrid - FUNDACIÓN IMDEA SOFTWARE

- El router deberá disponer de la posibilidad de configuración de interfaces "no numeradas" que permiten la optimización en el consumo de direcciones IP.
- El router deberá soportar la configuración manual de la MTU en todas sus interfaces tanto físicas como lógicas.
- El router deberá permitir la introducción manual de entradas en la tabla ARP (asignación de correspondencias entre direcciones físicas y direcciones IP) del router para cualquier tipo de interfaz.
- El router deberá permitir asociar cualquiera de sus procesos de routing a un proceso BFD acorde a la RFC5880 y RFC5881 del IETF.

3.1.5. Funcionalidades IPv4

- El router deberá cumplir la especificación del protocolo de internet versión 4 recogida en la RFC791 de IETF.
- El router deberá ser compatible con la especificación del protocolo TCP de capa 4 para el cursado de tráfico con confirmación de entrega recogida en la RFC793 de IETF.
- El router deberá ser compatible con la especificación del protocolo UDP de capa 4 para el cursado de tráfico sin confirmación de entrega recogida en la RFC768 de IETF.
- El router deberá soportar el conjunto de mensajes de control recogidos en la RFC792 de IETF.
- El router deberá ser compatible con el sistema de nombres de dominio o DNS tal y como se define en las especificaciones RFC1034 y RFC1035 de IETF.
- El router deberá soportar la estructura de direccionamiento y de identificación de sistemas autónomos recogida en la RFC1166 de IETF.
- El router deberá soportar la extensión a la estructura de direccionamiento establecida por el CIDR (Classless InterDomain Routing), la cual es definida en la RFC1519 de IETF.

CLÁUSULAS TÉCNICAS QUE HA DE REGIR EN EL CONTRATO DE SUMINISTRO, INSTALACIÓN Y SOPORTE DE EQUIPAMIENTO NIVEL 3 Y SU GESTOR PARA EL PROYECTO MadQuantum-CM. FINANCIADO POR LA COMUNIDAD DE MADRID Y POR EL PLAN DE RECUPERACIÓN, TRANSFORMACIÓN Y RESILIENCIA - FINANCIADO POR LA UNIÓN EUROPEA - NetxGenerationEU. REDIMadrid - FUNDACIÓN IMDEA SOFTWARE

- El router deberá posibilitar acogerse a las recomendaciones de la RFC2365 de IETF en cuanto al direccionamiento interno a un dominio multicast.
- El router deberá cumplir las reglas de direccionamiento y tratamiento del tráfico de broadcast recogidas en las RFCs 919 y 922 de IETF.

3.1.6. Funcionalidades IPv6

- El router deberá ser compatible en su implementación con el formato de paquete IPv6 especificado en la especificación RFC8200 de IETF.
- El router deberá cumplir con la arquitectura de direccionamiento IPv6 establecida en la RFC4291 de IETF.
- El router deberá cumplir con el formato de direccionamiento agregable unicast definido en la RFC3587 de IETF.
- El router deberá cumplir con el formato de direccionamiento multicast definido en la RFC2375 de IETF.
- El router deberá soportar el conjunto de mensajes de control ICMP recogidos en la RFC4443 de IETF.
- El router deberá aportar los medios para que otros dispositivos IPv6 se puedan conectar directamente y establecer sus relaciones de vecindad en su segmento IP por medio del mecanismo de "Neighbour Discovery" definido por la RFC4861.
- El router deberá soportar la autoconfiguración "stateless" definida en la RFC4862 de IETF.
- El router deberá disponer de soporte de la autoconfiguración "stateful." DHCPv6 definida en la RFC8415 de IETF.
- El router deberá disponer de soporte del protocolo MLDv2 (Multicast Listener Discovery) para el descubrimiento de los grupos multicast activos en el dominio, tal y como define la RFC3810 de IETF.

CLÁUSULAS TÉCNICAS QUE HA DE REGIR EN EL CONTRATO DE SUMINISTRO, INSTALACIÓN Y SOPORTE DE EQUIPAMIENTO NIVEL 3 Y SU GESTOR PARA EL PROYECTO MadQuantum-CM. FINANCIADO POR LA COMUNIDAD DE MADRID Y POR EL PLAN DE RECUPERACIÓN, TRANSFORMACIÓN Y RESILIENCIA - FINANCIADO POR LA UNIÓN EUROPEA - NetxGenerationEU. REDIMadrid - FUNDACIÓN IMDEA SOFTWARE

- El router deberá soportar el protocolo RIP para IPv6 en el establecimiento de tablas de rutas internas a su sistema autónomo, tal y como se establece en la RFC2080 de IETF.
- El router deberá soportar el protocolo OSPF para IPv6 en el establecimiento de tablas de rutas internas a su sistema autónomo, tal y como se establece en la RFC5340 de IETF.
- El router deberá soportar como IGP el protocolo ISIS para IPv6 para el establecimiento de tablas de rutas internas a su sistema autónomo, tal y como se establece en la RFC5308 de IETF.
- El router deberá soportar las extensiones multiprotocolo para BGP4 que permiten su empleo en una red IPv6 (RFC4760 de IETF) y deberá emplearlas tal y como define la RFC2545 de IETF.
- El router deberá soportar las extensiones al protocolo DNS definidas en la RFC3596 de IETF.
- Internet Protocol Version 6 Specification (IPv6) (RFC 2460)
- ICMP Router Discovery Message (RFC 1256)
- Internet Control Message Protocol (ICMPv6) (RFC 4443)
- Neighbor Discovery for IPv6 (RFC 4861)
- OSPFv3 (RFC 2740)
- IS-IS (RFC 5308)
- ICMPv6 (RFC 2463)
- PIMv2 Sparse Mode
- MLDv2 (RFC 3810)
- Embedded RP (RFC 3956)
- SNMP

CLÁUSULAS TÉCNICAS QUE HA DE REGIR EN EL CONTRATO DE SUMINISTRO, INSTALACIÓN Y SOPORTE DE EQUIPAMIENTO NIVEL 3 Y SU GESTOR PARA EL PROYECTO MadQuantum-CM. FINANCIADO POR LA COMUNIDAD DE MADRID Y POR EL PLAN DE RECUPERACIÓN, TRANSFORMACIÓN Y RESILIENCIA - FINANCIADO POR LA UNIÓN EUROPEA - NetxGenerationEU. REDIMadrid - FUNDACIÓN IMDEA SOFTWARE

3.1.7. Protocolos de Routing

■ BGP:

- El router deberá poder establecer sesiones BGP4 tanto internas al propio sistema autónomo en que se integre como externas con routers de borde de otros sistemas autónomos de acuerdo a la RFC4271 de IETF.
- El router deberá poder garantizar la protección de la sesión BGP4 por medio de la autenticación de los paquetes intercambiados por los "peers" utilizando el algoritmo de hash MD5 tal y como se define en la RFC2385 de IETF.
- El router deberá poder garantizar la protección de la sesión BGP4 por medio de la autenticación de los paquetes intercambiados por los "peers" utilizando el mecanismo de autenticación TCP-AO tal y como se define en la RFC5925 de IETF.
- El router deberá poder interactuar con "peers" BGP con número de AS de 4 bytes siendo capaz de tratar el atributo AS4-PATH tal y como describe la RFC6793 de IETF.
- El router deberá poder aplicar políticas a la hora de construir su tabla de routing a partir de las comunidades recibidas en anuncios de "peers" BGP4 de acuerdo a la RFC1997 de IETF.
- El router deberá ser capaz de operar con comunidades BGP4 de acuerdo a la RFC1997 de IETF.
- El router deberá ser capaz de operar con comunidades extendidas BGP4 de acuerdo a la RFC4360 de IETF.
- El router deberá ser capaz de operar con large-communities BGP4 de acuerdo a la RFC8092 de IETF.
- MP-BGP (RFC 2858) con soporte de al menos las siguientes familias:
 - IPv4 unicast; IPv4 multicast ; L3VPN IPv4 unicast ; L3VPN IPv4 multicast; IPv6 unicast; IPv6 multicast; BGP-VPLS; BGP-L2VPN; EVPN (AFI 25 SAFI 70); L3VPN IPv6 unicast; L3VPN IPv6 multicast; NG-MVPN IPv4; NG-MVPN IPv6; Labeled IPv4; Labeled IPv6 (6PE)
- BGP Communities attribute (RFC 1997)

CLÁUSULAS TÉCNICAS QUE HA DE REGIR EN EL CONTRATO DE SUMINISTRO, INSTALACIÓN Y SOPORTE DE EQUIPAMIENTO NIVEL 3 Y SU GESTOR PARA EL PROYECTO MadQuantum-CM. FINANCIADO POR LA COMUNIDAD DE MADRID Y POR EL PLAN DE RECUPERACIÓN, TRANSFORMACIÓN Y RESILIENCIA - FINANCIADO POR LA UNIÓN EUROPEA - NetxGenerationEU. REDIMadrid - FUNDACIÓN IMDEA SOFTWARE

- Protección of BGP Session via TCP MD5 Signature Opticon (RFC 2385)
- BGP Rote Flap Damping (RFC 2439)
- BGP/MPLS VPNs (RFC 2547)
- BGP Route Reflection (RFC 2796)
- Router Refresh Capability for BGP-4 (RFC 2918)
- Autonomous System Confederations for BGP (RFC 3065)
- Carrying label information in BGP-4 (RFC 3107)
- BGP Extended Communities Attribute (RFC 4360)
- Dissemination of flow specification rules (FlowSpec) (RFC 8955) y BGP FlowSpec (RFC 5575), el equipo debe permitir la monitorización de dicha funcionalidad mediante consultas SNMP; es decir, que el equipo permita consultar vía SNMP el número de filtros definidos, y por cada filtro el número de paquetes coincidentes.
- The Resource Public Key Infrastructure (RPKI) to Router Protocol (RFC 6810).
- Se deben poder soportar hasta 100 sesiones simultaneas tanto BGP IPv4 e IPv6.
- BGP Prefix Origin Validation (RFC 6811).
- Soporte de Border Gateway Protocol Link-State (BGP-LS) (RFC 7752)
- OSPF:
 - El router deberá poder emplear como IGP el protocolo OSPF versión 2 para el establecimiento de tablas de rutas internas a su sistema autónomo, tal y como se establece en la RFC2328 de IETF.
 - El router deberá contar con la capacidad de llevar a cabo reinicios del proceso OSPF de routing sin interrumpir el forwarding de paquetes (graceful-restart) durante dicho reinicio de acuerdo a la RFC3623 de IETF.
 - OSPFv2 (RFC 2328) con soporte de LSA opacos para Traffic Engineering.
- IS-IS:

CLÁUSULAS TÉCNICAS QUE HA DE REGIR EN EL CONTRATO DE SUMINISTRO, INSTALACIÓN Y SOPORTE DE EQUIPAMIENTO NIVEL 3 Y SU GESTOR PARA EL PROYECTO MadQuantum-CM. FINANCIADO POR LA COMUNIDAD DE MADRID Y POR EL PLAN DE RECUPERACIÓN, TRANSFORMACIÓN Y RESILIENCIA - FINANCIADO POR LA UNIÓN EUROPEA - NetxGenerationEU. REDIMadrid - FUNDACIÓN IMDEA SOFTWARE

- El router deberá soportar como IGP el protocolo ISIS para el establecimiento de tablas de rutas internas a su sistema autónomo, tal y como se establece en la RFC1195 de IETF.
- El router deberá soportar la opción de multitopología ISIS de acuerdo a la RFC5120 del IETF.
- IS-IS (RFC 1142)
- IS-IS Extensions for Traffic Engineering (RFC 5305)
- BFD (Bidirectional Forwarding Detection) (RFCs 5880, 5881, 5882, 5883, 5884 y 5885)
- Protocolos de Multicast:
 - El router deberá soportar la incorporación y abandono de hosts de grupos distribución multicast y, en general, el mantenimiento de los mismos, de acuerdo al protocolo IGMP versión 3 definido en la RFC3376 de IETF.
 - El router deberá soportar la incorporación y abandono de hosts de grupos distribución multicast y, en general, el mantenimiento de los mismos, de acuerdo al protocolo IGMP versión 2 definido en la RFC2236 de IETF.
 - El router deberá soportar la constitución y podado de árboles de distribución multicast por medio de PIM-ASM tal y como define la RFC7761 de IETF.
 - El router deberá soportar el protocolo de routing multicast PIM-SSM de acuerdo a la RFC4607 de IETF.
 - El router deberá ser compatible con BIER (Bit Index Explicit Replication) para la distribución eficiente de multicast en el núcleo IP/MPLS según la RFC8279 de IETF.
 - PIM v2 Sparse Mode (RFC 7761)
 - PIM-SSM
 - MSDP (RFC 3446)
 - MP-BGP
 - Administratively Scoped IP Multicast (RFC 2365)
 - Static mroute

CLÁUSULAS TÉCNICAS QUE HA DE REGIR EN EL CONTRATO DE SUMINISTRO, INSTALACIÓN Y SOPORTE DE EQUIPAMIENTO NIVEL 3 Y SU GESTOR PARA EL PROYECTO MadQuantum-CM. FINANCIADO POR LA COMUNIDAD DE MADRID Y POR EL PLAN DE RECUPERACIÓN, TRANSFORMACIÓN Y RESILIENCIA - FINANCIADO POR LA UNIÓN EUROPEA - NetxGenerationEU. REDIMadrid - FUNDACIÓN IMDEA SOFTWARE

3.1.8. Funcionalidades de filtrado

1. El router deberá poder establecer filtros de acceso tanto en entrada como en salida para servicios IP, VPLS y VPWS en sus interfaces físicas y lógicas para evitar el tránsito de cierto tráfico, el cual podrá ser seleccionado a partir de diferentes aspectos individualmente o combinados de L3: dirección IP origen, dirección IP destino, puerto destino, etc.
2. El router deberá poder establecer filtros de acceso tanto en entrada como en salida para servicios IP, VPLS y VPWS en sus interfaces físicas y lógicas para evitar el tránsito de cierto tráfico, el cual podrá ser seleccionado a partir de diferentes aspectos individualmente o combinados de L2: dirección MAC origen, dirección MAC destino, etc.
3. El router deberá poder combinar en filtrados salientes y entrantes los criterios anteriores de L2 y L3.
4. La activación de filtros de acceso en diferentes interfaces no deberá producir degradación significativa alguna en el rendimiento del equipo, ni en los tiempos de conmutación de paquetes, etc.

Funcionalidades de sincronización

1. El router deberá soportar la sincronización horaria de un servidor compatible con el Network Time Protocol versión 4, tal y como se establece en la RFC5905 de IETF.
2. El router deberá soportar la sincronización horaria de un servidor compatible con el Network Time Protocol versión 3, tal y como se establece en la RFC1305 de IETF.
3. El router deberá poder actuar como servidor NTP de otros dispositivos IP de acuerdo a la RFC1305 de IETF.
4. El router deberá poder actuar simultáneamente como cliente NTP de diversos servidores de referencia y como servidor NTP de otros dispositivos IP de acuerdo a la RFC1305 de IETF.

CLÁUSULAS TÉCNICAS QUE HA DE REGIR EN EL CONTRATO DE SUMINISTRO, INSTALACIÓN Y SOPORTE DE EQUIPAMIENTO NIVEL 3 Y SU GESTOR PARA EL PROYECTO MadQuantum-CM. FINANCIADO POR LA COMUNIDAD DE MADRID Y POR EL PLAN DE RECUPERACIÓN, TRANSFORMACIÓN Y RESILIENCIA - FINANCIADO POR LA UNIÓN EUROPEA - NetxGenerationEU. REDIMadrid - FUNDACIÓN IMDEA SOFTWARE

5. El router deberá soportar la autenticación de los servidores NTP de los que recibe referencia horaria para garantizar la autenticidad de la referencia recibida de acuerdo a la RFC1305 de IETF.
6. El router deberá soportar la autenticación demandada por los clientes NTP cuando actúa como servidor de acuerdo a la RFC1305 de IETF.
7. El router deberá ser capaz de establecer filtros para limitar qué dispositivos IP están autorizados a solicitarle la hora de referencia cuando actúa de servidor NTP acorde a la RFC1305 de IETF. Se describirá brevemente el mecanismo empleado.
8. El router deberá permitir la consulta desde la interfaz de comandos de su referencia NTP vigente en cada momento, así como las restantes referencias secundarias no vigentes en dicho instante.
9. El router deberá permitir el establecimiento de la hora del sistema de acuerdo a la referencia NTP vigente y la corrección correspondiente derivada del huso horario en que se sitúe el router.
10. El router deberá soportar Precision Time Protocol Version 2 (PTPv2) conforme al estándar IEEE1588-2019, orientado a sincronización de frecuencia y fase en redes de comunicaciones. En particular, deberá ser compatible con los perfiles telecom relevantes: G.8265.1 (perfil de frecuencia sobre paquetes) y G.8275.1 (perfil de soporte total de tiempo, Full Timing Support, para fase en redes móviles), incluyendo los modos de operación Boundary Clock (BC) y Transparent Clock (TC) según apliquen.
11. El router deberá soportar Ethernet Sincrónico (SyncE) conforme a los estándares ITU-T G.8261/G.8262. En la práctica, esto significa que el router puede recuperar la frecuencia de reloj a partir de una señal de sincronización recibida en un puerto Ethernet y propagar una señal de reloj sincronizada a través de sus interfaces Ethernet de salida. Todos los puertos Ethernet del router deberán ser compatibles con SyncE, permitiendo que cualquiera de ellos pueda actuar como fuente de recuperación de reloj o como origen de sincronía para la red externa.
12. El router deberá permitir la configuración manual de la fecha y hora del sistema.

CLÁUSULAS TÉCNICAS QUE HA DE REGIR EN EL CONTRATO DE SUMINISTRO, INSTALACIÓN Y SOPORTE DE EQUIPAMIENTO NIVEL 3 Y SU GESTOR PARA EL PROYECTO MadQuantum-CM. FINANCIADO POR LA COMUNIDAD DE MADRID Y POR EL PLAN DE RECUPERACIÓN, TRANSFORMACIÓN Y RESILIENCIA - FINANCIADO POR LA UNIÓN EUROPEA - NetxGenerationEU. REDIMadrid - FUNDACIÓN IMDEA SOFTWARE

13. El router deberá permitir la configuración del huso horario en que se encuentra respecto a la hora UTC.
14. El router deberá permitir la configuración de la actualización automática de la hora del sistema para la adecuación de la misma a los horarios de invierno y de verano.

3.1.9. Funcionalidades MPLS

- El router deberá poder actuar como LER o PE, así como LSR o P en una red MPLS de acuerdo a la arquitectura definida en la RFC5036 de IETF.
- El router deberá soportar las técnicas de codificación de pila MPLS definidas en la RFC3443 de IETF.
- El router deberá soportar el protocolo LDP para la distribución de etiquetas en la red MPLS tal y como se define en la RFC5036 de la IETF.
- El router deberá llevar a cabo reinicios del proceso LDP sin interrumpir el forwarding de celdas durante dicho reinicio de acuerdo al “LDP Graceful Restart” definido en la RFC3478 de IETF.
- El router deberá disponer de la capacidad para establecer LSPs utilizando las extensiones para ingeniería de tráfico del protocolo RSVP (RSVP-TE) de acuerdo a la RFC3209 de IETF.
- El router deberá disponer de la capacidad de empleo de las extensiones de OSPF para ingeniería de tráfico de acuerdo a la RFC3630 de IETF.
- El router deberá disponer la capacidad de empleo de las extensiones de IS-IS para ingeniería de tráfico de acuerdo a la RFC5305 de IETF.
- El router deberá acogerse al marco de protección de LSPs MPLS establecido en la RFC3469 de IETF.
- El router deberá soportar las extensiones al procedimiento de Fast Reroute descrito en la RFC4090 de IETF.

CLÁUSULAS TÉCNICAS QUE HA DE REGIR EN EL CONTRATO DE SUMINISTRO, INSTALACIÓN Y SOPORTE DE EQUIPAMIENTO NIVEL 3 Y SU GESTOR PARA EL PROYECTO MadQuantum-CM. FINANCIADO POR LA COMUNIDAD DE MADRID Y POR EL PLAN DE RECUPERACIÓN, TRANSFORMACIÓN Y RESILIENCIA - FINANCIADO POR LA UNIÓN EUROPEA - NetxGenerationEU. REDIMadrid - FUNDACIÓN IMDEA SOFTWARE

- El router deberá ser capaz de ofrecer protecciones 1:1 (“one-to-one protection”) de LSPs tanto para nodo como para enlace.
- El router deberá ser capaz de ofrecer protecciones n:1 o (“facility protection”) de LSPs tanto para nodo como para enlace.
- El router deberá soportar una pila de etiquetas MPLS de al menos 3 etiquetas sin degradación de rendimiento.
- El router deberá soportar multipoint LDP (mLDP) para el establecimiento y mantenimiento de LSPs multipunto, conforme a lo especificado en la RFC6388 del IETF.
- Traffic Engineering, utilizando:
 - MPLS (2702 y 3031)
 - RSVP (RFC 2205 y 2209)
 - LDP (RFC 3036)
- Redes Privadas Virtuales de nivel 2 y 3:
 - Será obligatorio el soporte de la especificación Martini, incluyendo redundancia de PWE, y Kompella para establecer VPNs L2 sobre una red MPLS.
 - EVPN Service (Ethernet VPN) interconexión de dominios de L2 (Ethernet) a través de redes IP/MPLS con soporte de escenarios Active/Active y VMTO (draft-ietf-l2vpn-evpn; RFC 7432).
 - Virtual Private LAN Service (VPLS): red Ethernet multipunto-multipunto basada en IP y MPLS; VPLS LDP (FEC 128) y VPLS con señalización BGP y autodescubrimiento (FEC129)
 - IP-VPN
 - NG-MVPN (IETF draft draft-ietf-l3vpn-2547bis-mcast, draft-ietf-l3vpn-2547bis-mcast-bgp).
 - EVPN-VPWS (Virtual Private Wire Service sobre EVPN).
- Source Packet Routing in Networking (SPRING) o Segment Routing
 - Soporte de SR en IS-IS



VICEPRESIDENCIA,
CONSEJERÍA DE EDUCACIÓN
Y UNIVERSIDADES



Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU

CLÁUSULAS TÉCNICAS QUE HA DE REGIR EN EL CONTRATO DE SUMINISTRO, INSTALACIÓN Y SOPORTE DE EQUIPAMIENTO NIVEL 3 Y SU GESTOR PARA EL PROYECTO MadQuantum-CM. FINANCIADO POR LA COMUNIDAD DE MADRID Y POR EL PLAN DE RECUPERACIÓN, TRANSFORMACIÓN Y RESILIENCIA - FINANCIADO POR LA UNIÓN EUROPEA - NetxGenerationEU. REDIMadrid - FUNDACIÓN IMDEA SOFTWARE

- Soporte de SR en OSPF
 - Soporte de TI-LFA en Segment Routing
 - Soporte de Flex-Algo para Segment Routing
 - Soporte de BFD para Segment Routing
 - Soporte de (CoS)-based forwarding (CBF) para colored SR-TE
 - Color-based mapping de servicios EVPN-MPLS y EVPN sobre SR-TE
 - Color-based mapping de servicios VPN sobre SR-TE
 - Distributed CSPF for segment routing LSPs
 - Soporte de Express Segments para LSPs extremo a extremo.
 - Soporte de SRv6
 - Resolución de rutas estáticas a través de túneles SR-TE
 - Definición de LSPs estáticos
 - Soporte de Segment routing sobre cores RSVP
- MPLS fast reroute
 - MPLS Auto-Bandwidth o similar
 - Soporte Multipath Label Switched Paths Signaled usando RSVP-TE (draft-kompella-mpls-rsvp-ecmp).
 - Soporte de Virtual Extensible LAN (VXLAN RFC7348)
 - Iniciación de LSPs RSVP TE vía PCEP
 - Iniciación de LSPs SR vía PCEP
 - Iniciación de LSP punto a punto vía PCEP
 - Iniciación de LSP punto a multipunto vía PCEP
 - Asociación de LSP iniciados vía PCEP a instancias NG-MVPN

CLÁUSULAS TÉCNICAS QUE HA DE REGIR EN EL CONTRATO DE SUMINISTRO, INSTALACIÓN Y SOPORTE DE EQUIPAMIENTO NIVEL 3 Y SU GESTOR PARA EL PROYECTO MadQuantum-CM. FINANCIADO POR LA COMUNIDAD DE MADRID Y POR EL PLAN DE RECUPERACIÓN, TRANSFORMACIÓN Y RESILIENCIA - FINANCIADO POR LA UNIÓN EUROPEA - NetxGenerationEU. REDIMadrid - FUNDACIÓN IMDEA SOFTWARE

SR-MPLS

- El router debe implementar la arquitectura de Segment Routing según lo especificado en la RFC 8402, permitiendo el uso de etiquetas MPLS como Segment IDs (SIDs).
- El router debe contar con la capacidad de anunciar y recibir SIDs a través de las extensiones de OSPF definidas en la RFC 8660.
- El router debe estar preparado para soportar las extensiones de IS-IS para Segment Routing conforme a la RFC 8782.
- El router deberá soportar una pila de etiquetas MPLS de al menos 3 etiquetas sin degradación de rendimiento.
- El router deberá soportar las extensiones BGP para SR-MPLS y SRv6 para la señalización de segment SIDs de diferente naturaleza de acuerdo a la RFC 8669 de IETF.

SRv6

- El router deberá proveer compatibilidad con Segment Routing sobre IPv6 (SRv6), cumpliendo las especificaciones del RFC 8986 (Segment Routing IPv6 Network Programming).
- El router deberá implementar las funciones de endpoint SRv6 básicas definidas en RFC 8986. Deberá soportar, al menos, los comportamientos End, End.X, End.T, End.DX4, End.DX6, End.DX2 (L2), End.DT4, End.DT6, End.DT46 y End.B6 (Binding SID) para poder desempeñarse como nodo de segmento intermedio o final dentro de un dominio SRv6.
- El router deberá anunciar sus SIDs IPv6 (prefijo locator y funciones) a través del IGP de la red (ISIS y/o OSPFv3 con extensiones SRv6), de modo que otros nodos puedan enrutar hacia sus segmentos. Asimismo, deberá ser capaz de encaminar tráfico siguiendo una lista de segmentos IPv6 (SR Policy o SRv6 Path) recibida desde el controlador o el plano de control, con el fin de implementar rutas explícitas en la red.

CLÁUSULAS TÉCNICAS QUE HA DE REGIR EN EL CONTRATO DE SUMINISTRO, INSTALACIÓN Y SOPORTE DE EQUIPAMIENTO NIVEL 3 Y SU GESTOR PARA EL PROYECTO MadQuantum-CM. FINANCIADO POR LA COMUNIDAD DE MADRID Y POR EL PLAN DE RECUPERACIÓN, TRANSFORMACIÓN Y RESILIENCIA - FINANCIADO POR LA UNIÓN EUROPEA - NetxGenerationEU. REDIMadrid - FUNDACIÓN IMDEA SOFTWARE

- El router deberá soportar una pila de 3 SIDs sobre la cabecera de extensión IPv6 sin degradación de rendimiento.

FLEX-ALGO

- El router deberá soportar la arquitectura de Segment Routing definida en el draft-ietf-lsr-flex-algo-bw-con, permitiendo la aplicación de Flex-Algo para el cómputo de rutas en entornos de forwarding MPLS tanto con ISIS como OSPF.

PCC

- El router deberá soportar el protocolo PCEP (RFC 5440) para establecer y mantener sesiones PCEP con uno o varios PCE, permitiendo el intercambio de solicitudes y respuestas de cálculo de caminos.
- El router deberá mantener una base de datos actualizada de la topología TE, incluyendo métricas y restricciones, para proporcionar al PCE la información necesaria para calcular rutas optimizadas.
- El router deberá instalar y activar las rutas computadas por el PCE, configurando los Label Switched Paths (LSPs) o rutas explícitas en su plano de reenvío conforme a las políticas de tráfico establecidas.
- El router deberá implementar mecanismos de seguridad y autenticación en la comunicación PCEP para proteger la integridad y confidencialidad de los mensajes intercambiados con el PCE.
- El router deberá garantizar compatibilidad e interoperabilidad con los estándares IETF, cumpliendo las especificaciones definidas en RFC 4655 y RFC 5440, y adaptándose a las extensiones específicas de la red.
- El router deberá soportar las extensiones BGP-LS de acuerdo a la RFC 9085 del IETF.

CLÁUSULAS TÉCNICAS QUE HA DE REGIR EN EL CONTRATO DE SUMINISTRO, INSTALACIÓN Y SOPORTE DE EQUIPAMIENTO NIVEL 3 Y SU GESTOR PARA EL PROYECTO MadQuantum-CM. FINANCIADO POR LA COMUNIDAD DE MADRID Y POR EL PLAN DE RECUPERACIÓN, TRANSFORMACIÓN Y RESILIENCIA - FINANCIADO POR LA UNIÓN EUROPEA - NetxGenerationEU. REDIMadrid - FUNDACIÓN IMDEA SOFTWARE

TI-LFA

- El router deberá soportar TI-LFA para SR MPLS y SRv6, conforme a lo definido en el draft draft-ietf-rtgwg-segment-routing-ti-lfa.

3.1.10. Funcionalidades VPN y VPLS/EVPN

- BGP/MPLS IP Virtual Private Networks (VPNs) (RFC 4364)
- Virtual Private LAN Service (VPLS) (RFC4761)
- Requirements for Ethernet VPN o EVPN (RFC 7209), EVPN Service (Ethernet VPN) interconexión de dominios de L2 (Ethernet) a través de redes IP/MPLS con soporte de escenarios Active/Active y VMTO (draft-ietf-l2vpn-evpn; RFC 7432).
- Virtual Extensible Local Area Network (VXLAN) (RFC 7348)
- El router deberá disponer de la capacidad de establecimiento de contextos multipunto a multipunto de nivel 2 por medio de señalación T-LDP de acuerdo a la RFC4762 de IETF.
- El router deberá soportar servicios EVPN cumpliendo íntegramente la RFC 7432 de IETF.
- El router deberá admitir funcionalidad IRB (Integrated Routing and Bridging) en EVPN, actuando como gateway distribuido (Anycast Gateway) para las subredes de la VPN (RFC7432 de IETF).
- El router deberá admitir configuraciones dual-homing de conexión a EVPN tanto all-active como activo-pasivo (RFC7432 de IETF).
- El router deberá ser capaz de gestionar eficientemente el tráfico multicast en EVPN con rutas EVPN tipo 7 y 8 de acuerdo a la RFC 9251 de IETF.
- El router deberá disponer de la capacidad de creación de VPNs en una red MPLS sobre la base de las comunidades extendidas BGP4, tal y como define en la RFC4364 de IETF.

CLÁUSULAS TÉCNICAS QUE HA DE REGIR EN EL CONTRATO DE SUMINISTRO, INSTALACIÓN Y SOPORTE DE EQUIPAMIENTO NIVEL 3 Y SU GESTOR PARA EL PROYECTO MadQuantum-CM. FINANCIADO POR LA COMUNIDAD DE MADRID Y POR EL PLAN DE RECUPERACIÓN, TRANSFORMACIÓN Y RESILIENCIA - FINANCIADO POR LA UNIÓN EUROPEA - NetxGenerationEU. REDIMadrid - FUNDACIÓN IMDEA SOFTWARE

- El router deberá manejar múltiples VRF (Virtual Routing & Forwarding) de clientes para ofrecer servicios VPN L3. Se espera un soporte mínimo de 256 VRFs simultáneas.
- El router deberá permitir también configurar filtrado entre VRFs (route leaking) si se requieren comunicaciones controladas entre distintas tablas de routing.
- El router deberá soportar el establecimiento de multicast VPNs (MVPN) conforme a las soluciones NG-MVPN definidas en la RFC6513 y RFC6514 de IETF.
- El router deberá soportar la función de IGMP proxy/relay en escenarios MVPN, donde los PEs replican los reportes IGMP/MLD de sus sitios locales hacia los PEs remotos vía BGP-MVPN.
- El router deberá ser compatible con la arquitectura de referencia de túneles de nivel 2 punto a punto o “pseudowires” definida en la RFC3985 de IETF.
- El router deberá soportar el establecimiento de “pseudowires” por medio de la señalización T-LDP según se define en la RFC4447 de IETF.
- El router deberá soportar la encapsulación de tramas ethernet en “pseudowires” VPWS tal y como se define en la RFC4448 de IETF.

3.1.11. Funcionalidades de Traffic Engineering

- LDP (RFC 5036)
- LSP (RFC 5283)
- MPLS (RFC 2702 y 3031)
- RSVP (RFC 2205 y 2210)

CLÁUSULAS TÉCNICAS QUE HA DE REGIR EN EL CONTRATO DE SUMINISTRO, INSTALACIÓN Y SOPORTE DE EQUIPAMIENTO NIVEL 3 Y SU GESTOR PARA EL PROYECTO MadQuantum-CM. FINANCIADO POR LA COMUNIDAD DE MADRID Y POR EL PLAN DE RECUPERACIÓN, TRANSFORMACIÓN Y RESILIENCIA - FINANCIADO POR LA UNIÓN EUROPEA - NetxGenerationEU. REDIMadrid - FUNDACIÓN IMDEA SOFTWARE

3.1.12. Funcionalidades de Calidad de Servicio (CoS)

- El router deberá soportar clasificación de paquetes en base a múltiples criterios para la aplicación de políticas de QoS. En particular, deberá poder clasificar tráfico según: puerto físico de entrada, VLAN o VCI, dirección IP de origen y destino, protocolo de capa 4 (puerto TCP/UDP), y campos de marcado de nivel de red/transporte como el DSCP/Precedencia IP en IPv4/IPv6 o el campo EXP en etiquetas MPLS. La clasificación deberá realizarse en hardware a line-rate, sin afectar el rendimiento de forwarding.
- El router deberá implementar múltiples colas de salida por puerto para priorización. Deberá soportar al menos 8 colas de scheduling por puerto para distintas clases de tráfico (p. ej. BE, AF1, AF2, AF3, EF, NC, etc.).
- El router deberá permitir configurar esquemas de planificación de las colas, incluyendo al menos un algoritmo de Prioridad Estricta (PQ) para una cola de alta prioridad (e.g. clase EF) y Weight Fair Queuing (WFQ/WRR) para las demás colas con pesos configurables.
- El router deberá soportar mecanismos de gestión de congestión en las colas, tales como tail-drop (cola con descarte al llenarse) y WRED (Weighted Random Early Detection). Deberá ser posible configurar WRED por cola, con al menos 2 niveles de precedencia de descarte (por ejemplo, umbrales WRED distintos para tráfico verde y amarillo en clases AF).
- El router deberá soportar QoS jerárquico (HQoS), permitiendo aplicar políticas de control de ancho de banda en múltiples niveles.
- El router deberá ofrecer policing y shaping de tráfico configurables. Deberá ser posible aplicar policing (límite de tasa con descarte) tanto a flujos individuales como a agregados de tráfico, en sentido de entrada y salida. Se deberá soportar al menos un algoritmo de policing de doble token bucket (dual leaky bucket) con clasificación de tráfico en tres colores (verde, amarillo, rojo) para marcar o descartar paquetes según conformidad con dos niveles de excedente. Asimismo, deberá ser posible aplicar shaping (cola de alisado) en salida para limitar el ancho de banda de un puerto o grupo de puertos a una tasa máxima configurada.

CLÁUSULAS TÉCNICAS QUE HA DE REGIR EN EL CONTRATO DE SUMINISTRO, INSTALACIÓN Y SOPORTE DE EQUIPAMIENTO NIVEL 3 Y SU GESTOR PARA EL PROYECTO MadQuantum-CM. FINANCIADO POR LA COMUNIDAD DE MADRID Y POR EL PLAN DE RECUPERACIÓN, TRANSFORMACIÓN Y RESILIENCIA - FINANCIADO POR LA UNIÓN EUROPEA - NetxGenerationEU. REDIMadrid - FUNDACIÓN IMDEA SOFTWARE

- El router deberá contar con buffers de cola suficientemente profundos por puerto para absorber ráfagas de tráfico sin pérdida.
- Todas las capacidades de QoS mencionadas deberán ser aplicables tanto a tráfico IP directo como a tráfico encapsulado en túneles o VPNs (MPLS, VXLAN, SR-MPLS, SRv6, etc.). Es decir, el router debe poder clasificar y programar en base al EXP de MPLS o al DSCP interno de un flujo dentro de un túnel, según sea necesario.
- El router deberá permitir definir perfiles de servicio QoS predefinidos que agrupen configuraciones típicas (por ejemplo, un perfil de "voz" que aplique cierto policing y asignación a cola EF, un perfil de "videoconferencia garantizada y WRED moderado, etc.), de manera que puedan aplicarse fácilmente a interfaces o subinterfaces.
- El router deberá implementar mecanismos de protección del plano de control (Control Plane Policing). En caso afirmativo, deberá permitir asignar el tráfico de protocolos de control (OSPF, BGP, ARP/ND, ICMP, etc.) a colas dedicadas con límites de tasa, de modo que aún bajo ataques o tormentas de paquetes de control la CPU del equipo se mantenga protegida.
- Traffic shaping, policing, rate-limiting, scheduling (weighted round-robin y strict-priority), weighted random early detection, random early detection.
- Marcado de paquetes y asignación a una cola en función de la prioridad asignada.
- Al menos 4 colas por interfaz gestionadas en hardware.
- Mecanismo de señalización para reservar ancho de banda extremo a extremo.
- Mecanismos para la prevención y gestión de la congestión del tráfico y para el descarte de tráfico.
- Soporte de calidad de servicio sobre MPLS (RFC 3270).

3.1.13. Funcionalidades de Virtualización y Alta Disponibilidad

- Capacidades de virtualización dentro del mismo chasis sin necesidad de incorporar hardware adicional.

CLÁUSULAS TÉCNICAS QUE HA DE REGIR EN EL CONTRATO DE SUMINISTRO, INSTALACIÓN Y SOPORTE DE EQUIPAMIENTO NIVEL 3 Y SU GESTOR PARA EL PROYECTO MadQuantum-CM. FINANCIADO POR LA COMUNIDAD DE MADRID Y POR EL PLAN DE RECUPERACIÓN, TRANSFORMACIÓN Y RESILIENCIA - FINANCIADO POR LA UNIÓN EUROPEA - NetxGenerationEU. REDIMadrid - FUNDACIÓN IMDEA SOFTWARE

- Virtual Router Redundancy Protocol (VRRP) para IPv4 e IPv6 (RFC5798).
- Redes Privadas Virtuales de nivel 2 y 3.

3.1.14. Otros Servicios/Características a Soportar

- Soporte de monitorización del tráfico: Exportación de la información asociada a cada flujo IP para realizar una monitorización pasiva del tráfico. Versiones 5 y 9 de netflow o equivalentes.
- Rate-limiting, tanto en entrada como salida, por dirección IP origen y destino, puerto TCP/UDP, por vlan.
- Túneles GRE y IP-in-IP.
- Jumbo Frames (MTU 9100 bytes o superior).
- Funcionalidades OAM:
 - CFM OAM (IEEE 802.1ag)
 - LFM OAM (IEEE 802.3ah)
 - Y.1731
 - Proactive
 - On-demand
 - LSP ping para realizar troubleshooting MPLS.
- El equipo debe ser capaz de enviar datos por telemetría, los sensores usados deben ser:
 - Sensores nativos del hardware del licitado.
 - Sensores basados en Openconfig streaming(gRPC streaming).
- Bidirectional Forwarding detection(BFD).
- La implementación de las funcionalidades debe seguir los estándares internacionales.

CLÁUSULAS TÉCNICAS QUE HA DE REGIR EN EL CONTRATO DE SUMINISTRO, INSTALACIÓN Y SOPORTE DE EQUIPAMIENTO NIVEL 3 Y SU GESTOR PARA EL PROYECTO MadQuantum-CM. FINANCIADO POR LA COMUNIDAD DE MADRID Y POR EL PLAN DE RECUPERACIÓN, TRANSFORMACIÓN Y RESILIENCIA - FINANCIADO POR LA UNIÓN EUROPEA - NetxGenerationEU. REDIMadrid - FUNDACIÓN IMDEA SOFTWARE

- Mecanismos de seguridad en la gestión de configuración que permitan protegerse frente a errores en cambios que se apliquen sobre la misma.
- En el caso de que las diferentes funcionalidades tengan una implementación software, ésta no debe suponer una merma en la capacidad del equipo, en ningún aspecto.
- Interoperatividad garantizada con otros fabricantes de los protocolos y servicios especificados en el presente apartado.
- El equipo debe suministrarse con el tamaño máximo de memoria y procesador en toda su arquitectura, esto es, si posee memoria y procesadores distribuidos por interfaces o funcionalidades deben configurarse al máximo.
- Todo el equipamiento propuesto deberá cumplir con la directiva europea 2011/65/EU (RoHS 2).

3.2. Scaling equipos nivel 3

- El equipo tendrá una capacidad de ampliación de, al menos:
 - 15 puertos de 1Gbps ó 10Gbps
 - 2 puertos de 25Gbps

El equipo ofertado tendrá que estar equipado para poder proveer los puertos anteriormente indicados, los SFPs a ofertar son los indicados en en el apartado 3.4.

- El equipo contará con interfaces de sincronización PPS, 10M in y 10M out.
- El router deberá disponer de un forwarding de tráfico de al menos 100Mpps y 80Gbps full-duplex (80Gbps de tráfico de entrada + 80 Gbps de tráfico de salida)(160Gbps half-duplex) sin sobresuscripción y con el hardware/licencias ofertadas.
- El router deberá disponer de la memoria suficiente en sus órganos de control para almacenar las tablas de routing unicast y multicast consecuencia de correr en paralelo los procesos IGP y BGP. Debera contar con una capacidad para poder llegar a

CLÁUSULAS TÉCNICAS QUE HA DE REGIR EN EL CONTRATO DE SUMINISTRO, INSTALACIÓN Y SOPORTE DE EQUIPAMIENTO NIVEL 3 Y SU GESTOR PARA EL PROYECTO MadQuantum-CM. FINANCIADO POR LA COMUNIDAD DE MADRID Y POR EL PLAN DE RECUPERACIÓN, TRANSFORMACIÓN Y RESILIENCIA - FINANCIADO POR LA UNIÓN EUROPEA - NetxGenerationEU. REDIMadrid - FUNDACIÓN IMDEA SOFTWARE

almacenar hasta 700.000 rutas IPv4 o 350.000 IPv6 o una combinación de ambas en su Routing Information Base o RIB con las licencias/hardware ofertado. Las rutas pueden estar en la tabla GRT (Global Routing Table) o en varias vrfs.

- El equipo debe poder gestionar una tabla de rutas activas IPv4 (aquella que se utiliza para determinar el enrutamiento del tráfico (FIB)) con, al menos, 500.000 entradas IPv4 activos o 250.000 IPv6 o una combinación, con las licencias/hardware ofertado. Las rutas pueden estar en la tabla GRT (Global Routing Table) o en varias vrfs.
- El equipo tiene que poder escalar, con las licencias/hardware ofertado, hasta un máximo de **30 instancias** sumando:
 - L3VPN
 - L2VPN
 - VPLS/EVPN
- El equipo tiene que poder escalar, con las licencias/hardware ofertado, hasta un máximo de **50 L2CIRCUIT**.
- El equipo debe poder llegar a almacenar hasta 10 millones de rutas IPv4 o 6 millones de rutas IPv6 aprendidas por los protocolos de routing en diferentes instancias de routing (VRF) y combinados en su Routing Information Base o RIB mediante licencias ofertadas o **NO** ofertadas que se tendrán que adquirir después si fueran necesarias, pero debe ser compatible con el hardware ofertado y no ser necesario añadir hardware adicional para ello.
- Soporte de hasta 64k MAC addresses

3.3. Configuración de los equipos nivel 3

Se requiere que el adjudicatario realice la entrega, instalación y configuración básica para tener acceso remoto de los equipos objeto de suministro según se especifica en el presente apartado. El equipamiento deberá estar operativo en el lugar en el que debe realizarse la entrega,

CLÁUSULAS TÉCNICAS QUE HA DE REGIR EN EL CONTRATO DE SUMINISTRO, INSTALACIÓN Y SOPORTE DE EQUIPAMIENTO NIVEL 3 Y SU GESTOR PARA EL PROYECTO MadQuantum-CM. FINANCIADO POR LA COMUNIDAD DE MADRID Y POR EL PLAN DE RECUPERACIÓN, TRANSFORMACIÓN Y RESILIENCIA - FINANCIADO POR LA UNIÓN EUROPEA - NetxGenerationEU. REDIMadrid - FUNDACIÓN IMDEA SOFTWARE

La oferta debe incluir **7 equipos** según los requisitos técnicos indicados en el apartado **3** para los equipos de nivel 3. A nivel general el equipo estará conectados según la figura **1** o según la figgura **2**

Los equipos iran instalados de la siguiente manera:

- 1 router en el PdP de la UAM.
- 1 router en el PdP de la URJC campus Fuenlabrada.
- 1 router en el PdP de la UNED campus de las rozas.
- 1 router en el PdP de La UAH.
- 1 router en el PdP de IMDEA Networks.
- 1 router en el PdP de IMDEA Software.
- 1 router en el PdP de la UC3M.

- El equipo tiene que configurarse para tener capacidad de configurar “medium scale L2/L2.5, L3 features (ver apartado **3.2**”scaling”).
- Los SFPs que se deben ofertar son los indicados en el apartado **3.4**.
- Todo el hardware suministrado ha de ser soportado por el fabricante del chasis y las placas, sin que afecte de manera alguna a la garantía o soporte de éste.
- Todo el hardware suministrado debe ser nuevo del fabricante, no podría ofertarse hardware refurbished o hardware compatible.
- La versión del sistema operativo que se instala en los equipos será la mas actualizada y estable que exista en el momento del suministro, la cual implementará todas las funcionalidades especificadas en el presente pliego. También se incluirán todas aquellas licencias que fueran necesarias para utilizar dichas funcionalidades. Esta versión será siempre consensuada con el personal de REDIMadrid, el cual decidirá en todo momento que versión sera finalmente instalada.

CLÁUSULAS TÉCNICAS QUE HA DE REGIR EN EL CONTRATO DE SUMINISTRO, INSTALACIÓN Y SOPORTE DE EQUIPAMIENTO NIVEL 3 Y SU GESTOR PARA EL PROYECTO MadQuantum-CM. FINANCIADO POR LA COMUNIDAD DE MADRID Y POR EL PLAN DE RECUPERACIÓN, TRANSFORMACIÓN Y RESILIENCIA - FINANCIADO POR LA UNIÓN EUROPEA - NetxGenerationEU. REDIMadrid - FUNDACIÓN IMDEA SOFTWARE

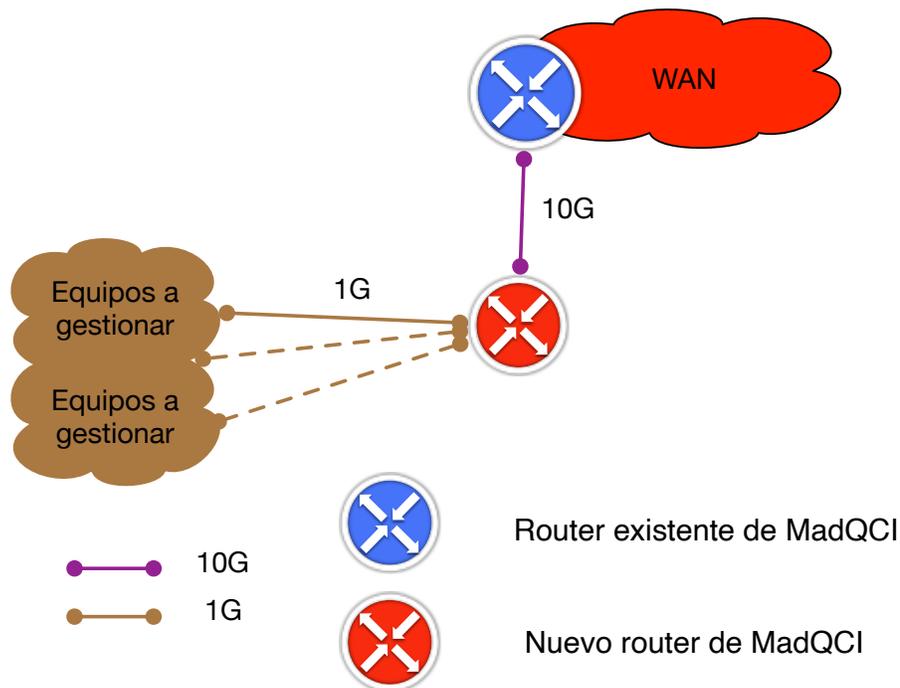


Figura 1: Esquema tipo

- el tipo de alimentación eléctrica del equipamiento suministrado será AC 220v-50Hz.
- Se requiere que pueda instalarse en un rack o bastidor estándar típicamente de de 19 pulgadas.

CLÁUSULAS TÉCNICAS QUE HA DE REGIR EN EL CONTRATO DE SUMINISTRO, INSTALACIÓN Y SOPORTE DE EQUIPAMIENTO NIVEL 3 Y SU GESTOR PARA EL PROYECTO MadQuantum-CM. FINANCIADO POR LA COMUNIDAD DE MADRID Y POR EL PLAN DE RECUPERACIÓN, TRANSFORMACIÓN Y RESILIENCIA - FINANCIADO POR LA UNIÓN EUROPEA - NetxGenerationEU. REDIMadrid - FUNDACIÓN IMDEA SOFTWARE

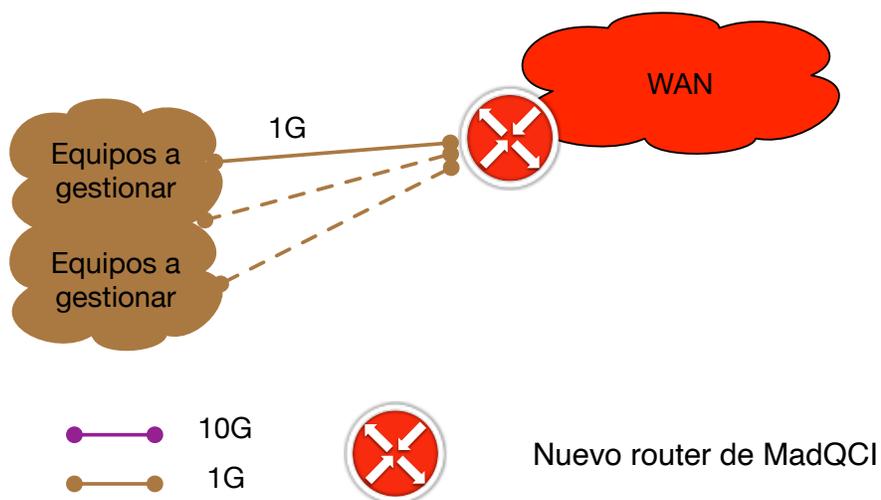


Figura 2: Esquema tipo

3.4. SFPs a ofertar

Se solicita el hardware listado a continuación:

SFPs compatibles con los equipos nivel 3 ofertados

- 7 Conector SFPP-10GE-SR.
- 10 Conectores SFP-1GE-FE-E-T

CLÁUSULAS TÉCNICAS QUE HA DE REGIR EN EL CONTRATO DE SUMINISTRO, INSTALACIÓN Y SOPORTE DE EQUIPAMIENTO NIVEL 3 Y SU GESTOR PARA EL PROYECTO MadQuantum-CM. FINANCIADO POR LA COMUNIDAD DE MADRID Y POR EL PLAN DE RECUPERACIÓN, TRANSFORMACIÓN Y RESILIENCIA - FINANCIADO POR LA UNIÓN EUROPEA - NetxGenerationEU. REDIMadrid - FUNDACIÓN IMDEA SOFTWARE

SFPs compatible con los requisitos indicados en el apartado 3.5

- 7 Conector SFPP-10GE-SR.

3.5. Requisitos de compatibilidad con hardware existente

Por razones de compatibilidad con equipamiento ya existente, los conectores indicados en el apartado anterior con el título "Hardware compatible con los requisitos indicados en este apartado" han de ser compatibles de la siguiente manera:

- Todos los transceivers han de ser compatibles con la serie de routers Juniper MX480 y router MX204.
- Todo el hardware suministrado ha de ser soportado por el fabricante del chasis y las placas, sin que afecte de manera alguna a la garantía o soporte de éste.

3.6. Requisitos de gestión y administración de los equipos de nivel 3

- El router deberá disponer de memoria suficiente en sus órganos de control para mantener almacenadas más de una versión de software en cada instante. Se detallará el tipo de memoria que lleva a cabo esta función y el órgano u órganos de control en el que la misma se encuentra.
- El router deberá soportar arranque seguro (secure boot) y verificación de integridad de la imagen de software mediante firma digital, para garantizar la autenticidad del sistema operativo y la seguridad del plano de control.
- El router deberá disponer de acceso de gestión local a través de un puerto de consola.
- El router deberá disponer de facilidades de gestión fuera de banda.
- El router deberá permitir el acceso de gestión seguro por medio del protocolo SSH versión 2 con autenticación por algoritmo RSA/ECDSA.

CLÁUSULAS TÉCNICAS QUE HA DE REGIR EN EL CONTRATO DE SUMINISTRO, INSTALACIÓN Y SOPORTE DE EQUIPAMIENTO NIVEL 3 Y SU GESTOR PARA EL PROYECTO MadQuantum-CM. FINANCIADO POR LA COMUNIDAD DE MADRID Y POR EL PLAN DE RECUPERACIÓN, TRANSFORMACIÓN Y RESILIENCIA - FINANCIADO POR LA UNIÓN EUROPEA - NetxGenerationEU. REDIMadrid - FUNDACIÓN IMDEA SOFTWARE

- El router deberá poder limitar las direcciones IP desde las que se tendrá acceso remoto IP tanto en banda como fuera de banda.
- El router deberá poder restringir los usuarios que tendrán acceso al equipo por medio de autenticación local (los usuarios son creados localmente).
- El router deberá poder restringir los usuarios que tendrán acceso al equipo por medio de autenticación contra un servidor RADIUS de acuerdo a la RFC2138 de IETF (los usuarios son creados en el servidor).
- El router deberá disponer de la capacidad de poder restringir los usuarios que tendrán acceso al equipo por medio de autenticación contra un servidor TA-CACS+ de acuerdo al draft-grant-tacacs-02 de IETF (los usuarios son creados en el servidor).
- El router deberá permitir establecer diferentes niveles de acceso al equipo, de modo que se puedan restringir las acciones ejecutables por cada usuario. Se describirá la filosofía de definición de privilegios: tratamiento individualizado de usuarios, creación de perfiles con diferentes niveles de privilegios y asignación a los usuarios del perfil adecuado.
- El router deberá disponer de capacidad de interceptar tráfico y reenviarlo a otra dirección para su análisis (“traffic mirroring”), tal y como establecen normativas como, por ejemplo, CALEA de la FCC. En caso positivo se describirá dicha funcionalidad indicando el nivel de granularidad disponible para la selección del tráfico a reenviar: puerto físico, lógico, direcciones IP, etc.
- El router deberá la estructura de información SNMP o SMI versión 2 definida en la RFC2578 de IETF.
- El router deberá soportar el intercambio de mensajes (get, getnext, trap, etc.) para SNMP versión 2 de acuerdo a lo definido en la RFC3416 de IETF.
- El router deberá disponer de un demonio de Syslog compatible con UNIX BSD para el envío de mensajes de eventos hacia un servidor Syslog configurable.
- El router deberá disponer de una implementación de Syslog compatible con la filosofía establecida en la RFC3164 de IETF.

CLÁUSULAS TÉCNICAS QUE HA DE REGIR EN EL CONTRATO DE SUMINISTRO, INSTALACIÓN Y SOPORTE DE EQUIPAMIENTO NIVEL 3 Y SU GESTOR PARA EL PROYECTO MadQuantum-CM. FINANCIADO POR LA COMUNIDAD DE MADRID Y POR EL PLAN DE RECUPERACIÓN, TRANSFORMACIÓN Y RESILIENCIA - FINANCIADO POR LA UNIÓN EUROPEA - NetxGenerationEU. REDIMadrid - FUNDACIÓN IMDEA SOFTWARE

- El router deberá disponer de la capacidad de exportación de estadísticas de tráfico de acuerdo a IPFIX, según define la RFC7011 del IETF.
- El router deberá soportar gestión basada en modelos YANG estándar. En particular, es requisito que implemente NETCONF (RFC 6241 del IETF) como protocolo de gestión para realizar operaciones de configuración (edición y obtención de running config) utilizando representaciones en XML/YANG.
- El router deberá proveer modelos YANG que cubran todas las funciones principales del equipo (interfaces, enrutamiento, MPLS, QoS, sistema, etc.), alineados con los modelos OpenConfig y/o del IETF, además de los modelos nativos del fabricante.
- El router deberá ofrecer capacidades de streaming telemetry en tiempo real mediante suscripción a datos operativos. Es obligatorio el soporte de gNMI (gRPC Network Management Interface) para exponer datos operacionales (counters de interfaz, estados de protocolos, tablas de routing como en modo por cambio (on-change) para recibir actualizaciones solo cuando ocurran eventos. El router será compatible con draft-openconfig-rtgwg-gnmi-spec-01 del IETF y <https://www.openconfig.net/docs/gnmi/gnmi-specification/>.
- El router deberá implementar interfaces de gNOI (gRPC Network Operations Interface) para operaciones de administración y mantenimiento vía API.
- El router deberá incorporar capacidades de telemetría avanzada o activa como la generación de tráfico sintético de prueba para mediciones de rendimiento (TWAMP, UDP Ping, etc.), agentes de prueba u otro sistema, que permitan verificar los SLAs de forma embebida.
- El router deberá proporcionar, vía modelos YANG/gNMI, métricas detalladas de desempeño y estado
- Debe realizar por hardware las funcionalidades de encapsulación (IPenIP, GRE – incluyendo sus funcionalidades avanzadas – y PIM-SM) y flow accounting.
- Gestión del equipamiento mediante los siguientes protocolos:
 - CLI via consola, Telnet y ssh v2.

CLÁUSULAS TÉCNICAS QUE HA DE REGIR EN EL CONTRATO DE SUMINISTRO, INSTALACIÓN Y SOPORTE DE EQUIPAMIENTO NIVEL 3 Y SU GESTOR PARA EL PROYECTO MadQuantum-CM. FINANCIADO POR LA COMUNIDAD DE MADRID Y POR EL PLAN DE RECUPERACIÓN, TRANSFORMACIÓN Y RESILIENCIA - FINANCIADO POR LA UNIÓN EUROPEA - NetxGenerationEU. REDIMadrid - FUNDACIÓN IMDEA SOFTWARE

- Tftp y ftp.
 - RADIUS, TACACS+
 - DHCP.
 - DNS, permitiendo configurar, al menos, dos servidores diferentes.
 - Creación de perfiles locales de acceso y especificación de privilegios.
 - Syslog Protocol (RFC 5424).
 - Funcionalidades para realizar troubleshooting del comportamiento de los protocolos de routing o servicios que se habiliten.
 - NTP (Network Time Protocol), permitiendo configurar, al menos, dos servidores diferentes.
 - SNMP v1/v2/v3 y el estándar de MIBs.
 - NETCONF (RFCs 6020, 6241 y 6242).
 - Interfaz para telemetría basada en gRPC y Openconfig.
 - 802.3ah Operations, Administration, and Maintenance (OAM)
 - RESTCONF y YANG (RFC 6020)
 - Funcionalidades para la gestión de logs.
 - Sistema operativo con soporte de entornos de programación (SDK), scripting y automatización.
 - Soporte de Soporte de PCEP (Path Computation Element Protocol).
 - Soporte de autenticación MD5 para sesiones PCEP
 - Soporte de sesiones PCEP securizadas entre PCC y PCE vía TLS.
 - Soporte de herramientas de diagnóstico automático basado en eventos y scripting.
 - Mecanismos de seguridad en la gestión de configuración que permitan protegerse frente a errores en cambios que se apliquen sobre la misma.
- Los equipos de nivel 3 ofertados, tienen que estar gestionados de acuerdo a los requisitos indicados en el apartado 4.

CLÁUSULAS TÉCNICAS QUE HA DE REGIR EN EL CONTRATO DE SUMINISTRO, INSTALACIÓN Y SOPORTE DE EQUIPAMIENTO NIVEL 3 Y SU GESTOR PARA EL PROYECTO MadQuantum-CM. FINANCIADO POR LA COMUNIDAD DE MADRID Y POR EL PLAN DE RECUPERACIÓN, TRANSFORMACIÓN Y RESILIENCIA - FINANCIADO POR LA UNIÓN EUROPEA - NetxGenerationEU. REDIMadrid - FUNDACIÓN IMDEA SOFTWARE

4. Requisitos Técnicos del gestor/controlador de dominio IP

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 T-API 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.

De estos tres elementos el controlador de dominio IP será el definido en esta especificación, junto con los routers que gestionará, así como la integración de ambos, con el fin de llevar a cabo su selección por parte de REDIMadrid.

El controlador de dominio IP deberá estar basado en una arquitectura nativa de entornos cloud basada en microservicios, normalmente en un cluster de kubernetes, con APIs abiertas que permita una solución modular, escalable y con alta disponibilidad.

CLÁUSULAS TÉCNICAS QUE HA DE REGIR EN EL CONTRATO DE SUMINISTRO, INSTALACIÓN Y SOPORTE DE EQUIPAMIENTO NIVEL 3 Y SU GESTOR PARA EL PROYECTO MadQuantum-CM. FINANCIADO POR LA COMUNIDAD DE MADRID Y POR EL PLAN DE RECUPERACIÓN, TRANSFORMACIÓN Y RESILIENCIA - FINANCIADO POR LA UNIÓN EUROPEA - NetxGenerationEU. REDIMadrid - FUNDACIÓN IMDEA SOFTWARE

4.1. Controlador de dominio IP

4.1.1. NBI – Nortbound interfaces

1. El controlador de dominio IP deberá contar con NBIs RESTCONF (RFC8040 del IETF) para la interacción con controladores de dominio óptico.
2. El controlador jerárquico 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 los modelos de datos YANG (RFC6020 del IETF) para la interacción con el controlador jerárquico.
5. El controlador de dominio IP deberá poder incorporar de modo dinámico nuevos módulos YANG sea cual fuere su naturaleza: IETF, OpenConfig o nativos (=propietarios).

4.1.2. 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.

CLÁUSULAS TÉCNICAS QUE HA DE REGIR EN EL CONTRATO DE SUMINISTRO, INSTALACIÓN Y SOPORTE DE EQUIPAMIENTO NIVEL 3 Y SU GESTOR PARA EL PROYECTO MadQuantum-CM. FINANCIADO POR LA COMUNIDAD DE MADRID Y POR EL PLAN DE RECUPERACIÓN, TRANSFORMACIÓN Y RESILIENCIA - FINANCIADO POR LA UNIÓN EUROPEA - NetxGenerationEU. REDIMadrid - FUNDACIÓN IMDEA SOFTWARE

5. El controlador de dominio IP deberá soportar los modelos de datos YANG (RFC6020 del IETF) para la interacción con los elementos de red IP.
6. El controlador de dominio IP deberá contar con SBIs PCEP (RFC5440 del IETF) para la interacción del PCE con equipamiento de red IP.
7. El controlador de dominio IP deberá contar con SBIs BGP-LS (RFC7752 del IETF) para la exportación de la información de estado de la red IP (topología e ingeniería de tráfico). Entre la información de ingeniería de tráfico, el controlador deberá poder utilizar la latencia entre links que, por medio de las extensiones de métrica para ingeniería de tráfico de OSPF o ISIS configurada en los dispositivos de red, se pasará. 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.
8. El controlador de dominio IP deberá contar con SBIs 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.
9. El controlador de dominio IP deberá contar con soporte de la telemetría nativa, debiendo ser compatible con los equipos indicados [4.4](#).
10. 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 SBIs asociados al propio controlador de dominio IP.
11. El controlador de dominio IP deberá poder incorporar de modo dinámico nuevos módulos YANG sea cual fuere su naturaleza: IETF, OpenConfig o nativos (proprietarios).
12. El controlador IP deberá poder obtener datos de red a través de BGP Monitoring Protocol (RFC 7854). Entre los datos obtenidos a través de BGP BMP el controlador monitorizará:
 - Vecinos BGP
 - Estadísticas BGP

CLÁUSULAS TÉCNICAS QUE HA DE REGIR EN EL CONTRATO DE SUMINISTRO, INSTALACIÓN Y SOPORTE DE EQUIPAMIENTO NIVEL 3 Y SU GESTOR PARA EL PROYECTO MadQuantum-CM. FINANCIADO POR LA COMUNIDAD DE MADRID Y POR EL PLAN DE RECUPERACIÓN, TRANSFORMACIÓN Y RESILIENCIA - FINANCIADO POR LA UNIÓN EUROPEA - NetxGenerationEU. REDIMadrid - FUNDACIÓN IMDEA SOFTWARE

- Rutas BGP, desde el punto de vista de las diferentes RIBs existentes en el equipo

4.1.3. 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.

4.1.4. PCE

1. El PCE del controlador de dominio IP deberá integrarse con el PCE “multi-cap” del controlador de dominio jerárquico para posibilitar la ingeniería de tráfico simultánea sobre dominios óptico e IP.
2. El PCE del controlador de dominio IP deberá soportar el PCEP de acuerdo a las RFC4657 y RFC5440 del IETF.
3. 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.

4.1.5. Provisión de servicios

El controlador deberá contar con el software (y licencia) y deberá soportar las siguientes funcionalidades de provisión de servicios:

1. El controlador de dominio IP deberá contar con la capacidad de provisión de servicios (L3VPNs, EVPN, EVPN-VPWS, VPLS, pseudowires, IP services, etc.).
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

CLÁUSULAS TÉCNICAS QUE HA DE REGIR EN EL CONTRATO DE SUMINISTRO, INSTALACIÓN Y SOPORTE DE EQUIPAMIENTO NIVEL 3 Y SU GESTOR PARA EL PROYECTO MadQuantum-CM. FINANCIADO POR LA COMUNIDAD DE MADRID Y POR EL PLAN DE RECUPERACIÓN, TRANSFORMACIÓN Y RESILIENCIA - FINANCIADO POR LA UNIÓN EUROPEA - NetxGenerationEU. REDIMadrid - FUNDACIÓN IMDEA SOFTWARE

IP, de modo que realice un “auto-rollback” en caso de fallo (“rollback on error capability” presente en los elementos de red).

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 deberá ser multi-fabricante.
5. El controlador de dominio IP dispondrá de la capacidad de modelado de servicios por medio de plantillas o “templates” para la provisión de servicios.

4.1.6. Operación de red

1. El controlador de dominio IP deberá soportar escenarios *greenfield* y *brownfield*.
2. El controlador de dominio IP deberá soportar **Zero Touch Provisioning (ZTP)**. Esta funcionalidad se utilizará para la puesta en marcha de nuevos dispositivos una vez integrado el controlador en la red. El proceso de ZTP deberá basarse en mecanismos como DHCP/Bootstrap e incluir:
 - **Configuración del día 0:** El dispositivo deberá obtener de forma dinámica la configuración básica, incluyendo direccionamiento IP, gateway, autenticación, acceso remoto y gestión mediante conexiones SSH, sin intervención manual.
 - **Actualización de firmware y software:** El dispositivo deberá ser capaz de verificar su versión de software y actualizarla automáticamente a la versión deseada.
3. El controlador de dominio IP deberá permitir la aplicación automática, tras el proceso de ZTP, de configuraciones relativas a:
 - Interfaces de red
 - DNS y NTP
 - Protocolos de enrutamiento dinámico

CLÁUSULAS TÉCNICAS QUE HA DE REGIR EN EL CONTRATO DE SUMINISTRO, INSTALACIÓN Y SOPORTE DE EQUIPAMIENTO NIVEL 3 Y SU GESTOR PARA EL PROYECTO MadQuantum-CM. FINANCIADO POR LA COMUNIDAD DE MADRID Y POR EL PLAN DE RECUPERACIÓN, TRANSFORMACIÓN Y RESILIENCIA - FINANCIADO POR LA UNIÓN EUROPEA - NetxGenerationEU. REDIMadrid - FUNDACIÓN IMDEA SOFTWARE

- Políticas de seguridad
 - Monitorización (SNMP y telemetría)
 - Registro de logs
 - Gestión de credenciales de acceso para los diferentes perfiles de usuario
4. El controlador de dominio IP deberá tener 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.
 5. 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).
 6. El controlador de dominio IP deberá contar con la posibilidad de actualizar el software de los dispositivos, tanto en serie como en paralelo.
 7. El controlador de dominio IP deberá disponer de capacidad de descubrimiento de servicios, dispositivos y topologías de red IP.
 8. El controlador de dominio IP deberá disponer de un inventario unificado de servicios y de red IP (“single source of truth”).
 9. El controlador de dominio IP deberá disponer de visión topológica de las redes IP gestionadas.
 10. El controlador de dominio IP deberá mostrar en la visión topológica la latencia entre links que, por medio de las extensiones de métrica para ingeniería de tráfico de OSPF o ISIS configurada en los dispositivos de red, recibe el PCE.
 11. El controlador de dominio IP deberá mostrar en la visión topológica la ocupación en los enlaces que, por medio de telemetría se pasa hacia el controlador.
 12. El controlador de dominio IP deberá disponer de la capacidad de ejecución y reporting de tests de rendimiento (“performance monitoring”) a través del dominio IP.

CLÁUSULAS TÉCNICAS QUE HA DE REGIR EN EL CONTRATO DE SUMINISTRO, INSTALACIÓN Y SOPORTE DE EQUIPAMIENTO NIVEL 3 Y SU GESTOR PARA EL PROYECTO MadQuantum-CM. FINANCIADO POR LA COMUNIDAD DE MADRID Y POR EL PLAN DE RECUPERACIÓN, TRANSFORMACIÓN Y RESILIENCIA - FINANCIADO POR LA UNIÓN EUROPEA - NetxGenerationEU. REDIMadrid - FUNDACIÓN IMDEA SOFTWARE

13. El controlador de dominio IP deberá disponer de la 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. Pueden tomarse como referencia los principios descritos en la RFC9315 del IRTF.
14. El controlador de dominio IP deberá disponer de mecanismos de validación continua de políticas e “intent” establecidos para la red, como complemento a las capacidades de “intent-based networking” ya solicitadas. Este mecanismo debería detectar de inmediato cualquier desviación respecto a las políticas o parámetros deseados y, preferiblemente, integrarse con la automatización para corregir dichas desviaciones. Pueden tomarse como referencia los principios de aseguramiento de servicios en redes basadas en “intent” descritos en la RFC9417 del IETF.
15. El controlador de dominio IP deberá disponer de la capacidad de “closed-loop automation”.
16. El controlador de dominio IP deberá disponer de la capacidad de analítica avanzada de información y presentación de la misma en modo de reportes.
17. El controlador de dominio IP deberá disponer de capacidad de centralización de alarmas del dominio IP. Se describirá con detalle la capacidad.
18. El controlador de dominio IP deberá disponer de capacidades de correlación de alarmas de red IP de cara a la elaboración de diagnósticos avanzados de avería.
19. El controlador de dominio IP deberá disponer de la capacidad de realización de tests de servicio como parte del proceso de diagnóstico ante fallos.
20. El controlador de dominio IP deberá disponer de capacidades de correlación de indicadores-/telemetría y RCA (Root Cause Analysis) en los diagnósticos avanzados de problemas hardware y protocolos como BGP.
21. El controlador de dominio IP deberá disponer de la posibilidad de recoger KPI a medida. Se podrán crear reglas personalizadas que definan cómo se recogen los indicadores clave de rendimiento (KPIs) para componentes de los dispositivos.

CLÁUSULAS TÉCNICAS QUE HA DE REGIR EN EL CONTRATO DE SUMINISTRO, INSTALACIÓN Y SOPORTE DE EQUIPAMIENTO NIVEL 3 Y SU GESTOR PARA EL PROYECTO MadQuantum-CM. FINANCIADO POR LA COMUNIDAD DE MADRID Y POR EL PLAN DE RECUPERACIÓN, TRANSFORMACIÓN Y RESILIENCIA - FINANCIADO POR LA UNIÓN EUROPEA - NetxGenerationEU. REDIMadrid - FUNDACIÓN IMDEA SOFTWARE

4.1.7. Verificación activa continua (Network Assurance)

1. El controlador de dominio IP deberá disponer de la capacidad de ejecución y generación de informes de pruebas de rendimiento (*performance monitoring*) a través del dominio IP.
2. El controlador de dominio IP deberá tener la capacidad de realizar pruebas de servicio como parte del proceso de diagnóstico en caso de fallos.
3. El controlador IP deberá ser capaz de orquestar la configuración de routers y agentes de pruebas, ya sea en formato de aplicación/contenedor o máquina virtual, para la ejecución de pruebas continuas o bajo demanda.
4. Los agentes de prueba deberán soportar al menos los siguientes tipos de pruebas:
 - DNS
 - HTTP
 - IPTV MPEG
 - Speedtest
 - OTT-HLS
 - RPM HTTP
 - RPM ICMP
 - RPM TCP
 - RPM UDP
 - ICMP
 - TCP
 - UDP
 - TWAMP Reflector
 - TWAMP / TWAMP Light
 - Y.1731 DM, SLM

CLÁUSULAS TÉCNICAS QUE HA DE REGIR EN EL CONTRATO DE SUMINISTRO, INSTALACIÓN Y SOPORTE DE EQUIPAMIENTO NIVEL 3 Y SU GESTOR PARA EL PROYECTO MadQuantum-CM. FINANCIADO POR LA COMUNIDAD DE MADRID Y POR EL PLAN DE RECUPERACIÓN, TRANSFORMACIÓN Y RESILIENCIA - FINANCIADO POR LA UNIÓN EUROPEA - NetxGenerationEU. REDIMadrid - FUNDACIÓN IMDEA SOFTWARE

4.1.8. 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.
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* 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.
5. El controlador de dominio IP deberá soportar la codificación JSON tanto según la RFC8259 como la RFC7951 del IETF para la interacción con elementos de red.
6. El controlador de dominio IP deberá soportar la telemetría nativa (propietaria) de los equipos indicados en el apartado 4.4, además de los ofertados.

CLÁUSULAS TÉCNICAS QUE HA DE REGIR EN EL CONTRATO DE SUMINISTRO, INSTALACIÓN Y SOPORTE DE EQUIPAMIENTO NIVEL 3 Y SU GESTOR PARA EL PROYECTO MadQuantum-CM. FINANCIADO POR LA COMUNIDAD DE MADRID Y POR EL PLAN DE RECUPERACIÓN, TRANSFORMACIÓN Y RESILIENCIA - FINANCIADO POR LA UNIÓN EUROPEA - NetxGenerationEU. REDIMadrid - FUNDACIÓN IMDEA SOFTWARE

4.1.9. Funcionalidades del gestor relativas a la gestión de usuarios

- El sistema de gestión debe permitir la creación, borrado y modificación de usuarios y perfiles de usuarios. De esta forma, los usuarios pueden pertenecer a diferentes dominios administrativos, en los que se definen las acciones que puede realizar dicho usuario.
- El acceso de los usuarios será autenticado (acceso seguro)
- El acceso de los usuarios será concurrente, incluso de diferentes dominios de gestión o administrativos. Se deben incluir, en caso de ser necesarias, las licencias para el acceso concurrente de, al menos, 10 usuarios diferentes.
- El sistema de gestión realizará accounting de las acciones de cada usuario; deberá guardar log de cada sesión y estadísticas relativas tanto a la sesión como por usuario y grupo, así como un histórico de dichos datos.

4.1.10. Soporte del fabricante del sistema de gestión

- El licitador deberá ofertar el soporte del sistema de gestión con una duración, de al menos, la ofertada para el equipamiento de nivel 3.
- El acceso remoto por parte del adjudicatario al sistema de gestión (por ejemplo, para labores de mantenimiento del propio sistema o del equipamiento óptico o amplificadores, o cuando sea necesario debido a una incidencia, o por cualquier otra causa o razón) se configurará de manera coordinada y bajo las directrices del NOC de REDIMadrid. Este acceso estará basado en túneles IPSec, VPNs o solución ofrecida por REDIMadrid y será responsabilidad del adjudicatario incluir todos los elementos necesarios para realizar este acceso remoto.

4.1.11. Versión Software y roadmap

1. El suministrador proporcionará en la entrega del proyecto las *release notes* de la versión software propuesta del controlador de dominio IP, así como los manuales de la misma.

CLÁUSULAS TÉCNICAS QUE HA DE REGIR EN EL CONTRATO DE SUMINISTRO, INSTALACIÓN Y SOPORTE DE EQUIPAMIENTO NIVEL 3 Y SU GESTOR PARA EL PROYECTO MadQuantum-CM. FINANCIADO POR LA COMUNIDAD DE MADRID Y POR EL PLAN DE RECUPERACIÓN, TRANSFORMACIÓN Y RESILIENCIA - FINANCIADO POR LA UNIÓN EUROPEA - NetxGenerationEU. REDIMadrid - FUNDACIÓN IMDEA SOFTWARE

2. El suministrador proporcionará en la entrega del proyecto el *roadmap* de evolución del controlador de dominio IP.

4.1.12. Seguridad

1. El acceso de usuarios al controlador de dominio IP deberá permitir la definición de roles con permisos diferenciados (*role-based access control* o RBAC) en cuanto a visibilidad, operaciones a llevar a cabo, etc.
2. El controlador de dominio IP deberá almacenar las operaciones ejecutadas por los diferentes usuarios que acceden a la plataforma.
3. Verificación automática si los dispositivos cumplen con las reglas definidas en el documento de referencia del Center for Internet Security (CIS).
4. Soporte de Security Content Automation Protocol (SCAP).
5. Verificación de la configuración, integridad y rendimiento del dispositivo y generación de una puntuación de confianza que determina la fiabilidad del dispositivo. El orquestador alertará cuando un dispositivo no cumple con las reglas prefijadas para ese tipo de dispositivos o en la red donde opera.
6. Soporte de Security Assertion Markup Language (SAML) y Lightweight Directory Access Protocol (LDAP) para agregar proveedores de identidad (IdPs) para la autenticación de usuarios.
7. Avisos del Equipo de Recursos para Incidentes de Seguridad (SIRT) para el dispositivo que enumeren las vulnerabilidades que afectan al dispositivo gestionado.

4.1.13. Inteligencia Artificial

1. **Operación de red:** El controlador de dominio IP contará con soporte de conectores LLM (Large Language Models) para permitir el uso de lenguaje natural en la consulta del estado de la red y en la obtención de información para resolución de problemas, sin necesidad de comandos CLI. Deberá soportar, al menos, conectores LLM como OpenAI GPT-4o, LLaMA 3.1 y Azure Open AI.

CLÁUSULAS TÉCNICAS QUE HA DE REGIR EN EL CONTRATO DE SUMINISTRO, INSTALACIÓN Y SOPORTE DE EQUIPAMIENTO NIVEL 3 Y SU GESTOR PARA EL PROYECTO MadQuantum-CM. FINANCIADO POR LA COMUNIDAD DE MADRID Y POR EL PLAN DE RECUPERACIÓN, TRANSFORMACIÓN Y RESILIENCIA - FINANCIADO POR LA UNIÓN EUROPEA - NetxGenerationEU. REDIMadrid - FUNDACIÓN IMDEA SOFTWARE

2. **Operación de red:** El controlador de dominio IP utilizará algoritmos y técnicas de inteligencia artificial (AI) y aprendizaje automático (ML) para procesar la telemetría, evaluar KPIs (Key Performance Indicators) de los dispositivos de red y detectar de forma automática anomalías y el estado de salud de los mismos.

3. **Planificación:** Se valorará mediante puntuación que el controlador IP disponga (aunque no se incluya la licencia) de una herramienta de gestión de capacidad y planificación. Esta herramienta deberá permitir simulaciones de cambios en modo offline, simulación de fallos, verificación de redundancias y construcción de diferentes modelos de red.
Deberá poder aprender la matriz de tráfico de la red para evaluar cómo respondería el tráfico ante los cambios simulados.

4. **Network Assurance:** Se valorará mediante puntuación que el controlador IP permita, como parte de la solución de verificación activa continua, la instalación del software de los agentes de prueba en los routers, ampliando así los tipos y parámetros de pruebas soportadas y permitiendo su orquestación de forma nativa.

4.1.14. Interoperabilidad e Integración

1. El controlador de dominio IP y los routers ofertados para MadQCI deberán integrarse plenamente, sin restricciones en las funcionalidades consideradas obligatorias en la presente especificación. No deberá ser necesaria la incorporación de plataformas software adicionales.

2. El controlador de dominio IP y los routers actuales de REDIMadrid deberán integrarse plenamente, sin restricciones en las funcionalidades consideradas obligatorias en la presente especificación. No deberá ser necesaria la incorporación de plataformas software adicionales.

CLÁUSULAS TÉCNICAS QUE HA DE REGIR EN EL CONTRATO DE SUMINISTRO, INSTALACIÓN Y SOPORTE DE EQUIPAMIENTO NIVEL 3 Y SU GESTOR PARA EL PROYECTO MadQuantum-CM. FINANCIADO POR LA COMUNIDAD DE MADRID Y POR EL PLAN DE RECUPERACIÓN, TRANSFORMACIÓN Y RESILIENCIA - FINANCIADO POR LA UNIÓN EUROPEA - NetxGenerationEU. REDIMadrid - FUNDACIÓN IMDEA SOFTWARE

4.1.15. Instalación y Licencias

- Se deben suministrar sin coste adicional, todas las licencias necesarias para el correcto funcionamiento del sistema de gestión en los términos descritos en el presente procedimiento de licitación, estas tienen que ser sin fecha de finalización, es decir, tienen que ser licencias ilimitadas en tiempo.
- El software de gestión podrá ser instalado en hardware dedicado (1), o en hardware virtualizado(2).

(1) En caso de que el adjudicatario opte por la primera opción (1):

- Se debe incluir el servidor o servidores con todas las características técnicas necesarias para el correcto funcionamiento del sistema de gestión. Se debe incluir el sistema operativo y todas las licencias necesarias para estos servidores.
- El adjudicatario se encargará de realizar la instalación y la total configuración del sistema de gestión y del sistema operativo de los servidores para lo cual deberá comunicar previamente las necesidades de recursos al personal de REDIMadrid.

(2) En caso de que el adjudicatario opte por la segunda opción (2) las características que están disponibles actualmente en REDIMadrid y por tanto las que debe cumplir la plataforma para su uso correcto, son las siguientes:

- 128GB RAM.
- 64 Core vCPU.
- KVM hypervisor.
- SDD 1,2TB.

4.1.16. Respecto al uso de Interfaces abiertas y de habilitación de SDN

SE DEBE TENER LAS SIGUIENTES CONSIDERACIONES:

- Independientemente de la arquitectura de la aplicación gestor de red, se debe incluir interfaces abiertas, basadas en estándares, para permitir la integración con otras plataformas de gestión.

CLÁUSULAS TÉCNICAS QUE HA DE REGIR EN EL CONTRATO DE SUMINISTRO, INSTALACIÓN Y SOPORTE DE EQUIPAMIENTO NIVEL 3 Y SU GESTOR PARA EL PROYECTO MadQuantum-CM. FINANCIADO POR LA COMUNIDAD DE MADRID Y POR EL PLAN DE RECUPERACIÓN, TRANSFORMACIÓN Y RESILIENCIA - FINANCIADO POR LA UNIÓN EUROPEA - NetxGenerationEU. REDIMadrid - FUNDACIÓN IMDEA SOFTWARE

- Estas interfaces abiertas basadas en estándares deben permitir consultar y extraer información de: inventario, números de serie, servicios, canales, información topológica de la red, etc.
- Se preferirá protocolos no pesados del tipo REST / JSON en el Northbound. Hacia los equipos se debe permitir la integración de elementos de red de diferentes fabricantes mediante APIs fácilmente accesibles como, por ejemplo, TL1, SNMP, CLI, CORBA, Netconf / RESTconf con modelos YANG.
- El marco de trabajo debe soportar una gestión de certificados para permitir conexiones seguras cuando se soportan por los protocolos de capas inferiores (por ejemplo, SSH / SSL).
- En el caso de querer integrar el gestor de red en un escenario SDN bajo la cobertura de un orquestador, el sistema ofertado debe disponer de:
 - Controlador SDN
 - NFV para virtualizar las funciones que sean susceptibles de ello.
 - SBI y NBI abiertos.
 - Desagregación del plano de control del plano de forwarding.
 - Modelo de representación de datos estándar.

4.2. Evolución del gestor durante el primer año

Los requisitos especificados en los apartados anteriores deberán estar plenamente operativos desde el momento de la instalación inicial del sistema, garantizando así su disponibilidad y funcionalidad desde el primer día de puesta en marcha.

No obstante, los requisitos descritos en la presente subsección podrán ser desplegados de manera progresiva a lo largo del primer año desde la aceptación formal del proyecto. Este periodo de un año coincide, salvo que se haya ofertado un periodo de mantenimiento mayor, con la fecha de finalización del mantenimiento, prevista para el 31 de diciembre de 2026.

CLÁUSULAS TÉCNICAS QUE HA DE REGIR EN EL CONTRATO DE SUMINISTRO, INSTALACIÓN Y SOPORTE DE EQUIPAMIENTO NIVEL 3 Y SU GESTOR PARA EL PROYECTO MadQuantum-CM. FINANCIADO POR LA COMUNIDAD DE MADRID Y POR EL PLAN DE RECUPERACIÓN, TRANSFORMACIÓN Y RESILIENCIA - FINANCIADO POR LA UNIÓN EUROPEA - NetxGenerationEU. REDIMadrid - FUNDACIÓN IMDEA SOFTWARE

En consecuencia, todos los requisitos recogidos en esta subsección deberán estar completamente implementados, funcionales y disponibles antes de dicha fecha límite. Será responsabilidad del adjudicatario asegurar que estos desarrollos se completen en el plazo establecido, sin que ello afecte al correcto funcionamiento ni a los compromisos adquiridos en el resto del proyecto.

- **Visualización de rutas con SR FlexAlgo:** Visualización de las rutas definidas mediante Segment Routing FlexAlgo.
- **Automatización de bucle cerrado (Closed-loop automation):** El controlador de dominio IP dispondrá de capacidades de automatización de bucle cerrado. Durante el transcurso del año 2026, se deberán describir sus características, requisitos asociados, y casos de uso. Se ampliará indicando si el sistema incluye mecanismos de auto-remediación, es decir, si puede ejecutar acciones correctivas de forma autónoma (o semi-autónoma) una vez detectada una desviación o fallo (mediante analíticas u otros medios), sin necesidad de intervención manual. Se detallará la capacidad del controlador para aplicar cambios automáticos en la red (reconfiguración de rutas, reasignación de recursos, aislamiento de elementos averiados, etc.), con el objetivo de restaurar el funcionamiento óptimo de la red según el *intent* definido, cerrando el bucle de control.
- **Funcionalidades de análisis de sostenibilidad:**
 - Escaneo del consumo de potencia.
 - Observabilidad del uso energético de los dispositivos de red.
- **Detección de anomalías de tráfico:**
 - Capacidades de detección automática de anomalías en la red IP mediante inteligencia artificial y aprendizaje automático.
 - Establecimiento de patrones de tráfico “normal” (baseline) y detección de desviaciones significativas, generando alarmas ante anomalías (incrementos anómalos, caídas bruscas o situaciones tipo *blackhole*).
 - Interfaces monitorizados: enlaces troncales y enlaces a terceros conectados a REDIMadrid, incluyendo la tabla general de rutas y servicios de VPN.

CLÁUSULAS TÉCNICAS QUE HA DE REGIR EN EL CONTRATO DE SUMINISTRO, INSTALACIÓN Y SOPORTE DE EQUIPAMIENTO NIVEL 3 Y SU GESTOR PARA EL PROYECTO MadQuantum-CM. FINANCIADO POR LA COMUNIDAD DE MADRID Y POR EL PLAN DE RECUPERACIÓN, TRANSFORMACIÓN Y RESILIENCIA - FINANCIADO POR LA UNIÓN EUROPEA - NetxGenerationEU. REDIMadrid - FUNDACIÓN IMDEA SOFTWARE

- La referencia de tráfico normal se establecerá dentro de una semana de funcionamiento.
- Alarmas configurables ante desviaciones respecto a la referencia (tanto incrementos como caídas), contemplando el *intent* de red.
- Monitorización del tráfico entrante y saliente por nodo (excluyendo tráfico local del nodo), permitiendo detectar situaciones de *blackhole*, con generación de alertas ante desviaciones del ratio entrada/salida respecto al baseline.
- Es obligatorio el uso de *streaming telemetry* como una de las fuentes de datos para el establecimiento de la referencia de tráfico normal, a fin de maximizar la precisión de las mediciones.

4.3. Casos de uso

Los siguientes casos de uso deben ser implementados en el gestor, desde la entrega del proyecto:

4.3.1. Caso de uso 1: Detección de anomalías de tráfico

Descripción: Detección de derivas de tráfico en los interfaces de la red, respecto del tráfico habitual.

Características:

- Los interfaces monitorizados serán tanto los troncales como los de conexión de equipos de terceros a REDIMadrid, tanto a la tabla general de rutas como a servicios de VPN.
- Se establecerá una referencia o *baseline* de tráfico normal dentro de una semana de funcionamiento.
- Se levantarán alarmas ante derivas de dicha referencia (han de contemplarse tanto incrementos como caídas del tráfico de referencia), siendo estas derivas configurables (desviaciones del *intent* de red).

CLÁUSULAS TÉCNICAS QUE HA DE REGIR EN EL CONTRATO DE SUMINISTRO, INSTALACIÓN Y SOPORTE DE EQUIPAMIENTO NIVEL 3 Y SU GESTOR PARA EL PROYECTO MadQuantum-CM. FINANCIADO POR LA COMUNIDAD DE MADRID Y POR EL PLAN DE RECUPERACIÓN, TRANSFORMACIÓN Y RESILIENCIA - FINANCIADO POR LA UNIÓN EUROPEA - NetxGenerationEU. REDIMadrid - FUNDACIÓN IMDEA SOFTWARE

- Adicionalmente, se monitorizará el tráfico entrante y saliente de cada elemento de red (excluyendo el tráfico propio del nodo), de modo que se puedan detectar situaciones de *blackhole* (tráfico entrante al nodo que no es encaminado a ningún destino), generando alarmas ante comportamientos anormales respecto al ratio entrada/salida del nodo, comparado con lo que su *baseline* marca como normal.
- Es obligatorio que *streaming telemetry* sea una de las fuentes de telemetría para el establecimiento de la referencia de tráfico “normal”, con el fin de maximizar la precisión del tráfico medido.

4.3.2. Caso de uso 2: Reporte de *performance monitoring*

Descripción: Orquestación del desempeño de la red por medio de pruebas activas de medición en tiempo real de latencia, jitter y pérdida de paquetes entre los nodos de red.

Características – PM de red:

- Active Assurance: KPIs L2-L7 basados en tráfico sintético/emulado.
- Los nodos de red tendrán configurado TWAMP de acuerdo con la RFC5357, “*A Two-Way Active Measurement Protocol (TWAMP)*”.
- La información será recuperada desde el controlador IP, permitiendo construir un cuadro de latencia, *jitter* y pérdida de paquetes entre todos los nodos de la red.
- Capacidad de separación del tráfico IPv4 e IPv6.

Características – PM de capas superiores:

- Se debe verificar que existe conectividad a internet desde los diferentes nodos de la red (servicio ofrecido a diferentes Universidades en Madrid).
- Se realizarán test continuos o pruebas bajo demanda a nivel de protocolo DNS, HTTP/HTTPS contra servidores o agentes controlados que permitan validar el correcto funcionamiento de capa 7.

CLÁUSULAS TÉCNICAS QUE HA DE REGIR EN EL CONTRATO DE SUMINISTRO, INSTALACIÓN Y SOPORTE DE EQUIPAMIENTO NIVEL 3 Y SU GESTOR PARA EL PROYECTO MadQuantum-CM. FINANCIADO POR LA COMUNIDAD DE MADRID Y POR EL PLAN DE RECUPERACIÓN, TRANSFORMACIÓN Y RESILIENCIA - FINANCIADO POR LA UNIÓN EUROPEA - NetxGenerationEU. REDIMadrid - FUNDACIÓN IMDEA SOFTWARE

Toda esta información deberá ser consultable por terceros o bien exportable hacia herramientas que puedan ofrecer diferentes cuadros de mando a terceros.

Los resultados de los tests deberán ser extraíbles a informes, con el fin de poder compartir esta información dentro y fuera de la organización.

4.3.3. Caso de uso 3: Reporte de *Gestión del ciclo de vida de los dispositivos*

Descripción: Administrar del ciclo de vida de los dispositivos.

Características: *Gestión de dispositivos y sus configuraciones:* Automatización de la incorporación de dispositivos via ZTP, desde la puesta en marcha al provisionamiento y configuración, permitiendo así que el dispositivo esté listo para cursar tráfico en producción. Gestionará también la copia de seguridad y restauración de las configuraciones

Gestión de software: actualizaciones/degradaciones de software, informes proactivos de fechas de fin de vida, así como defectos y vulnerabilidades.

Gestión de inventarios y licencias: inventario de componentes, reporte proactivo de fechas de EOL.

4.3.4. Caso de uso 4: Observabilidad

Descripción: La función de observabilidad permitirá monitorizar activamente el estado general del enrutamiento en la red y el estado de los dispositivos, incluyendo todos sus componentes hardware (line cards, routing engines, ópticas, memoria, CPU, power supplies, bandejas de ventilación) en tiempo real.

Características:

- Permite visualizar la topología de la red en tiempo real, obteniendo información de la red mediante el protocolo BGP-LS.
- Instanciación de túneles MPLS tanto basados en RSVP como en Segment Routing (SR).

CLÁUSULAS TÉCNICAS QUE HA DE REGIR EN EL CONTRATO DE SUMINISTRO, INSTALACIÓN Y SOPORTE DE EQUIPAMIENTO NIVEL 3 Y SU GESTOR PARA EL PROYECTO MadQuantum-CM. FINANCIADO POR LA COMUNIDAD DE MADRID Y POR EL PLAN DE RECUPERACIÓN, TRANSFORMACIÓN Y RESILIENCIA - FINANCIADO POR LA UNIÓN EUROPEA - NetxGenerationEU. REDIMadrid - FUNDACIÓN IMDEA SOFTWARE

- Notificación sobre problemas de red mediante alertas, alarmas y eventos, que pueden utilizarse para solucionar problemas que afectan a la red.
- Monitorización de rutas en tiempo real (IPv4 e IPv6).
- Estado de la conectividad y los datos del dispositivo:
 - KPIs tales como temperatura, energía, CPU y memoria.
 - Link Failure, RX Errors, TX Errors, y Link Flaps.
- Monitorización de KPIs del hardware de los dispositivos en tiempo real.
- Se deberá permitir la definición de reglas personalizadas para monitorizar KPIs a través de la información recogida mediante telemetría. Con estas reglas se deberá permitir la generación de alertas y la toma de acciones correctivas. Las alertas podrán visualizarse mediante un entorno gráfico con la cronología de las mismas.

4.3.5. Caso de uso 5: Confianza y Cumplimiento

Descripción: Esta capacidad verifica y cuantifica la confiabilidad de la red. Supervisa continuamente la infraestructura de red para medir el grado de confianza y los niveles de riesgo de cumplimiento, vulnerabilidad y deterioro de la integridad.

Características:

- Cuantifica la confiabilidad.
- Maximiza la fiabilidad y la seguridad.
- Identifica áreas de mejora en el rendimiento de los dispositivos.
- Facilita el cumplimiento mediante la automatización de comprobaciones e informes. Asegura el uso de buenas prácticas y recomendaciones del Center for Internet Security (CIS).
- Identifica vulnerabilidades para permitir una actuación proactiva.

CLÁUSULAS TÉCNICAS QUE HA DE REGIR EN EL CONTRATO DE SUMINISTRO, INSTALACIÓN Y SOPORTE DE EQUIPAMIENTO NIVEL 3 Y SU GESTOR PARA EL PROYECTO MadQuantum-CM. FINANCIADO POR LA COMUNIDAD DE MADRID Y POR EL PLAN DE RECUPERACIÓN, TRANSFORMACIÓN Y RESILIENCIA - FINANCIADO POR LA UNIÓN EUROPEA - NetxGenerationEU. REDIMadrid - FUNDACIÓN IMDEA SOFTWARE

- Prioriza las mejoras basándose en la puntuación de confianza.
- Integridad de la red: analiza el estado de fin de vida (EoL) de los dispositivos de red y del software en ejecución, reduciendo los problemas de soporte y los derivados del uso de hardware o software sin soporte del fabricante.

4.4. Requisitos de compatibilidad del gestor con hardware existente en MadQCI

Por razones de compatibilidad con equipamiento ya existente en MadQCI, el gestor ofertado debe ser totalmente compatible de acuerdo a los requisitos indicados en 4 con el siguiente equipamiento:

Red	Fabricante/Modelo	Versión SW	Unidades
MadQCI	Juniper MX204	20.4R3.8	5

5. Requisitos de Formación

A continuación se describen los requisitos de formación:

5.1. Requisitos de Formación del controlador de dominio IP

- Se requiere que le adjudicatario preste unas sesiones de formación de, al menos, 30 horas basadas en la gestión y operación del gestor de equipamiento IP indicado en el 4
- Idelamente, el programa de formación debe seguir el programa o cursos de formación oficiales del fabricante del equipamiento ofertado, aunque se acepta un curso realizado ad-hoc siempre que el curso tenga una calidad adecuada y similar a la de un curso de formación oficial. El plan de formación debe contemplar todos los módulos ofrecidos del gestor.

CLÁUSULAS TÉCNICAS QUE HA DE REGIR EN EL CONTRATO DE SUMINISTRO, INSTALACIÓN Y SOPORTE DE EQUIPAMIENTO NIVEL 3 Y SU GESTOR PARA EL PROYECTO MadQuantum-CM. FINANCIADO POR LA COMUNIDAD DE MADRID Y POR EL PLAN DE RECUPERACIÓN, TRANSFORMACIÓN Y RESILIENCIA - FINANCIADO POR LA UNIÓN EUROPEA - NetxGenerationEU. REDIMadrid - FUNDACIÓN IMDEA SOFTWARE

- Las sesiones de formación se realizarán en castellano, aunque la documentación oficial puede estar redactada en inglés o en español.
- La formación estará destinada, al menos, para 4 personas.
- El licitador será responsable del suministro del material de formación a los asistentes a las sesiones, este material debe ser material oficial que este diseñado para los cursos oficiales.
- Se requiere que el formador deberá tener una titulación y conocimientos acorde con la formación que se va a impartir, para este fin se solicitará datos del instructor antes de realizar la formación, REDIMadrid podrá decidir si el instructor está suficientemente formado.
- La formación debe incluir parte práctica, esta parte práctica se puede hacer sobre una maqueta física o lógica.
- La formación se realizará en el lugar y días que a tales efectos designe IMDEA Software, el mínimo ofertado es que la formación se realizará de manera online, pero se valorará mediante puntuación que la formación se realice físicamente en IMDEA Software.

6. Soporte

Se requiere que el adjudicatario preste un servicio de Garantía para todos los componentes objeto del Suministro: tanto el equipamiento de nivel 3, ofertado en el punto 3, como el gestor ofertado en el punto 4. También se debería soportar el sistema de gestión y todos los elementos (hardware y software) si el licitador ofreció su instalación.

El servicio de garantía tendrá una duración de, al menos, de **1 año** en modo NBD (Next Business Day) con reparación de repuestos y almacenaje de estos, teniendo en cuenta que siempre se tiene que ofertar la garantía para que el fin del soporte este sincronizada para que termine el 31/12 del año siguiente a la publicación de la petición de ofertas, además hay que tener en cuenta que el soporte en ningún caso entrara en servicio antes de la instalación del equipamiento.

CLÁUSULAS TÉCNICAS QUE HA DE REGIR EN EL CONTRATO DE SUMINISTRO, INSTALACIÓN Y SOPORTE DE EQUIPAMIENTO NIVEL 3 Y SU GESTOR PARA EL PROYECTO MadQuantum-CM. FINANCIADO POR LA COMUNIDAD DE MADRID Y POR EL PLAN DE RECUPERACIÓN, TRANSFORMACIÓN Y RESILIENCIA - FINANCIADO POR LA UNIÓN EUROPEA - NetxGenerationEU. REDIMadrid - FUNDACIÓN IMDEA SOFTWARE

Ejemplo aclaratorio:

- Fecha límite de presentación de ofertas 20/05/2025
- Instalación de equipamiento, por tanto, entrada en mantenimiento de los equipos 15/11/2025
- Garantía que se debe ofertar: desde 15/11/2025 hasta el 31/12/2026.

También esta incluida en el servicio de garantía la actualización de software de los equipamientos ofertados.

El ámbito de responsabilidad de la garantía del adjudicatario incluirá toda aquella electrónica de comunicaciones, elementos para el acondicionamiento, componentes, materiales, elementos pasivos etc., que se haya suministrado como parte del contrato.

Los requisitos del servicio de garantía son los siguientes:

- El suministrador del equipamiento es responsable de proporcionar la garantía in-situ para todo el equipamiento, elementos de acondicionamiento, componentes, materiales, etc.. que haya suministrado como parte del contrato.
- Aunque se establezcan estos ámbitos de responsabilidad de las infraestructuras, el conjunto será único en su funcionamiento para prestar un servicio de transporte de canales ópticos. En este sentido, la colaboración entre los distintos suministradores constituye una obligación del adjudicatario.
- Esta garantía incluirá, entre otros, los siguientes aspectos que se desarrollan en los apartados siguientes:
 - Versiones de software.
 - Actualización de software.
 - Soporte técnico.
 - Revisiones preventivas.

CLÁUSULAS TÉCNICAS QUE HA DE REGIR EN EL CONTRATO DE SUMINISTRO, INSTALACIÓN Y SOPORTE DE EQUIPAMIENTO NIVEL 3 Y SU GESTOR PARA EL PROYECTO MadQuantum-CM. FINANCIADO POR LA COMUNIDAD DE MADRID Y POR EL PLAN DE RECUPERACIÓN, TRANSFORMACIÓN Y RESILIENCIA - FINANCIADO POR LA UNIÓN EUROPEA - NetxGenerationEU. REDIMadrid - FUNDACIÓN IMDEA SOFTWARE

- Actuaciones correctivas, donde se incluye la reposición e instalación de nuevos componentes que sustituyan a aquellos averiados.
- Actuaciones preventivas.
- Intervenciones programadas.
- Generación de informes.
- La garantía que se requiere aplica tanto al equipamiento suministrado (equipamiento como el cableado o chasis por ejemplo).
- El modelo de garantía requerido **NO** contempla en ningún caso que REDIMadrid deba disponer de un stock de repuestos de su propiedad, los repuestos deben gestionarlos el licitador en sus instalaciones.
- Las condiciones establecidas para los repuestos, se detallan a continuación:
 - Los repuestos no pueden estar físicamente en stock en los almacenes de REDIMadrid
 - Toda la gestión de los repuestos será responsabilidad del licitador.
 - A todos los efectos de cara a REDIMadrid el soporte será NBD bajo las condiciones indicadas en este punto 6
 - Una vez terminado el periodo de garantía de 1 año o el ofertado por el licitador si es mayor, los repuestos pasarán a gestionarse por el nuevo responsable del soporte de los equipos, por tanto a todos los efectos los repuestos serán propiedad de REDIMadrid.
 - De cara a hacer acopio de repuestos, estos repuestos se deben calcular de acuerdo a:
 - Si el plan de reparaciones ofrecido es Repair & Return hasta 30 días”, se debe ofertar 1 repuesto de cada pieza hardware (HW) incluido en la oferta.
 - Si el plan de reparaciones ofrecido es Repair & Return es más de 30 días”, 1 repuesto de cada pieza hardware (HW) incluido en la oferta, más 1 repuesto adicional de todas las unidades activas.

CLÁUSULAS TÉCNICAS QUE HA DE REGIR EN EL CONTRATO DE SUMINISTRO, INSTALACIÓN Y SOPORTE DE EQUIPAMIENTO NIVEL 3 Y SU GESTOR PARA EL PROYECTO MadQuantum-CM. FINANCIADO POR LA COMUNIDAD DE MADRID Y POR EL PLAN DE RECUPERACIÓN, TRANSFORMACIÓN Y RESILIENCIA - FINANCIADO POR LA UNIÓN EUROPEA - NetxGenerationEU. REDIMadrid - FUNDACIÓN IMDEA SOFTWARE

- La garantía incluirá todas las intervenciones que sean necesarias, tanto in-situ como en remoto, de forma que se resuelvan y/o ejecuten de forma óptima y con calidad todas las actividades, revisiones, procedimientos, etc., cubiertas por la garantía.
- El servicio incluirá la instalación de nuevas versiones de software y parches, tanto aquellas necesarias para solucionar problemas de la operativa del equipamiento como versiones nuevas que soporten nuevas funcionalidades que REDIMadrid considere de interés para la red óptica o aquellas versiones nuevas que se requieran por dependencias tecnológicas entre aplicativos software y/o hardware en una misma máquina. Las anteriores cargas serán ejecutadas por el adjudicatario de conformidad con el plan y las ventanas de mantenimiento que establezca REDIMadrid. El adjudicatario realizará la carga de la versión in-situ si fuera necesario. Estos trabajos no tendrán coste adicional para REDIMadrid.
- REDIMadrid podrá seleccionar la versión de software que desea cargar de entre las existentes en ese momento, aunque no sea la más reciente. Para realizar esta selección, el adjudicatario deberá proporcionar a REDIMadrid la información técnica detallada de cada nueva versión software del sistema operativo de los equipos. La información deberá ser tan detallada como sea necesario de tal modo que REDIMadrid pueda evaluar la conveniencia o no de la actualización, siendo responsable el adjudicatario de satisfacer todas las dudas y preguntas y/o aportar la información que sea necesaria. Esta información se facilitará a REDIMadrid tan pronto las nuevas versiones hayan sido liberadas por el fabricante para su utilización.
- El servicio de garantía incluirá las actualizaciones de microcódigo u otros módulos o licencias tantas veces como sea necesario para el funcionamiento óptimo de los equipos. Estas actualizaciones, al igual que las cargas de nuevas versiones de software, serán realizadas por el adjudicatario.
- El adjudicatario será responsable de realizar los ajustes necesarios en las configuraciones de los equipos implicados para adaptarlas a la nueva versión del software o licencias cargadas u otras actualizaciones de software o licencias que se hubieran realizado. Estos trabajos se realizarán bajo la coordinación de REDIMadrid. El alcance del servicio de garantía incluye a todos los componentes objeto del Suministro y consiste en:

CLÁUSULAS TÉCNICAS QUE HA DE REGIR EN EL CONTRATO DE SUMINISTRO, INSTALACIÓN Y SOPORTE DE EQUIPAMIENTO NIVEL 3 Y SU GESTOR PARA EL PROYECTO MadQuantum-CM. FINANCIADO POR LA COMUNIDAD DE MADRID Y POR EL PLAN DE RECUPERACIÓN, TRANSFORMACIÓN Y RESILIENCIA - FINANCIADO POR LA UNIÓN EUROPEA - NetxGenerationEU. REDIMadrid - FUNDACIÓN IMDEA SOFTWARE

- La garantía debe cubrir los siguientes niveles:
 - **Nivel 1/Tier 1:** Este es el nivel de soporte inicial, que cubre la responsabilidad de las incidencias básicas. El Nivel 1 recibirá alarmas que se enviarán desde los sistemas de gestión y se tendrán que tratar. Se realizará un trabajo proactivo de las incidencias también a través del sistema de monitorización.
 - **Nivel 2/Tier 2:** Soporte técnico teniendo en cuenta áreas del conocimiento más especializadas en la incidencia. se escalará la incidencia desde el Nivel 1, De esta manera, el soporte de segundo nivel lo realizan personas especializadas en los equipos ofertados en la presente petición de oferta, y son responsables de personarse físicamente en un PdP para solucionar un problema con la ayuda del fabricante. También son responsables de realizar cambios de hardware si fuera necesario. Este nivel se requiere que sea el que "traduzca" al nivel 3 el problema exacto que existe y que se tiene que identificar desde la incidencia escalada desde el Nivel 1, en este sentido se solicita que el Nivel 2 sea un nivel cercano y que tenga un conocimiento extenso de la red de REDIMadrid.
 - **Nivel 3/Tier 3:** Soporte técnico del fabricante, en el que se escalará la incidencia a Nivel 3 (fabricante) desde el Nivel 2. Los técnicos asignados a este nivel son expertos y son responsables, no solo para ayudar al personal de los otros niveles 1 y 2 sino también para investigación y desarrollo de soluciones a los problemas nuevos o desconocidos teniendo en cuenta áreas del conocimiento más especializadas y conocimientos internos de fabricante.
- La empresa adjudicataria establecerá un servicio de monitorización, recepción de alarmas y recepción de llamadas de incidencias 24x7x365 con su consiguiente procesamiento según los tiempos establecidos en la sección 6. Este centro de gestión de incidencias de red debe estar accesible por REDIMadrid al menos un 99,9 % del tiempo a través de teléfono con atención en castellano.
- El soporte Nivel 1 y Nivel 2 debe ofrecerse en idioma **Español**.
- Los técnicos que atienden el Nivel 1 deben ser distintos de los que atienden el Nivel 2. Para esto, se deben identificar y proporcionar correos electrónicos y números de teléfono de contacto diferentes para cada nivel.
- Todas las necesidades y prestaciones que se requieren para la garantía especificada en este apartado deben ser proporcionadas **directamente** por el adjudicatario del

CLÁUSULAS TÉCNICAS QUE HA DE REGIR EN EL CONTRATO DE SUMINISTRO, INSTALACIÓN Y SOPORTE DE EQUIPAMIENTO NIVEL 3 Y SU GESTOR PARA EL PROYECTO MadQuantum-CM. FINANCIADO POR LA COMUNIDAD DE MADRID Y POR EL PLAN DE RECUPERACIÓN, TRANSFORMACIÓN Y RESILIENCIA - FINANCIADO POR LA UNIÓN EUROPEA - NetxGenerationEU. REDIMadrid - FUNDACIÓN IMDEA SOFTWARE

contrato, entendiendo que el soporte de alto nivel (Nivel 3) se contratará directamente al fabricante original del hardware, permitiendo también que el soporte de Nivel 2 se contrate al fabricante original del hardware, aunque solo está permitido que el Nivel 2 se contrata el fabricante original si los grupos que harán el Nivel 2 y el Nivel 3 dentro del fabricante están atendidos por distintos grupos de personas, en relación a lo anterior no se permite que el licitador contrate a otro integrador de los equipos licitados para realizar la garantía y tampoco se permite que el fabricante original contrate a otro integrador para dar el soporte final del licitador, solo está permitido con respecto al párrafo anterior que el licitador o fabricante contrate a otro integrador para la dar el soporte físico, es decir, para personarse físicamente en el PdP de cara a solucionar un problema hardware (cambiar una tarjeta por ejemplo) o conectarse en local al equipo, la razón de no poder subcontratar el Nivel 2 es porque es un nivel de soporte muy especializado y sería necesario que las personas que ofrezcan esta garantía tengan una formación adecuada a este nivel de especialidad. A estos efectos, el adjudicatario tiene la responsabilidad de ser garante y responder de la correcta ejecución de la garantía por parte del fabricante, satisfaciendo los requisitos del presente documento, dado que su función es en algunos casos la de contratar el servicio de Nivel 3 con el fabricante con la garantía de calidad requerida y en otros traspasar el soporte de Nivel 2/3 al fabricante del hardware.

- IMDEA Software tendrá acceso directo, 24 horas al día, todos los días del año, al centro de soporte de los fabricantes de los componentes objeto del Suministro, vía teléfono, correo electrónico y herramienta o aplicación web de soporte al cliente, si existiera. IMDEA Software también tendrá acceso directo a la herramienta de ticketing para gestión de incidencias que tenga el fabricante, con objeto de poder abrir incidencias directamente o hacer seguimiento de aquellas que hubiera podido abrir directamente el adjudicatario. Con estos accesos, IMDEA Software podrá realizar consultas técnicas, abrir incidencias, hacer seguimiento de incidencias que hubieran sido abiertas por el adjudicatario, acceder a documentación privada, así como obtener parches y actualizaciones o cualquiera de las nuevas versiones software liberadas por el fabricante que puedan ser cargadas y puestas en operación en los equipos.
- El adjudicatario proporcionará soporte técnico, cuando sea requerido por REDIMadrid, sobre el funcionamiento, operación y configuración (incluidas todas las

CLÁUSULAS TÉCNICAS QUE HA DE REGIR EN EL CONTRATO DE SUMINISTRO, INSTALACIÓN Y SOPORTE DE EQUIPAMIENTO NIVEL 3 Y SU GESTOR PARA EL PROYECTO MadQuantum-CM. FINANCIADO POR LA COMUNIDAD DE MADRID Y POR EL PLAN DE RECUPERACIÓN, TRANSFORMACIÓN Y RESILIENCIA - FINANCIADO POR LA UNIÓN EUROPEA - NetxGenerationEU. REDIMadrid - FUNDACIÓN IMDEA SOFTWARE

funcionalidades soportadas en las versiones de software actuales y en aquellas nuevas que pudieran ser instaladas durante la ejecución del contrato) de los componentes objeto del Suministro, así como para el análisis y gestión de cualquier anomalía.

- El licitador debe ser **partner o socio oficial** del fabricante del equipamiento suministrado para el equipamiento indicado en el punto 2.4. No obstante, también se permitirá la participación de partners con una categoría un paso inferior, siempre que acrediten que la oferta presentada cuenta con la adscripción de un técnico que posea la certificación más alta otorgada por el fabricante dentro del segmento Service Provider.
- Se considera incidencia a:
 - cualquier situación que suponga la interrupción o degradación de cualquiera de los servicios configurados y/o soportados por los componentes objeto del Suministro.
 - cualquier situación que suponga que alguna de las funcionalidades del equipo, aun cuando no afecte a los servicios configurados, no opere con total normalidad, esté degradada o interrumpida.
 - cualquier situación que suponga que la gestión del equipo no es viable o está degradada o no funciona con total normalidad.
 - cualquier situación que suponga que el sistema de alimentación eléctrica (rectificador y/o baterías) de los equipos ópticos en cualquiera de los Puntos de Presencia de no funciona con total normalidad.
- El adjudicatario deberá disponer del stock necesario para cumplir estos tiempos de respuesta. REDIMadrid se reserva el derecho de auditar dicho stock.
- Se entiende por Tiempo Máximo de Reposición de Hardware (TMRH) aquel que transcurre entre el momento en que el fabricante determina que hay que sustituir un elemento hardware y el momento en que llega al destino indicado en la gestión de la sustitución. El TMRH que se solicita en el presente contrato es de NBD (Next Business Day).
- Las incidencias se clasifican en tres tipos, en función de su severidad. El nivel de severidad de una incidencia será asignado y/o modificado por REDIMadrid. En

CLÁUSULAS TÉCNICAS QUE HA DE REGIR EN EL CONTRATO DE SUMINISTRO, INSTALACIÓN Y SOPORTE DE EQUIPAMIENTO NIVEL 3 Y SU GESTOR PARA EL PROYECTO MadQuantum-CM. FINANCIADO POR LA COMUNIDAD DE MADRID Y POR EL PLAN DE RECUPERACIÓN, TRANSFORMACIÓN Y RESILIENCIA - FINANCIADO POR LA UNIÓN EUROPEA - NetxGenerationEU. REDIMadrid - FUNDACIÓN IMDEA SOFTWARE

el momento de abrir una incidencia REDIMadrid asignará el nivel de severidad. Si la incidencia hubiera sido abierta por el adjudicatario, el nivel de severidad inicial podrá ser modificado por REDIMadrid. El adjudicatario solo podrá modificarlo para elevar la severidad. El adjudicatario necesitará el visto bueno de REDIMadrid para disminuir la severidad de una incidencia.

Nivel de severidad	Descripción	Tiempo de resolución *
Alto	Problemas que impiden o degradan el funcionamiento de todos o parte de los servicios o funcionalidades configurados en cualquiera de los equipos.	6 horas laborables/NBD para cambio hardware
Medio	Problemas que no afectan al funcionamiento de los servicios o funcionalidades configuradas	Dos días laborables
Bajo	Requerimientos de información y clarificación sobre aspectos técnicos relacionados con el funcionamiento operación y configuración de equipos	Cinco días laborables

Según esta clasificación, para cada nivel de severidad se requiere un tiempo de respuesta máximo en el que un técnico cualificado atenderá la incidencia:

Nivel de severidad	Tiempo de respuesta (incluido en el tiempo de resolución)
Alto	15 minutos
Medio	2 horas
Bajo	24 horas

*En el caso que se identifique como posible solución de la incidencia el reemplazo o sustitución hardware, el Tiempo de Resolución no forma parte del Tiempo de Total de la incidencia. No es así en el caso del Tiempo de Respuesta que si se incluye en el Tiempo de Resolución, así por ejemplo en un caso de severidad alta ocurrida en un PdP con Tiempo Máximo de Reposición de Hardware (TMRH) de NBD, el plazo máximo para corregir el fallo sería de 10 horas laborables, donde 6 horas laborales corresponden a la fase de análisis de la incidencia (o Tiempo de Resolución) y 4 horas corresponden al plazo máximo para realizar una correcta sustitución hardware el siguiente día laboral.

CLÁUSULAS TÉCNICAS QUE HA DE REGIR EN EL CONTRATO DE SUMINISTRO, INSTALACIÓN Y SOPORTE DE EQUIPAMIENTO NIVEL 3 Y SU GESTOR PARA EL PROYECTO MadQuantum-CM. FINANCIADO POR LA COMUNIDAD DE MADRID Y POR EL PLAN DE RECUPERACIÓN, TRANSFORMACIÓN Y RESILIENCIA - FINANCIADO POR LA UNIÓN EUROPEA - NetxGenerationEU. REDIMadrid - FUNDACIÓN IMDEA SOFTWARE

El horario de atención de los diferentes niveles de mantenimiento debe ser el siguiente:

Nivel de mantenimiento	Horario de atención
Atención de incidencias L1	24x7
Soporte L2	8x5 laborables
Soporte L3	8x5 laborales
Sustitución de repuestos on site	NBD

- Se define como tiempo total de una incidencia el comprendido entre el momento en que un problema se origina y el momento de su resolución, y por tanto, están incluidos en dicho periodo el tiempo de resolución y el tiempo de reposición de hardware, que son independientes entre sí, en caso que fuera necesaria dicha reposición para resolver la incidencia.
- El plazo se inicia cuando el centro de soporte del fabricante o del adjudicatario (lo que antes ocurra) identifiquen la sustitución del hardware como solución de la incidencia. El reloj que contabiliza el tiempo o plazo máximo para realizar la sustitución no se detiene hasta que el hardware no haya sido correctamente reemplazado. Así, por ejemplo, podrían ser necesarias actualizaciones del sistema operativo para que el nuevo hardware fuera reconocido o bien para que las features configuradas recuperaran la operatividad. La ejecución de estas tareas, y otras que fueran necesarias para la correcta operatividad del hardware en el conjunto de la red, quedan incluidas en el plazo máximo de reposición o sustitución.
- se mantendrá informado a REDIMadrid en todo momento y de manera detallada de cualquier acción a tomar para la resolución de la incidencia.
- Siempre que el adjudicatario gestione una incidencia de forma directa con el centro de soporte del fabricante, REDIMadrid estará siempre en copia de todos los mensajes intercambiados o mensajes de actualización en el seguimiento de la incidencia a través de la herramienta de ticketing que para este objeto tena el fabricante.
- El adjudicatario mantendrá informado regularmente a REDIMadrid y a los clientes afectados sobre el proceso que se sigue para reparar el fallo, de acuerdo con los tiempos de actualización en función de su severidad.

CLÁUSULAS TÉCNICAS QUE HA DE REGIR EN EL CONTRATO DE SUMINISTRO, INSTALACIÓN Y SOPORTE DE EQUIPAMIENTO NIVEL 3 Y SU GESTOR PARA EL PROYECTO MadQuantum-CM. FINANCIADO POR LA COMUNIDAD DE MADRID Y POR EL PLAN DE RECUPERACIÓN, TRANSFORMACIÓN Y RESILIENCIA - FINANCIADO POR LA UNIÓN EUROPEA - NetxGenerationEU. REDIMadrid - FUNDACIÓN IMDEA SOFTWARE

Nivel de severidad	Descripción	Tiempo de Actualización
Alto	Problemas que impiden o degradan el funcionamiento de todos o parte de los servicios o funcionalidades configurados en cualquiera de los equipos. Se incluyen los problemas que ocurran cuyo origen esté localizado en los latiguillos.	Cada hora en horario laboral.
Medio	Problemas que no afectan al funcionamiento de los servicios o funcionalidades configuradas.	Cada 3 horas en horario laboral.
Bajo	Requerimientos de información y clarificación sobre aspectos técnicos relacionados con el funcionamiento, operación y configuración de equipos.	Cada 6 horas en horario laboral.

- Una incidencia se cerrará cuando el NOC de REDIMadrid haya aceptado dicho cierre, lo que normalmente se producirá cuando el servicio se haya restablecido y estabilizado, se hayan eliminado o corregido las causas que originaban los problemas en el servicio y se haya informado al NOC de dichas causas y confirmado que éstas se han eliminado. Si después de cerrar una incidencia se vuelven a presentar los mismos fallos que se pensó que estaban resueltos se reabrirá la misma incidencia anterior.
- En un plazo no superior a 48 horas desde el cierre del caso, el adjudicatario enviará un informe detallado sobre la incidencia a REDIMadrid. Todos los informes deben realizarse en una plantilla que contiene un encabezado con logotipos de uso obligatorio en la documentación administrativa del contrato.

El informe recogerá, como mínimo, los siguientes datos:

- Hora de comienzo de la incidencia.
- Hora de fin de la incidencia.
- Descripción de la causa.
- Actuaciones para solucionarla.
- Datos de contacto de las personas que han participado en su resolución.

CLÁUSULAS TÉCNICAS QUE HA DE REGIR EN EL CONTRATO DE SUMINISTRO, INSTALACIÓN Y SOPORTE DE EQUIPAMIENTO NIVEL 3 Y SU GESTOR PARA EL PROYECTO MadQuantum-CM. FINANCIADO POR LA COMUNIDAD DE MADRID Y POR EL PLAN DE RECUPERACIÓN, TRANSFORMACIÓN Y RESILIENCIA - FINANCIADO POR LA UNIÓN EUROPEA - NetxGenerationEU. REDIMadrid - FUNDACIÓN IMDEA SOFTWARE

- Si el adjudicatario hiciera uso de una solución provisional para solventar la incidencia, se incluirá el detalle técnico de dicha solución y la propuesta de implantación de la solución definitiva (incluyendo tanto una descripción técnica como plazos)
- Otros datos de interés.
- Una incidencia se volverá a abrir si se presentan de nuevo los mismos fallos que había sido dados por resueltos.
- El adjudicatario deberá realizar las actuaciones remotas y/o in-situ como proporcionar el soporte técnico necesario para atender y solucionar las incidencias o problemas que puedan aparecer en los componentes objeto del suministro o en los servicios configurados y/o soportados sobre los mismos hasta que se restablezca su funcionamiento normal, es decir, el que tenía antes de que surgiera la incidencia o problema.
- Dichas actuaciones consistirán, entre otras, en trabajo de diagnóstico de mal funcionamiento de los componentes objeto del suministro y/o las funcionalidades configuradas y/o soportadas sobre los mismos, modificación de configuraciones, carga de versiones de software, apertura de incidencias o casos con el fabricante, revisión de elementos pasivos, realización de bucles, soporte y colaboración técnica con cualquiera de los suministradores y proveedores de otros servicios conectados o relacionados directamente con los componentes objeto del Suministro. y si fuera necesario, la reposición o sustitución del componente o pieza modular del componente afectado por la incidencia.
- Estas actuaciones podrán ser realizadas in-situ o bien en remoto, según la naturaleza de la incidencia requiera, para que la resolución sea eficiente y se mantenga la garantía y calidad de las prestaciones configuradas en los componentes objeto del Suministro.
- Las actuaciones se realizarán a petición expresa de REDIMadrid, o de aquella empresa o institución en la que REDIMadrid delegue, o por iniciativa del adjudicatario como parte del proceso de resolución de la incidencia.

CLÁUSULAS TÉCNICAS QUE HA DE REGIR EN EL CONTRATO DE SUMINISTRO, INSTALACIÓN Y SOPORTE DE EQUIPAMIENTO NIVEL 3 Y SU GESTOR PARA EL PROYECTO MadQuantum-CM. FINANCIADO POR LA COMUNIDAD DE MADRID Y POR EL PLAN DE RECUPERACIÓN, TRANSFORMACIÓN Y RESILIENCIA - FINANCIADO POR LA UNIÓN EUROPEA - NetxGenerationEU. REDIMadrid - FUNDACIÓN IMDEA SOFTWARE

7. Penalizaciones

- Las penalizaciones se detraerán del importe pendiente de pago al adjudicatario (garantía definitiva), En caso de que no existan cantidades pendientes de pago, las penalizaciones se harán efectivas con cargo al aval referido en el Pliego de Prescripciones Jurídicas.
- Se penalizará no ejecutar (o hacerlo de forma incorrecta) los procedimientos establecidos en el servicio de garantía ocurridos sobre los componentes del Suministro (o alguna de sus piezas). Esta penalización se aplicará mensualmente y será de 500 euro por cada vez que la ejecución de los procedimientos establecidos no se realice conforme a los mismos.
- Hasta un 3 por 100 del importe del contrato, por cada semana de retraso en los tiempos de ejecución del mismo o en las entregas de productos y entregables establecidos en el presente Pliego.
- Se penalizará el incumplimiento de los tiempos máximos especificados para la reposición o sustitución de componentes hardware. La penalización se calculará mensualmente, queda establecida según se describe a continuación:

Retraso en la sustitución	Penalización a aplicar por cada componente hardware a sustituir
Primera hora de retraso	100 euros
Segunda hora de retraso	200 euros
Tercera hora y siguientes	400 euros por cada hora o fracción, a partir de la tercera hora

- Se penalizará el incumplimiento de los tiempos máximos especificados para la resolución de incidencias. La penalización, que se calculará mensualmente, queda establecida según se describe a continuación:

CLÁUSULAS TÉCNICAS QUE HA DE REGIR EN EL CONTRATO DE SUMINISTRO, INSTALACIÓN Y SOPORTE DE EQUIPAMIENTO NIVEL 3 Y SU GESTOR PARA EL PROYECTO MadQuantum-CM. FINANCIADO POR LA COMUNIDAD DE MADRID Y POR EL PLAN DE RECUPERACIÓN, TRANSFORMACIÓN Y RESILIENCIA - FINANCIADO POR LA UNIÓN EUROPEA - NetxGenerationEU. REDIMadrid - FUNDACIÓN IMDEA SOFTWARE

Retraso en la resolución de incidencias	Penalización que se aplicara por el retraso en la resolución de una incidencia con nivel de severidad alta
Primera hora de retraso	100 euros
Segunda hora de retraso	200 euros
Tercera hora y siguientes	400 euros por cada hora o fracción, a partir de la tercera hora

Retraso en la resolución de incidencias	Penalización que se aplicara por el retraso en la resolución de una incidencia con nivel de severidad media
12 horas iniciales de retraso o fracción	50 euros
12 horas siguientes de retraso o fracción	100 euros
Por cada intervalo adicional de 12 horas de retraso o fracción	300 euros

Retraso en la resolución de incidencias	Penalización que se aplicara por el retraso en la resolución de una incidencia con nivel de severidad baja
24 horas iniciales de retraso o fracción	20 euros
24 horas siguientes de retraso o fracción	50 euros
Por cada intervalo adicional de 24 horas de retraso o fracción	100 euros

- Se penalizarán aquellas intervenciones programadas que no hubieran sido ejecutadas correctamente. En concreto, serán penalizables manipulaciones indebidas y actuaciones que causaran la no disponibilidad de servicios que no estuvieran

CLÁUSULAS TÉCNICAS QUE HA DE REGIR EN EL CONTRATO DE SUMINISTRO, INSTALACIÓN Y SOPORTE DE EQUIPAMIENTO NIVEL 3 Y SU GESTOR PARA EL PROYECTO MadQuantum-CM. FINANCIADO POR LA COMUNIDAD DE MADRID Y POR EL PLAN DE RECUPERACIÓN, TRANSFORMACIÓN Y RESILIENCIA - FINANCIADO POR LA UNIÓN EUROPEA - NetxGenerationEU. REDIMadrid - FUNDACIÓN IMDEA SOFTWARE

afectados por la intervención programada. La penalización se calculará de forma mensual y será de 300 euros por cada intervención programada que no hubiera sido ejecutada correctamente.

8. Informes

8.1. Informes Regulares

El adjudicatario suministrará mensualmente, durante la duración del contrato, a IMDEA Software un informe técnico.

La documentación administrativa del contrato, incluyendo todos los informes que se remitan por el contratista, deberán contener un encabezado con logotipos de uso obligatorio. Si el contratista desea incluir su logotipo, deberá consultar la manera adecuada de hacerlo, teniendo que ser aprobado para asegurar el cumplimiento de las medidas de publicidad de los financiadores (Comunidad de Madrid y Ministerio de Ciencia e Innovación a través del Plan de Transformación y Resiliencia con Fondos NextGeneration-EU).

El informe debe enviarse, como máximo en los cinco días laborables siguientes al final del mes. Este informe se enviará por correo electrónico y contendrá, al menos, la información que a continuación se detalla:

- Hora de comienzo de la incidencia.
- Hora de fin de la incidencia.
- Descripción de la causa.
- Actuaciones para solucionarla.
- Otros datos de interés.

No obstante, esta estructura podrá ser modificada a petición de IMDEA Software en cualquier momento. Con la información de la que IMDEA Software disponga de las

CLÁUSULAS TÉCNICAS QUE HA DE REGIR EN EL CONTRATO DE SUMINISTRO, INSTALACIÓN Y SOPORTE DE EQUIPAMIENTO NIVEL 3 Y SU GESTOR PARA EL PROYECTO MadQuantum-CM. FINANCIADO POR LA COMUNIDAD DE MADRID Y POR EL PLAN DE RECUPERACIÓN, TRANSFORMACIÓN Y RESILIENCIA - FINANCIADO POR LA UNIÓN EUROPEA - NetxGenerationEU. REDIMadrid - FUNDACIÓN IMDEA SOFTWARE

incidencias del mes se evaluará el informe enviado y, de ser necesario, se abrirá un periodo de diálogo para aclarar aquellos datos en los que se detecten discrepancias. El adjudicatario enviará un informe final actualizado.

8.2. Informes Especiales

IMDEA Software podrá solicitar un informe especial sobre un problema determinado. El adjudicatario deberá confirmar a IMDEA Software la recepción de la petición inmediatamente y suministrar un borrador del informe (causa del problema y acciones tomadas para su solución) en las 24 horas siguientes a la recepción de la petición. El informe completo deberá enviarse a IMDEA Software durante los cinco días laborables siguientes, estos informes tienen que llevar los iconos necesarios de acuerdo al marco del proyecto. El informe incluirá, al menos, descripción detallada y completa del problema y su impacto, resumen de todas las acciones llevadas a cabo para resolver el problema e información detallada de las medidas tomadas para prevenir la repetición del problema. El informe se enviará por correo electrónico.

9. Consultas y Contacto

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

Asunto: Equipos IP-Gestor MadQCI.

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.



VICEPRESIDENCIA,
CONSEJERÍA DE EDUCACIÓN
Y UNIVERSIDADES



Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU

CLÁUSULAS TÉCNICAS QUE HA DE REGIR EN EL CONTRATO DE SUMINISTRO, INSTALACIÓN Y SOPORTE DE EQUIPAMIENTO NIVEL 3 Y SU GESTOR PARA EL PROYECTO MadQuantum-CM. FINANCIADO POR LA COMUNIDAD DE MADRID Y POR EL PLAN DE RECUPERACIÓN, TRANSFORMACIÓN Y RESILIENCIA - FINANCIADO POR LA UNIÓN EUROPEA - NetxGenerationEU. REDIMadrid - FUNDACIÓN IMDEA SOFTWARE

10. 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.