

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRARIA DE LA SELVA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN INFORMÁTICA Y SISTEMAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INFORMÁTICA Y**  
**SISTEMAS**



**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**  
**CLÚSTER DE ALTA DISPONIBILIDAD PARA EL DATA CENTER DE**  
**OLEAGINOSAS DEL PERÚ S.A.**

**Para obtener el título profesional de:**  
**INGENIERO EN INFORMÁTICA Y SISTEMAS**

**Elaborado por.**  
**JACINTO KEVIN SANTAMARIA YSIDRO**

**Asesor:**  
**Mg. GARDYN OLIVERA RUIZ**

**TINGO MARÍA – PERÚ**

**2025**



**PARTE 1. FASE INICIAL**

Siendo las 10:00 del 19 de agosto de 2025; en la Sala de Conferencias de la FIIS, se instala el jurado calificador conformado por:

**Jurado 1:** Mg. Eudolio Gregorio Vasquez Pinedo (presidente)

**Jurado 2:** Mg. Juan Ramos Estela

**Jurado 3:** Mg. José Antonio Cárdenas Vega

Oficializado mediante **Resolución N° 105-2025-D-FIIS-UNAS** del 19 de Junio de 2025 para el proceso de sustentación del informe final del Trabajo de Suficiencia Profesional del bachiller **JACINTO KEVIN SANTAMARIA YSIDRO** titulado: **"CLÚSTER DE ALTA DISPONIBILIDAD PARA EL DATA CENTER DE OLEAGINOSAS DEL PERÚ S.A."**. ASESOR: Mg. Gardyn Olivera Ruiz.

Se manifiesta que el bachiller cumple con los requisitos exigidos de Ley y se le invita a disertar su Trabajo por espacio de 30 minutos, asimismo se dispondrá de igual tiempo para la absolver preguntas y sugerencias.

**PARTE 2. FASE DE PREGUNTAS Y RESULTADO**

Culminada la exposición se inicia la fase de preguntas por parte del jurado calificador; también se invita a los asistentes a formular preguntas sobre el tema del Trabajo de Suficiencia Profesional. Absueltas todas las peticiones, el jurado calificador procede a deliberar en privado la calificación y resultado.

Concluida la deliberación y en presencia del público, el jurado calificador anuncia que el resultado de la Sustentación del Trabajo de Suficiencia Profesional es: APROBADO POR UNANIMIDAD

(NOTA: consignar una de la siguientes: DESAPROBADO, APROBADO POR MAYORIA o APROBADO POR UNANIMIDAD)

Con calificativo de: MUY BUENO

(NOTA: consignar una de la siguientes: EXCELENTE, MUY BUENO, BUENO, DEFICIENTE, MUY DEFICIENTE)

Por lo que se comunicará a las instancias correspondientes para el trámite respectivo.

**PARTE 3. CONFORMIDAD**

De todo lo mencionado se firma al pie en señal de conformidad, siendo las 11:00 horas se da por finalizada la ceremonia de Sustentación de Tesis.

Firma: 	Firma: 	Firma: 
<b>Jurado 1:</b> Eudolio Gregorio Vasquez Pinedo	<b>Jurado 2:</b> Juan Ramos Estela	<b>Jurado 3:</b> José Antonio Cárdenas Vega
Firma: 	Firma: 	
<b>Sustentante:</b> Jacinto Kevin Santamaria Ysidro	<b>Asesor:</b> Gardyn Olivera Ruiz	



“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”

## CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 284 - 2025 - CS-RIDUNAS

El Jefe de la Unidad de Soporte Científico de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, quien suscribe,

### CERTIFICA QUE:

El Trabajo de Investigación; aprobó el proceso de revisión a través del software TURNITIN, evidenciándose en el informe de originalidad un índice de similitud no mayor del 25% (Art. 3° - Resolución N° 466-2019-CU-R-UNAS).

### Programa de Estudio:


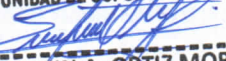
Ingeniería en Informática y Sistemas

### Tipo de documento:

Tesis	Trabajo de Suficiencia Profesional	X
-------	------------------------------------	---

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE	
		SIMILITUD	CONTENIDO GENERADO POR INTELIGENCIA ARTIFICIAL
CLÚSTER DE ALTA DISPONIBILIDAD PARA EL DATA CENTER DE OLEAGINOSAS DEL PERÚ S.A.	JACINTO KEVIN SANTAMARIA YSIDRO	11 % Once	Menor a 20 %

Tingo María, 28 de agosto de 2025.

  
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
UNIDAD DE SOPORTE CIENTÍFICO  
  
ING. EINSTEIN A. ORTIZ MORALES  
JEFE



**TSUF-SIS** **Santamaria Ysidro, Jacinto Kevin.**  
**004.358545** Clúster de alta disponibilidad para el data center de  
**SA232** Oleaginosas del Perú S.A. / presentado por **Jacinto Kevin**  
**2025** **Santamaria Ysidro** ; [Gardin Olivera Ruiz, asesor] Tingo  
María, Perú : Universidad Nacional Agraria de la Selva,  
Facultad de Ingeniería en Informática y Sistemas, 2025.  
[12], 77 páginas : 10 tablas, 49 figuras ; 30 cm.  
Tesis (Ingeniero en Informática y Sistemas)  
Literatura citada: hojas [70]-73. 27 referencias

- 1. Clúster de alta disponibilidad.**
- 2. Continuidad operativa.**
- 3. Virtualización.**
- 4. Almacenamiento distribuido Ceph.**
- 5. Proxmox VE.**
- 6. Proxmox Backup Server.**



# UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Tingo María

## VICERRECTORADO DE INVESTIGACION DIRECCIÓN DE GESTIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

“Promoviendo la Calidad de la Investigación”

### REGISTRO DE PROYECTO DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO UNIVERSITARIO

**Universidad** : Universidad Nacional Agraria de la Selva  
**Facultad** : Facultad de Ingeniería en Informática y Sistemas  
**Escuela Profesional** : Escuela Profesional de Ingeniería en Informática y Sistemas  
**Título de Tesis** : Clúster de Alta Disponibilidad para el Data Center de Oleaginosas del Perú S.A.  
**Objetivo General** : Implementar un clúster de alta disponibilidad en el Data Center de Oleaginosas del Perú S.A. utilizando Proxmox VE 8, con el fin de optimizar la gestión de recursos tecnológicos, garantizar la continuidad operativa y fortalecer la seguridad y redundancia de la infraestructura de TI.  
**Autor de la Tesis** : Jacinto Kevin Santamaria Ysidro  
**DNI** : 70246743  
**Correo Electrónico** : jksantamaria@hotmail.com  
**Asesores de Tesis** : Mg Gardyn Olivera Ruiz  
**Área de Investigación** : Tecnologías de Información y Comunicación  
**Grupo de Investigación** : Redes, Seguridad y Gestión de TI  
**Línea de Investigación** : Gestión de TI  
**Lugar de Ejecución** : Oleaginosas del Perú S.A., Tocache  
**Fecha de inicio** : 02 / 01 / 2019  
**Fecha de termino** : 30 / 03 / 2019  
**Presupuesto** : \$ 20,900  
**Financiamiento** : Propio ( ) FEDU ( ) Externo ( X )

Según: Resolución: N° 461-2023-R-UNAS y Resolución: N° 295-2023-R-UNAS

Jacinto Kevin Santamaria Ysidro  
Tesisista

Gardyn Olivera Ruiz  
Asesor

## DEDICATORIA

*A Dios, por la fortaleza, sabiduría y guía en cada paso del camino, permitiendo superar los desafíos.*

*A mi esposa, cuyo inquebrantable apoyo, motivación y comprensión ha sido fundamental durante el desarrollo y culminación de este proyecto.*

*A mis padres, quienes con su amor, sacrificio y enseñanzas me han inculcado los valores de esfuerzo, constancia, responsabilidad y superación personal, atributos que han guiado mi camino académico y profesional.*

*A todos aquellos que, de alguna forma u otra, aportaron su conocimiento, palabra de aliento o apoyo desinteresado.*

## INDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN .....	11
II.	CONTEXTO DE LA EXPERIENCIA .....	2
2.1.	Descripción de la Experiencia Profesional .....	2
2.2.	Generalidades de la Organización .....	3
2.2.1.	Descripción General de la Empresa.....	3
2.2.2.	Organigrama .....	4
2.2.3.	Colaboradores.....	2
2.2.4.	Base de suministro.....	2
2.2.5.	Planta Industrial de la empresa.....	2
2.2.6.	Misión.....	2
2.2.7.	Visión.....	3
III.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
3.1.	Antecedentes.....	4
3.2.	Marco Teórico .....	8
3.2.1.	Data Center .....	8
3.2.2.	Clúster de Alta Disponibilidad .....	10
3.2.3.	Características Críticas de un Clúster de Alta Disponibilidad .....	11
3.2.4.	Beneficios de la agrupación de datos de alta disponibilidad .....	12
3.2.5.	Cálculo de la disponibilidad .....	12
3.2.6.	Hipervisor .....	13
3.2.7.	Ceph.....	17

3.2.8. Proxmox VE 8.2 .....	19
3.2.9. Proxmox Backup Server (PBS) .....	22
IV. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO .....	24
4.1. Definición de la Problemática .....	24
4.2. Propuesta de Solución .....	26
4.3. Justificación .....	28
4.4. Objetivos.....	28
4.4.1. Objetivo General.....	28
4.4.2. Objetivos Específicos .....	28
4.5. Metodología de Gestión de Proyecto.....	29
4.6. Matriz de Consistencia del Proyecto .....	30
4.7. Análisis del Proyecto .....	31
4.7.1. Alcance .....	31
4.7.2. Requisitos previos.....	32
4.7.3. Roles y Responsabilidades .....	32
4.8. Planificación del Proyecto .....	33
4.8.1. Objetivos Estratégicos .....	33
4.8.2. Recursos y Costos.....	34
4.8.3. Definición de métricas.....	35
4.8.4. Cronograma .....	36
V. IMPLEMENTACIÓN .....	38
5.1. Adquisición de Equipamiento .....	38

5.2.	Configuración del Hardware .....	38
5.3.	Instalación de Sistema Operativo en los Nodos .....	39
5.3.1.	Instalación de Proxmox en 3 nodos.....	39
5.3.2.	Instalación de Proxmox Backup Server (PBS).....	41
5.4.	Configuración de Red.....	42
5.5.	Creación del clúster y añadir nodos.....	42
5.6.	Configuración del Storage con Ceph.....	44
5.7.	Despliegue de Máquinas Virtuales.....	48
5.8.	Configuración de Alta Disponibilidad (HA) .....	49
5.9.	Implementación de Proxmox Backup Server 3 .....	51
5.10.	Resultados de la Implementación del Clúster.....	55
5.11.	Lecciones Aprendidas.....	64
5.12.	Impacto Organizacional.....	65
5.13.	Retos del Clúster de Alta Disponibilidad .....	66
VI.	CONCLUSIONES .....	67
VII.	RECOMENDACIONES .....	69
VIII.	REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....	70
IX.	ANEXOS.....	74
	Anexo 1 Servidores Físicos de los Nodos.....	74
	Anexo 2 Web Gestión Clúster Proxmox 8 – Oleaginosas del Perú S.A.....	76

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Mapa de ubicación de OLPESA .....	3
Figura 2 Organigrama de OLPESA.....	2
Figura 3 Descripción conceptual del Hipervisor .....	14
Figura 4 Tipos de Hipervisores .....	14
Figura 5 Descripción conceptual de Ceph.....	18
Figura 6 Situación actual de la infraestructura de OLPESA .....	26
Figura 7 Clúster de alta disponibilidad planteada .....	27
Figura 8 Diagrama de actividades según PMI.....	30
Figura 9 Cronograma de actividades .....	37
Figura 10 Página oficial de descargas de Proxmox.....	40
Figura 11 Interfaz de acceso al nodo en Proxmox VE .....	43
Figura 12 Creación de clúster.....	43
Figura 13 Información de unión del clúster.....	44
Figura 14 Unión de nodos al clúster.....	44
Figura 15 Consola de Proxmox del nodo1 .....	45
Figura 16 Nodos disponibles para creación de monitores.....	46
Figura 17 Monitores Ceph del Clúster de Alta disponibilidad de OLPESA.....	46
Figura 18 Ventana de creación de OSD .....	47
Figura 19 Ventana de OSD de Ceph de OLPESA.....	47
Figura 20 Ventana de Estado de Ceph OLPESA .....	48
Figura 21 Ventana de máquinas virtuales desplegados .....	49
Figura 22 Ventana de grupo de alta disponibilidad.....	50
Figura 23 Ventana de recursos protegidos en alta disponibilidad.....	50
Figura 24 Interfaz de acceso al PBS.....	51

Figura 25 Creación de discos de almacenamiento de backup .....	51
Figura 26 Lista de discos creados para almacenamiento de copias de seguridad .....	52
Figura 27 Información de Huella Digital para integración al Clúster .....	52
Figura 28 Almacenamientos soportados por Proxmox VE .....	53
Figura 29 Sincronización con los discos de almacenamiento de PBS .....	53
Figura 30 Configuración de copias de respaldo .....	54
Figura 31 Copias de seguridad configurados .....	55
Figura 32 Apagado forzado del nodo para emular la caída .....	56
Figura 33 Mecanismo failover para inicio automático de MVs en nodos disponibles.....	56
Figura 34 Registro de clúster sobre el mecanismo failover automático.....	57
Figura 35 Migración en caliente de máquinas virtuales .....	57
Figura 36 Ventana de resumen del rendimiento del clúster .....	58
Figura 37 Interfaz de administración del centro de datos.....	59
Figura 38 Interfaz de administración de los nodos.....	60
Figura 39 Almacén de datos de Backup1 .....	61
Figura 40 Almacén de datos de Backup2 .....	61
Figura 41 Equipo Nodo 1: LENOVO Thinksystem sr570Equipo.....	74
Figura 42 Equipo Nodo2 – Thinkserver TS150 .....	74
Figura 43 Equipo Nodo3 – Thinkserver TS140 .....	75
Figura 44 Equipo Nodo PBS – PowerEdge R750 xs.....	75
Figura 45 Ventana de resumen de nodo1 del clúster.....	76
Figura 46 Ventana de resumen de nodo2 del clúster.....	76
Figura 47 Ventana de resumen de nodo3 del clúster.....	76
Figura 48 Ventana de resumen de nodo PBS .....	77
Figura 49 Ventana principal del clúster de alta disponibilidad de OLPESA .....	77

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Comparativa entre tipos de hipervisores .....	15
Tabla 2 Comparativa entre sistemas de virtualización .....	21
Tabla 3 Matriz de consistencia del proyecto .....	31
Tabla 4 Descripción de los requisitos.....	32
Tabla 5 Roles y responsabilidades.....	33
Tabla 6 Costo estimado de los recursos.....	34
Tabla 7 Definición de Métricas .....	36
Tabla 8 Configuración de red de nodos.....	41
Tabla 9 Configuración de red de servidor de Backup (PBS) .....	42
Tabla 10 Comparativa de antes y después de la implementación del clúster de alta disponibilidad .....	62

## RESUMEN

El presente proyecto de experiencia de suficiencia profesional entre otros trabajos como responsable de las tecnologías de información de Oleaginosas del Perú S.A. (OLPESA), se centra en la implementación de un clúster de alta disponibilidad bajo la solución *open source* *Proxmox 8* y *Proxmox Backup Server* (PBS).

Ante la problemática identificada por la ausencia de una infraestructura tecnológica que asegure la continuidad operativa y medidas de contingencia frente a incidentes o fallos, se decidió implementar una arquitectura basada en software libre, específicamente utilizando *Proxmox*, debido a los significativos beneficios que ofrece para una empresa como Oleaginosas del Perú S.A.

En el documento se detalla y se marca la hoja de ruta del proyecto tecnológico aplicado en la organización, iniciando por una descripción general del contexto de la suficiencia profesional, para luego realizar la descripción del proyecto donde especifico la metodología de trabajo, análisis y planificación del proyecto.

En el proceso de ejecución del proyecto, se describe el proceso de implementación del clúster de alta disponibilidad, iniciando desde la adquisición de los equipos, configuración y despliegue de la infraestructura usando la herramienta *Proxmox*, a su vez mencionando los hallazgos y retos de una infraestructura de este tipo.

*Palabras claves.* clúster de alta disponibilidad; continuidad operativa; virtualización; almacenamiento distribuido Ceph; Proxmox VE; Proxmox Backup Server

## ABSTRACT

The present professional sufficiency from experience project, among other work as the one responsible for the information technology at Oleaginosas del Perú S.A. (OLPESA - acronym in Spanish), was centered around the implementation of a high availability cluster under the *open source Proxmox 8* and *Proxmox Backup Server* (PBS) solution.

In the face of the problem [that was] identified due to the absence of a technological infrastructure that assured operational continuity and measures of contingency in the face of accidents or deaths, the implementation of an architecture based on free software was determined, specifically using *Proxmox*, due to the significant benefits that are offered for a business such as Oleaginosas del Perú S.A.

In the document, the roadmap for the technological project [that was] applied to the organization was detailed and framed, starting with a general description of the context for the professional sufficiency, in order to later carry out the description of the project, where the methodology for the work, analysis and planning for the project were specified.

In the process of executing the project, the implementation process for the high availability cluster was described, starting from the acquisition of the equipment, configuration and deployment of the infrastructure using the *Proxmox* tool, and at the same time, mentioning the findings and challenges for this type of infrastructure.

*Keywords.* high availability cluster; Proxmox VE, Proxmox Backup Server, virtualization, Ceph distributed storage, operational continuity

## I. INTRODUCCIÓN

Este proyecto propone una solución que emplea tecnologías de *clustering* y virtualización para asegurar la alta disponibilidad de los sistemas y servicios alojados en el Data Center de OLPESA. Para este fin se utilizará *Proxmox VE* como plataforma base en la implementación del clúster de alta disponibilidad (HAC).

La falta de una infraestructura tecnológica adecuada comprometía la continuidad de los sistemas y servicios informáticos esenciales para la organización, poniendo en peligro la operación de los procesos de negocio. El objetivo principal es implementar un clúster de alta disponibilidad utilizando *Proxmox VE 8*, con el fin de optimizar la gestión de recursos tecnológicos, garantizar la continuidad operativa, fortalecer la seguridad y redundancia de la infraestructura de TI.

Actualmente, la adopción de sistemas de alta disponibilidad es común en las organizaciones, lo que respalda y da fundamento a este proyecto. Su implementación permitirá disminuir los costos asociados al mantenimiento, consumo energético, uso de espacio físico y requerimientos de personal para la gestión de la plataforma centralizada. Estas reducciones generarán ahorros para la compañía, orientados a optimizar los recursos y al mismo tiempo, permitirán mejorar los niveles de servicio de las tecnologías de la información actuales.

Toda solución debe incorporar medidas de seguridad, por ello se implementó una solución de respaldo para las máquinas virtuales del clúster de alta disponibilidad. Se utilizará la herramienta de código abierto *Proxmox Backup Server (PBS)*.

## II. CONTEXTO DE LA EXPERIENCIA

### 2.1. Descripción de la Experiencia Profesional

Desde sus inicios la compañía no disponía de un área o personal interno que se enfocara en la tecnología, todas las necesidades eran atendidas por personas externas, por tanto, no existía una estructura adecuada, la empresa era consciente de la necesidad de contratar a un personal interno que se encargara de los asuntos tecnológicos. Motivo por el cual en el año 2017 comienzo a formar parte de la organización y asumo la responsabilidad de la gestión tecnológica.

A lo largo del tiempo, se trabajó con servidores físicos para asegurar la disponibilidad de aplicaciones y bases de datos; sin embargo, cada año se observó un aumento significativo en diversos aspectos, tales como la inversión en servidores, equipo de red, el consumo energético, el espacio requerido para las instalaciones, la necesidad de sistemas de refrigeración, la generación de calor y la demanda de personal especializado, entre otros factores.

Los problemas y requerimientos aumentaban constantemente, complicando el avance tecnológico en la empresa, además de contar con solo un colaborador con múltiples funciones para las labores de TI. Dentro de este contexto, se emprendió el reto fundamental de realizar una investigación profunda y participar en capacitaciones orientadas a fortalecer el conocimiento en diversas áreas, tales como software libre, Linux, infraestructuras hiperconvergentes, virtualización, hipervisores, clústeres de datos, alta disponibilidad, VMware ESXi, Proxmox, entre otros temas relacionados.

A inicios del 2019, se inició el proyecto de implementación de una solución de clústeres con alta disponibilidad, teniendo presente que la empresa no estaba en la capacidad de hacer grandes inversiones en alternativas costosas, por ende se optó trabajar con software libre,

específicamente la distribución Proxmox, con sistema de archivos ZFS con nivel de Raid y el sistema distribuido Ceph para el despliegue de la alta disponibilidad, asimismo se repotenciaron los servidores más actuales y se adquirieron nuevos equipos para los nodos.

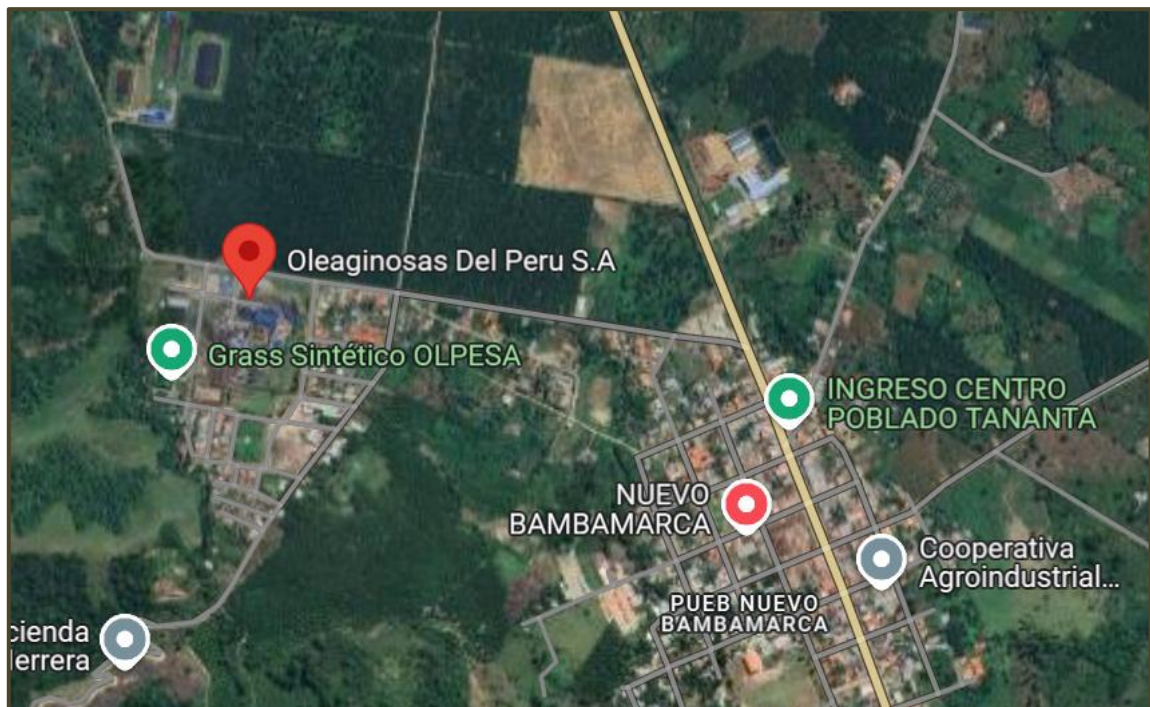
## 2.2. Generalidades de la Organización

### 2.2.1. Descripción General de la Empresa

Se encuentra ubicada en el caserío Villa Palma S/N-Centro Poblado Nueva Bambamarca del departamento de San Martín, provincia y distrito de Tocache.

#### Figura 1

*Mapa de ubicación de OLPESA*



*Nota.* Adaptada de Google maps.

Una empresa agroindustrial conformado por accionistas, fundado en el 2006, y que, con el esfuerzo de los socios, directivos, gerentes y funcionarios, se ha posicionado como una importante empresa del sector de la palma aceitera en la región San Martín. Como

accionistas mayoritarios están la Cooperativa Agraria ACEPAT TOCACHE e Industrial Alpamayo S.A, lo restante lo conforman unos 700 palmicultores.

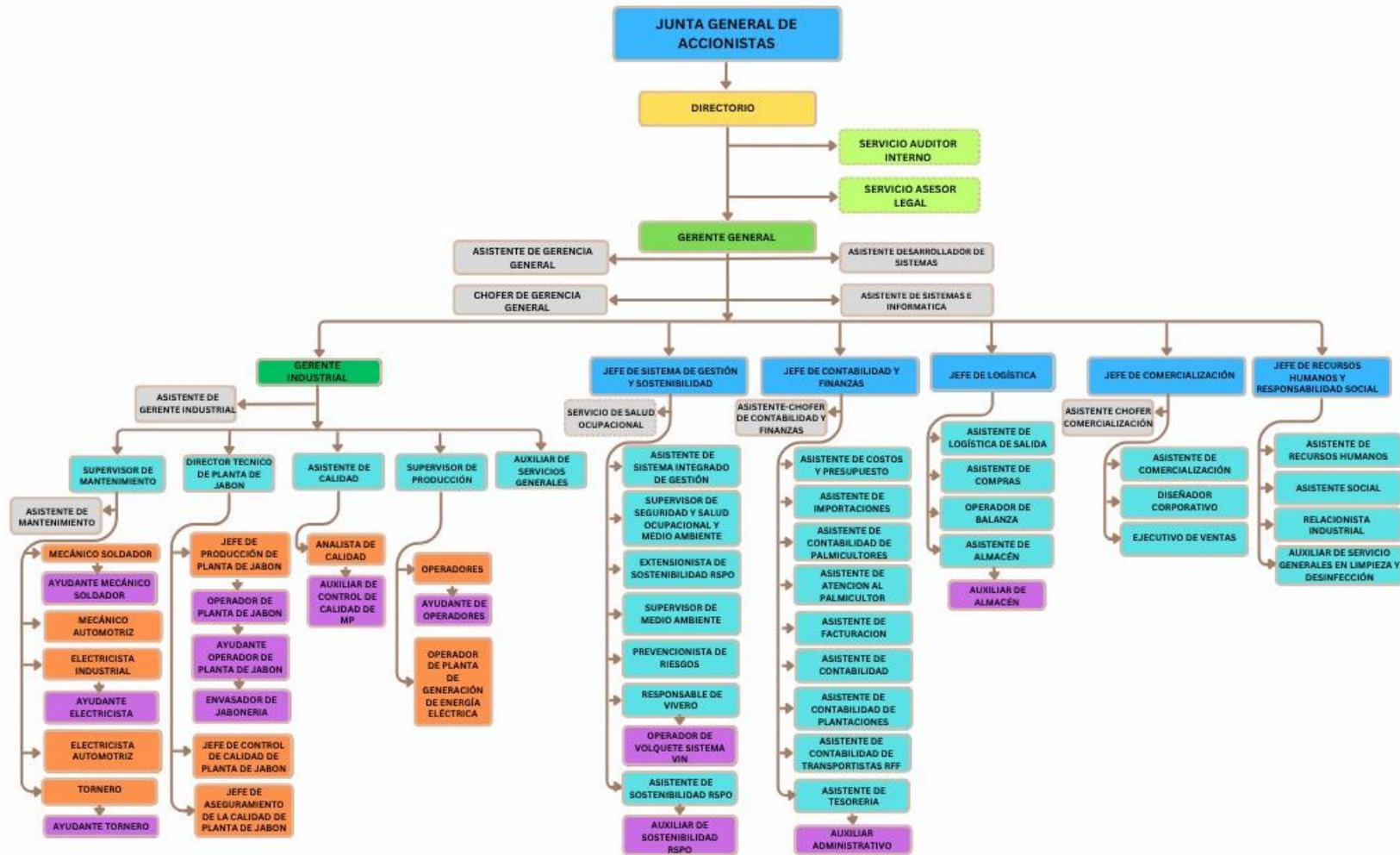
En el año 2009 iniciaron sus operaciones industriales y de comercialización, y desde entonces ha logrado producir y comercializar eficientemente aceite crudo de palma, aceite crudo de palmiste, harina de palmiste y desde hace 3 años, abastece jabón de lavar y energía eléctrica renovable. En un contexto de mayor competitividad, ha logrado que la gestión ambiental reduzca los impactos ambientales de las operaciones, y que las experiencias, aprendizajes, y conocimientos construyan su capital social. Estos logros se constituyen en pilares fundamentales para el desarrollo sostenible.

### **2.2.2. Organigrama**

A continuación, se detalla la estructura organizativa de Oleaginosas del Perú S.A. conformada por 6 áreas, encabezada por la Junta General de Accionistas.

Figura 2

Organigrama de OLPESA



Nota. Adaptada del Manual de Organización y Funciones de Oleaginosas del Perú S.A.

### **2.2.3. Colaboradores**

Son una plantilla que supera los 100 empleados, alrededor del 60% se dedica a las tareas en la fábrica y el resto al ámbito administrativo, este último grupo es el que mantiene un contacto constante con las herramientas tecnológicas para llevar a cabo su trabajo.

### **2.2.4. Base de suministro**

Son más de 1500 pequeños productores con alrededor de 6, 500 hectáreas de palma aceitera en la provincia de Tocache, los que forman la base de suministro, que abastecen con racimo de fruta fresco (RFF) de palma aceitera.

### **2.2.5. Planta Industrial de la empresa**

Cuenta con la tecnología más avanzada para el procesamiento de racimos de palma aceitera, sus derivados y el tratamiento de aguas residuales.

- Planta extractora de crudo de palma con capacidad de 30TM de RFF/H.
- Planta de aceite crudo de palmiste con capacidad de 40TM de almendra/ Día.
- Planta de tratamiento de aguas residuales industriales.
- Planta de generación de energía eléctrica renovable.
- Planta de producción de jabón de lavar.

### **2.2.6. Misión**

Liderar el crecimiento de la agroindustria en la Región San Martín con una mejor productividad, mayores inversiones y generar fuentes de trabajo para las comunidades aledañas.

### **2.2.7. Visión**

Ser la empresa agroindustrial líder de la región San Martín que se satisfaga las expectativas de sus accionistas y logre relaciones inclusivas con las comunidades de su entorno.

### III. REVISIÓN DE LITERATURA

#### 3.1. Antecedentes

Perafan et al. (2018). En su artículo científico titulado “*Diseño de un clúster de alta disponibilidad para un entorno educativo virtual universitario*”. El objetivo es diseñar un clúster de alta disponibilidad utilizando una plataforma de software de código abierto para el Aula Virtual de Ingeniería de la Universidad de Carabobo. Inicialmente, se evaluarán las condiciones actuales del servicio del Aula Virtual de Ingeniería para determinar su nivel de disponibilidad, debido a las dificultades conocidas. Se efectuó un diagnóstico del servicio del servidor del Aula Virtual de Ingeniería recurriendo a encuestas a usuarios y entrevistas al personal de mantenimiento para identificar fallas y evaluar la calidad del servicio. El sistema que desarrollaron es una solución sólida para los problemas del servidor en el aula virtual de ingeniería, y es igual de crucial usarlo en servidores clave en cualquier empresa

García Núñez, A. & Olmedo Flores, J.L. (2021). Publicó un artículo titulado “*Arquitectura distribuida de alta disponibilidad para la detección de fraude*”. El objetivo es desarrollar una arquitectura distribuida de alta disponibilidad mediante la plataforma *Hortonworks* que permita aplicar técnicas de aprendizaje automático en la detección de fraude. Se realizaron estudios explicativos con el objetivo de conocer y explicar los conceptos relativos a las tecnologías a emplear en la confección de la arquitectura distribuida de alta disponibilidad. Esto abrió la oportunidad de probar otros métodos como el descriptivo y el exploratorio. La solución de alta disponibilidad propuesta permite que, si uno de los nodos se cae, el sistema siga funcionando sin problemas y aún tiene acceso a sus datos. Esta tolerancia a fallos se mantiene bajo control porque los diferentes nodos siguen sincronizando entre sí. La implementación de la solución permitió

alcanzar el objetivo principal de diseñar una arquitectura distribuida de alta disponibilidad para detectar fraudes.

Somasekaram et al. (2021). En su artículo titulado “*High-availability clusters: A taxonomy, survey, and future directions*”. Tiene por objetivo describir los múltiples usos de los clústeres de alta disponibilidad (HAC) para proteger las capas esenciales de una aplicación crítica teniendo en cuenta los patrones de implementación, áreas de aplicación, tipos de clúster, topología, gestión de clústeres, detección y recuperación de fallos, coherencia e integridad, y sincronización de datos. Utilizó una metodología híbrida para el análisis de las 17 soluciones de HAC verificando los resultados por medio de un conjunto diverso de materiales (por ejemplo, guías de referencia, manuales técnicos y documentación). Los resultados demuestran que las soluciones actuales de HAC para las aplicaciones organizacionales complejas están dominadas por proveedores comerciales (15 de las 17 soluciones encuestadas), porque los clientes buscan soluciones HAC para sus aplicaciones críticas para el negocio y, como tal, el soporte adecuado es primordial. Sin embargo, hay algunas iniciativas de código abierto.

Abed et al. (2025). En su artículo titulado “*Implementing High Availability Solution for Kubernetes Clusters*”. Tiene por objetivo construir un sistema capaz de resistir fallos de nodos, escalar dinámicamente y enrutar el tráfico en las demandas de la carga de trabajo y mantener experiencias de usuario fluidas con un tiempo de inactividad mínimo respuesta. La metodología de este estudio se enfoca en el diseño e implementación de una arquitectura de alta disponibilidad para clusters de *Kubernetes* utilizando *Amazon Web Services (AWS)*. Las pruebas de validación confirmaron que la arquitectura de alta disponibilidad para clústeres de *Kubernetes* cumplió con éxito sus objetivos de diseño y el equilibrador de carga mantuvo el acceso ininterrumpido al servicio garantizando la capacidad de respuesta. La arquitectura y los resultados sirven como

modelo de referencia para las organizaciones que buscan desplegar cargas de trabajo críticas con un tiempo de actividad continuo y una sobrecarga operativa mínima.

Arocena Errazquin, M. (2023). En su estudio titulado “*Configuración y puesta en marcha de un sistema de virtualización en alta disponibilidad vía Proxmox*”- para optar el grado de Ingeniería en Informática por la Universitat Oberta de Catalunya de España. El objetivo de este proyecto es configurar un sistema de virtualización en alta disponibilidad y con almacenamiento sincronizado acorde a los requerimientos deseados y al hardware disponible. Ha optado por seguir una metodología en cascada, también conocida como *waterfall*, en la que las distintas tareas y fases del proyecto se ejecutan de forma secuencial y ordenada. Cada fase incluye los siguientes pasos fundamentales: análisis, implementación, pruebas y despliegue. Como resultado de este proceso, se logró desarrollar un sistema de virtualización con alta disponibilidad, conformado por una máquina virtual y dos servidores físicos que mantienen la sincronización de datos entre ellos. Además, se implementan copias de seguridad diarias de las máquinas virtuales, las cuales se almacenan en un servidor externo. El proceso de configuración y mantenimiento de las máquinas virtuales está automatizado, y el sistema cuenta con una herramienta adicional de monitoreo para la detección temprana de fallos. Esto asegura que las máquinas virtuales alojadas en la nueva plataforma operen con alta eficiencia y confiabilidad. Logrando así que, en las máquinas virtuales alojadas en la nueva plataforma:

- El rendimiento de la CPU se ha visto incrementado en un 67.4 %
- La memoria soporta 10.8 veces más operaciones por segundo
- La velocidad de escritura se ha visto reducida a la mitad [ -49 %]

En relación a los test de carga de la página web institucional, en *Proxmox VE* el tiempo de respuesta se ve reducido en, prácticamente, 5 veces.

Molina Álvarez, M.R. (2023) en su trabajo de investigación titulado “*Análisis de la plataforma Proxmox como alternativa de software libre para virtualización de servidores*” para optar el grado de magister en Tecnologías de Información Mención Gestión y Administración de Tecnología por la Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Uno de sus objetivos es investigar y presentar las funcionalidades importantes de almacenamiento, máquinas y redes virtuales; y alta disponibilidad de la plataforma *Proxmox VE*. La técnica de investigación denominada observación, permitió obtener información generada, ejecutar las funcionalidades y comportamientos experimentados por *Proxmox VE* en la mini – red creada para realizar pruebas y a su vez el método experimental, permitió manipular y registrar los datos obtenidos. Concluyendo que *Proxmox VE* demuestra ser flexible y eficiente gracias a ser accesible para estudiantes, pequeñas y medianas empresas e investigadores con pocos recursos económicos; y también por ser de código abierto, además de su estabilidad al manejar múltiples servidores virtuales en paralelo. A todo esto, se suma la gran ventaja que representa administrar sus funcionalidades de manera fácil y centralizadas mediante la interfaz web.

Armas Chalan, H.V. (2024) en su estudio titulado “*Configuración de alta disponibilidad como medio de aseguramiento de servicios para un data center virtual usando el hipervisor Citrix*” para optar el título de Ingeniero en Tecnología de la Información por la Universidad Nacional de Chimborazo de Ecuador. Tiene por objetivo configurar alta disponibilidad como medio de aseguramiento de servicios para un Data Center virtual usando el Hipervisor Citrix. Para lo cual utilizó un enfoque cuantitativo porque aplicó la configuración de alta disponibilidad en un Data Center virtual usando servidores de prueba propiamente creadas para la investigación,

estableciéndose dos tipos de estudio: Cuasiexperimental y Descriptivo. Debido al entorno virtual de la investigación, no hubo población y muestra, la recolección de datos fue a través de pruebas específicas simulando un fallo de los servidores alojados en el hipervisor Citrix, para lo cual, se desactivó un servidor y en respuesta a la configuración de la alta disponibilidad buscó un servidor de respaldo en el cual alojarse para evitar así la pérdida de información. Como resultado, se logró una recuperación eficiente de los servicios ante cualquier imprevisto en el Data Center virtual, satisfaciendo la demanda de soporte informático por parte de los usuarios. Esta solución demostró ser altamente efectiva para garantizar la continuidad de los servicios, al contar con un servidor capaz de mantenerse operativo incluso frente a fallos.

## **3.2. Marco Teórico**

### **3.2.1. Data Center**

Un centro de procesamiento de datos es un espacio físico separado, seguro y bajo control destinado a alojar sistemas informáticos como servidores, dispositivos de almacenamiento, equipos de red y otros recursos tecnológicos. Su función principal es resguardar aplicaciones y datos esenciales a gran escala. Además, cuenta con una infraestructura adecuada para mantener condiciones óptimas de temperatura y energía, garantizando así el funcionamiento eficiente y continuo de todos sus equipos (Molina, 2023).

El centro de procesamiento de datos no solo actúa como un depósito digital, sino que se convierte en el núcleo tecnológico que posibilita la conexión y el funcionamiento de servicios en línea, soportando aplicaciones vitales y actividades en distintas áreas. Es un elemento

clave para garantizar que la sociedad actual pueda operar de manera eficiente y continua en el mundo digital (Lopez, 2024).

#### **3.2.1.1. Componentes y funciones:**

- **Almacenamiento y procesamiento de datos:** Los data centers almacenan y procesan grandes cantidades de datos, tanto de forma física (en servidores y unidades de almacenamiento) como a través de la nube.
- **Infraestructura de TI:** Albergan la infraestructura tecnológica necesaria para la creación, ejecución y entrega de aplicaciones y servicios.
- **Seguridad y redundancia:** Implementan medidas de seguridad para proteger los datos y sistemas, incluyendo sistemas de respaldo de energía, redundancia de componentes y control de acceso.
- **Sistemas de energía eléctrica:** Incluye alimentación redundante, UPS (Uninterruptible Power Supply), generadores eléctricos y sistemas de distribución para garantizar continuidad energética.
- **Sistemas de refrigeración:** Utilizan sistemas de enfriamiento para mantener los servidores a una temperatura óptima, evitando sobrecalentamiento y fallas.
- **Redes de comunicación:** Contienen redes de comunicación de alta velocidad para permitir la transmisión eficiente de datos entre servidores y usuarios (IBM,2024).

#### **3.2.1.2. Importancia y beneficios:**

- **Centralización de la infraestructura:** Permiten centralizar la infraestructura de TI, facilitando la gestión y mantenimiento de los sistemas.

- **Reducción de costos:** Al compartir recursos y optimizar la infraestructura, los data centers pueden reducir los costos operativos.
- **Escalabilidad:** Proporcionan la posibilidad de escalar las operaciones según las necesidades, ya sea aumentando la capacidad de almacenamiento o el número de servidores.
- **Resiliencia y continuidad de negocio:** Con sistemas de respaldo y redundancia, los data centers garantizan la continuidad de las operaciones, incluso en caso de fallas o desastres.

### 3.2.2. Clúster de Alta Disponibilidad

Es un conjunto de sistemas informáticos que trabajan conjuntamente para garantizar la continuidad y disponibilidad de un servicio o aplicación, minimizando el impacto de posibles fallos en uno o varios nodos (Zaragoza, 2018).

Según Acero Quilumbaquín (2016), cuando uno de los servidores que conforman un clúster experimenta una pérdida de conexión a la red, falla en el hardware o presenta errores en la aplicación encargada de proveer el servicio, el clúster debe estar diseñado para asegurar la continuidad operacional, minimizando el tiempo de inactividad al mínimo posible. A su vez en esta infraestructura es necesario tres nodos, porque asegura que el sistema tenga un quórum o mayoría simple, lo que permite que el clúster continúe funcionando incluso si uno de los nodos falla o pierde conexión. Con tres nodos, al menos dos deben estar activos y comunicándose para que los servicios permanezcan operativos.

Son usualmente empleados para mejorar el rendimiento y/o la disponibilidad por encima de la que es provista por un solo computador típicamente siendo más económico que computadores individuales de rapidez y disponibilidad comparables (Alcántara, 2014).

En un clúster de alta disponibilidad (HA) con Proxmox VE, el sistema de archivos más recomendado y comúnmente utilizado para almacenamiento compartido es *Ceph*. El cual resuelve de forma eficiente y nativa los requerimientos críticos de un entorno HA, como la redundancia, escalabilidad, resiliencia ante fallos y acceso simultáneo a datos compartidos (Proxmox Server Solutions GmbH, 2023).

### 3.2.3. Características Críticas de un Clúster de Alta Disponibilidad

- **Redundancia de nodos:** El clúster está conformado por múltiples nodos que garantizan la continuidad del servicio. Si un nodo falla, otros nodos asumen automáticamente las funciones del nodo caído, eliminando puntos únicos de falla y asegurando la continuidad operativa.
- **Balaneo de Carga:** El tráfico y las peticiones se distribuyen de forma eficiente entre los nodos activos para optimizar el rendimiento y evitar sobrecargas; esto mejora la capacidad de respuesta y la escalabilidad del sistema.
- **Duplicación de Datos:** Los datos se replican en múltiples nodos, asegurando así que, si un nodo presenta una falla, la información permanezca accesible desde otros nodos del sistema.
- **Monitoreo Continuo:** Emplea monitoreo que utiliza sistemas que verifican las operaciones de cada nodo de forma constante. Esto incluye la supervisión del hardware, software, rendimiento de aplicaciones y la conectividad de red, utilizando mecanismos como los "latidos" (*heartbeats*) para confirmar la operatividad de los nodos.
- **Recuperación ante Fallas (*Failover*):** En el momento en que se produce una situación de fallo, el clúster tiene configurados mecanismos automáticos que permiten transferir las responsabilidades de un nodo inactivo a un nodo inoperante sin que el usuario final perciba el corte (Red Hat, 2022).

### 3.2.4. Beneficios de la agrupación de datos de alta disponibilidad

- **Minimización de periodos de inactividad:** Reduce o elimina los periodos de inactividad, lo cual es importante para aplicaciones y servicios que tienen requisitos de disponibilidad 24/7.
- **Escalabilidad:** Más fácil añadir más nodos para aumentar la capacidad del sistema sin pérdida de su disponibilidad.
- **Recuperación rápida de desastres de datos:** Los sistemas de replicación y conmutación por fallo permiten la recuperación rápida de datos y servicios durante periodos de inactividad o fallos.
- **Optimización de la utilización de recursos:** La carga equilibra la carga de trabajo a los diversos recursos de hardware con el fin de garantizar un rendimiento óptimo (Red Hat, 2022).

### 3.2.5. Cálculo de la disponibilidad

El cálculo de la disponibilidad es fundamental en la gestión de sistemas críticos, ya que permite evaluar la confiabilidad operativa y planificar estrategias de mantenimiento efectivas para minimizar interrupciones (Hernández Dávila, 2016).

El cálculo de la disponibilidad permite priorizar acciones, optimizar recursos de mantenimiento y negociar acuerdos de nivel de servicio (SLA), siendo un componente vital para la fiabilidad operacional (Fernández Heredia & Neyra Nieto, 2021).

En sistemas con baja criticidad, los acuerdos de nivel de servicio (SLA) pueden fijar horarios limitados, como 8 horas al día y 5 días a la semana, excluyendo festivos. Sin embargo, para sistemas más críticos, por ejemplo, una red de cajeros automáticos, los SLA suelen requerir disponibilidad continua las 24 horas del día, los 365 días del año (Carrillo Loayza, 2024).

Bajo la premisa de un SLA 24×365, la disponibilidad del sistema se puede calcular utilizando la proporción del tiempo operativo respecto al tiempo total, considerando períodos de actividad e inactividad de la siguiente forma:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo Operativo}}{\text{Tiempo Operativo} + \text{Tiempo de Inactividad}} \times 100\%$$

Este indicador cuantifica el porcentaje de tiempo que un sistema está accesible y funcionando, facilitando la toma de decisiones para garantizar la continuidad operativa en entornos de alta criticidad (Fernández Heredia & Neyra Nieto, 2021).

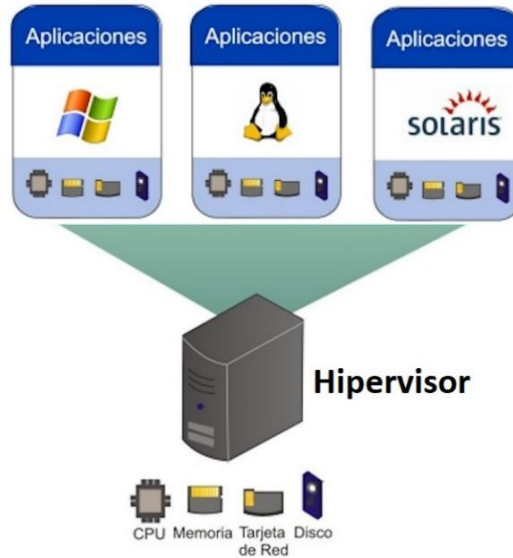
### **3.2.6. Hipervisor**

Un hipervisor es un software o firmware que permite crear y gestionar máquinas virtuales (VM) en un servidor físico. Actúan como una capa entre el hardware físico y las máquinas virtuales, permitiendo que varios sistemas operativos se ejecuten simultáneamente en el mismo hardware.

Según Whitestack (2025), esta tecnología es el fundamento que hace posible la virtualización, permitiendo que un único servidor físico ejecute simultáneamente múltiples sistemas operativos como si cada uno tuviera su propio hardware dedicado. Cada máquina virtual tiene la ilusión de estar funcionando en un equipo independiente, sin conocimiento de otras máquinas virtuales que comparten los mismos recursos físicos.

**Figura 3**

*Descripción conceptual del Hipervisor*



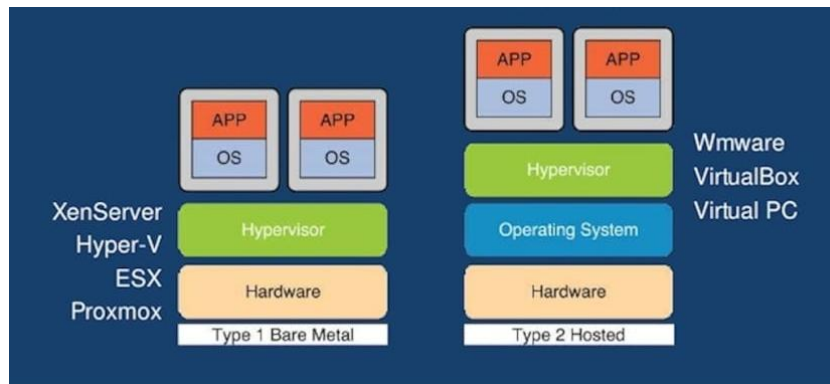
*Nota.* Adoptado de <https://universodigital.org/virtualizacion/>

**3.2.6.1. Tipos de Hipervisores**

Existen dos tipos de hipervisores que pueden usarse para la virtualización: tipo 1 y tipo 2.

**Figura 4**

*Tipos de Hipervisores*



*Nota.* Adoptado de <https://universodigital.org/virtualizacion/>

**Tabla 1***Comparativa entre tipos de hipervisores*

<b>Hipervisor</b>	<b>Tipo 1</b> <i>(Bare-metal)</i>	<b>Tipo 2</b> <i>(Hosted)</i>
Instalación	Directamente sobre el hardware físico del servidor sin un sistema operativo intermediario.	Sobre un sistema operativo existente, como una aplicación más, luego crea y gestiona las VM.
Plataforma	<i>VMware ESXi, Microsoft Hyper-V, Xen, Proxmox</i>	<i>VMware Workstation, Oracle VirtualBox, Parallels Desktop</i>
Rendimiento	Alto rendimiento, menor latencia	Menor rendimiento, mayor sobrecarga por depender del sistema operativo
Requisitos de hardware	Generalmente más exigentes	Menos exigentes
Tolerancia a fallos	Compatible con alta disponibilidad (HA) y clústeres	Limitado o sin soporte para alta disponibilidad
Uso principal	Entornos de producción, servidores, datacenters	Uso personal, pruebas, desarrollo, entornos educativos

*Nota.* Elaboración propia

### ***3.2.6.2. Funciones Clave de un Hipervisor***

- **Aislamiento de Máquinas Virtuales:** Garantiza la independencia de cada MV, impidiendo que cualquier incidencia o anomalía en una de ellas repercuta en el funcionamiento de las demás.
- **Asignación de Recursos:** Asigna los componentes tangibles del servidor, tales como el procesador, la memoria y el espacio de almacenamiento, entre las MV, adaptándolos a lo que cada una requiere.
- **Migración de VM:** Habilita la migración de MV entre servidores de forma transparente, facilitando así la gestión de recursos y mantenimiento de hardware sin tiempos de inactividad.

### ***3.2.6.3. Beneficios de Usar un Hipervisor***

- **Optimización de Recursos:** Maximiza el uso del hardware físico al permitir múltiples entornos en un solo servidor.
- **Flexibilidad y Escalabilidad:** Facilita la creación de entornos adicionales y el escalado de recursos.
- **Facilidad de Gestión:** Los hipervisores permiten centralizar la administración de las VM y habilitan prácticas de alta disponibilidad y recuperación ante desastres.

En síntesis, Whitestack (2025) destaca que el hipervisor representa una tecnología revolucionaria que ha cambiado profundamente la manera en que las organizaciones despliegan y administran sus infraestructuras tecnológicas. Originalmente concebidos como herramientas básicas para la consolidación de servidores, los hipervisores han evolucionado hasta convertirse en plataformas fundamentales que impulsan la agilidad empresarial, mejoran la eficiencia en el uso de recursos y fomentan la innovación tecnológica.

### 3.2.7. Ceph

Es una plataforma de almacenamiento distribuido de código abierto que facilita la creación de sistemas escalables, resilientes y de alto rendimiento, comúnmente utilizada en entornos empresariales y centros de datos para almacenamiento en la nube e infraestructura virtualizada. Esta arquitectura es fundamentalmente distribuida, lo que significa que los datos siempre se almacenan en múltiples servidores o nodos dentro de un clúster. Garantiza alta disponibilidad, tolerancia a fallos y escalabilidad, permitiendo a las organizaciones gestionar cantidades de datos cada vez mayores con una mínima sobrecarga administrativa (Cloudification, 2024).

Emplea un algoritmo de distribución de datos llamado CRUSH (Replicación Controlada Bajo Hashing Escalable) el cual determina de manera determinista la ubicación de los datos en el clúster. Usa un mapa del clúster y reglas definidas para calcular dónde se almacenan los objetos y sus réplicas, logrando una distribución homogénea que mejora la eficiencia y la tolerancia a fallos en distintos dominios físicos, como bastidores o centros de datos (SUSE, 2025).

#### 3.2.7.1. Componentes de Ceph

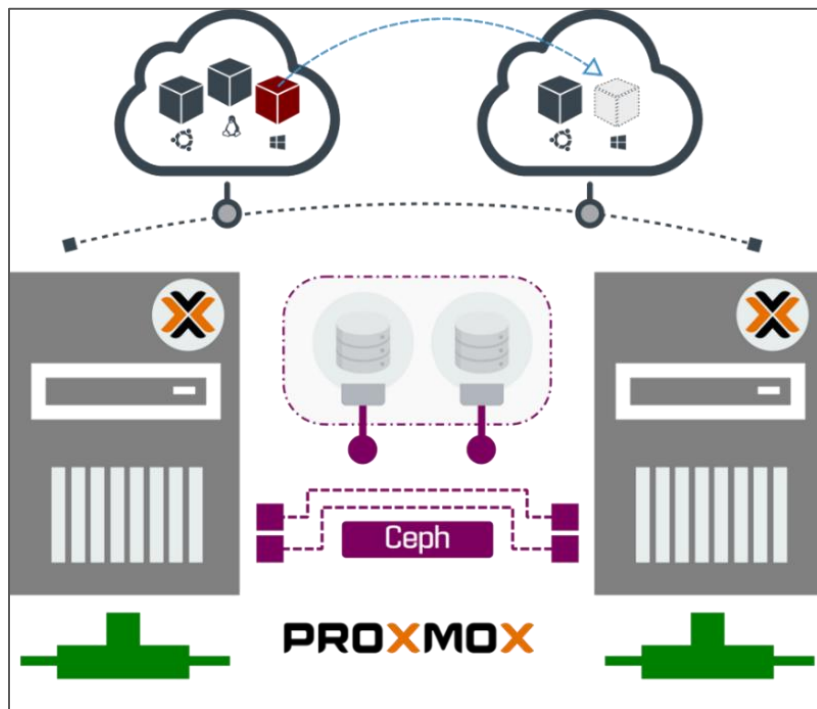
Está compuesto por varios tipos de nodos y servicios que cumplen funciones específicas:

- **RADOS** (Reliable Autonomic Distributed Object Store) Es el núcleo de Ceph, encargado de distribuir y replicar los datos automáticamente.
- **Monitor (MON)**: Supervisan el estado general del clúster y mantienen el mapa actualizado para que los clientes sepan cómo acceder a los datos.

- **Manager:** Gestionan el estado de la utilización del espacio, de la carga del sistema y del nivel de utilización de los nodos.
- **RBD (RADOS Block Device)** Proporciona dispositivos de bloques virtuales para máquinas virtuales o servidores.
- **OSD (Object Storage Devices):** Son los discos o unidades de almacenamiento donde se guardan los datos y se gestionan las réplicas y recuperaciones. Se recomienda tener al menos tres OSD en el cluster.
- **Metadata server (MDSs):** Gestionan los metadatos en CephFS, optimizando el acceso a los archivos (Cloudification, 2024).

**Figura 5**

*Descripción conceptual de Ceph*



*Nota.* Se presentan dos Servidores/Nodos con *PROXMOX*, formando un Clúster, cada "Nodo" a través de Ceph pone a disposición del Clúster las unidades de almacenamiento que posee,

permitiendo así crear un "Storage Ceph" de acceso común para los Nodos. Adoptado de <https://911-ubuntu.weebly.com/proxmox-ceph/proxmox-ceph-laboratorio>.

### 3.2.8. Proxmox VE 8.2

*Proxmox VE* es una plataforma para ejecutar máquinas virtuales y contenedores. Está basado en Debian Linux, y es completamente *open source*. Para lograr la máxima flexibilidad, implementa dos tecnologías de virtualización: máquina virtual basada en *Kernel* (KVM/QEMU) y virtualización basada en contenedores (LXC). (GmbH, 2023).

*Proxmox VE* utiliza una técnica basada en quórum para proporcionar un estado consistente entre todos los nodos del clúster. El quórum es el número mínimo de votos que una transacción distribuida debe obtener para poder realizar una operación en un sistema distribuido.

#### 3.2.9.1. Características de Proxmox VE 8.2

- **Interfaz de Usuario Mejorada:** Se mejoraron las vistas y funcionalidades de la interfaz web para facilitar la administración de VM y contenedores, así como la administración de almacenamiento y red de manera más intuitiva.
- **Compatibilidad Mejorada con Contenedores y VM:** Se optimizó la compatibilidad con LXC (*Linux Containers*) y KVM (*Kernel-based Virtual Machine*), ofreciendo un mejor rendimiento y soporte para nuevas tecnologías de hardware.
- **Soporte para Ceph Quincy (17.2):** Permite usar Ceph, un sistema de almacenamiento distribuido, con actualizaciones que mejoran la gestión del almacenamiento y la capacidad de recuperación ante fallas en sistemas distribuidos.

- **Nuevas Opciones de Seguridad:** Introduce configuraciones de seguridad adicionales como 2FA (autenticación de dos factores) mejorada para el acceso al entorno y un nuevo enfoque en la autenticación y permisos de usuarios.
- **Kernel en Tiempo Real Opcional:** Se añade un kernel en tiempo real, lo cual es útil para entornos que requieren baja latencia, como aplicaciones financieras o sistemas de control industrial.
- **Optimización en la Administración de Red:** Permite una administración de red más avanzada, incluyendo mejoras en el soporte de VLAN, puentes de red y la posibilidad de configuraciones de red complejas en entornos de VM y contenedores.

#### ***3.2.9.2. Usos de Proxmox VE 8.2***

- **Virtualización de Servidores:** Para gestionar múltiples VM y contenedores en una única plataforma.
- **Alta Disponibilidad:** Facilita la creación de clústeres de alta disponibilidad (HA), asegurando la continuidad del servicio en caso de fallas de hardware.
- **Soluciones de Backup y Recuperación:** Integra *Proxmox Backup Server*, permitiendo respaldos rápidos y seguros de VM y contenedores.
- **Administración de Infraestructura Centralizada:** Perfecto para centros de datos, facilitando la administración desde una única interfaz, ya sea de forma local o remota.

#### ***3.2.9.3. Comparación con los demás sistemas de virtualización***

Hay varias opciones de tecnologías de virtualización disponibles en el mercado, a continuación, se presenta algunas características entre sistemas de virtualización de

hipervisor tipo 1, de modo sea útil a la hora de tomar una decisión con la realidad de la organización.

**Tabla 2**

*Comparativa entre sistemas de virtualización de hipervisor tipo 1*

<b>Plataforma</b>	<b>Proxmox VE</b>	<b>VMware Esxi</b>	<b>Microsoft Hyper-V</b>	<b>Citrix XenServer</b>
Sistemas Operativos Soportados	Windows y Linux(kvm)	Windows, Linux, UNIX	Windows (soporte linux limitado)	Windows (soporte linux limitado)
Licencia	Libre	Propietaria	Propietaria	Propietaria
Open Source	SI	NO	NO	SI
Contenedores OpenVZ	SI	NO	NO	NO
Alta Disponibilidad	SI	SI	Requiere Failover clustering Microsoft	SI
Copias de seguridad de las máquinas en caliente	SI	SI	Limitado	SI
Migración en caliente de máquinas virtuales	SI	SI	SI	SI
Máxima RAM y CPU por host	160 CPU / 2 TB Ram	160 CPU / 2 TB Ram	64 CPU / 1 TB Ram	

*Nota.* Elaboración propia

*Proxmox VE* sigue demostrando ser una opción muy robusta para virtualizar en entornos de producción, destacando por su gran estabilidad y la capacidad de administrarla de forma abierta y flexible, lo que la distingue claramente de las soluciones que ofrece el mercado.

### **3.2.9. Proxmox Backup Server (PBS)**

Es una herramienta pensada para que podamos hacer copias de seguridad tanto de nuestros datos personales como de los datos críticos de nuestras empresas de manera segura y eficiente. Ya sea para proteger nuestros archivos importantes o para garantizar que la información de nuestro negocio esté a salvo, esta solución nos ofrece la tranquilidad de tener un respaldo siempre disponible (ISN, 2025).

ISN, 2025, diferencia a *Proxmox Backup Server* de otros sistemas de backup porque está optimizado para máquinas virtuales y contenedores. Esto es ideal si trabajamos con servidores o si utilizamos *Proxmox VE*, su plataforma hermana, aunque también puede funcionar en otros entornos.

#### **3.2.10.1. Ventajas y beneficios**

*Proxmox Backup Server* destaca por su enfoque moderno y eficiente además de ser de código abierto, lo que significa que podemos usarla sin restricciones ni costosas suscripciones:

- **Backup incremental y deduplicación:** Después del primer respaldo completo, solo guarda los datos que han cambiado, lo que reduce considerablemente el tiempo necesario para realizar cada backup y el espacio de almacenamiento que requiere. Mientras la deduplicación permite

que no se guarden datos repetidos, eliminando copias innecesarias de información que ya ha sido respaldada antes.

- **Restauración rápida y eficiente:** El sistema permite restaurar los backup de manera eficiente, minimizando el tiempo de inactividad.
- **Compresión:** Una característica es que los archivos se comprimen automáticamente, lo cual mejora el rendimiento de los *backups* y las restauraciones.
- **Seguridad:** Los datos se encriptan durante el proceso de backup, ninguno podrá leer la información sin la clave adecuada.
- **Soporte para almacenamiento externo:** Incluye discos duros locales, almacenamiento en red (NAS), soluciones de almacenamiento en la nube o unidades externas. Podemos adaptar el sistema a nuestras necesidades y presupuesto, sin limitaciones en cuanto al tipo de almacenamiento.
- **Flexibilidad y escalabilidad:** Permite adaptarse a las necesidades de crecimiento de una empresa, añadiendo más almacenamiento o recursos a medida que se necesiten, sin tener que cambiar la infraestructura o el sistema de *backups*.
- **Integración con Proxmox VE:** Esta conexión directa permite gestionar los backups de máquinas virtuales y contenedores de forma sencilla y eficiente desde una única plataforma (ISN, 2025).

## IV. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

### 4.1. Definición de la Problemática

El Data Center de Oleaginosas del Perú SA era reciente y no tenía una estructura tecnológica adecuada; enfrentaba varios desafíos tecnológicos debido a su infraestructura tradicional basada en servidores físicos independientes y de capacidades limitadas. Estos problemas abarcaban tiempos de inactividad prolongados, ausencia de redundancia en los sistemas críticos, utilización ineficiente de los recursos de hardware y altos costos de mantenimiento y operación. La falta de una solución de virtualización y alta disponibilidad estaba obstaculizando la capacidad de la empresa para crecer y ajustarse a las cada vez mayores demandas tecnológicas, lo que ponía en peligro la continuidad operativa y la protección de los datos.

Desde una perspectiva técnica, los servidores físicos se implementaban teniendo instalados sistemas operativos en modo bare-metal, resultando en un aprovechamiento ineficiente de los recursos disponibles. La ausencia de un hipervisor centralizado dificultaba la consolidación de las cargas de trabajo, lo que provocaba subutilización en algunos servidores mientras que otros funcionaban al límite de su capacidad, afectando el rendimiento global del sistema.

La compañía disponía de dos servidores de capacidades limitadas y uno de ellos se encontraba desfasado, gestionaban su base de datos y sistemas contables con sistema operativo instalados directamente e independientes. Existía la necesidad de implementar nuevos sistemas y servicios como DNS, Servidor de Archivos, Directorio Activo y otros para mejorar la operatividad de los procesos de negocio y gestionar la infraestructura tecnológica. Sin embargo, no disponía de equipos para esta finalidad, siendo necesario su adquisición, iniciaba el gran reto de buscar soluciones eficientes y óptimos.

La inexistencia de una solución eficiente de almacenamiento compartido, resultaba en una gestión fragmentada de los datos y aumentaba la posibilidad de pérdida de información en caso de fallo de hardware. La ausencia de un clúster de alta disponibilidad significaba que cualquier interrupción en el servidor causaba la caída de los servicios asociados, impactando directamente en la operatividad de la empresa.

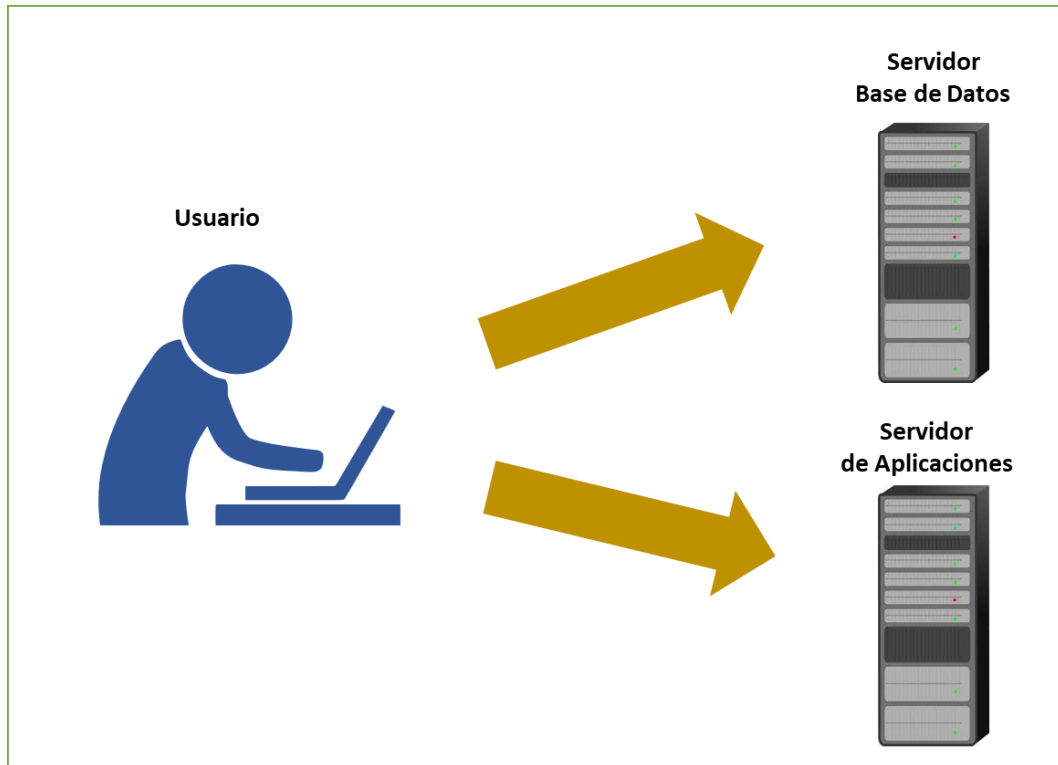
Otro problema identificado fue la falta de automatización en la gestión de recursos y recuperación ante fallos. La monitorización del estado de los servidores y aplicaciones se realizaba de manera manual, aumentando la probabilidad de tiempos de respuesta tardíos ante incidencias críticas. Asimismo, la seguridad de la infraestructura era vulnerable ante posibles ataques o accesos no autorizados, ya que no se contaba con políticas avanzadas de segmentación de red ni mecanismos de autenticación robustos.

Estos problemas generaban costos operativos elevados debido al mantenimiento constante de hardware disperso, la necesidad de intervenciones manuales y el consumo energético ineficiente. Por ello, se identificó la necesidad de implementar una solución de virtualización con alta disponibilidad, centralización de almacenamiento y mejoras en la seguridad y monitoreo para optimizar la infraestructura de TI de la empresa.

En la siguiente figura se puede apreciar el despliegue directo de servicios sobre el hardware, la misma que cada equipo es independiente y no comparten información entre ellas. Cada servidor se comunica con el usuario para responder las peticiones según la necesidad de su proceso de negocio. En situaciones de incidencia existe el riesgo de pérdida total de la información y paralización de las actividades.

**Figura 6**

*Situación actual de la infraestructura de OLPEA*



*Nota.* Elaboración propia

#### **4.2. Propuesta de Solución**

Una vez entendido el problema que venía atravesando la organización, se planteó la implementación de un clúster de alta disponibilidad conformado por tres nodos con el objetivo de garantizar la disponibilidad de los servicios actuales y futuros desplegados en la infraestructura tecnológica.

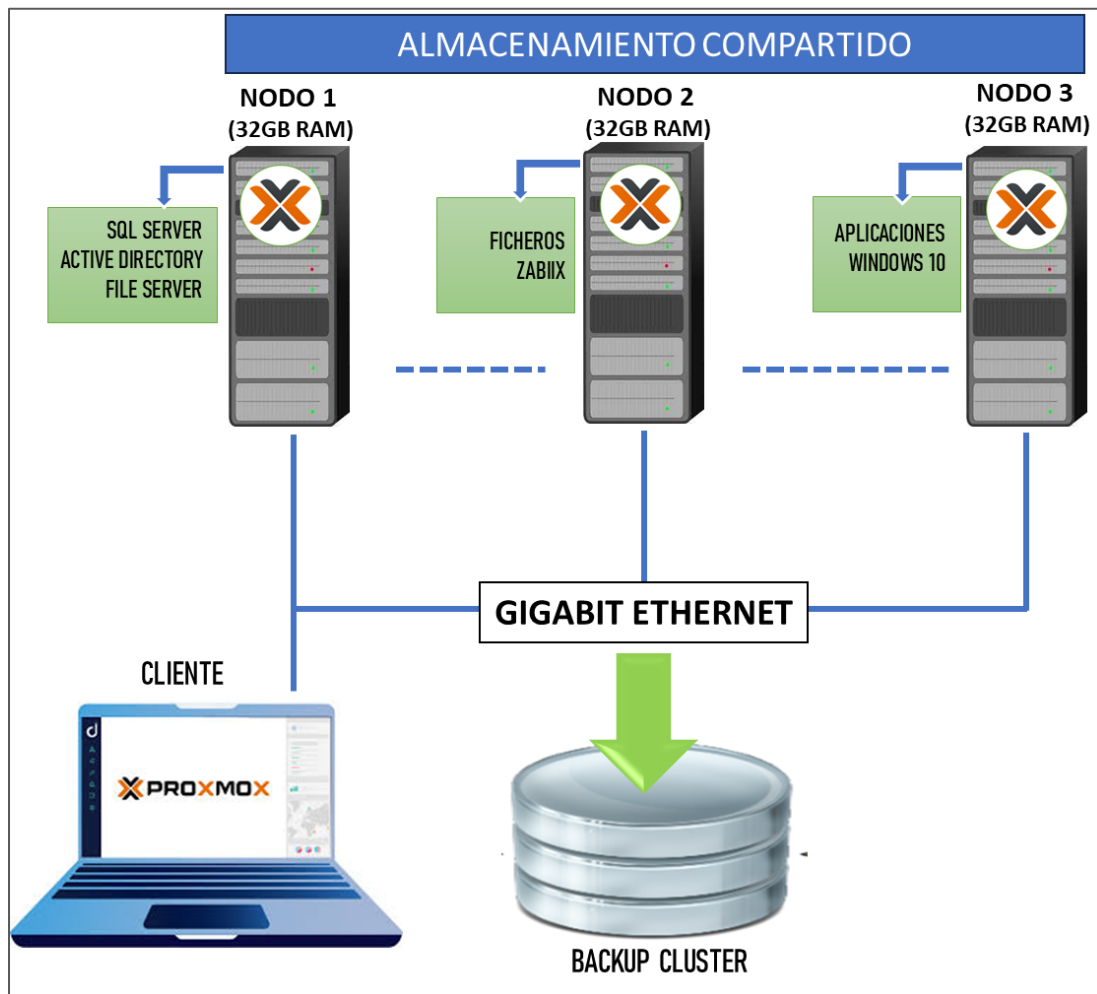
La estructura cuenta con tres nodos que conformarán el clúster de alta disponibilidad con capacidades similares, a su vez en cada nodo se crearán máquinas virtuales para desplegar los sistemas y servicios de la organización mediante el almacenamiento compartido, en caso de incidente o falla de un nodo, la migración en caliente de las máquinas virtuales desplegadas en ella

hacia los otros disponibles, sin que los usuarios sean interrumpidos en la operatividad de sus procesos de negocio.

A su vez se propuso implementar un servidor de backup a fin de tener un respaldo general de todo el clúster, ante cualquier incidente que afectará el funcionamiento de toda infraestructura del clúster, una contingencia para restablecer los servicios en menor tiempo posible y garantizando la integridad de los datos.

**Figura 7**

*Clúster de alta disponibilidad planteada*



*Nota.* Elaboración propia

### 4.3. Justificación

El buen funcionamiento y la eficiencia de los procesos empresariales centrales requieren la continuidad ininterrumpida de los servicios y la seguridad de que sus datos están seguros. Por ello, contar con infraestructura que permita garantizar la alta disponibilidad y un plan de contingencia para realizar respaldos, es la mejor solución para hacer frente a los incidentes (cortes de alimentación eléctrica, fallos en el hardware o software, situaciones no programadas, etc.).

La correcta implantación de esta estrategia es necesaria para asegurar la recuperación rápida de los servicios ante cualquier contratiempo, asimismo, añadir la fiabilidad y un menor coste operativo para aumentar la productividad de la organización.

### 4.4. Objetivos

#### 4.4.1. Objetivo General

Implementar un clúster de alta disponibilidad en el Data Center de Oleaginosas del Perú S.A. utilizando *Proxmox VE 8*, con el fin de optimizar la gestión de recursos tecnológicos, garantizar la continuidad operativa y fortalecer la seguridad y redundancia de la infraestructura de TI.

#### 4.4.2. Objetivos Específicos

- Diseñar e implementar un clúster de alta disponibilidad con *Proxmox VE 8* para garantizar la continuidad operativa del Data Center de Oleaginosas del Perú S.A.

- Configurar y optimizar el almacenamiento compartido con Ceph para asegurar la redundancia y disponibilidad de datos.
- Implementar una solución de virtualización eficiente basada en hipervisores de tipo 1 para maximizar el uso de los recursos de hardware.
- Desplegar estrategias de balanceo de carga y *failover* automático para minimizar tiempos de inactividad ante fallos de hardware o software.
- Desarrollar una política de respaldo y recuperación de datos mediante *Proxmox Backup Server* para garantizar la integridad y disponibilidad de la información.
- Configurar herramientas de monitoreo y alertas en tiempo real para supervisar el rendimiento del clúster y anticipar posibles fallos.
- Documentar el proceso de implementación y configuración del clúster para futuras actualizaciones y mantenimiento.

#### 4.5. Metodología de Gestión de Proyecto

Se utilizó el enfoque PMO (Project Management Office) con la metodología PMI, que incluye las siguientes etapas:

- **Inicio:** En esta primera etapa se definió el alcance del proyecto, los requisitos y asignación de roles.
- **Planificación:** Se hizo una estimación de recursos en base a los requisitos planteados, la estimación de costos para ejecución del proyecto, la definición de métricas para medir el desempeño y establecimiento de cronograma de actividades.

- **Ejecución:** Implementación del clúster de alta disponibilidad con los 3 nodos y un servidor de backup para la estructura, a su vez realizar las pruebas de contingencia que garanticen su óptimo funcionamiento.
- **Monitoreo y Control:** Era importante hacer seguimiento de métricas de rendimiento y disponibilidad.
- **Cierre:** Para cerrar el proyecto se hizo la documentación final y lecciones aprendidas.

**Figura 8**

*Diagrama de actividades según PMI*



*Nota.* Se describe las actividades desarrolladas en cada fase. Elaboración propia.

#### 4.6. Matriz de Consistencia del Proyecto

Nos facilitará la trazabilidad y la toma de decisiones en cada fase del ciclo de vida del proyecto (inicio, planificación, ejecución, monitoreo/control y cierre). Asegurando que cada acción propuesta responda a la necesidad identificada en el análisis de la situación actual y conforme avance la implementación estén alineados con los objetivos estratégicos de la organización.

**Tabla 3***Matriz de consistencia del proyecto*

<b>Elemento</b>	<b>Descripción</b>
Objetivo General	Garantizar la disponibilidad continua de los servicios virtualizados mediante un clúster de alta disponibilidad.
Problema	Interrupciones en los servicios debido a fallos de hardware o software.
Justificación	La continuidad operativa es crucial para los servicios de la empresa.
Metodología	Incluye procesos del PMI
Recursos	Hardware (servidores Lenovo T140, T150, SR570), Switch gigabit, software ( <i>Proxmox VE, Ceph</i> ).
Indicadores de Éxito	Tiempos de recuperación, rendimiento del clúster de alta disponibilidad

*Nota.* Elaboración propia**4.7. Análisis del Proyecto****4.7.1. Alcance**

- Implementación de un clúster HA en tres nodos con *Proxmox VE* 8.2.
- Configuración de almacenamiento compartido con Ceph.
- Configuración de red optimizada para HA.
- Configuración de fencing y gestión de quórum.
- Implementación de monitoreo y pruebas de contingencia.
- Creación de documentación técnica detallada.

#### 4.7.2. Requisitos previos

**Tabla 4**

*Descripción de los requisitos*

<b>Requisitos</b>	<b>Descripción</b>
Infraestructura de Hardware	Tres servidores físicos idénticos o compatibles con capacidades similares en memoria y almacenamiento.
Almacenamiento Compartido	Un almacenamiento compartido o distribuido (por ejemplo, Ceph o NFS) para que las VM puedan ser accedidas desde cualquiera de los nodos
Red de Alta Velocidad	Cada nodo debe estar conectado a la red de alta velocidad (preferiblemente Gigabit Ethernet o superior), esto permitirá una óptima comunicación entre los nodos.
Direcciones IP Fijas	Configurar IP estática en cada nodo
Certificados y Claves SSH	Es recomendable configurar el acceso SSH sin contraseña entre nodos.

*Nota.* Elaboración propia

#### 4.7.3. Roles y Responsabilidades

Como colaborador de la empresa me he desempeñado administrando y gestionando todo lo relacionado a la Tecnología de Información, bajo ese contexto los roles y responsabilidades en cada proceso en el presente proyecto estuvo bajo mi cargo.

**Tabla 5***Roles y responsabilidades*

<b>Rol</b>	<b>Responsabilidades</b>
Ingeniero de Sistemas	Diseño e implementación del clúster, configuración de red y HA.
Administrador de Servidores	Configuración y mantenimiento de <i>Proxmox</i> y <i>Ceph</i> desde la plataforma web de administración.
Especialista en Redes	Configuración de la red corporativa en cada uno de los usuarios para el acceso a los servicios desplegados en el clúster, redundancia y seguridad de red.
Administrador de Seguridad	Configuración de autenticación, reglas de firewall y control de accesos de los usuarios del dominio.
Analista de Monitoreo	Implementación y supervisión de métricas para evaluar el rendimiento y disponibilidad del Clúster.
Gerente de Proyecto (PMO)	Coordinación del proyecto, asignación de tareas y seguimiento de plazos.

*Nota.* Elaboración propia

#### **4.8. Planificación del Proyecto**

##### **4.8.1. Objetivos Estratégicos**

- Garantizar la disponibilidad continua de las máquinas virtuales mediante la configuración de alta disponibilidad.
- Minimizar el impacto de fallos en hardware o software.

- Optimizar el uso de recursos en la infraestructura TI.
- Implementar una solución escalable y segura.

#### 4.8.2. Recursos y Costos

Para la ejecución del proyecto se contó con el siguiente presupuesto estimado, teniendo en cuenta la repotenciación del servidor Lenovo T140 que conformará el nodo 3 para así disponer de características similares:

**Tabla 6**

*Costo estimado de los recursos*

Recurso	Subcategoría	Cantidad	Costo	Costo
			Unitario	Total
Hardware	Servidor Lenovo SR570 (16 x Intel(R) Xeon(R) Silver 4208 CPU @ 2.10GHz), 32 GB RAM	1	\$4,000	\$4,000
	Servidor Thinkserver T150 (8 x Intel(R) Xeon(R) CPU E3-1246 v3 @ 3.50GHz), 32GB RAM	1	\$2,800	\$2,800
	Servidor Dell PowerEdge R750xs (48 x Intel(R) Xeon(R) Silver 4310 CPU @ 2.10GHz), 32 GB RAM	1	\$7,000	\$7,000
	Switch HP 1420-24G-2SFP	1	\$300	\$300
	Disco Duro Dell 2tb SAS 2.5" 7.2k 12G	2	\$500	\$,1,000

Recurso	Subcategoría	Cantidad	Costo	Costo
			Unitario	Total
	Disco Duro Lenovo ThinkSystem 2.5", 2.4TB, 10 K, SAS	3	\$500	\$,1,500
	Disco SSD NVMe 500GB	2	\$250	\$500
	Disco Duro 2TB SAS 3.5" 7.2k 12Gbps	6	\$300	\$1,800
Software	Proxmox VE 8.2	3	\$0	\$0
	Ceph (open-source)	-	\$0	\$0
	Proxmox backup Server	1	\$0	\$0
Servicios	Instalación y configuración de servidores	4	\$500	\$2,000
	Configuración de Ceph y HA	1	\$500	\$500
	Verificar los indicadores de disponibilidad y rendimiento.	1	\$0	\$0
			<b>Total</b>	<b>\$20,900</b>

*Nota.* Elaboración propia

#### 4.8.3. Definición de métricas

Estas métricas permitirán evaluar la capacidad del clúster para mantener el servicio en funcionamiento sin interrupciones. A su vez Evaluaremos la eficiencia del clúster en términos de procesamiento y almacenamiento.

**Tabla 7***Definición de Métricas*

<b>Métrica</b>	<b>Medición</b>	<b>Objetivo</b>
Disponibilidad	Procesamiento	Mayor al 99.95%
Rendimiento	Procesamiento	El uso de CPU (%) esté entre 30 y 70% en carga normal, con picos $\leq 90\%$
Rendimiento	Memoria	El Uso de RAM (%) sea $\leq 80\%$ en carga normal en cada uno de los nodos.
Rendimiento	Almacenamiento	Mantenerse por debajo del 80%.

*Nota.* Elaboración propia

#### **4.8.4. Cronograma**

A continuación, se detallan las actividades desde la fase inicial de la idea del proyecto, iniciado la primera semana de enero 2019 hasta finales de marzo del mismo año, dejando en funcionamiento el clúster de alta disponibilidad.



## V. IMPLEMENTACIÓN

### 5.1. Adquisición de Equipamiento

Es importante contar con los equipos adecuados que cumplan los requisitos mínimos para esta implementación del clúster de alta disponibilidad, se realizó las coordinaciones con los proveedores para contar con las cotizaciones y presentarlo al área de Contabilidad y Finanzas para seguir el procedimiento de compras.

La empresa contaba con un servidor Lenovo TS140 con características mínimas, requería de repotenciación para tener características similares con los otros nodos, entonces se solicitó discos y memoria RAM compatibles con el modelo de hardware. Realizada las gestiones logísticas y previa autorización de la Gerencia General se adquirió los siguientes equipos:

- 2 servidores Lenovo para los nodos de *Proxmox* con 32 GB RAM.
- 1 servidor Dell para *Proxmox Backup Server* con 32 GB RAM.
- 1 switch HP de 24 puertos de 1 Gbps.
- Patch Cord CAT6 para garantizar estabilidad en la comunicación.
- SSD M.2 para el sistema operativo en cada nodo.
- 6 discos SAS/SATA para los nodos para almacenamiento Ceph.
- 2 memorias RAM de 8 GB

Visualizar el **Anexo 1**.

### 5.2. Configuración del Hardware

Todo equipo nuevo requiere de ciertas configuraciones previas para instalar el Sistema Operativo, dependiendo de la marca y modelo se procederá a realizar los

procedimientos hasta dejar en funcionamiento y no tener inconvenientes futuros. Con los equipos y accesorios adquiridos se procedió a realizar las siguientes actividades:

- Instalación de los SSD M.2 en cada servidor para instalación del Sistema Operativo.
- Instalación de los discos SAS/SATA y memorias RAM en cada nodo.
- Configuración de BIOS y comprobación de disponibilidad de los discos. En muchos casos los servidores traen el boot USB desactivado, por lo cual es importante configurar BIOS para arranque desde el USB.
- Formatear por completo los discos que contenían información.
- Conexión de los servidores al switch con patch cord CAT6 para optimizar la conectividad.

### **5.3. Instalación de Sistema Operativo en los Nodos**

Esta primera etapa consiste en instalar el *Proxmox VE* en cada uno de los 3 nodos y *Proxmox Backup Server* que conformarán la infraestructura del clúster de alta disponibilidad. Se optó por utilizar ZFS como sistema de archivos principal, aplicándolo tanto en el sistema operativo como en el almacenamiento local de las máquinas virtuales. Esto se debe a que ZFS supera a otros sistemas como EXT4 o XFS, los cuales, aunque son confiables, no ofrecen las capacidades avanzadas de protección de datos, snapshots o replicación integrada. Este Sistema Operativo resulta conveniente para la organización por las ventajas que ofrece y su flexibilidad en la configuración. Un aspecto importante a resaltar es la instalación a través de una interfaz gráfica que facilita la tarea.

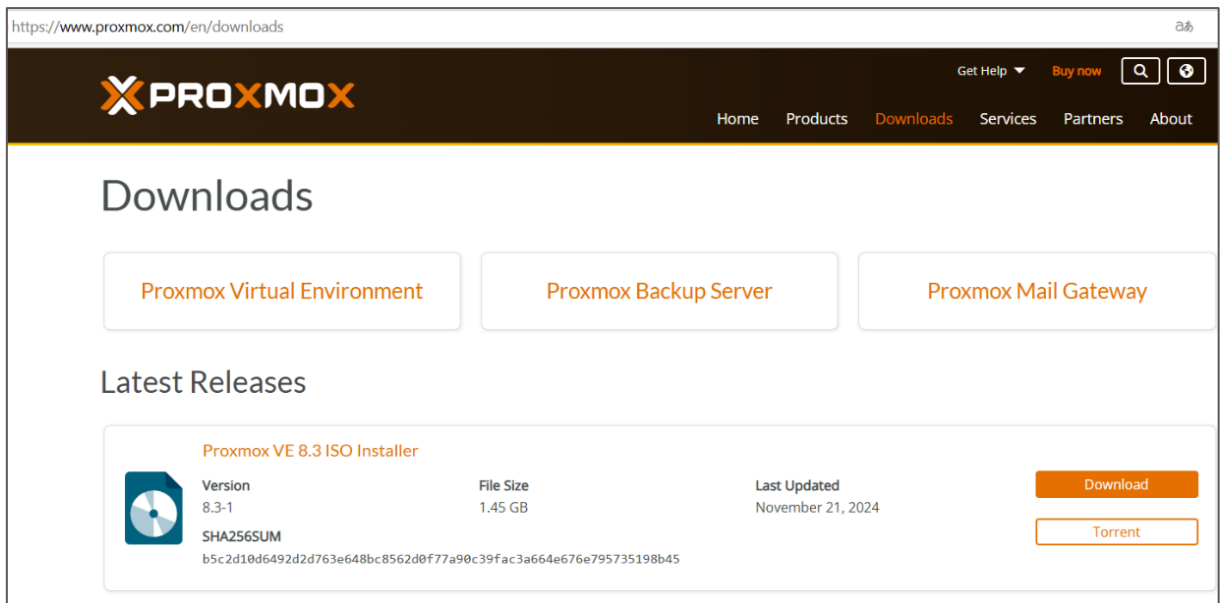
#### **5.3.1. Instalación de Proxmox en 3 nodos**

De manera general el procedimiento que se siguió es la siguiente:

- Descargar la imagen ISO de *Proxmox 8.2*. Nos dirigimos a la página oficial del *Proxmox* en la url: <https://www.proxmox.com/en/downloads>

**Figura 10**

*Página oficial de descargas de Proxmox*



*Nota. Obtenida de la <https://www.proxmox.com/en/downloads>*

- Crear un medio booteable: Podemos usar cualquier herramienta, para el caso se usó Rufus.
- Instalar el *Proxmox* en cada nodo y aplicar configuraciones básicas de red y su nombre respectivo a cada nodo como la siguiente tabla:

**Tabla 8***Configuración de red de nodos*

<b>Nodo</b>	<b>Nombre</b>	<b>Configuración de red</b>
Nodo 1	nodo1.olpesa.pe	IP: 192.168.1.7/24 Gateway: 192.168.1.1 DNS: 8.8.8.8
Nodo 2	nodo2.olpesa.pe	192.168.1.10/24 Gateway: 192.168.1.1 DNS: 8.8.8.8
Nodo 3	nodo3.olpesa.pe	192.168.1.12/24 Gateway: 192.168.1.1 DNS: 8.8.8.8

*Nota.* Elaboración propia**5.3.2. Instalación de Proxmox Backup Server (PBS)**

- Descargar la imagen ISO de PBS desde la página oficial <https://www.proxmox.com/en/downloads>.
- Crear un medio booteable.
- Configurar BIOS del servidor de backup para arranque desde el USB booteable.
- Instalar PBS y configurar la red de la siguiente manera.

**Tabla 9**

*Configuración de red de servidor de Backup (PBS)*

<b>Equipo</b>	<b>Nombre</b>	<b>Configuración de red</b>
PBS	pbs.olpesa.pe	192.168.1.4/24  GATEWAY: 192.168.1.1  DNS: 8.8.8.8

*Nota.* Elaboración propia

- Asignar el nombre de host **pbs.olpesa.pe**

#### **5.4. Configuración de Red.**

Para que todos los nodos dentro de un clúster puedan comunicarse entre sí es necesario que todos pertenezcan a una misma red TCP/IP, en nuestro caso la red es 192.168.1.0/24.

- Configuramos las interfaces de red de administración y almacenamiento desde consola con el comando *nano /etc/network/interfaces*. En la misma que podrás editar las direcciones IP correspondientes.
- Terminada la configuración se reinicia el servicio de red usando el siguiente el comando **systemctl restart networking**.

#### **5.5. Creación del clúster y añadir nodos**

Se crea un clúster donde se unirán los tres nodos ya configurados anteriormente y puedan ser gestionados desde una misma interfaz. Ingresamos a la interfaz web del nodo maestro. Con un computador conectado en la misma red que los nodos, acceder desde el navegador preferido digitando el IP más el puerto **8006**. Ejemplo: *http://192.168.1.7:8006/*, para acceder al *nodol*.

**Figura 11**

*Interfaz de acceso al nodo en Proxmox VE*

*Nota.* Las credenciales de acceso a usar es el configurado al momento de la instalación de *Proxmox*, a su vez elegir el idioma preferido. Obtenida de la interfaz web de *Proxmox VE*.

En el nodo maestro se procede a la creación del clúster denominado **Olpesa**, tras lo cual se integran los tres nodos correspondientes al clúster. Para llevar a cabo esta configuración, se siguen los pasos establecidos para garantizar la correcta unión y comunicación entre los nodos del clúster:

- Clic en opción **Centro de datos**, luego en opción **Clúster** y en **Crear clúster**.
- Ingresar en Nombre del clúster (*Olpesa*) y dar clic en botón **Crear**

**Figura 12**

*Creación de clúster*

Nombre del nodo	ID ↑	Votos	Enlace 0
nodo1	1	1	192.168.1.7
nodo2	2	1	192.168.1.10
nodo3	3	1	192.168.1.12

*Nota.* Obtenida de la interfaz web de *Proxmox VE*

- Ahora vamos a unir los otros dos nodos al clúster haciendo clic en opción **Información de la unión**.



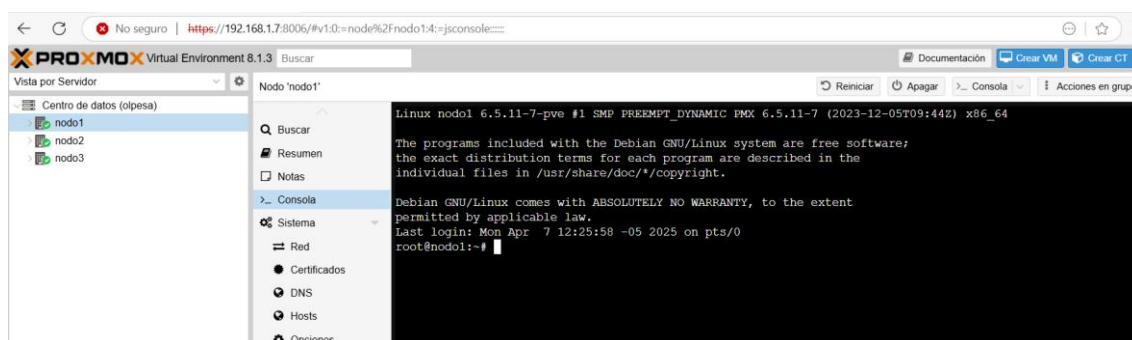
RBD (RADOS Block Device) para los discos de las máquinas virtuales y CephFS para el acceso a nivel de archivos cuando es necesario.

Desde cualquiera de los nodos, podemos ver la información de los tres nodos juntos en una sola pantalla. Para entender mejor cómo se hace esto, te invito a revisar el **Anexo 2**.

- Acceder a la interfaz web de cualquier nodo desde el navegador.
- Dentro de la interfaz, vamos a la opción de consola del nodo a instalar:

### Figura 15

#### *Consola de Proxmox del nodo1*

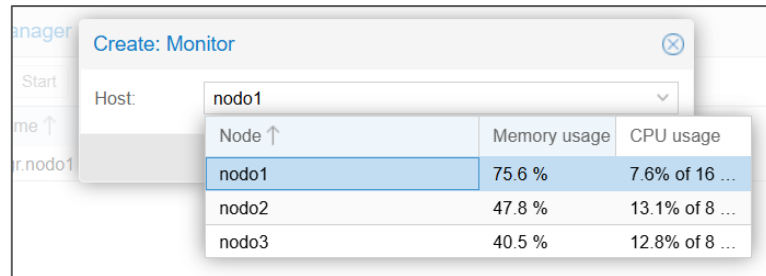


*Nota.* Obtenida de la interfaz web de *Proxmox VE*

- Actualizar paquetes y configurar repositorios oficiales con el comando:  
**apt update && apt full-upgrade -y**
- Dentro de la consola en cada nodo instalamos Ceph:  
**apt install -y ceph ceph-common**
- Tenemos que configurar las direcciones que va a usar ceph para la red pública y la del clúster, como los equipos tienen una sola tarjeta de red se usará la misma para ambos casos.  
**pveceph init --network 192.168.1.0/24**. Esto crea una configuración inicial en `/etc/pve/ceph.conf` con una red dedicada para Ceph. Archivo que se distribuye automáticamente a todos los nodos.
- Configurar los monitores de Ceph que se encargará de supervisar y actualizar el estado del clúster, seleccione el nodo 1 y vaya a **Ceph > Monitor**. Haga clic en "Crear".

**Figura 16**

*Nodos disponibles para creación de monitores*

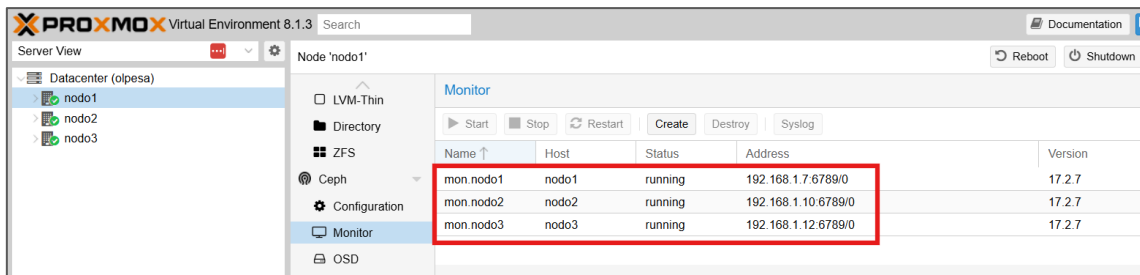


*Nota.* Obtenida de la interfaz web de *Proxmox VE*

Seguiremos el procedimiento hasta crear los 3 monitores uno por nodo, quedando finalmente como se muestra en la siguiente figura:

**Figura 17**

*Monitores Ceph del Clúster de Alta disponibilidad de OLPEsa.*



*Nota.* Obtenida de la interfaz web de *Proxmox VE*

- Ahora agregaremos a Ceph los discos físicos llamados OSD en cada nodo, Seleccione el nodo 1 y navegue a Ceph > OSD, luego en "Crear OSD", luego elegimos el disco que usaremos para Ceph. Repetimos el paso en los 3 nodos.

**Figura 18**

*Ventana de creación de OSD*

*Nota.* Obtenida de la interfaz web de *Proxmox VE*

La configuración la tenemos que hacer en todos los nodos que tienen ceph instalado, una vez realizada la configuración de OSD podremos ver la siguiente imagen, si todo está correcto estarán en verde y estado “UP” cada uno de los OSD, para el caso de OLPESA se creó 7 discos y todos están en funcionamiento.

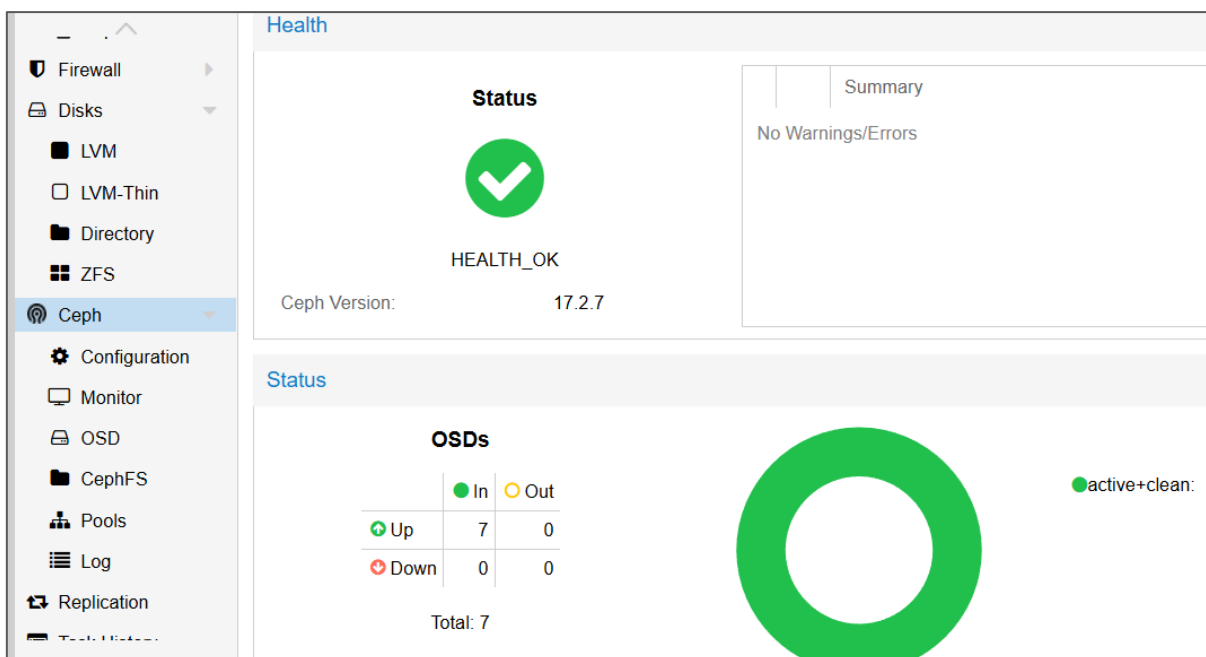
**Figura 19**

*Ventana de OSD de Ceph de OLPESA*

Name	Class	OSD Type	Status	Version	weight	reweight	Used (%)	Total	Ac
default									
nodo3				17.2.7					
osd 6	hdd	bluestore	up / in	17.2.7	1.8194	1.00	30.67	1.82 TiB	
osd 5	hdd	bluestore	up / in	17.2.7	1.8194	1.00	45.06	1.82 TiB	
nodo2									
osd 4	hdd	bluestore	up / in	17.2.7	1.8194	1.00	35.48	1.82 TiB	
osd 3	hdd	bluestore	up / in	17.2.7	1.8194	1.00	40.28	1.82 TiB	
nodo1									
osd 2	hdd	bluestore	up / in	17.2.7	2.1832	1.00	21.79	2.18 TiB	
osd 1	hdd	bluestore	up / in	17.2.7	2.1832	1.00	19.70	2.18 TiB	
osd 0	hdd	bluestore	up / in	17.2.7	2.1832	1.00	21.69	2.18 TiB	

*Nota.* Obtenida de la interfaz web de *Proxmox VE*

La interfaz gráfica nos permite monitorear el estado de Ceph, evidenciamos en la siguiente imagen que el estado está correcto y todos los discos en funcionamiento, en caso de fallo nos alertaría para tomar acciones correctivas.

**Figura 20***Ventana de Estado de Ceph OLPEsa*

*Nota.* Obtenida de la interfaz web de *Proxmox VE*

- Crear pools de almacenamiento que se va utilizar para almacenar máquinas virtuales:

**ceph osd pool create vm\_storage 128**

### 5.7. Despliegue de Máquinas Virtuales

Para probar la alta disponibilidad, necesitamos tener una o más máquinas virtuales ejecutándose en el clúster.

- Creamos las máquinas virtuales con el siguiente comando:

**qm create 120 --name Acopio --memory 4096 --net0 virtio,bridge=vibr0**

- Se instaló y configuró los sistemas y servicios en las máquinas virtuales para que los usuarios puedan acceder a ella y desarrollar sus actividades sin interrupciones gracias a la infraestructura de alta disponibilidad.

Figura 21

Ventana de máquinas virtuales desplegadas

Tipo	Descripción	Uso de dis...	Memoria - ...	Uso de CPU	Tiempo de uso
node	nodo1	3.2 %	74.7 %	9.2% of 16 CPUs	26 días 13.5...
node	nodo2	1.8 %	57.3 %	26.0% of 8 CPUs	26 días 13.5...
node	nodo3	3.2 %	49.5 %	18.1% of 8 CPUs	26 días 13.5...
qemu	105 (centos7-control)	0.0 %	39.5 %	0.8% of 4 CPUs	26 días 13.5...
qemu	110 (centos7-sql1)	0.0 %	65.7 %	16.7% of 2 CPUs	26 días 13.5...
qemu	117 (xx100)	0.0 %	83.8 %	0.7% of 1 CPU	26 días 13.5...
qemu	116 (centos7-apli)	0.0 %	64.1 %	100.0% of 1 CPU	26 días 13.5...
qemu	120 (Acopio)	0.0 %	89.9 %	2.9% of 1 CPU	26 días 13.5...
qemu	150 (AD-RHEL)	0.0 %	27.3 %	2.3% of 1 CPU	26 días 13.5...
qemu	100 (WIN10)	0.0 %	1.1 %	43.3% of 1 CPU	00:06:23
qemu	101 (xx102ad)	0.0 %	82.5 %	0.5% of 1 CPU	26 días 13.5...
qemu	106 (centos7-ficheros)	0.0 %	89.5 %	0.0% of 4 CPUs	26 días 13.5...
sdn	localnetwork (nodo1)	-	-	-	-
sdn	localnetwork (nodo2)	-	-	-	-
sdn	localnetwork (nodo3)	-	-	-	-
storage	STORE (nodo1)	37.4 %	-	-	-
storage	STORE1 (nodo1)	37.4 %	-	-	-
storage	backup1 (nodo1)	57.1 %	-	-	-
storage	backup2 (nodo1)	11.9 %	-	-	-
storage	local (nodo1)	3.2 %	-	-	-
storage	local-lvm (nodo1)	0.0 %	-	-	-
storage	STORE (nodo2)	37.4 %	-	-	-
storage	STORE1 (nodo2)	37.4 %	-	-	-
storage	backup1 (nodo2)	57.1 %	-	-	-
storage	backup2 (nodo2)	11.9 %	-	-	-
storage	local (nodo2)	1.8 %	-	-	-

Nota. Obtenida de la interfaz web de Proxmox VE

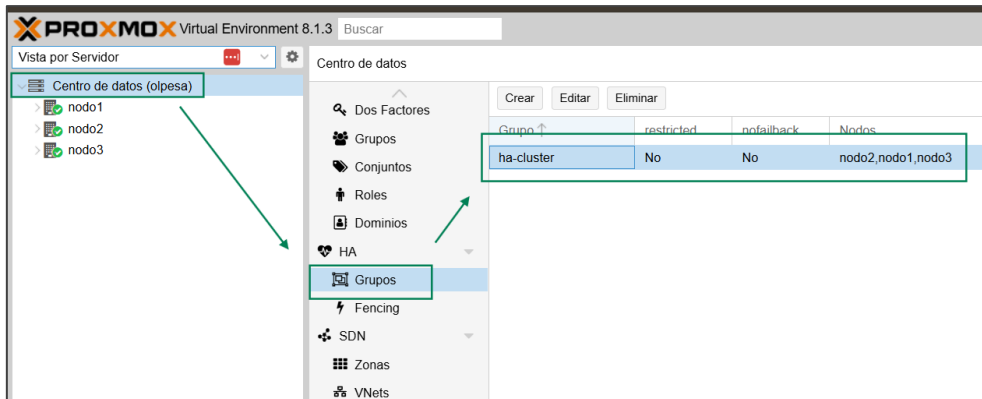
## 5.8. Configuración de Alta Disponibilidad (HA)

Configuramos el clúster para que funcione en alta disponibilidad, de modo que Proxmox permite migrar automáticamente las máquinas virtuales o contenedores que se ejecutan en ese nodo caído a otro nodo disponible y continuar funcionando con un tiempo de inactividad mínimo.

- Clic en **Centro de datos**, seguido en **HA**, luego **Grupo** y finalmente en **Crear**
- Definir el nombre del grupo (*ha-cluster*).
- Agregar nodos al grupo y luego clic en botón **crear**.

**Figura 22**

*Ventana de grupo de alta disponibilidad*

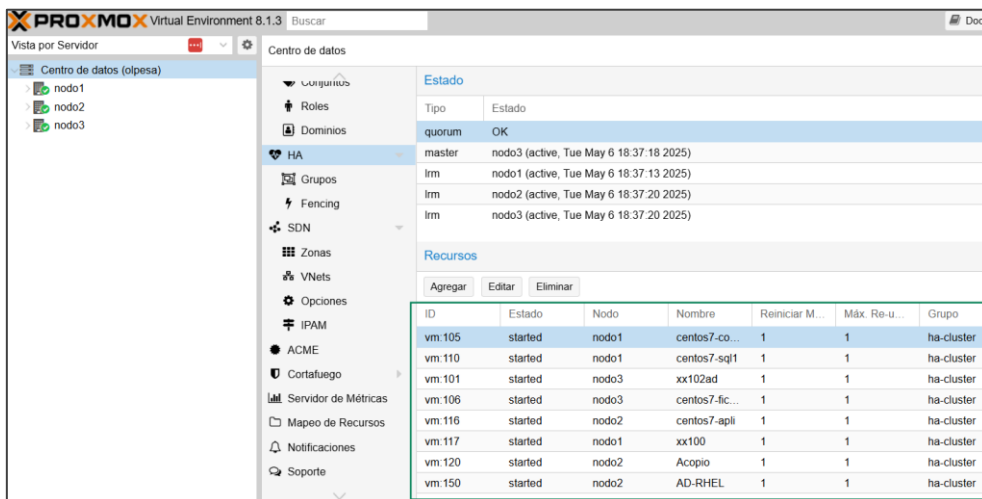


*Nota.* Obtenida de la interfaz web de *Proxmox VE*

- Para vincular las máquinas a protegerse hacemos Clic en **Centro de datos**, seguido en **HA**, luego **Agregar** (sección recursos).
- Elegimos las máquinas virtuales que desea proteger y el grupo (ha-cluster).

**Figura 23**

*Ventana de recursos protegidos en alta disponibilidad*



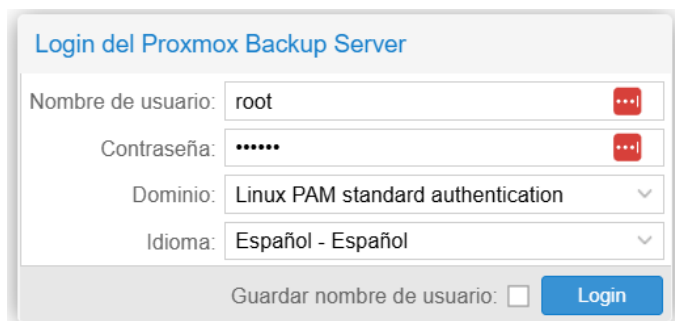
*Nota.* Obtenida de la interfaz web de *Proxmox VE*

### 5.9. Implementación de Proxmox Backup Server 3

Teniendo instalado y actualizado el servidor con *Proxmox Backup Server*, vamos a acceder a la interfaz de administración web. En el navegador ingresamos el IP más el puerto 8007. Ejemplo: `http://192.168.1.4:8007/`, para acceder al *pbs*.

**Figura 24**

*Interfaz de acceso al PBS*

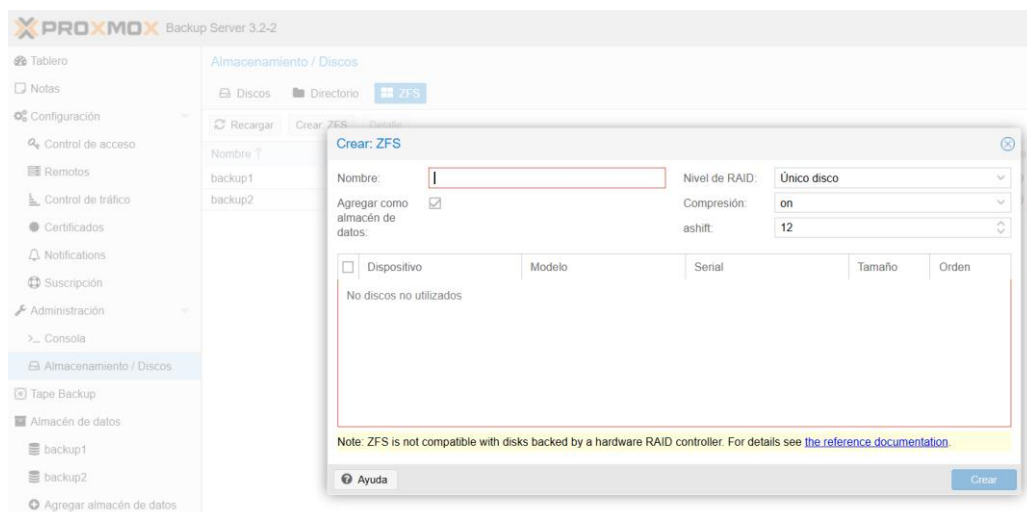


*Nota.* Obtenida de la interfaz web de *Proxmox Backup Server*

- Configuramos el almacenamiento: En la sección **Almacenamiento/ Discos** creamos discos ZFS donde se almacenarán los respaldos, para el caso de la empresa se configurará 2 fuentes de almacenamiento uno por disco (**Backup1, Backup2**).

**Figura 25**

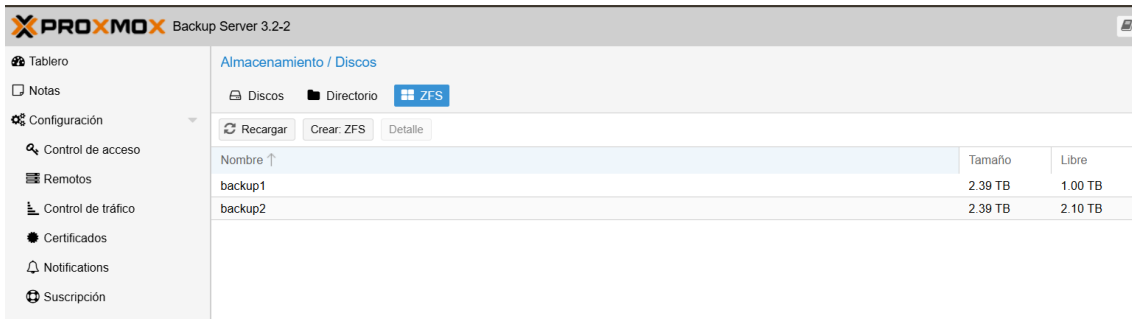
*Creación de discos de almacenamiento de backup*



*Nota.* Obtenida de la interfaz web de *Proxmox Backup Server*.

**Figura 26**

*Lista de discos creados para almacenamiento de copias de seguridad*



The screenshot shows the Proxmox Backup Server 3.2-2 interface. The left sidebar contains navigation options: Tablero, Notas, Configuración, Control de acceso, Remotos, Control de tráfico, Certificados, Notifications, and Suscripción. The main content area is titled 'Almacenamiento / Discos' and includes buttons for 'Recargar', 'Crear: ZFS', and 'Detalle'. Below these is a table listing storage disks.

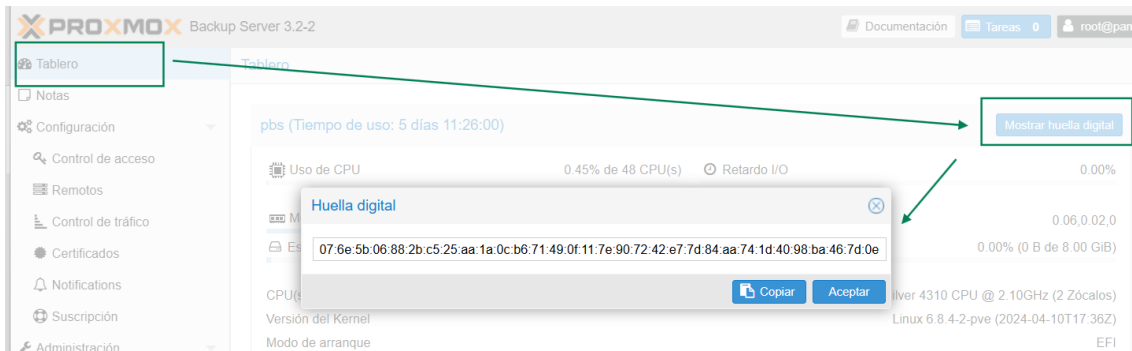
Nombre	Tamaño	Libre
backup1	2.39 TB	1.00 TB
backup2	2.39 TB	2.10 TB

*Nota.* Los discos tienen una capacidad de 2.4TB. Obtenida de la interfaz web de *Proxmox Backup Server*.

- Para integrar los discos de almacenamiento al clúster de alta disponibilidad necesitamos la huella digital que está ubicada en la sección del **Tablero**. Accedemos a ella dando click en **mostrar huella digital** y copiamos.

**Figura 27**

*Información de Huella Digital para integración al Clúster*



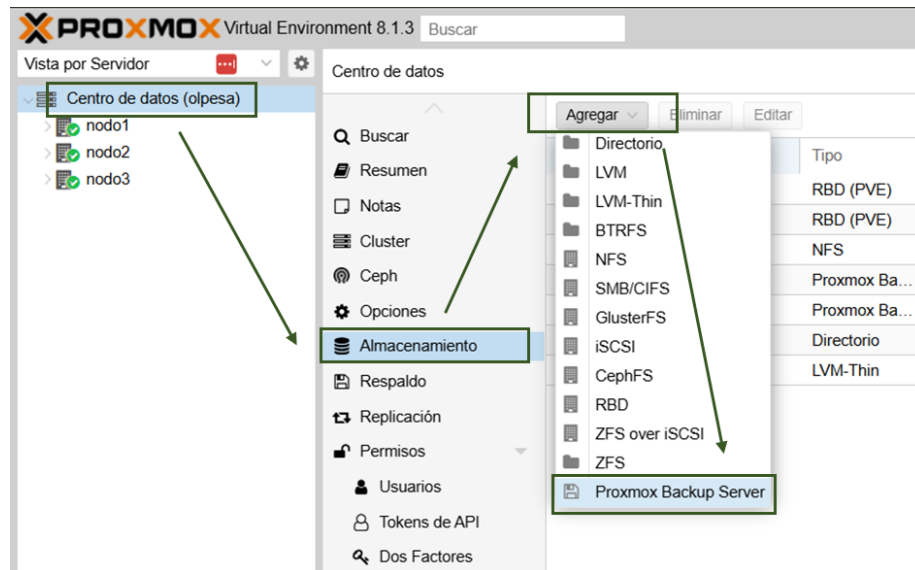
The screenshot shows the Proxmox Backup Server 3.2-2 interface. The left sidebar is visible. The main content area shows system information for 'pbs (Tiempo de uso: 5 días 11:26:00)'. A modal window titled 'Huella digital' is open, displaying the digital fingerprint: 07:6e:5b:06:88:2b:c5:25:aa:1a:0c:b6:71:49:0f:11:7e:90:72:42:e7:7d:84:aa:74:1d:40:98:ba:46:7d:0e. There are 'Copiar' and 'Aceptar' buttons. A green box highlights the 'Mostrar huella digital' button in the background, and a green arrow points from it to the modal window.

*Nota.* Obtenida de la interfaz web de *Proxmox Backup Server*

- Se incorporaron los discos de almacenamiento a la infraestructura del clúster accediendo a la interfaz gráfica de uno de los nodos para gestionar dicha integración.
- *Proxmox* permite añadir almacenamiento directamente desde *Proxmox Backup Server*; por ello, se seleccionó esta opción para facilitar la configuración y administración del espacio disponible.

**Figura 28**

*Almacenamientos soportados por Proxmox VE*

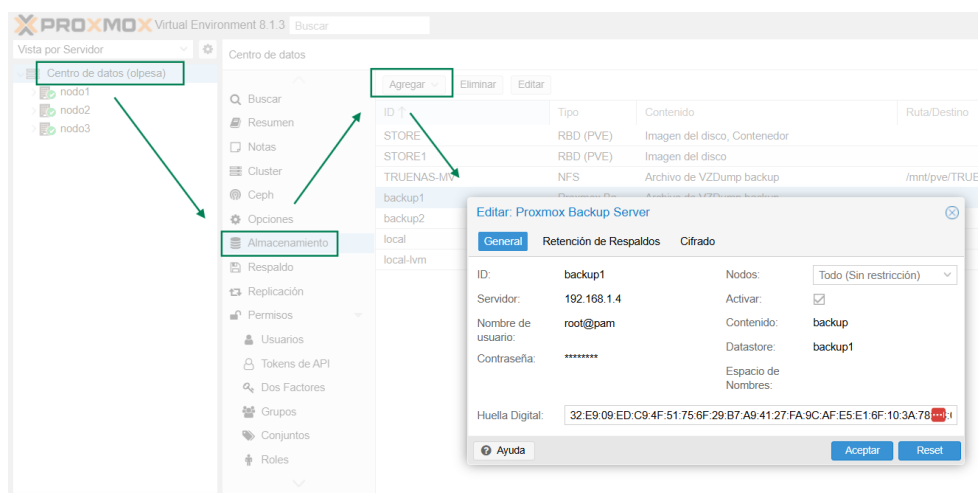


*Nota.* Obtenida de la interfaz web de *Proxmox VE*.

- En la interfaz se introducen los datos necesarios para establecer la sincronización con Proxmox Backup Server; en la sección correspondiente a la "Huella Digital" se debe pegar la información previamente copiada. Una vez configurado, el recurso se visualizará automáticamente en cada nodo, permitiendo el acceso desde cualquiera de ellos.

**Figura 29**

*Sincronización con los discos de almacenamiento de PBS*

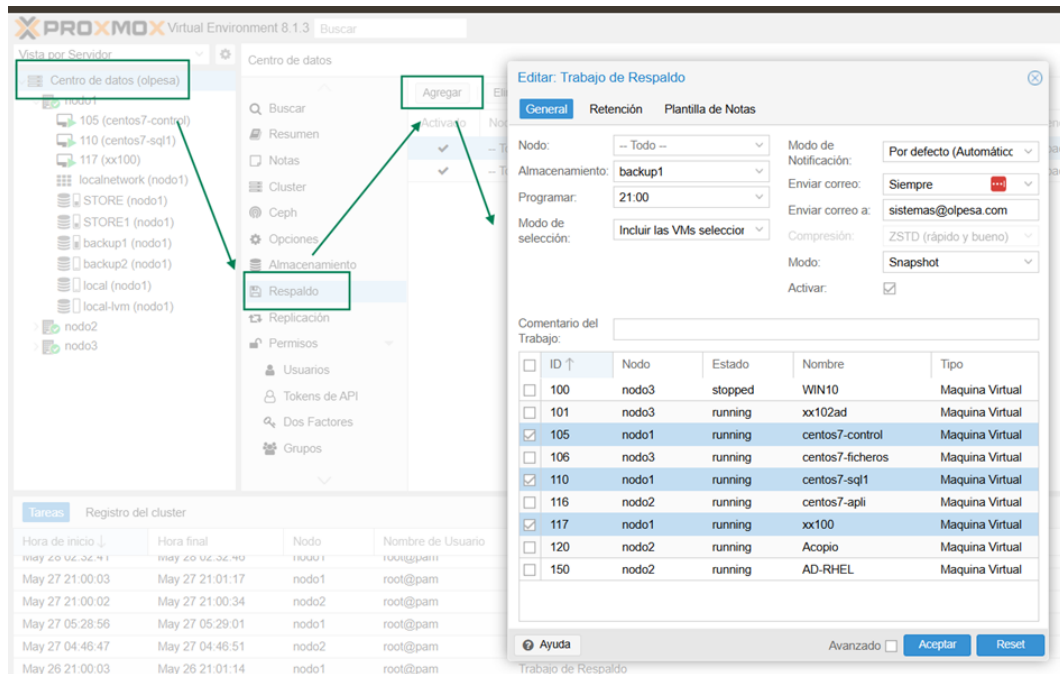


*Nota.* Obtenida de la interfaz web de *Proxmox VE*.

- Se procede con la configuración de una copia de respaldo diario a las 9:00 pm cuando ya no existe actividades laborales. Con libertad, podemos elegir respaldo por equipos independientes o por grupo según criticidad e importancia.

**Figura 30**

*Configuración de copias de respaldo*

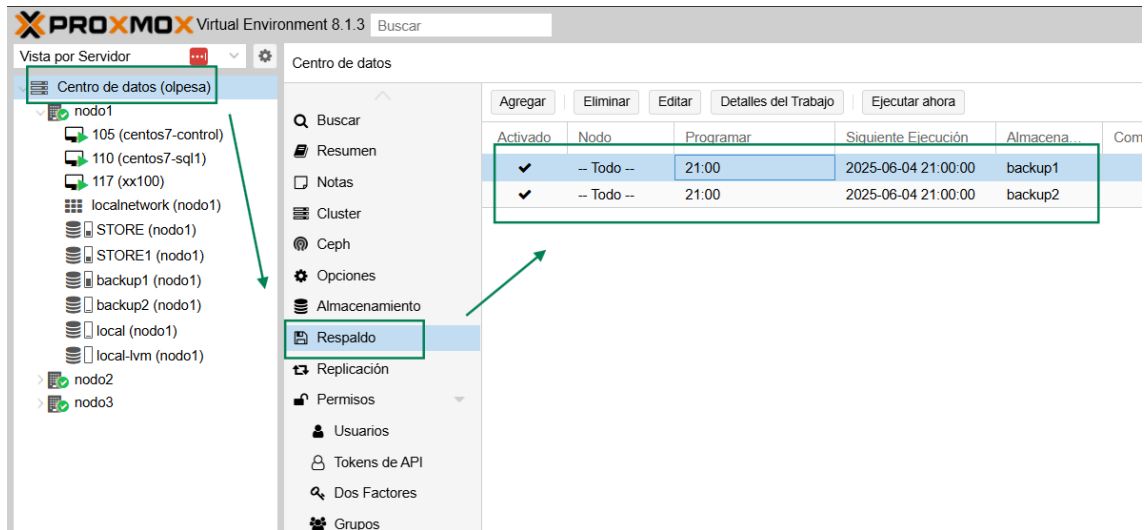


*Nota.* Si algún momento requiere realizar modificaciones, podrás editar los datos, agregar o quitar equipos. Obtenida de la interfaz web de *Proxmox VE*.

Es posible corroborar las configuraciones establecidas para las copias de seguridad de las máquinas virtuales y contenedores implementados en el clúster de alta disponibilidad, permitiendo además la incorporación de nuevos elementos según los requerimientos futuros.

**Figura 31**

*Copias de seguridad configurados*



*Nota.* Obtenida de la interfaz web de *Proxmox VE*.

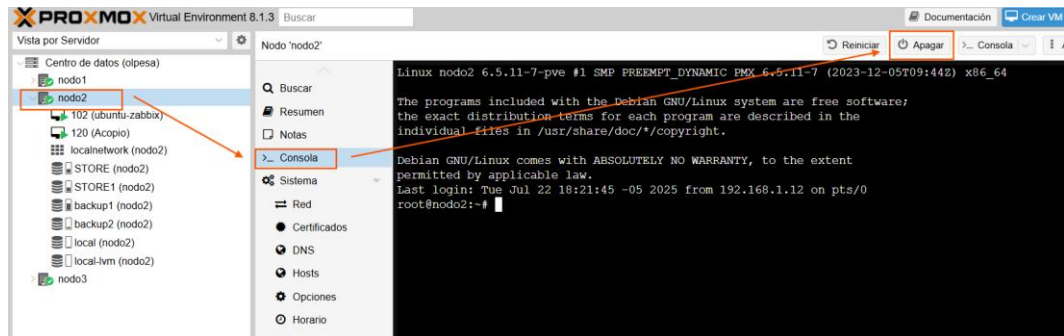
- Con esto ya podremos realizar el respaldo de *Proxmox VE* a *Proxmox Backup Server* de manera sencilla y segura.

### 5.10. Resultados de la Implementación del Clúster

- **Mayor Disponibilidad de Servicios:** La configuración de reglas de migración automática basadas en prioridades de servicio permite que, ante la falla del nodo 1, las máquinas virtuales y contenedores se trasladen de manera automática al nodo 2 o 3 en un lapso de entre 3 y 30 minutos, comportándose de igual forma con cualquier nodo afectado. Esto contribuye a minimizar el tiempo de inactividad y a reducir el impacto en la operatividad de los sistemas. Además, el proceso de migración en caliente se realiza en menos de un minuto, con interrupciones mínimas o inexistentes, al permitir la transferencia de máquinas virtuales en ejecución sin necesidad de apagarlas. Estas funcionalidades garantizan una disponibilidad del 99.9% en los servicios ofrecidos.

**Figura 32**

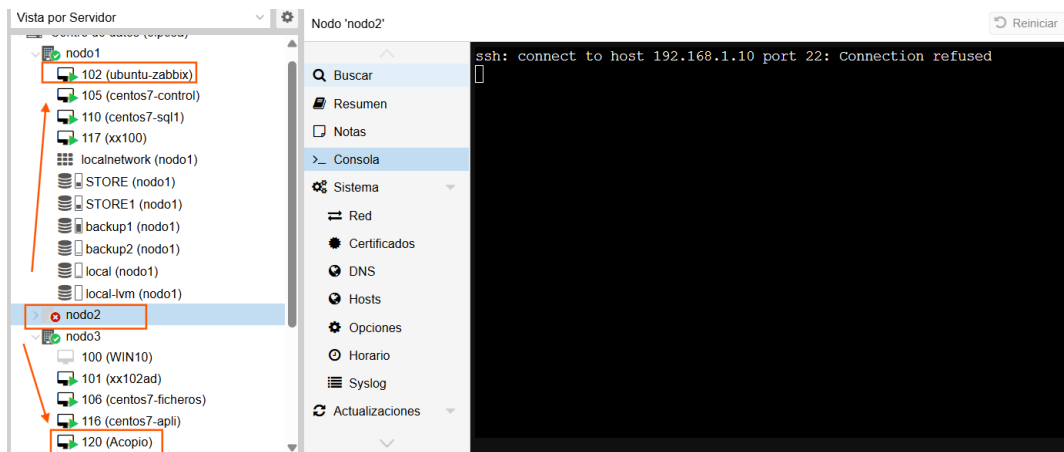
*Apagado forzado del nodo para emular la caída*



*Nota.* Apagado forzado del nodo2 para analizar la respuesta de las máquinas virtuales (102,120) en contraste al escenario de la alta disponibilidad configurada. Esta información fue obtenida desde la interfaz web de *Proxmox VE*.

**Figura 33**

*Mecanismo failover para inicio automático de MVs en nodos disponibles*



*Nota.* El nodo 2 se encuentra fuera de servicio, por lo que las máquinas virtuales 102 y 120 fueron trasladadas al nodo 1 y al nodo 3, respectivamente, distribuyendo la carga de manera equilibrada para evitar saturar un solo nodo. Esta información fue obtenida desde la interfaz web de *Proxmox VE*.

**Figura 34**

Registro de clúster sobre el mecanismo failover automático

Hora de inicio ↓	Hora final	Nodo	Nombre de Usuario	Descripción	Estado
Jul 22 19:02:33		nodo3	root@pam	VM/CT 120 - Consola	
Jul 22 18:58:11	Jul 22 18:58:14	nodo3	root@pam	VM 120 - Iniciar	OK
Jul 22 18:58:08	Jul 22 18:58:12	nodo1	root@pam	VM 102 - Iniciar	OK
Jul 22 18:57:16	Jul 22 18:57:16	nodo3	root@pam	Consola	OK
Jul 22 18:56:52	Jul 22 18:56:52	nodo3	root@pam	Consola	OK
Jul 22 18:56:08	Jul 22 18:56:51	nodo3	root@pam	Consola	OK
Jul 22 18:55:41	Jul 22 18:56:07	nodo3	root@pam	Consola	OK
Jul 22 18:55:40	Jul 22 18:56:42	nodo2	root@pam	VM 120 - Apagar	OK
Jul 22 18:55:40	Jul 22 18:55:51	nodo2	root@pam	VM 102 - Apagar	OK
Jul 22 18:55:39	Jul 22 18:55:39	nodo2	root@pam	Apagado masivo de VMs y contenedores	OK

*Nota.* El proceso más largo durante la puesta en marcha de las máquinas virtuales del nodo2, correspondió a la máquina 120, la cual fue migrada al nodo 3. Este proceso se extendió desde las 18:55:39 hasta las 18:58:14, un total de 3 minutos y 35 segundos. Esta información fue obtenida desde la interfaz web de *Proxmox VE*.

**Figura 35**

Migración en caliente de máquinas virtuales

The screenshot shows the Proxmox VE interface for VM 120 (Acopio). The left sidebar shows a tree view of nodes (nodo1 and nodo2) and their associated VMs. The main panel displays the VM's configuration and status. The task log at the bottom shows the migration of VM 120 from nodo1 to nodo2, starting at 18:34:36 and ending at 18:34:55.

Hora de inicio ↓	Hora final	Nodo	Nombre de Usuario	Descripción
Jun 04 18:34:52	Jun 04 18:34:55	nodo1	root@pam	VM 120 - Iniciar
Jun 04 18:34:48	Jun 04 18:35:44	nodo2	root@pam	VM 120 - Migrar
Jun 04 18:34:36	Jun 04 18:34:37	nodo2	root@pam	HA 120 - Migrar
Jun 04 18:32:18	Jun 04 18:32:20	nodo2	root@pam	VM 120 - Iniciar
Jun 04 18:32:17	Jun 04 18:33:09	nodo3	root@pam	VM 120 - Migrar

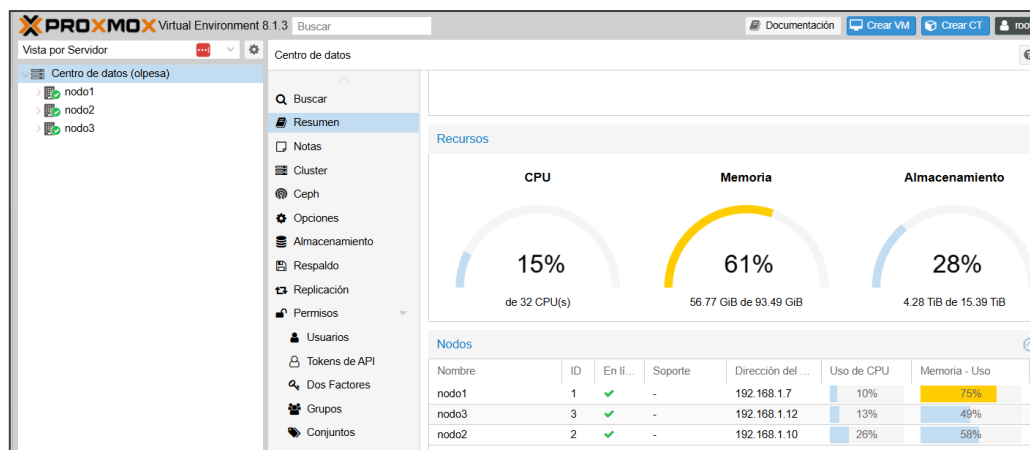
*Nota.* La migración de la máquina virtual VM120 (Acopio) desde el nodo 1 al nodo 2 se completó en menos de un minuto, iniciando a las 18:34:36 y finalizando a las 18:34:55. Durante

todo el proceso, los usuarios continuaron realizando sus actividades sin interrupciones, asegurando la continuidad operativa de los procesos del negocio. Esta información fue obtenida desde la interfaz web de *Proxmox VE*.

- **Eficiencia en la Utilización de Recursos:** La asignación balanceada de la carga de trabajo entre los tres nodos previene la saturación de un solo servidor, optimizando así el desempeño de la infraestructura tecnológica empresarial. Se constató que cada nodo opera con un uso de memoria RAM inferior al 80%, un consumo de CPU alrededor del 15% y una ocupación del almacenamiento total del 28%.

**Figura 36**

*Ventana de resumen del rendimiento del clúster*



*Nota.* Obtenida de la interfaz web de *Proxmox VE*

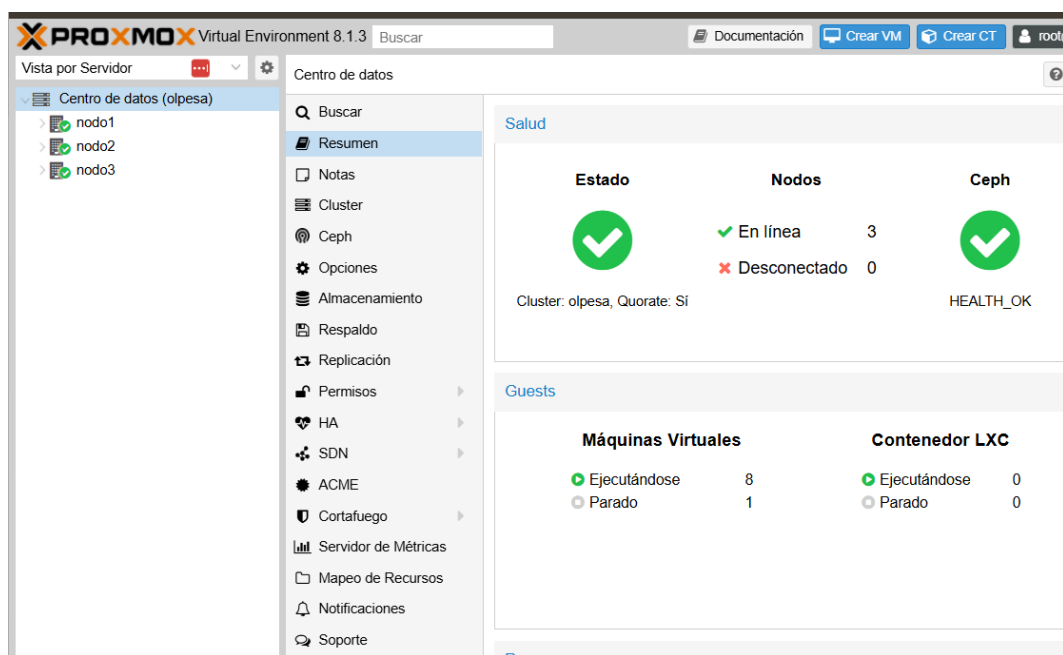
- **Escalabilidad y Adaptabilidad:** La infraestructura del clúster permite la expansión futura sin afectar la operatividad, asegurando que Oleaginosas del Perú SA pueda seguir creciendo sin interrupciones en sus sistemas.

Es posible agregar recursos de almacenamiento o memoria sin interrumpir el funcionamiento de las máquinas virtuales. La migración en caliente permite trasladar las máquinas del nodo que será intervenido sin afectar su operatividad, pudiendo regresar a su ubicación original una vez finalizado el mantenimiento. Esta capacidad facilita la ejecución de tareas de mantenimiento preventivo sin impactar la productividad del personal.

- **Administración Simplificada:** La interfaz unificada de *Proxmox VE* ha optimizado la administración de máquinas virtuales y contenedores, fortaleciendo el control y la supervisión de la infraestructura tecnológica empresarial. Esta herramienta posibilita una gestión proactiva, permitiendo anticipar y resolver posibles fallos antes de que impacten en la totalidad del entorno productivo.

**Figura 37**

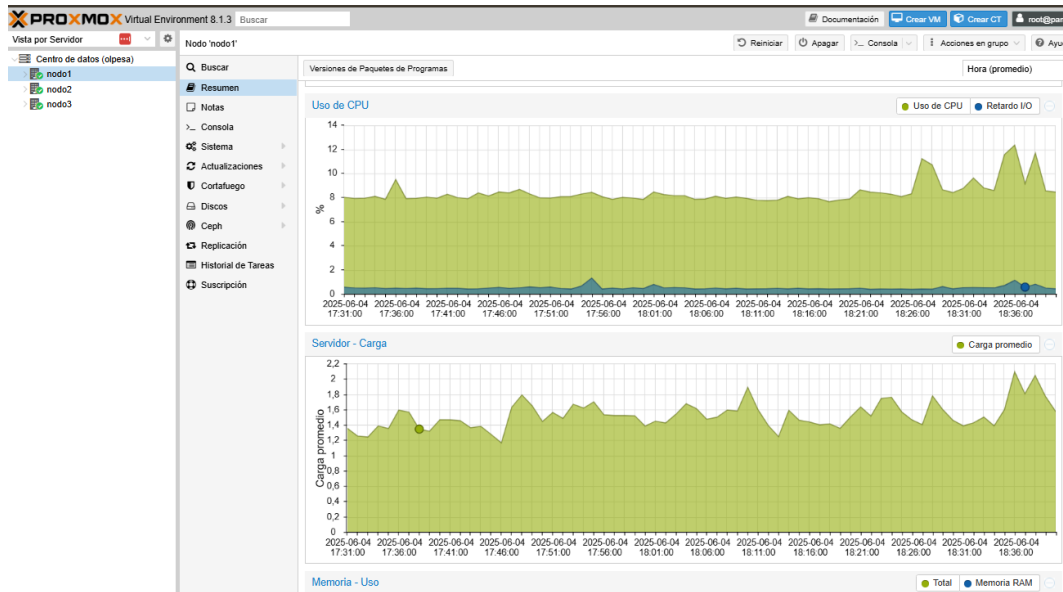
*Interfaz de administración del centro de datos*



*Nota.* Permite la administración centralizada de clúster, ceph, almacenamientos, respaldo, replicación, HA y otros. Obtenida de la interfaz web de *Proxmox VE*.

**Figura 38**

*Interfaz de administración de los nodos*



*Nota.* Permite la administración centralizada del rendimiento de los nodos, estados de los discos, memorias, Ceph y otros. Obtenida de la interfaz web de *Proxmox VE*

- **Resiliencia ante Fallos:** La implementación de una configuración de alta disponibilidad con tres nodos garantiza la continuidad operativa del clúster incluso ante la falla de uno de sus nodos, asegurando la estabilidad de los sistemas esenciales. En tal situación, todas las máquinas virtuales se trasladarán automáticamente a los nodos restantes disponibles para mantener el servicio sin interrupciones.
- **Backup periódicas:** La combinación de *Proxmox Backup Server* con *Proxmox VE* permite gestionar eficientemente las copias de seguridad de las máquinas virtuales y contenedores dentro del clúster de alta disponibilidad. Debido a que los respaldos son incrementales, se ejecutan en tiempos reducidos, y el sistema de encriptación utilizado asegura la protección y la integridad de la información almacenada.

Figura 39

## Almacén de datos de Backup1

Almacén de datos: backup1

Resumen Contenido Prune & GC Jobs Sincronizar trabajos Verificar trabajos Opciones Permisos

Recargar V. Verificar todos Podar todos Espacio de nombres: Root

Grupo de respaldo ↑	Comentario	Acciones ↑	Tiempo de respaldo ↑	Tamaño
Espacio de nombre del Root				
vm/105	centos7-control	V. [icon] [icon]	2025-06-03 21:00:11	
vm/110	centos7-sql1	V. [icon] [icon]	2025-06-03 21:00:24	
vm/117	xx100	V. [icon] [icon]	2025-06-03 21:01:09	
vm/120	Acopio	V. [icon] [icon]	2024-05-19 21:00:01	

*Nota.* Las copias de seguridad se inician a las 9:00 pm. El tiempo máximo que toma realizar un respaldo incremental es de 69 segundos. Obtenida de la interfaz web de PBS

Figura 40

## Almacén de datos de Backup2

Almacén de datos: backup2

Resumen Contenido Prune & GC Jobs Sincronizar trabajos Verificar trabajos Opciones Per

Recargar V. Verificar todos Podar todos Espacio de nombres: Root

Grupo de respaldo ↑	Comentario	Acciones ↑	Tiempo de respaldo ↑	Tamaño
Espacio de nombre del Root				
vm/101	xx102ad	V. [icon] [icon]	2024-05-19 21:00:03	
vm/106	centos7-ficheros	V. [icon] [icon]	2025-06-03 21:00:04	
vm/116	centos7-apli	V. [icon] [icon]	2025-06-03 21:00:01	

*Nota.* Las copias de seguridad se inician a las 9:00 pm. El tiempo máximo que toma realizar un respaldo incremental es de 04 segundos. Obtenida de la interfaz web de PBS

**Tabla 10***Comparativa de antes y después de la implementación del clúster de alta disponibilidad*

<b>Aspecto</b>	<b>Sin Clúster HA</b>	<b>Con Clúster HA</b>
Disponibilidad del servicio	Caídas frecuentes, afectando operaciones y producción.	Alta (>99.9%) — tolerancia a fallos automática.
Tiempo promedio de recuperación	Recuperación manual de servicios, con tiempos de 4 a 8 horas por incidente.	Recuperación automática, con tiempos de restauración de 3 a 30 minutos por evento.
Tolerancia a fallos	Baja — un fallo en el servidor interrumpe todo.	Alta — otros nodos asumen automáticamente.
Seguridad de datos	Limitada a backups manuales	Respaldos automáticos programados (9:00 pm, cada día).
Costos operativos	Altos costos por consumo eléctrico, mantenimiento de varios servidores físicos y licencias propietarias.	Reducción significativa de costos por consolidación de hardware, menor consumo eléctrico y uso de software libre.
Productividad del sistema	Afectada por caídas o mantenimiento.	Continua — permite actualizaciones sin interrupción.
Productividad del personal TI	Enfoque reactivo, tiempo dedicado a resolver fallas y tareas repetitivas, bajo nivel de innovación.	Enfoque proactivo, gestión centralizada y automatizada, más tiempo para proyectos estratégicos y capacitación.
Escalabilidad	Limitada, difícil agregar nuevos servicios o ampliar	Alta, fácil despliegue de nuevas máquinas virtuales y servicios,

Aspecto	Sin Clúster HA	Con Clúster HA
	capacidad sin grandes inversiones y largos tiempos de espera.	escalabilidad horizontal y vertical, integración ágil de recursos en cuestión de horas.
Satisfacción del usuario interno	Quejas frecuentes, baja confianza en el equipo de TI, percepción de lentitud y poca innovación.	Alta satisfacción, TI vista como área estratégica y facilitadora de la operación, respuestas rápidas y confiables.
Gestión y monitoreo	Monitoreo manual, sin alertas en tiempo real, poca visibilidad del estado de la infraestructura, reacción tardía ante incidentes.	Monitoreo centralizado, alertas automáticas, dashboards en tiempo real ( <i>Proxmox, Ceph, PBS</i> ), reportes periódicos de salud del clúster.
Innovación tecnológica	Baja, uso de tecnologías propietarias y obsoletas, poca capacidad de adaptación a cambios del entorno.	Alta, adopción de tecnologías <i>open source</i> , virtualización, automatización y monitoreo avanzado, cultura de mejora continua.
Impacto ambiental	Alto consumo energético, mayor generación de calor y residuos electrónicos, uso intensivo de recursos.	Reducción del consumo energético y residuos, optimización de recursos, menor huella de carbono.

*Nota.* Elaboración propia

### 5.11. Lecciones Aprendidas

La experiencia de implementar un clúster de alta disponibilidad en OLPESA dejó un conjunto de lecciones que abarcan aspectos técnicos, organizacionales y humanos, fundamentales para el éxito de proyectos similares.

- **Planificación y Metodología de Gestión de Proyectos.** Una enseñanza fundamental fue la importancia de llevar a cabo una planificación exhaustiva basada en metodologías establecidas como el PMI. Esto facilitó estructurar el proyecto en etapas bien definidas: inicio, planificación, ejecución, seguimiento y finalización. La adecuada identificación de riesgos, la asignación precisa de funciones y responsabilidades, junto con la creación de un cronograma factible, resultaron esenciales para prever y manejar inconvenientes, tales como problemas de compatibilidad del hardware y la gestión en la compra de equipos.

La experiencia mostró que la flexibilidad en la gestión es esencial: durante la ejecución, surgieron imprevistos que requirieron ajustes en el alcance y la priorización de tareas, lo cual fue posible gracias a una estructura de proyecto bien definida y a la comunicación constante con las partes interesadas.

- **Capacitación y Autodesarrollo.** La falta de conocimiento especializado en tecnologías de virtualización y alta disponibilidad supuso una dificultad importante, lo cual motivó la búsqueda activa de formación autodidacta y la asistencia a formaciones externas. Hubo un esfuerzo importante invertido en la formación en software libre, infraestructuras hiperconvergentes, hipervisores y almacenamiento distribuido, circunstancias que fueron determinantes para la implantación y el mantenimiento del clúster.
- **Resiliencia, Proactividad y Validación de la Solución.** La adopción de sistemas de monitoreo activo, junto con la ejecución de pruebas de contingencia mediante simulaciones de fallos, facilitó la detección temprana y la mitigación de posibles incidentes, garantizando la continuidad operacional. Este enfoque preventivo corroboró la eficiencia de la

arquitectura de alta disponibilidad y consolidó la confianza del equipo de tecnologías de la información.

### 5.12. Impacto Organizacional

La transformación tecnológica impulsada por el proyecto tuvo efectos profundos y duraderos en la estructura, cultura y procesos de OLPESA.

- **Optimización de Procesos y Recursos.** La virtualización y centralización de servicios críticos permitió un uso más eficiente tanto de los recursos tecnológicos como humanos. Previamente, la empresa operaba con servidores físicos independientes, lo que implicaba elevados costos asociados a energía, espacio y mantenimiento. Gracias a la nueva infraestructura, se consolidaron servicios, se redujo la redundancia y se mejoró la eficiencia operativa. Asimismo, los procedimientos de respaldo y recuperación se simplificaron, y la gestión de la infraestructura se volvió más ágil y menos sujeta a errores, lo que permitió que el equipo de TI se dedicara a tareas estratégicas en lugar de actividades reactivas y repetitivas.
- **Impulso a la Cultura Digital, Innovación y Aprendizaje.** La adopción de tecnologías *open source* como *Proxmox* y *Ceph*, además de disminuir la dependencia de proveedores propietarios, promovió la exploración de nuevas soluciones y métodos. La constante formación del equipo de TI fortaleció la capacidad organizacional para el crecimiento futuro y la incorporación de tecnologías emergentes, posicionando al área de TI como un aliado estratégico.
- **Mejora en la Satisfacción de los Usuarios y Percepción del Área de TI.** El aumento en la disponibilidad y confiabilidad de los servicios tecnológicos incrementó la confianza de los usuarios internos y reforzó la imagen del equipo de TI como un facilitador clave para el negocio.

- **Ahorro Económico.** La virtualización contribuyó a la reducción de costos en consumo energético, mantenimiento y adquisición de hardware. El uso de software libre eliminó gastos relacionados con licenciamiento, y la automatización de respaldos y procesos disminuyó la necesidad de intervención manual.
- **Incremento de la Productividad.** La reducción de tiempos de inactividad y la posibilidad de realizar mantenimientos sin afectar la operación posibilitaron que el personal se centrara en actividades de mayor valor agregado. La gestión centralizada de los recursos tecnológicos agilizó las tareas diarias y mejoró la eficiencia del equipo de TI.
- **Reducción de Fallas y Mejor Gestión de Incidentes.** La arquitectura de alta disponibilidad, el monitoreo proactivo y la implementación de respaldos incrementales contribuyeron a reducir la frecuencia y gravedad de las fallas, asegurando la continuidad de los servicios y la protección de la información.

### **5.13. Retos del Clúster de Alta Disponibilidad**

- Mantener una configuración estable de red y almacenamiento compartido para prevenir problemas de rendimiento o desconexión de nodos. Para lo cual es importante definir políticas de calidad de servicio en la red para priorizar el tráfico crítico del clúster.
- Implementar un sistema de fencing y monitoreo avanzado para minimizar el impacto de posibles fallos y asegurar una respuesta rápida. Configurar mecanismos automáticos de aislamiento de nodos fallidos para impedir impactos en el funcionamiento.
- Fortalecer las políticas de almacenamiento y la redundancia de información con el fin de minimizar el riesgo de pérdida de datos, así como optimizar la recuperación frente a fallos del hardware. Además, implementar un esquema de replicación distribuida geográficamente que garantice una mayor protección y disponibilidad de la información.

## VI. CONCLUSIONES

La implementación del clúster de alta disponibilidad del Data Center de Oleaginosas del Perú S.A. con *Proxmox VE*, ha demostrado ser una solución esencial para garantizar la continuidad, eficiencia y sostenibilidad de operaciones críticas. Lo cual permite contar con una infraestructura sólida, escalable y confiable a largo plazo, facilitando la expansión y adaptación de servicios de forma ágil. Se observa una reducción considerable en costos operativos gracias a la consolidación de hardware y el uso de software libre, junto con un aumento en la productividad tanto del sistema como del personal de TI, que puede enfocarse en tareas estratégicas en lugar de reactivas.

La integración de Ceph ha permitido a la empresa contar con un almacenamiento compartido, seguro y redundante del clúster de alta disponibilidad conformada por 3 nodos, la solución ofrece escalabilidad sencilla, permitiendo añadir recursos y expandir capacidad sin afectar la operatividad, y mejora significativamente el rendimiento mediante técnicas avanzadas de almacenamiento distribuido.

El uso de hipervisores tipo 1 ha optimizado el rendimiento de los servidores físicos, permitiendo el balanceo eficiente de los recursos de hardware entre las máquinas virtuales y contenedores desplegados en el clúster de alta disponibilidad para garantizar la operatividad continua de los procesos de negocios de la empresa.

Gracias a la implementación de sistemas de balanceo de carga y *failover*, las máquinas virtuales del nodo afectado se trasladaron a nodos disponibles, garantizando la continuidad del servicio sin necesidad de intervención manual., asegurando una disponibilidad superior al 99.9%, con recuperación automática que oscila entre 3 a 30 minutos y una alta capacidad de resiliencia ante fallos, minimizando el tiempo de inactividad y el impacto sobre los usuarios finales. A su vez la migración en caliente se realiza con mínima o nula interrupción, trasladando las máquinas virtuales en ejecución de un nodo a otro sin necesidad de apagarlas.

La implementación de *Proxmox Backup Server* ha permitido minimizar el riesgo de pérdida de información crítica, asegurando la recuperación rápida de datos ante incidentes inesperados. Las copias de seguridad de las máquinas virtuales y contenedores del clúster de alta disponibilidad son incrementales y periódicas, incluso se realizan copias frecuentes en algunas máquinas virtuales por su criticidad e importancia para proteger contra amenazas externas e internas, garantizando la integridad de los datos.

La interfaz web del *Proxmox VE* es una herramienta de monitoreo centralizado y automatizado que ofrece mejor visibilidad y control, proporciona potentes funciones de protección de datos y recuperación ante desastres, con alertas que permite la gestión proactiva de la infraestructura del clúster, para mantener entornos virtuales eficientes, seguros y resilientes. Nos permite supervisar el uso de recursos y los indicadores de rendimiento en tiempo real, en consecuencia, identificar problemas y realizar los ajustes necesarios de forma oportuna antes que afecten la producción.

La documentación detallada del proceso ha permitido estandarizar procedimientos, facilitando la replicación y el mantenimiento del clúster dentro de la empresa. También debe estar actualizada y accesible para cualquier miembro del grupo técnico, fomentando buenas prácticas en el clúster.

## VII. RECOMENDACIONES

- Para maximizar los beneficios del clúster de alta disponibilidad del datacenter de Oleaginosas del Perú S.A., se recomienda establecer simulacros periódicos de fallos en el clúster para validar la efectividad del sistema de alta disponibilidad y garantizar su correcto funcionamiento ante posibles incidentes.
- Evaluar la escalabilidad del mismo de forma periódica para futuras adaptaciones a necesidades empresariales, entendiendo la renovación de equipos que conforman los nodos por de mejor capacidad, la mejora de la infraestructura tecnológica, así como de la adopción de tecnología de fibra canal que optimicen aún más la eficiencia operativa del Clúster.
- Planificar expansiones del clúster considerando redundancia geográfica para mejorar la resiliencia ante desastres.
- Establecer pruebas regulares de restauración de datos para validar la efectividad de las copias de seguridad y garantizar la disponibilidad de la información en caso de emergencia.
- Implementar estrategias de optimización del almacenamiento, como la compresión y de duplicación de datos, para maximizar el uso eficiente de los recursos de Ceph.
- Realizar auditorías periódicas de rendimiento y ajuste de configuraciones en los hipervisores para garantizar que los servidores operen con la máxima eficiencia.
- Configurar políticas de migración automática de cargas de trabajo según la demanda y monitorear el uso de los recursos en tiempo real para evitar cuellos de botella.
- La formación del equipo de TI permitirá una respuesta rápida y efectiva ante cualquier incidente tecnológico. Por ende, es importante los programas de formación continua y certificaciones en tecnologías de virtualización y alta disponibilidad para el equipo técnico

## VIII. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Abed et al. (2025). *Implementing high availability solution for kubernetes clusters*. Technology German University in Cairo. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/391899192\\_Implementing\\_High\\_Availability\\_Solution\\_for\\_Kubernetes\\_Clusters](https://www.researchgate.net/publication/391899192_Implementing_High_Availability_Solution_for_Kubernetes_Clusters)
- Acero Quilumbaquín, W. A. (2016). *Diseño e implementación de un clúster de alta disponibilidad para virtualizar los servidores de adquisición y procesamiento de datos del instituto geofísico*. [Tesis de grado, Escuela Politécnica Nacional]. Repositorio Digital EPN. <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/14756?mode=full>
- Alcántara Roa, L. (2014). *Instalación y configuración de un clúster de alta disponibilidad con reparto de carga, servidor web y máquinas virtuales*. [Tesis de maestría, Universidad Politécnica de Valencia]. Repositorio Institucional UPV. <https://riunet.upv.es/handle/10251/46800>
- Armas Chalan, H.V. (2024). *Configuración de alta disponibilidad como medio de aseguramiento de servicios para un data center virtual usando el Hipervisor Citrix*. [Tesis de Grado, Universidad Nacional de Chimborazo]. Repositorio Digital UNACH. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/12846>
- Arocena Errazquin, M. (2023). *Configuración y puesta en marcha de un sistema de virtualización en alta disponibilidad vía Proxmox*. [Tesis de Grado, Universitat Oberta de Catalunya]. Repositorio institucional Universitat Oberta de Catalunya. <https://openaccess.uoc.edu/handle/10609/147208?locale=es>
- Carrillo Loayza, A. R. (2024). *Evaluación de la disponibilidad mecánica en equipos de bajo perfil para mejorar la productividad* [Tesis de maestría, Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco]. Repositorio UNSAAC. <https://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/10113>

- Cloudification. (setiembre, 2024). *Ceph: A distributed storage system with two decades of innovation*. Cloudification. <https://cloudification.io/cloud-blog/ceph-a-distributed-storage-system-with-two-decades-of-innovation/>
- Enrique Lee, H.U. (2019). *Implementación de un clúster de alto rendimiento para resolver problemas de alta complejidad en el centro de tecnologías de información y comunicaciones de la universidad nacional de ingeniería*. [Tesis de Grado, Universidad de Ciencias y Humanidades]. Repositorio Universidad de Ciencias y Humanidades. [https://repositorio.uch.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12872/281/Huaman%C3%AD\\_EL\\_tesis\\_ingenieria\\_sistemas\\_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.uch.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12872/281/Huaman%C3%AD_EL_tesis_ingenieria_sistemas_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Fernández Heredia, B., & Neyra Nieto, M. (2021). *Gestión de mantenimiento para incrementar la disponibilidad de las máquinas*. [Tesis de Grado, Universidad Señor de Sipán]. Repositorio USS. <https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/8855/Fernandez%20Here dia,%20Blanca%20&%20Neyra%20Nieto,%20Maria.pdf>
- García Núñez, A. & Olmedo Flores, J.L. (2021). *Arquitectura distribuida de alta disponibilidad para la detección de fraude*. *Universidad de Ciencias Informáticas*. 15 (Especial UCIENCIA I), 199–224. <https://www.redalyc.org/journal/3783/378370462013/>
- GmbH, P. S. (marzo, 2023). *Proxmox VE Administration Guide*. <https://pve.proxmox.com/pve-docs-7/pve-admin-guide.pdf>
- Hernández Dávila, E. S. (2016). *Método para el cálculo de la disponibilidad de sistemas en serie y paralelo en función de las consecuencias operacionales particulares de la indisponibilidad individual de cada etapa* [Tesis de maestría, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. Repositorio ESPOCH. <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/1061165>

- IBM. (2024). *¿Qué es un data center?* IBM. <https://www.ibm.com/mx-es/think/topics/data-centers>
- IBM. (2025). *Clústeres de alta disponibilidad*. IBM Documentation. <https://www.ibm.com/docs/es/qsip/7.5?topic=overview-high-availability-clusters>.
- ISN (setiembre, 2024). *Proxmox Backup Server: Guía completa de Instalación y configuración*. ISN. <https://isnum.com/proxmox-backup-server-guia-completa-de-instalacion-y-configuracion/>
- Lopez, M. (enero, 2024). *¿Qué es un Data Center y cómo funciona?* IMMUNE Technology Institute. <https://immune.institute/blog/que-es-un-data-center-y-como-funciona/>
- Lucia (octubre, 2024). *Configuración de un Clúster con 3 Nodos para HA en Proxmox VE*. Vinchin Backup & Recovery. <https://www.vinchin.com/es/vm-tips/proxmox-ha.html>
- Marvin, D. M. (2020). *Diseño de un modelo para garantizar la disponibilidad de las aplicaciones web en el Ministerio de Educación*. [Tesis de maestría, Universidad Cesar Vallejo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/47768>
- Molina Álvarez, M.R. (2023). *Análisis de la plataforma Proxmox como alternativa de software libre para virtualización de servidores*. [Tesis de maestría, Pontificia Universidad Católica del Ecuador]. Repositorio PUCE. <https://repositorio.puce.edu.ec/items/b7389280-493a-4ef7-81c4-0ba2b5ff9240>
- Perafan et al. (2018). *Diseño de un clúster de alta disponibilidad para un entorno educativo virtual universitario*. Revista Ingeniería UC, 25(1), 108–116. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/707/70757668014/html/>
- Proxmox Server Solutions GmbH. (2023). *Storage: CephFS*. Proxmox VE Wiki. [https://pve.proxmox.com/wiki/Storage:\\_CephFS](https://pve.proxmox.com/wiki/Storage:_CephFS).
- Red Hat. (octubre, 2022). *Alta disponibilidad (HA): ¿Qué es y cómo funciona?* <https://www.redhat.com/es/topics/linux/what-is-high-availability>

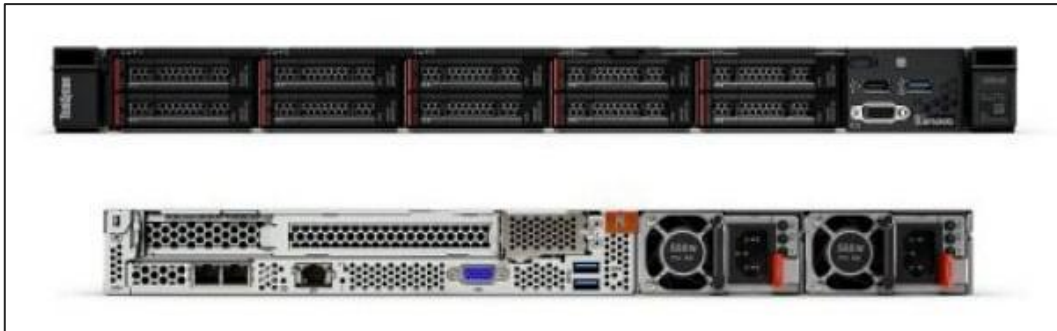
- Romero Caro, R.S & Ramírez Angulo, J. (2014). *Implementación de un clúster experimental bajo tecnologías libres para proporcionar alta disponibilidad de servicios web* *http*. [Tesis de Grado, Universidad de Cartagena]. Repositorio Unicartagena. <https://repositorio.unicartagena.edu.co/entities/publication/900e3043-bd6b-4919-8874-9abf4caade5f>
- Somasekaram et al. (2021). *High-availability clusters: A taxonomy, survey, and future directions*. *Journal of Systems and Software*, 175, Article 110785. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2021.110785>.
- SUSE. (2025). *SES y Ceph: almacenamiento distribuido escalable y autoadministrado* Documentación técnica. <https://documentation.suse.com/es-es/ses/7.1/html/ses-all/cha-storage-about.html>
- Whitestack (abril, 2025). *¿Qué es un hypervisor? Cómo facilita la virtualización y mejora el rendimiento*. <https://whitestack.com/es/blog/que-es-un-hypervisor/>.
- Zaragoza. (2018). *Diseño y despliegue de una arquitectura tolerante a fallos para el aprovisionamiento automático de máquinas físicas en cloud privado*. [Trabajo de fin de grado, Universidad de Zaragoza]. Repositorio Institucional de documentos - Zaguán. <https://zaguan.unizar.es/record/76522?ln=es>

## IX. ANEXOS

### Anexo 1 Servidores Físicos de los Nodos

#### Figura 41

*Equipo Nodo 1: LENOVO Thinksystem sr570Equipo*



*Nota. Elaboración propia*

#### Figura 42

*Equipo Nodo2 – Thinkserver TS150*



*Nota. Elaboración propia*

**Figura 43**

*Equipo Nodo3 – Thinkserver TS140*



*Nota. Elaboración propia*

**Figura 44**

*Equipo Nodo PBS – PowerEdge R750 xs*



*Nota. Elaboración propia*

## Anexo 2 Web Gestión Clúster Proxmox 8 – Oleaginosas del Perú S.A

**Figura 45**

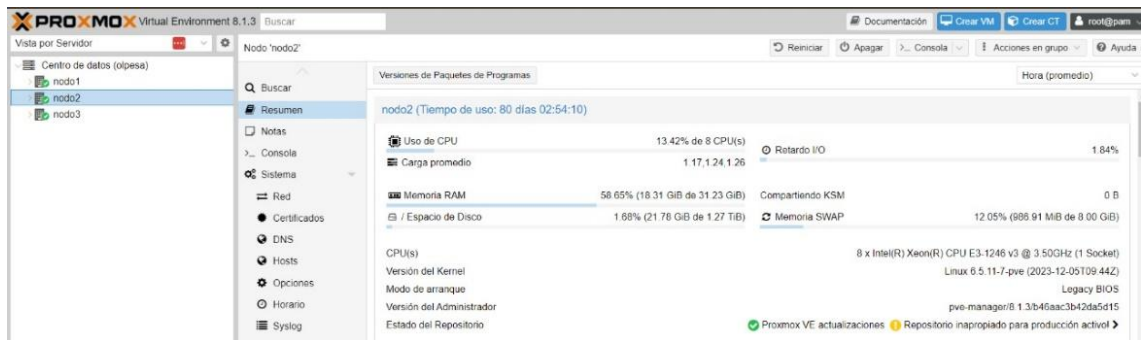
*Ventana de resumen de nodo1 del clúster*



*Nota.* Obtenida de la interfaz web de Proxmox VE

**Figura 46**

*Ventana de resumen de nodo2 del clúster*



*Nota.* Obtenida de la interfaz web de Proxmox VE

**Figura 47**

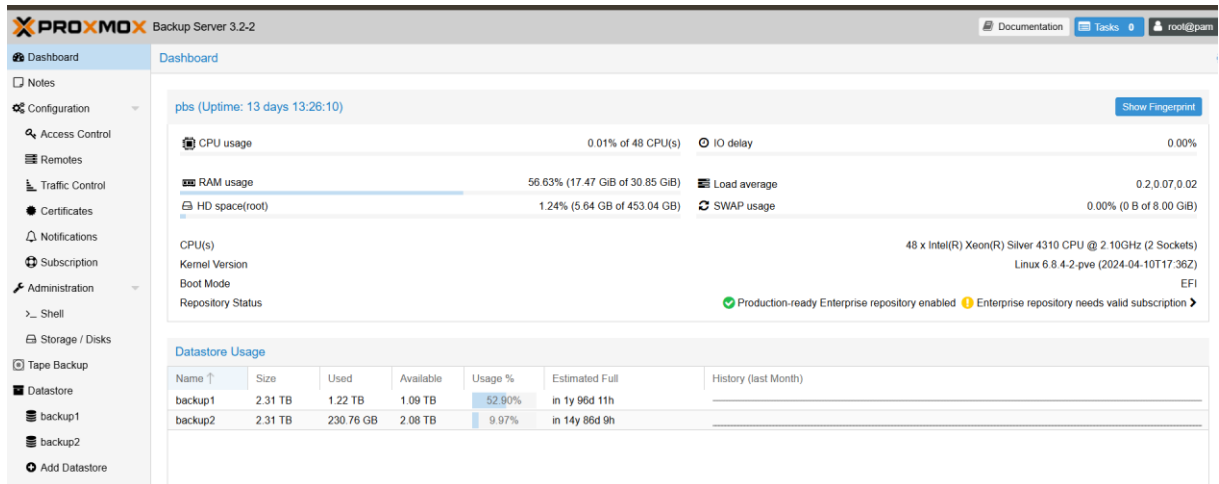
*Ventana de resumen de nodo3 del clúster*



*Nota.* Obtenida de la interfaz web de Proxmox VE

Figura 48

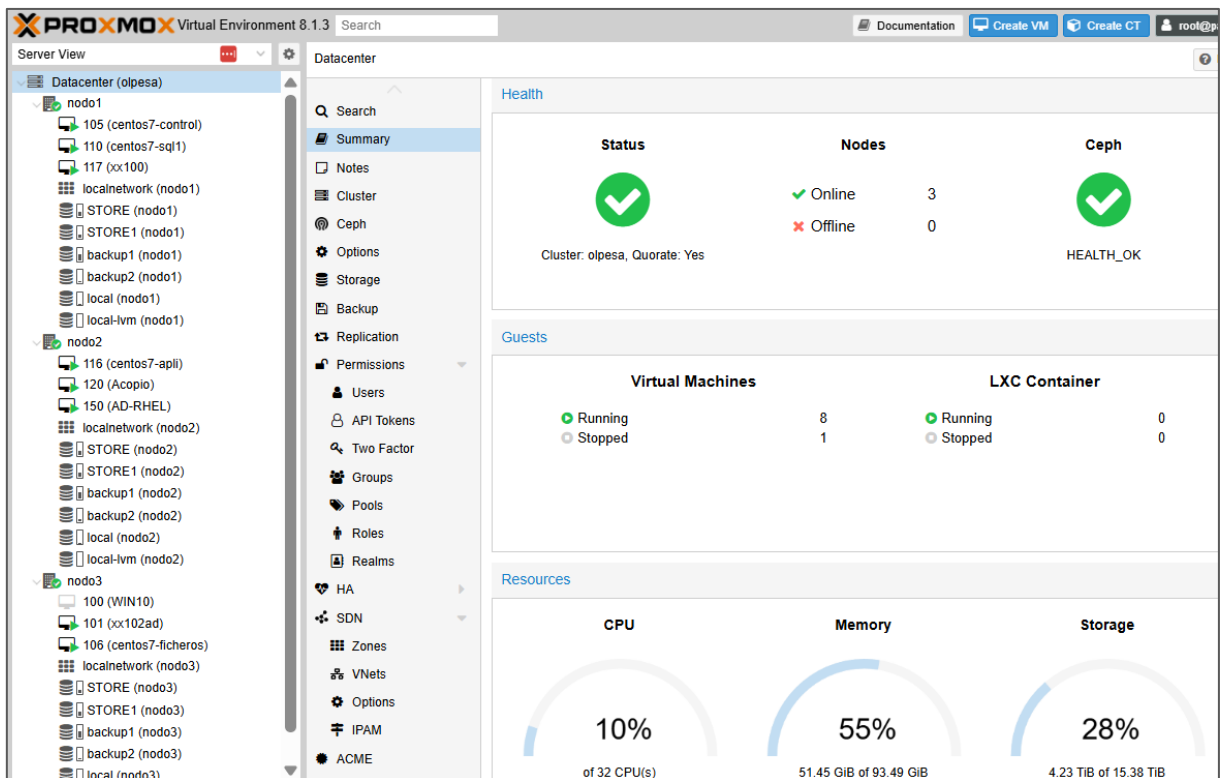
Ventana de resumen de nodo PBS



Nota. Obtenida de la interfaz web de Proxmox VE

Figura 49

Ventana principal del clúster de alta disponibilidad de OLPESA



Nota. Obtenida de la interfaz web de Proxmox VE