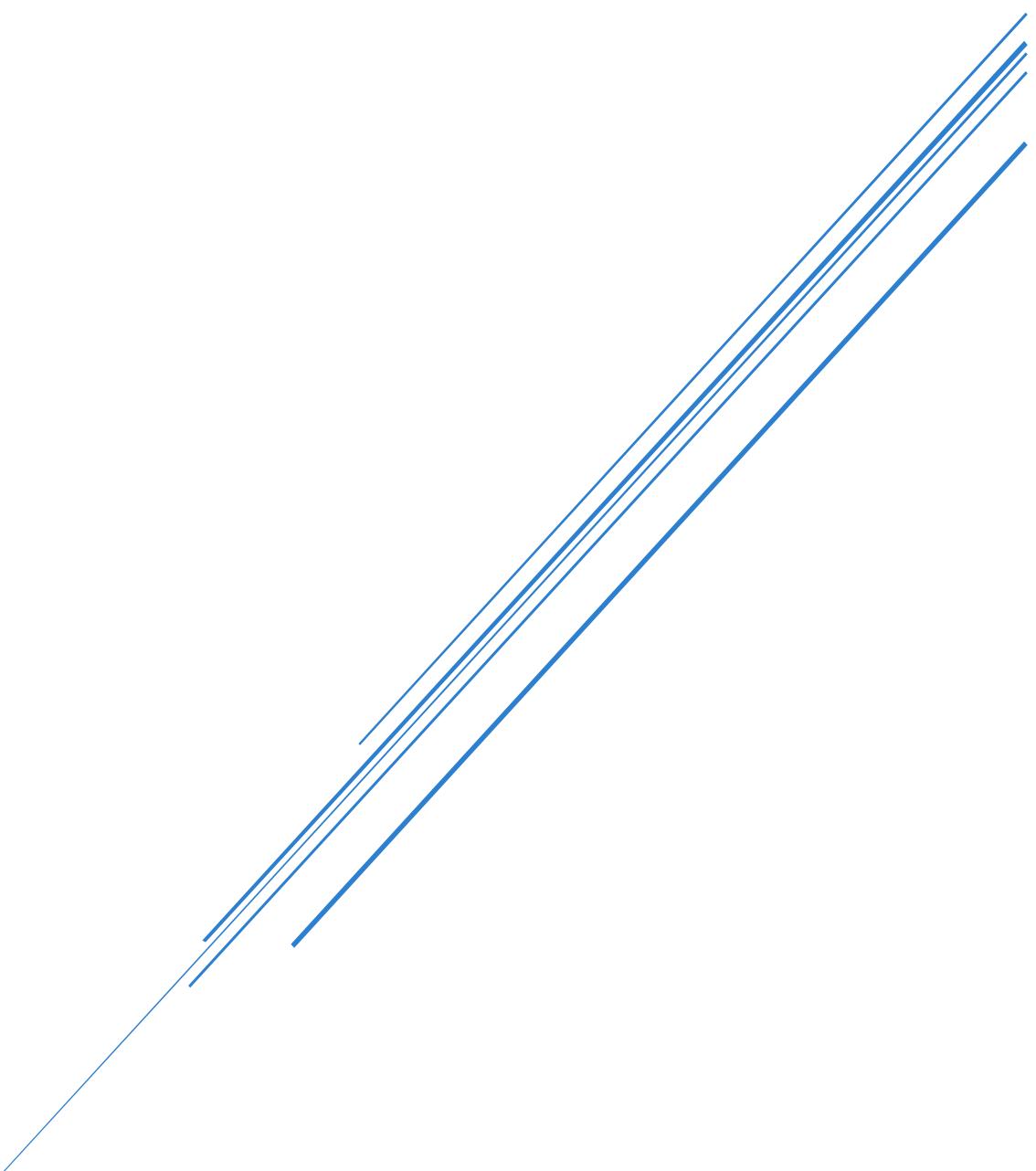


# CONFIGURACIÓN DE UN CLUSTER

Configuración y Optimización de Sistemas de cómputo



MUInf 2025  
Enrique Sopeña Urbano

## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN .....	2
Propósito del documento .....	2
Alcance .....	2
REQUISITOS Y COMPONENTES CLAVE.....	3
Nodos de Virtualización (Servidores).....	3
Componentes de Red .....	4
Infraestructura y Soporte .....	5
PRESUPUESTO .....	6
Estimación de los Costes por Componentes .....	6
A. Servidores (Nodos de Cómputo) .....	6
B. Infraestructura de Red .....	7
C. Infraestructura de Soporte y Energía .....	8
Resumen Presupuesto .....	9
CONSUMOS Y REQUISITOS ENERGÉTICOS .....	10
Consumo Estimado de los Nodos .....	10
Consumo de Infraestructura.....	10
Dimensionamiento del grupo Electrógeno.....	11
CONCLUSIONES Y RESUMEN .....	12
Capacidad y Rendimiento del Clúster .....	12
Resumen Económico y Energético .....	12

# INTRODUCCIÓN

---

La demanda de recursos informáticos flexibles y escalables ha impulsado la necesidad de infraestructuras de centro de datos robustas y eficientes. El siguiente documento presenta la propuesta técnica y económica detallada para la configuración de un clúster de virtualización de alto rendimiento. Este clúster está diseñado específicamente para operar como un Cloud Privado con el objetivo de ofrecer servicios de IaaS (Infrastructure as a Service) a gran escala, proporcionando la base tecnológica necesaria para soportar entornos de producción críticos y cargas de trabajo intensivas.

## Propósito del documento

El propósito principal de este informe es definir la arquitectura de hardware, la configuración de red, la infraestructura de soporte necesaria para implementar un clúster de 64 servidores de virtualización y la estimación de costes y consumos energéticos asociados a la infraestructura, incluyendo sistemas de alimentación de respaldo (SAIS/PDUS y grupo electrógeno), para garantizar una alta disponibilidad y eficiencia operativa

## Alcance

El alcance de este proyecto abarca:

- La selección del hardware de cómputo, basado en el servidor DELL POWEREDGE R6725 con procesadores AMD EPYC.
- El diseño de la conectividad de red, incluyendo una red de gestión de 2.5 GbE y una red de comunicación de nodos de 200 GbE.
- La identificación de la infraestructura de soporte, como RACKS con refrigeración, SAIS/PDUS, conmutadores KVM sobre IP.
- La estimación del coste total y los consumos energéticos estimados de la solución propuesta.

# REQUISITOS Y COMPONENTES CLAVE

---

La definición precisa del hardware constituye la fase inicial y más importante en la configuración de un clúster de virtualización de alto rendimiento. Esta sección detalla los componentes principales seleccionados para el proyecto, basándose estrictamente en las especificaciones proporcionadas, incluyendo los nodos de cómputo, la configuración de red de alta velocidad y la infraestructura de soporte físico, que en conjunto deben garantizar la escalabilidad, la densidad de potencia y la baja latencia necesarias para un entorno de Cloud Privado que ofrece IaaS.

## Nodos de Virtualización (Servidores)

La columna vertebral del clúster será el servidor especificado, configurado para maximizar la densidad (formato 1U) y la potencia de cálculo para entornos de virtualización (IaaS).

Componente	Especificación Requerida	Detalle	Cantidad
<b>Modelo Base</b>	Servidor 1U	<b>DELL POWEREDGE R6725 RACK SERVER</b>	<b>64</b>
<b>CPU (Cores/Threads)</b>	++ cores y ++ RAM	<b>2 x AMD EPYC 9965 2.25GHz<sup>55</sup></b>	<b>128 (2 por servidor)</b>
<b>Configuración CPU</b>	192C/384T (por CPU)	Total Cores Clúster: 192 cores x 2 CPUs x 64 servidores = 24.576 Cores	
<b>Potencia (TDP)</b>	-	500W por socket (TDP)	
<b>Memoria (RAM)</b>	++ RAM	<b>DDR5-6400</b> (Configuración a determinar, pero alta densidad)	
<b>Almacenamiento Local</b>	<b>NVMe 2 TB</b> aprox.	Mínimo 1 ó 2 unidades NVMe de 2 TB para boot	<b>128 (2 por servidor, aprox.)</b>

Componente	Especificación Requerida	Detalle	Cantidad
		y caché de <i>hypervisor</i>	

Nota sobre RAM: Dado el alto número de cores y el rol de virtualización, una configuración estándar sería utilizar 1 TB o 2 TB de RAM por servidor para aprovechar las capacidades de la CPU, pero para el presupuesto se considerará una configuración base de 1 TB por servidor para obtener un total de 64 TB de RAM en el clúster (ajustable según el presupuesto final).

## Componentes de Red

El diseño de red es crítico, diferenciando entre una red de gestión de velocidad estándar y una red de comunicación de nodos de muy alta velocidad.

Elemento	Especificación Requerida	Propuesta de Diseño	Cantidad/Servidor
NICs por Servidor	<b>3 NICs</b> (2 x 200 GbE y 1 x 2.5 Gbps)	Se asume que la NIC de <b>200 GbE</b> es dual, o se requieren 2 tarjetas físicas (una dual y una simple)	3
Red de Gestión	2.5 GbE	Se utiliza para IPMI/Gestión remota (KVM sobre IP), monitorización y acceso administrativo	1
Red de Nodos	200 GbE	Conexión de alto rendimiento ( <b>RDMA</b> ) para <i>clustering</i> , almacenamiento distribuido ( <i>Storage</i> ) y migración de VMs	2

Elemento	Especificación Requerida	Propuesta de Diseño	Cantidad/Servidor
<b>SWITCHES</b>	SWITCHES, ROUTER	Se requerirán <b>Switches de 200 GbE</b> con suficiente densidad de puertos para conectar 64 nodos	<b>2-4</b> (Core/Agregación)
<b>ROUTER</b>	ROUTER	Un router/firewall para la interconexión con redes externas (WAN)	1

## Infraestructura y Soporte

Estos elementos aseguran el soporte físico y eléctrico de la instalación:

- RACKS: Se requerirán RACKS con capacidad para albergar 64 servidores 1U, más switches y SAIS/PDUS. Se estiman 4 a 5 RACKS de 42U.
- Refrigeración: Los RACKS deben contar con sistemas de refrigeración adecuados para disipar la alta carga térmica generada por los procesadores de 500W (TDP).
- SAIS/PDUS: Sistemas de Alimentación Ininterrumpida y Unidades de Distribución de Energía. Serán esenciales para la estabilidad y distribución eficiente de la energía en cada rack.
- Conmutadores KVM sobre IP: Necesarios para el acceso remoto a nivel de hardware y consola a los 64 servidores.
- Grupo Electrógeno: Se dimensionará en la sección de consumos para garantizar el funcionamiento ininterrumpido en caso de fallo de la red eléctrica principal.

# PRESUPUESTO

---

El diseño de un clúster de alto rendimiento requiere una inversión significativa en hardware especializado. Esta sección presenta una estimación económica del proyecto, desglosando los costes en tres categorías principales: Nodos de Cómputo, Infraestructura de Red, y Soporte y Energía. Los precios unitarios utilizados son una estimación del coste de mercado para componentes de nivel datacenter y pueden variar en función del proveedor, las negociaciones por volumen y la fecha de adquisición.

## Estimación de los Costes por Componentes

Se va a definir la configuración final de un nodo y luego proyectar el coste total del clúster (64 servidores).

### A. Servidores (Nodos de Cómputo)

Se toma como base un coste de \$10,700 por el servidor Dell PowerEdge R6725 vacío (precio inicial), y luego se le añadirán los componentes clave. Se usará una configuración de 1 TB de RAM por servidor (8x128GB DIMMs, o su equivalente en módulos más grandes) y 2x 2 TB NVMe para el almacenamiento local.

Componen-te	Modelo/Especificación	Cantida-d/U.	Coste Unitario Estimad-o (\$)	Coste Total Estimado (\$)
Servidor Base (1U)	Dell PowerEdge R6725 (Chasis, PSU, Fans)	64	\$3.000	\$192.000
CPU	2 x AMD EPYC 9965 (192C/384T, 500W)	128	\$6.500	\$832.000
Memoria RAM	1 TB DDR5-6400 ECC RDIMM (p.ej., 8x128GB)	64	\$8.500 (Est. bas. en DDR5-4800)	\$544.000
Almacenamiento NVMe	2 x 2 TB NVMe (Enterprise/Datacenter)	128	\$400 (Enterpri se U.2)	\$51.200

Componen te	Modelo/ Especificación	Cantida d/U.	Coste Unitario Estimad o (\$)	Coste Total Estimado (\$)
<b>NICs de Alto Rendimien to</b>	3 NICs por servidor (2x 200 GbE + 1x 2.5 GbE)	64	\$1,500 (Est. por tarjeta dual 200GbE + 2.5GbE)	\$96.000
<b>Coste Total de Servidores</b>				<b>\$1.715.200</b>

## B. Infraestructura de Red

Se necesitan switches de 200 GbE para la red de comunicación de nodos (64 nodos x 2 puertos = 128 puertos de 200 GbE). Se requerirán al menos 3 o 4 switches de 64 puertos (para redundancia y sobresuscripción).

Componente	Modelo / Especificación	Cantida d / U.	Coste Unitario Estimad o (\$)	Coste Total Estimad o (\$)
<b>Switch Core (200 GbE)</b>	64 puertos QSFP56 (p. ej., NVIDIA Spectrum-3)	4	\$35.000 (Est. media)	\$140.000
<b>Módulos Ópticos/Cable s</b>	QSFP56 200 GbE (x140)	1	\$10.000	\$10.000
<b>Switch Gestión (2.5 GbE)</b>	Switch L2/L3 (80 puertos 2.5 GbE)	2	\$3.000	\$6.000

<b>Componente</b>	<b>Modelo / Especificación</b>	<b>Cantidad / U.</b>	<b>Coste Unitario Estimado (\$)</b>	<b>Coste Total Estimado (\$)</b>
<b>Router</b>	Router de Borde (Enterprise/Carrier Grade)	1	\$15.000	\$15.000
<b>Comunicadores KVM sobre IP</b>	Sistema KVM sobre IP centralizado	1	\$5000	\$5000
<b>Coste Total de Red</b>				<b>\$176.000</b>

### C. Infraestructura de Soporte y Energía

Se estiman 4 racks de 42U para albergar 64 servidores (1U) más red y energía, dejando espacio para crecimiento.

<b>Componente</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad / U.</b>	<b>Coste Unitario Estimado (\$)</b>	<b>Coste Total Estimado (\$)</b>
<b>RACKS (con refrigeración)</b>	Racks 42U (Incl. PDU de rack)	4	\$8.000	\$32.000
<b>SAIS (UPS)</b>	Sistema Centralizado (o por rack) de 40 kVA	2	\$25.000	\$50.000
<b>Grupo Electrógeno</b>	Capacidad necesaria (a justificar en punto 4)	1	\$40.000	\$40.000
<b>Instalación / Cableado</b>	(Est. 10% del coste de servidores y red)	1	\$189.120	\$189.120

<b>Componente</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad / U.</b>	<b>Coste Unitario Estimado (\$)</b>	<b>Coste Total Estimado (\$)</b>
<b>Coste Total de Soporte</b>				<b>\$311.120</b>

## Resumen Presupuesto

<b>Categoría</b>	<b>Coste Estimado Total (\$)</b>
<b>A. Nodos de Cómputo (Servidores)</b>	<b>\$1.715.200</b>
<b>B. Infraestructura de Red</b>	<b>\$176.000</b>
<b>C. Infraestructura de Soporte y Energía</b>	<b>\$311.120</b>
<b>TOTAL GENERAL ESTIMADO</b>	<b>\$2.202.320</b>

# CONSUMOS Y REQUISITOS ENERGÉTICOS

---

La operación de un clúster de alto rendimiento, como el que se ha propuesto, implica una gestión meticulosa de la demanda eléctrica. Esta sección tiene como objetivo estimar el consumo total de energía del sistema, lo cual es fundamental para el diseño de la infraestructura del centro de datos, el dimensionamiento de los Sistemas de Alimentación Ininterrumpida (SAIS) y la justificación de la potencia requerida para el Grupo Electrógeno.

## Consumo Estimado de los Nodos

El consumo de potencia se concentra principalmente en los 64 nodos de cómputo. Cada servidor incorpora dos procesadores AMD EPYC 9965, con un TDP (Thermal Design Power) de 500W por socket, resultando en un consumo base de 1,000 W solo para las CPUs por unidad. Al considerar la potencia demandada por la memoria DDR5-6400, los discos NVMe y las pérdidas de la fuente de alimentación, se estima que el consumo máximo por servidor asciende a aproximadamente 1,500 W.

Al escalar este consumo a la totalidad del clúster, la demanda de los nodos de cómputo es de:

$$P_{\text{Nodos}} = 64 \text{ servidores} \times 1,500 \text{ W/servidor} = 96,000 \text{ W} \quad (\text{o } 96 \text{ kW})$$

## Consumo de Infraestructura

Además de los nodos, se debe considerar el consumo de la infraestructura de red, incluyendo los switches de 200 GbE y la red de gestión, lo cual se estima en 10 kW adicionales. De esta manera, el consumo total de los equipos de tecnología de la información es de 106 kW.

El componente más crítico, después de los servidores, es la refrigeración. Asumiendo un índice de Eficiencia en el Uso de la Energía (PUE) de 1.5, se determina la potencia de refrigeración requerida. La potencia de refrigeración asciende a:

$$P_{\text{Refrigeración}} = 106 \text{ kW} \times 0.5 = 53 \text{ kW}$$

Por lo tanto, la potencia eléctrica total requerida para el funcionamiento del clúster y sus sistemas de soporte es de:

$$P_{\text{Total Requerida}} = 106 \text{ kW} + 53 \text{ kW} = 159 \text{ kW}$$

## Dimensionamiento del grupo Electrógeno

La potencia total requerida de 159 kW se utiliza para dimensionar el sistema de respaldo. Asumiendo un factor de potencia estándar de 0.8, la potencia aparente (kVA) necesaria para el funcionamiento continuo es de aproximadamente 198.75 kVA.

Para garantizar la estabilidad en los picos de arranque y la redundancia, se incorpora un margen de seguridad del 25%. De este análisis, se concluye que el Grupo Electrógeno debe contar con una potencia nominal mínima de 250 kVA.

En el caso de los SAIS (Sistemas de Alimentación Ininterrumpida), estos deben cubrir la carga crítica de TI (106 kW). Con el mismo factor de potencia, se requiere una capacidad de al menos 132.5 kVA ( $106 \text{ kW} / 0.8$ ), lo cual justifica la estimación de costes de 160 kVA para el SAIS.

# CONCLUSIONES Y RESUMEN

---

El diseño propuesto cumple rigurosamente con todos los requisitos establecidos por la asignatura de Configuración y Optimización de Sistemas de Cómputo (COS), sentando las bases para un Cloud Privado de alto rendimiento enfocado en la provisión de servicios de IaaS.

## Capacidad y Rendimiento del Clúster

La configuración de 64 servidores DELL POWEREDGE R6725, equipados con 128 procesadores AMD EPYC 9965, proporciona una capacidad de cómputo masiva. En total, el clúster ofrece 24,576 cores físicos con capacidad multithreading (49,152 hilos), complementados con un mínimo de 64 TB de memoria RAM DDR5-6400.

El rendimiento de red es un pilar fundamental del diseño, asegurando una conectividad ultrarrápida entre los nodos mediante una red de comunicación de 200 GbE. Esta velocidad es esencial para soportar la baja latencia requerida por la virtualización, la migración en vivo de máquinas virtuales y el acceso a soluciones de almacenamiento definidas por software (SDS). Paralelamente, la red de gestión de 2.5 GbE garantiza un acceso administrativo estable y dedicado.

## Resumen Económico y Energético

La implementación de esta infraestructura especializada representa una inversión considerable, justificada por el rendimiento y la escala del proyecto:

- **Coste Total Estimado:** El presupuesto global de la solución asciende aproximadamente a \$2.202.320. La mayor parte de la inversión, \$1.715.200, se concentra en los 64 nodos de cómputo (servidores, CPU, RAM y NICs).
- **Consumo Energético:** La demanda máxima de potencia de los equipos de TI (nodos y red) se estima en 106 kW.
- **Infraestructura de Respaldo:** Para mantener la continuidad del servicio (Cloud/IaaS), se requiere un sistema de refrigeración de 53 kW (asumiendo PUE 1.5) y un Grupo Electrógeno dimensionado a una potencia mínima de 250 kVA.

En resumen, el clúster está diseñado para ser una plataforma robusta y escalable que equilibra la potencia de procesamiento (cores de 500W TDP) con una infraestructura de soporte bien dimensionada, apta para operar de manera continua y eficiente.