



FACULTAD DE INGENIERÍA

TRABAJO DE TITULACIÓN COMO REQUISITO PREVIO PARA LA OBTENCIÓN
DEL TÍTULO DE

MAGÍSTER EN TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN MENCIÓN GESTIÓN Y
ADMINISTRACIÓN DE TECNOLOGÍA

PROPUESTA TECNOLÓGICA

ANÁLISIS DE LA PLATAFORMA PROXMOX COMO ALTERNATIVA DE
SOFTWARE LIBRE PARA VIRTUALIZACIÓN DE SERVIDORES

AUTOR:

ING. MARCO RUBÉN MOLINA ÁLVAREZ

mrmolina@puce.edu.ec

TUTOR:

ING. SANTIAGO DAVID SILVA PROAÑO

SSILVA068@puce.edu.ec

QUITO D.M. - ECUADOR

2023

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR**DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN**

Yo, Marco Rubén Molina Álvarez, declaro y autorizo revisar y evaluar mi trabajo de titulación denominado “Análisis de la Plataforma Proxmox como Alternativa de Software Libre para Virtualización de Servidores”.

Además, autorizo mis derechos de propiedad intelectual a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador a conservar una copia de la tesis en su biblioteca digital, con el propósito de compartir el conocimiento generado con otros estudiantes, profesores y personas interesadas.

Ing. Marco Rubén Molina Álvarez

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR**APROBACIÓN DEL TUTOR**

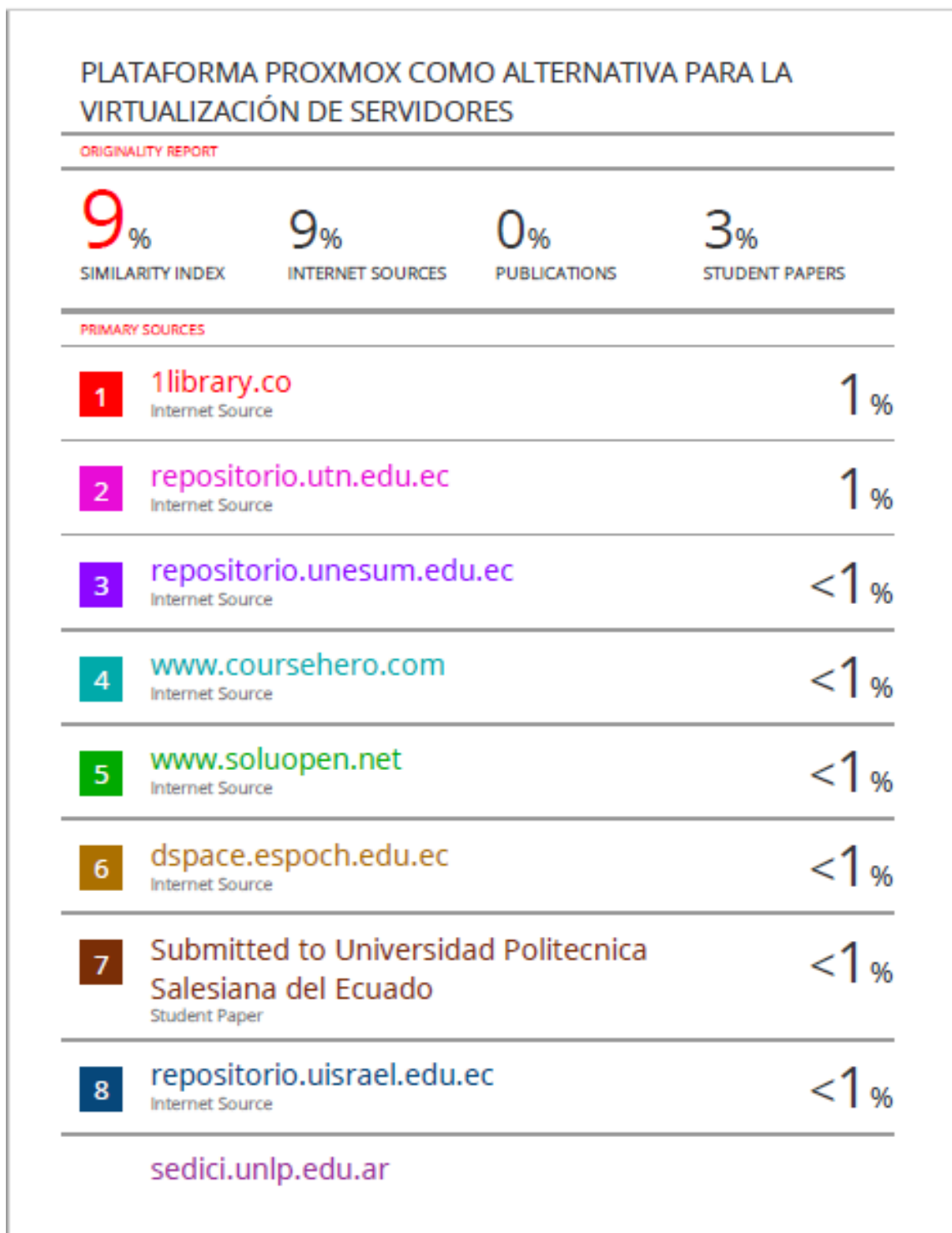
En mi calidad de Director – Tutor del Trabajo de Posgrado Titulado: “Análisis de la Plataforma Proxmox como Alternativa de Software Libre para Virtualización de Servidores”, presentado por el maestrante Marco Rubén Molina Álvarez, titular de la Cédula de Identidad N.º 1712499258 para optar al Grado de Magíster en Tecnologías de la Información mención Gestión y Administración de Tecnología, considero que dicho Trabajo de Investigación reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la evaluación por parte de los Lectores – Evaluadores que se designen para tal fin por parte de las autoridades de la Facultad de Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

En la ciudad de Quito, a los 18 días de agosto del 2023

MSc. Santiago David Silva Proaño C.I. 1714815931

NOTA: 30 /30

Se comunica que en el servicio de análisis Turnitin, el referido trabajo de titulación alcanzó el siguiente resultado: 9 % índice de similitud con otras fuentes.

TURNITIN: INCLUIR HOJA DEL INFORME CON EL PORCENTAJE

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo, Marco Rubén Molina Álvarez, portadora de la Cédula de Identidad N.º 1712499258, declaro que los resultados obtenidos en la investigación que presento como tesis, previo la obtención del título de Magíster en Tecnologías de Información mención Gestión y Administración de Tecnología son originales, auténticos y personales.

La redacción, ideas, definiciones, teorías, resultados y conclusiones presentados en este trabajo de investigación son de mi autoría y cualquier referencia o cita existente, ha sido reconocida según lineamientos establecidos por la universidad.

En tal virtud, el trabajo de investigación cumple con los principios de integridad académica, honestidad intelectual, rigurosidad científica y son de mi sola y exclusiva responsabilidad legal y académica.

Ing. Marco Rubén Molina Álvarez

DEDICATORIA

A mí querida madre Aída, quien es mi apoyo en todo momento.

Marco Rubén Molina Álvarez

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres, quienes, con su apoyo en su momento, me incentivaron definitivamente hacia la culminación de este proyecto de investigación.

A mi tutor Santiago Silva, quien, con su paciencia y conocimiento, me ha guiado en la realización de este trabajo.

A la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, por brindarme la oportunidad de crecer profesionalmente.

A Dios, quien, me ha brindado salud, vida, inteligencia y fortaleza para culminar este ciclo académico. Su infinita sabiduría, me ha permitido alcanzar un anhelo de años de espera.

Marco Rubén Molina Álvarez

CONTENIDO

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	14
1.1. Título de la propuesta tecnológica	15
1.2. Planteamiento del problema	15
1.3. Justificación.....	16
1.4. Objetivo(s).....	17
1.4.1. Objetivo general.....	17
1.4.2. Objetivos específicos	17
1.5. Alcance	18
1.6. Resultados esperados.....	18
1.7. Viabilidad	18
1.8. Metodología de investigación	19
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO	23
2.1. Antecedentes investigativos	23
2.2. Fundamentación teórica	25
2.2.1. Servidor (Server).....	25
2.2.2. Servidor de red	25
2.2.3. Servidor software	26
2.2.4. Tipos de servidores.....	26
2.3. Centro de Datos	28
2.3.1. Definición de Centro de Procesamiento de Datos	28
2.3.2. Niveles de Centro de Procesamiento de Datos	28
2.3.3. Virtualización de Centro de Procesamiento de Datos.....	29
2.4. Virtualización.....	30
2.4.1. Definición de virtualización.....	30
2.4.2. Arquitectura general de la virtualización.....	30
2.4.3. Técnicas de virtualización	32
2.4.4. Esquemas de virtualización.....	33
2.4.5. Características de virtualización.....	34
2.4.6. Ventajas de la virtualización	34
2.4.7. Desventajas de la virtualización	35
2.5. Plataforma de Virtualización Proxmox VE	36
2.5.1. Definición de Proxmox VE.....	36
2.5.2. Características de Proxmox VE	37
2.5.3. Ventajas de Proxmox VE	41
2.5.4. Desventajas de Proxmox VE.....	42

CAPÍTULO 3. PLATAFORMAS DE VIRTUALIZACIÓN, COMPARATIVA Y ANÁLISIS.....	43
3.1. VMware.....	43
3.1.1. vSphere	44
3.1.2. Requisitos mínimos de VMware.....	45
3.1.3. Características de VMware	45
3.1.4. Ventajas de VMware.....	46
3.1.5. Desventajas de VMware	46
3.2. Oracle VM VirtualBox.....	47
3.2.1. Requisitos de VirtualBox	47
3.2.2. Características de VirtualBox	48
3.2.3. Ventajas de VirtualBox.....	49
3.2.4. Desventajas de VirtualBox	49
3.3. Windows Hyper-V.....	50
3.3.1. Requisitos de Windows Hyper-V	50
3.3.2. Características de Windows Hyper-V.....	51
3.3.3. Ventaja de Windows Hyper-V	51
3.3.4. Desventaja de Windows Hyper-V.....	51
3.4. KVM	51
3.4.1. Requisitos de KVM	52
3.4.2. Características de KVM	52
3.4.3. Ventajas de KVM	53
3.4.4. Desventajas de KVM.....	53
3.5. Otras alternativas de virtualización.....	54
3.5.1. QEMU.....	54
3.5.2. OPENVZ.....	54
3.5.2.1. Características de OpenVZ.....	55
3.5.3. Docker	55
3.5.4. Citrix Hypervisor	56
3.6. Alternativa de virtualización en la nube	56
3.6.1. Plataforma cloud computing OpenStack	57
3.6.2. Requisitos de OpenStack.....	57
3.6.3. Características de OpenStack.....	58
3.6.4. Ventajas de OpenStack	58
3.6.5. Desventajas de OpenStack.....	58
3.7. Metodología de Análisis	59
3.7.1. Comparación de plataformas de virtualización investigadas	60
3.7.2. Resultado de la comparación.....	65
CAPÍTULO 4. IMPLEMENTACIÓN DE FUNCIONALIDADES DE PROXMOX VE..	68

PLATAFORMA PROXMOX COMO ALTERNATIVA PARA LA VIRTUALIZACIÓN DE SERVIDORES

4.1.	Descripción del entorno de trabajo	68
4.2.	Instalación de Proxmox VE	70
4.2.1.	Requisitos mínimos de Proxmox VE	70
4.3.	Interfaz web de Proxmox VE	71
4.3.1.	Acceso a interfaz web de Proxmox VE.....	71
4.3.2.	Pantalla principal de la interfaz web de Proxmox VE.....	73
4.4.	Gestión de Centro de Datos en Proxmox VE.....	74
4.4.1.	Nodos Proxmox VE.....	74
4.4.2.	Ventana Shell.....	75
4.4.3.	Resumen del estado de sistema	76
4.4.4.	Actualizaciones de Proxmox VE.....	77
4.4.5.	Clúster Proxmox VE.....	78
4.5.	Almacenamiento en Proxmox VE	78
4.5.1.	Almacenamiento local en Proxmox VE.....	79
4.5.2.	Sistema de almacenamiento por red.....	80
4.5.2.1.	Almacenamiento por red en Proxmox VE.....	81
4.6.	Máquinas virtuales con Proxmox VE	82
4.6.1.	Máquina virtual de Sistema	83
4.6.2.	Máquina virtual de proceso	83
4.6.3.	Respaldos de información en Proxmox VE	84
4.7.	Redes virtuales con Proxmox VE	85
4.7.1.	Redes virtuales	85
4.7.2.	LAN virtual	85
4.7.3.	Puente	85
4.7.4.	Modelo OSI.....	85
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	87
5.1.	Conclusiones.....	87
5.2.	Recomendaciones.....	89
6.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	91
7.	ANEXOS.....	102
7.1.	Anexo A. Instalación de <i>Proxmox VE</i> versión 7.4-3.....	102
7.2.	Anexo B. Instalación de TrueNAS versión 10.2.74.5	107
7.3.	Anexo C. Crear Carpeta Compartida con TRUENAS v10.2.74.5.....	112
7.4.	Anexo D. Funcionalidades de Administración de Proxmox VE	121
7.4.1.	Procedimiento para actualizar Proxmox VE	121
7.4.2.	Procedimiento para crear clúster y añadir nodos	125
7.5.	Anexo E. Funcionalidades de Almacenamiento en Proxmox VE	128
7.5.1.	Procedimiento para maximizar el almacenamiento de directores	128
7.5.2.	Procedimiento para crear almacenamiento por red	131

PLATAFORMA PROXMOX COMO ALTERNATIVA PARA LA VIRTUALIZACIÓN DE SERVIDORES

7.6.	Anexo F. Funcionalidades de Máquinas Virtuales en Proxmox VE.....	133
7.6.1.	Creación de máquina virtual.....	133
7.6.2.	Migración de máquina virtual	139
7.6.3.	Alta disponibilidad	142
7.6.4.	Procedimiento para crear respaldo de máquina virtual (huésped).....	147
7.6.5.	Procedimiento para crear respaldo de nodo (infraestructura).....	149
7.6.6.	Procedimiento para restaurar el respaldo instantáneo (snapshot).....	151
7.7.	Anexo G. Funcionalidades de Redes en Proxmox VE	152
7.7.1.	Configuración de red para la comunicación entre máquinas virtuales y segmentación de red	152
7.8.	Anexo H. Evidencia del Trabajo Realizado.....	159

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Fuentes de información.....	22
Tabla 2. Tipos de servidores.....	27
Tabla 3. Niveles de centros de datos.....	29
Tabla 4. Características de virtualización.....	34
Tabla 5. Productos VMware.....	44
Tabla 6. Requisitos mínimos VMware ESXi 7.0.....	45
Tabla 7. Sistemas operativos soportados por VirtualBox.....	47
Tabla 8. Requisitos mínimos VirtualBox.....	48
Tabla 9. Requisitos mínimos Windows Hyper-V.....	50
Tabla 10. Requisitos mínimos KVM.....	52
Tabla 11. Criterios y categorías para comparar plataformas de virtualización.....	60
Tabla 12. Comparación plataformas de virtualización – Criterios ISO/IEC 9126.....	61
Tabla 13. Servidor Proxmox VE – nodo 1.....	69
Tabla 14. Proxmox VE - nodo 2.....	69
Tabla 15. Switch.....	69
Tabla 16. Proxmox - nodo 3.....	69
Tabla 17. Servidor NAS.....	70
Tabla 18. Requerimientos mínimos para pruebas.....	70
Tabla 19. Requisitos mínimos para producción.....	71
Tabla 20. Planes de suscripción de Proxmox VE.....	77
Tabla 21. Tipos de almacenamiento de Proxmox VE.....	79

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Modelo cliente - servidor.....	26
Figura 2. Hipervisor tipo 1.....	31
Figura 3. Hipervisor tipo 2.....	31
Figura 4. Arquitectura general de la virtualización.....	32
Figura 5. Migración en caliente.....	38
Figura 6. Virtualización de plataformas.....	43
Figura 7. Arquitectura - VMware.....	46
Figura 8. Topología física y lógica de mini-red.....	68
Figura 9. Notificación de conexión privada.....	72
Figura 10. Acceso a interfaz web de Proxmox VE.....	72
Figura 11. Notificación para suscripción de soporte.....	73
Figura 12. Pantalla principal de la interfaz web de Proxmox VE.....	74
Figura 13. Nodos Proxmox VE.....	75
Figura 14. Ventana Shell de Proxmox VE.....	75
Figura 15. Resumen de recursos del sistema Proxmox VE.....	76
Figura 16. Resumen gráfico del sistema Proxmox VE.....	76
Figura 17. Espacios de almacenamiento local en Proxmox VE.....	79
Figura 18. Pantalla de bienvenida al instalador tipo wizard de Proxmox VE.....	103
Figura 19. Aceptación de acuerdo de licencia (EULA).....	103
Figura 20. Información sobre Proxmox VE.....	104
Figura 21. Localización y selección de zona horaria e idioma del teclado.....	104
Figura 22. Administración de contraseña y correo asociado a Proxmox VE.....	105
Figura 23. Configuración de la red de gestión.....	105
Figura 24. Ventana resumen con la información ingresada durante la instalación.....	106
Figura 25. Pantalla de inicio para la instalación de TrueNAS.....	108
Figura 26. Menú consola de TrueNas opción Instalar.....	108
Figura 27. Notificación sobre capacidad de memoria RAM.....	109
Figura 28. Medio de destino para instalar TrueNAS.....	109
Figura 29. Notificación de eliminación de contenido de medio de destino.....	109
Figura 30. Ingreso y confirmación de contraseña.....	110

Figura 31. Modo de arranque de TrueNAS	110
Figura 32. Notificación de instalación satisfactoria.....	110
Figura 33. Menú consola de TrueNAS opción Reinicio	111
Figura 34. Pantalla de acceso a TrueNAS	112
Figura 35. Crear pool en TrueNAS	113
Figura 36. Crear pool en TrueNAS - Definir nombre	113
Figura 37. Tipo de almacenamiento para el Pool.....	114
Figura 38. Notificaciones para crear Pool	114
Figura 39. Verificación de Pool creado	114
Figura 40. Crear conjunto de datos.....	115
Figura 41. Clúster Proxmox VE con un nodo	115
Figura 42. Verificación de carpeta compartida creada	116
Figura 43. Crear grupo de usuarios	116
Figura 44. Verificación de grupo creado	116
Figura 45. Crear usuario y asignar a grupo.....	117
Figura 46. Verificación de usuario creado.....	117
Figura 47. Compartir carpeta y asignar a carpeta creada	118
Figura 48. Habilitar el servicio.....	118
Figura 49. Verificación de servicio habilitado	118
Figura 50. Dar permisos a carpeta.....	119
Figura 51. Elegir todos los permisos (OPEN).....	119
Figura 52. Elegir carpeta compartida para dar todos los permisos.....	119
Figura 53. Verificación de carpeta compartida con todos los permisos.....	119
Figura 54. Verificación de carpeta compartida en cliente Windows.....	120
Figura 55. Acceso a carpeta compartida.....	120
Figura 56. Prueba de acceso a carpeta compartida en Windows.....	120
Figura 57. Clúster Proxmox VE con un nodo	121
Figura 58. Intento de actualización de Proxmox VE.....	122
Figura 59. Ingreso por editor VI a repositorio Enterprise de Proxmox VE	122
Figura 60. Deshabilitar línea donde está repositorio Enterprise de Proxmox VE...	123
Figura 61. Ingreso por editor VI a repositorio sin suscripción de Proxmox VE	123
Figura 62. Insertar repositorio sin suscripción de Proxmox VE	123
Figura 63. Actualización de Proxmox VE.....	124

Figura 64. Verificación de actualización de Proxmox VE	124
Figura 65. Crear clúster Proxmox VE.....	125
Figura 66. Verificación de clúster Proxmox VE con un nodo.....	125
Figura 67. Información de la unión.....	126
Figura 68. Unir nuevo nodo al clúster Proxmox VE.....	127
Figura 69. Clúster Proxmox VE con dos nodos.....	127
Figura 70. Eliminar volumen lógico de panel 2 en Proxmox VE	129
Figura 71. Añadir tipos de almacenamiento en directorio maximizado.....	130
Figura 72. Resultado de almacenamiento local maximizado.....	130
Figura 73. Almacenamiento por red en Proxmox VE	131
Figura 74. Creación de almacenamiento por red en Proxmox VE.....	132
Figura 75. Cargar ISO de sistema operativo Proxmox VE	133
Figura 76. ISO de sistema operativo cargado.....	134
Figura 77. Crear máquina virtual en Proxmox VE ficha general.....	134
Figura 78. Crear máquina virtual en Proxmox VE ficha SO.....	135
Figura 79. Crear máquina virtual en Proxmox VE ficha sistema.....	135
Figura 80. Crear máquina virtual en Proxmox VE ficha Discos	136
Figura 81. Crear máquina virtual en Proxmox VE ficha CPU	136
Figura 82. Crear máquina virtual en Proxmox VE ficha Memoria	137
Figura 83. Crear máquina virtual en Proxmox VE ficha Red	137
Figura 84. Crear máquina virtual en Proxmox VE ficha Confirmar	138
Figura 85. Revisión de contenidos de nodos para la migrar Proxmox VE.....	139
Figura 86. Migrar máquina virtual seleccionada en Proxmox VE	140
Figura 87. Elección de nodo destino para la migración en Proxmox VE	140
Figura 88. Verificación de máquina virtual migrada en Proxmox VE.....	141
Figura 89. Crear grupo en Proxmox VE.....	142
Figura 90. Resultado de creación de grupo en Proxmox VE.....	143
Figura 91. Contenedor a ser migrado mediante alta disponibilidad.....	143
Figura 92. Vincular contenedor con grupo en Proxmox VE.....	144
Figura 93. Contenidos de nodos para la migrar Proxmox VE.....	144
Figura 94. Contenidos de nodos antes de migrar y desactivación de nodo pve1 ..	145
Figura 95. Migración de contenedor con alta disponibilidad en Proxmox VE	146
Figura 96. Crear respaldo de máquina virtual en Proxmox VE.....	147

Figura 97. Tareas de respaldo de máquina virtual en Proxmox VE.....	148
Figura 98. Verificación de respaldo de máquina virtual en Proxmox VE	148
Figura 99. Crear respaldo de nodo en Proxmox VE.....	149
Figura 100. Tareas de respaldo de nodo en Proxmox VE.....	150
Figura 101. Verificación de respaldo de nodo en Proxmox VE	150
Figura 102. Restaurar el respaldo instantáneo en Proxmox VE.....	151
Figura 103. Crear puente de red en Proxmox VE	153
Figura 104. Asignar puente a primera máquina virtual en Proxmox VE	154
Figura 105. Asignar puente a segunda máquina virtual en Proxmox VE.....	154
Figura 106. Asignar puerto a tarjeta de red física en Proxmox VE.....	155
Figura 107. Aplicar configuración para asignar puerto a tarjeta de red	155
Figura 108. Verificación de asignación de puerto a tarjeta física en Proxmox VE .	155
Figura 109. Configuración de puente como VLAN en Proxmox VE.....	156
Figura 110. Aplicar configuración de puente como VLAN en Proxmox VE.....	156
Figura 111. Asignar VLAN a máquina virtual en Proxmox VE.....	157
Figura 112. Verificación de puente VLAN a máquina virtual en Proxmox VE.....	158
Figura 113. Mini – red instalada en el IEPS	159
Figura 114. Dispositivos de la mini – red instalada en el IEPS.....	159

RESUMEN

El presente trabajo de investigación analiza la plataforma de virtualización *Proxmox Virtual Environment (Proxmox VE)* como alternativa de código abierto para la virtualización de servidores.

Se utilizaron los métodos científicos: experimental, analítico - sintético, inductivo - deductivo, triangulación teórica y la técnica de observación para abstraer los conocimientos necesarios de la bibliografía disponible y pruebas prácticas realizadas sobre *Proxmox VE* para cumplir con los objetivos propuestos.

Se realizó la comparación de calidad de software de las plataformas de virtualización VMware, Oracle VirtualBox, Windows Hyper-V, KVM y *Proxmox VE* mediante el estándar ISO/IEC 9126, tomando en cuenta los criterios de funcionalidad, factibilidad, usabilidad, eficiencia, mantenimiento y portabilidad para concluir que *Proxmox VE* es una buena alternativa open source para virtualización de servidores en entornos pequeños y medianos.

Finalmente, se implementó en una mini - red creada en las instalaciones del Instituto Nacional de Economía Popular y Solidaria; un clúster de tres nodos, un computador servidor para almacenamiento y un computador para la administración web; para comprobar la validez de la plataforma *Proxmox VE* mediante la ejecución de funcionalidades de almacenamiento, redes, máquinas virtuales y alta disponibilidad.

Palabras clave: Virtualización, Servidores, Código Abierto, Máquina Virtual, *Proxmox VE*

ABSTRACT

This research paper analyzes the virtualization platform *Proxmox* Virtual Environment (*Proxmox VE*) as an open source alternative for server virtualization.

Scientific methods were used: experimental, analytical - synthetic, inductive - deductive, theoretical triangulation and the observation technique to abstract the necessary knowledge from the available literature and practical tests carried out on *Proxmox VE* to meet the proposed objectives.

Software quality comparison of VMware, Oracle VirtualBox, Windows Hyper-V, KVM and *Proxmox VE* virtualization platforms through the ISO/IEC 9126 standard, taking into account the criteria of functionality, feasibility, usability, efficiency, maintenance and portability to conclude that *Proxmox VE* is a good open source alternative for server virtualization in small and medium environments.

Finally, it was implemented in a mini-network created in the facilities of the National Institute of Popular and Solidarity Economy; a cluster of three nodes, a server computer for storage and a computer for web administration; to check the validity of the *Proxmox VE* platform by running storage functionalities and a computer for web administration, networking, virtual machines and high availability.

Keywords: Virtualization, Servers, Open Source, Virtual Machine, *Proxmox VE*

DESCRIPCIÓN DE CAPÍTULOS

El detalle de los diferentes capítulos que conforman el presente trabajo de investigación es el siguiente:

CAPÍTULO 1, denominado **INTRODUCCIÓN**, presenta la definición general del proyecto de investigación mediante: título de la propuesta, planteamiento del problema, justificación, objetivo general y específicos, alcance, resultados esperados, viabilidad y metodología de investigación.

CAPÍTULO 2, denominado **MARCO TEÓRICO**, presenta dos secciones, la primera se llama **Antecedentes investigativos**, donde se presentan trabajos recientes de investigaciones relacionadas con el tema propuesto para conocer cuánto se ha investigado y disponer de insumos importantes para realizar conclusiones del estudio.

La segunda sección se llama **Fundamentación teórica**, donde se desarrolla, fundamenta y conceptualiza la comprensión de las variables de investigación. Los temas generales investigados son: servidores, centro de datos, virtualización y plataforma *Proxmox VE*, los mismos que sirven de conocimiento general de los temas relacionados con la investigación y de base para la posterior comparación de virtualizadores.

CAPÍTULO 3, denominado **PLATAFORMAS DE VIRTUALIZACIÓN, COMPARATIVA Y ANÁLISIS**, consta de dos partes. La primera, presenta definiciones, requisitos, características, ventajas y desventajas de las plataformas de virtualización: VMware, Oracle VM VirtualBox, Windows Hyper-V y KVM, además de

otras alternativas de virtualización igual de importantes. Todos estos insumos contribuyen en la segunda parte, para comparar las plataformas de virtualización mencionadas, tomando los criterios de comparación de calidad de software del estándar ISO/IEC 9126: funcionalidad, factibilidad, usabilidad, eficiencia, mantenimiento y portabilidad. Los resultados son consignados en una tabla general de comparación. Finalmente, se realiza el análisis de la comparación y se generan las conclusiones respectivas.

CAPÍTULO 4, denominado **IMPLEMENTACIÓN DE FUNCIONALIDADES DE PROXMOX VE**, revisa la interfaz gráfica y ciertas funcionalidades básicas de *Proxmox VE*, necesarias para comprender el entorno de trabajo. Luego, con la creación de una mini-red de 5 computadores, se realizan varias prácticas para comprobar algunas funcionalidades de *Proxmox VE* respecto al almacenamiento, máquinas y redes virtuales, y alta disponibilidad. El detalle de los procedimientos realizados se presenta en la sección **ANEXOS**.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

Desde años atrás se ha venido generalizando el uso de la virtualización como técnica para aumentar el rendimiento de la infraestructura de cómputo existente en la empresa. El trabajo con máquinas virtuales, ha originado beneficios como ahorro de tiempo, gastos de gestión y espacio físico.

El término virtualización, tomando el criterio de Bob Muglia, vicepresidente de negocios de Microsoft Corporation, se define como:

“La Virtualización es una estrategia para desplegar los recursos del ordenador en diferentes capas aisladas – hardware, software, datos, red, almacenamiento (...)”.

La virtualización reemplaza el ambiente físico por uno simulado para compartir los recursos hardware disponibles de un único servidor físico en múltiples máquinas virtuales creadas de manera independiente asignadas con sus propios recursos y sistema operativo, logrando de esta manera, beneficios como: disminuir el consumo de energía, aumentar la escalabilidad y reducir costos de infraestructura y mantenimiento. (Azure, 2023).

En la actualidad, existen varias plataformas de virtualización, con diferentes aplicaciones y funcionalidades, algunas propietarias e inalcanzables debido a su gran costo y otras de libre acceso y código abierto.

Entre los virtualizadores destacados tenemos: VMware, VirtualBox, Windows Hyper-V y KVM.

A estas plataformas se suma *Proxmox VE* como alternativa importante, debido a su gran acogida en el campo empresarial y ser una herramienta de código abierto, característica muy importante que permite su estudio de manera libre y práctica.

El objetivo general de este trabajo de investigación consiste en realizar un análisis completo del virtualizador de servidores *Proxmox VE*, analizando sus características, cualidades y funcionalidades destacadas que lleven a conclusiones importantes, útiles y necesarias para cualquier organización que decida utilizar tecnología de virtualización.

1.1. Título de la propuesta tecnológica

Análisis de la plataforma *Proxmox* como alternativa de software libre para la virtualización de servidores.

1.2. Planteamiento del problema

El campo de estudio de las Tecnología de la Información (TI, por sus siglas en el idioma inglés – Technology Information) es el conjunto de herramientas, técnicas y procesos utilizados para procesar, almacenar, recuperar y transmitir información en una empresa u organización. Utiliza tecnologías de hardware y software, redes de computadoras y sistemas de comunicación para automatizar y mejorar los procesos empresariales y la toma de decisiones. Se aplica en una amplia variedad de campos, como la gestión de proyectos, la gestión de inventarios, la contabilidad, la gestión de relaciones con clientes, la planificación de recursos empresariales, el análisis de datos y la seguridad de la información.

Los servicios de la TI tienen por objetivo responder a las necesidades del cliente y son un conjunto de actividades que podemos enmarcar en las siguientes áreas: desarrollo de software, mantenimiento y soporte de TI, servicios en la nube, seguridad

de TI, consultorías de TI, integración de sistemas, servicios de redes y desarrollo de sitios web.

Con frecuencia, los servicios de la TI son considerados críticos para la empresa o negocio principalmente por los elevados costos originados por factores como la adquisición de hardware, software y licencias, instalación y configuración, y personal técnico para administrar y mantener la infraestructura.

Por esos motivos las empresas no pueden invertir para mejorar sus servicios actuales o desarrollar nuevos, llegando en muchos casos a considerarlos como caros e inflexibles.

Ante esta realidad, surge la necesidad de investigar y adoptar una o varias soluciones para la administración de gran número de servidores mediante una plataforma de virtualización basada en open source que cumpla las necesidades de servicios TI que el cliente requiera.

1.3. Justificación

En la actualidad, las organizaciones tienen como objetivo principal, brindar mejores servicios de TI a sus clientes mediante el correcto funcionamiento de la red que disponen y de los sistemas de gestión que poseen, para ello, adoptan diferentes estrategias basadas en aplicaciones informáticas y software centralizado dentro de una infraestructura constituida por centros de datos y nodos de servidores.

Sin embargo, no todas las organizaciones disponen de los recursos necesarios para cumplir con este objetivo, por esta razón, es necesario investigar y adoptar herramientas open source que permitan gestionar eficientemente los recursos disponibles al mismo tiempo que eleve su productividad.

La virtualización de servidores es una técnica que permite crear múltiples servidores virtuales en una sola máquina física logrando maximizar la eficiencia de hardware, aumentar la flexibilidad y escalabilidad, mejorar la seguridad y reducir los costos de energía y administración.

Proxmox VE es una solución de virtualización de servidores open source que proporciona virtualización completa, gestión de máquinas virtuales, almacenamiento, redes, contenedores y clústeres con alta disponibilidad.

Por lo expuesto, es necesario realizar un análisis completo de las principales características, bondades y funcionalidades del virtualizador *Proxmox VE*, como alternativa open source para implementar tecnología de servidores en la organización.

1.4. Objetivo(s)

1.4.1. Objetivo general

Analizar la plataforma *Proxmox VE* como alternativa de software libre para virtualización de servidores.

1.4.2. Objetivos específicos

- Descripción de las características base de servidores, centro de datos y virtualización.
- Investigar y comparar las plataformas de virtualización VMware, VirtualBox, Windows Hyper-V, KVM y *Proxmox VE*, sus características, requerimientos, ventajas y desventajas.
- Investigar y presentar las funcionalidades importantes de almacenamiento, máquinas y redes virtuales; y alta disponibilidad de la plataforma *Proxmox VE*.

1.5. Alcance

El proyecto de investigación incluye:

- Instalación de *Proxmox VE* en computadores físicos con las capacidades de cómputo suficientes y necesarias para realizar pruebas de concepto de la herramienta.
- Configuración base de máquinas virtuales.

En el proyecto de investigación no se incluye:

- Adquisición de servidores físicos.

1.6. Resultados esperados

- Conocimiento de conceptos relacionados con el tema de investigación.
- Comparación de *Proxmox VE* con otros virtualizadores del mercado.
- Almacenamiento local y de red con *Proxmox VE*.
- Creación y gestión de máquinas virtuales.
- Servidores virtualizados y gestionados con *Proxmox VE* mediante entorno web.

1.7. Viabilidad

Económica. Al ser *Proxmox VE* open source, no se requiere capital efectivo para realizar esta investigación respecto a la plataforma de estudio.

Tecnológica. Se llevará a cabo en las instalaciones del Instituto Nacional de Economía Popular y Solidaria donde se dispone de la infraestructura necesaria para ejecutar el proyecto.

1.8. Metodología de investigación

Para resolver el problema de investigación mediante la acumulación de datos e información generados, se aplicarán varios métodos y técnicas que proporcionarán conclusiones, recomendaciones y resultados, fruto del estudio realizado y que permitan responder a los objetivos y metas propuestas.

Método Analítico. Método de investigación que se desprende del método científico y es utilizado en las ciencias naturales y sociales para el diagnóstico de problemas y la generación de hipótesis que permiten resolverlos. (Método analítico, 2023).

Método Deductivo. Es un método científico que considera que la conclusión se halla implícita dentro de las premisas. (Porto, Definición.de, 2021).

Método Experimental. Es una técnica que se caracteriza por observar, manipular y registrar las distintas variables (independientes, dependientes, etc.) que afectan a un determinado fenómeno u objeto de estudio. (Métodos, s.f.).

Método Inductivo. Inductivismo es aquel método científico que obtiene conclusiones generales a partir de premisas particulares. (Porto, Definición.de, 2021).

Método Sintético. Proceso cognitivo (de la mente) que intenta comprimir los datos que ingresan a nuestra memoria. Tal proceso se lleva a cabo para permitirnos identificar la realidad que conocemos, que es inmensa, y abstraer sus características más representativas, pero también sus particularidades. (Métodos, s.f.)

Método de Triangulación Teórica. Hace referencia a la utilización de distintas teorías para obtener una interpretación más completa y comprensiva, y así dar respuesta al objetivo de estudio, pudiendo ser incluso estas teorías antagónicas. (Barroso & Aguilar, 2015).

Técnica Documental. Se centran en los procedimientos para organizar y analizar las fuentes de información documental o secundaria. (Técnicas de investigación, 2023).

Técnica de Observación. Consiste en visualizar atentamente el fenómeno, hecho o caso, tomar información y registrarla para su posterior análisis.

En el presente trabajo de investigación se emplearon los métodos inductivo-deductivo, analítico-sintético y la técnica documental para abordar los objetivos de estudio, generando conclusiones importantes en base a las fuentes de información consultadas. El método de triangulación teórica se implementó para revisar varios trabajos de investigación relacionados con el tema de estudio y resumir criterios, además de dar nuestro punto de vista en los proyectos consultados. El método experimental y la técnica de observación, se emplearon para obtener información en base a la utilización de la plataforma objeto de estudio, se analizó su funcionamiento y comportamiento en un entorno de pruebas.

El orden metodológico por objetivos es el siguiente:

Objetivo: Descripción de las características base de Servidores, Centro de Datos y Virtualización.

La técnica de investigación denominada documental permite recopilar información de diversas fuentes como libros, tesis, páginas web, papers, artículos y monografías. (Tabla 1. Fuentes de Información).

Los métodos analítico – sintético, permiten reunir la información necesaria y analizar los elementos básicos para obtener un conocimiento claro y concreto.

Los métodos inductivo – deductivo, permiten en base a la bibliografía consultada, abstraer el conocimiento de premisas iniciales para deducir conclusiones generales.

El resultado es obtener un Marco Teórico concreto y conciso, que sirve de base para la investigación. En el Capítulo 2 denominado MARCO TEÓRICO, se cumple este objetivo.

Objetivo: Investigar y comparar las plataformas de virtualización VirtualBox, VMware, Windows Hyper-V, KVM y *Proxmox VE*, sus características, requerimientos, ventajas y desventajas.

La técnica de investigación denominada documental, permite recopilar información de varias referencias como libros, tesis, páginas web y artículos.

Los métodos analítico – sintético, permiten reunir información depurada durante la investigación para la posterior comparación de las plataformas de virtualización.

Los métodos inductivo – deductivo, permiten sacar conclusiones generales en base a las diferentes comparaciones de herramientas de virtualización investigadas.

El método triangulación teórica, permite sacar información abstracta luego de consultar varios autores, consiguiendo aportar información depurada para la posterior comparación de herramientas de virtualización.

El resultado es el conocimiento de las diferentes alternativas de virtualización existentes en el mercado y la elección del virtualizador recomendado para cumplir con el tema propuesto en la investigación. En el Capítulo 3 denominado PLATAFORMAS DE VIRTUALIZACIÓN, COMPARATIVA Y ANÁLISIS, se plasma este objetivo utilizando el estándar ISO/IEC 9126 para la comparación.

Objetivo: Investigar y presentar las funcionalidades importantes de almacenamiento, máquinas y redes virtuales, y alta disponibilidad en la plataforma *Proxmox VE*.

La técnica de investigación denominada observación, permite obtener información generada ejecutar las funcionalidades y comportamientos experimentados por *Proxmox VE* en la mini – red creada para realizar pruebas.

El método experimental, permitirá manipular y registrar los datos obtenidos para llegar a conclusiones importantes.

El resultado es el conocimiento sobre las funcionalidades destacadas que proporciona *Proxmox VE* para su posterior implementación en el ambiente de producción. En el Capítulo 4 denominado IMPLEMENTACIÓN DE FUNCIONALIDADES DE PROXMOX VE, se cumple este objetivo.

Finalmente, en la siguiente tabla se detallan las fuentes de información utilizadas en el transcurso de la investigación realizada para recopilar y abstraer la información:

Tabla 1. Fuentes de información

Fuente bibliográfica	Fuente electrónica
Diccionarios	Artículos
Enciclopedias	Blogs
Libros Especializados	Diccionarios Virtuales
Monografías	Ensayos
Revistas	Páginas Web
Tesis	Papers
	Sitios Web

Nota. Por la facilidad al acceso de la información, los sitios web y blogs de internet has sido la principal fuente de información en este proyecto.

Autor. Marco Molina.

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

Las variables de investigación presentes en este trabajo se relacionan en varios estudios realizados en los últimos años. Los aportes obtenidos han servido como base de afianzamiento del conocimiento respecto a virtualización fundamentalmente.

2.1. Antecedentes investigativos

(Niño, 2020). Realizó un estudio sobre “Diseño de un modelo de virtualización para la implementación de un sistema de servidores en alta disponibilidad”, en el cual presentó una aplicación tecnológica de alta disponibilidad utilizando los mismos equipos disponibles y mediante cloud computing, realiza la gestión de ciertos servicios de una empresa con la implementación de las herramientas de virtualización: VMWare y Hyper-V.

Con este trabajo se puede comprobar algunos beneficios importantes que brinda la virtualización a la empresa: administración fácil y controlada de la información, optimización de los recursos computacionales existentes y ahorro económico significativo.

(Ramírez, 2020). Exhibió el artículo titulado: “Plataformas de software libre para la virtualización de servidores en pequeñas y medianas empresas cubanas”. En esta investigación se compara cuantitativamente el desempeño de las principales plataformas virtuales tipo “bar metal” basado en software libre en el entorno real de una mediana empresa cubana.

PLATAFORMA PROXMOX COMO ALTERNATIVA PARA LA VIRTUALIZACIÓN DE SERVIDORES

En la plataforma de virtualización tipo “bar metal” el software se instala directamente en el hardware del servidor a diferencia del tipo “virtualización alojada”, donde se instalan en el sistema operativo anfitrión del usuario.

La comparación de varias herramientas entre las cuales tenemos: *Proxmox VE 5.4*, *Ubuntu Server 18.04* y *oVirt 4.3.5*, concluye que *Proxmox VE 5.4* es la mejor opción para la virtualización de servidores tomando en cuenta la optimización de recursos de hardware disponibles.

Por lo tanto, podemos afirmar que para pequeñas empresas o para fines de estudio e investigación, donde no se disponen de los recursos económicos suficientes para adquirir software especializado, las plataformas *Proxmox VE*, *Ubuntu Server* y *oVirt* son buenas alternativas.

(Silva Richard, 2018). Aportan con la investigación denominada: “Virtualización de los servicios tecnológicos con software libre en el hospital geriátrico Dr. Bolívar Arguello Proaño de la ciudad de Riobamba (HGBA)”. Utilizan la plataforma libre *Proxmox VE* como virtualizador de los servicios de correo electrónico y firewall.

Logran reducir significativamente algunos problemas de infraestructura y bajar los costos de implementación y ejecución. También realizan un análisis del grado de satisfacción del cliente y las características de calidad que debe poseer un software rigiéndose en la normativa ISO 25000 con lo cual la solución tecnológica planteada es viable para la entidad donde se aplica.

(Pérez, 2011). Presentó un trabajo denominado: “Virtualización y Green IT”, donde se hace hincapié en el uso eficiente de los recursos informáticos minimizando el impacto ambiental, maximizando su viabilidad económica y asegurando deberes sociales.

Realiza una investigación sobre las relaciones existentes entre las denominadas “tecnologías verdes”: cloud computing, grid computing y virtualización.

Con esta investigación se pudo comprobar que las “tecnologías verdes” brindan una nueva alternativa de trabajo más ecológica que permite el ahorro de diferentes recursos. Un ambiente virtualizado provee tiempos y performances similares a un entorno físico tradicional.

2.2. Fundamentación teórica

La investigación se fundamenta en las siguientes bases teóricas que proporcionan los insumos necesarios para obtener los resultados esperados dentro del presente proyecto.

2.2.1. Servidor (Server)

Un servidor es un aparato de cómputo que posee recursos superiores de procesamiento, memoria RAM, almacenamiento y comunicaciones en relación con un ordenador común.

2.2.2. Servidor de red

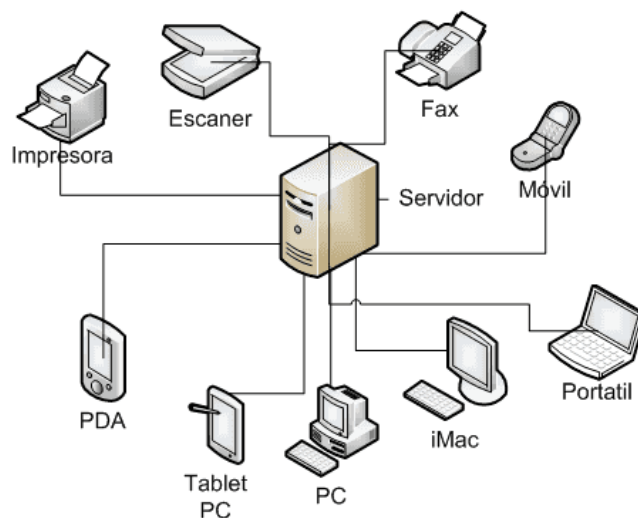
Servidor de red o también denominado host, que traducido del idioma inglés significa “anfitrión”, es un computador físico perteneciente a una red informática donde funcionan uno o varios servidores basados en software a más del sistema operativo principal. (IONOS, 2023).

Su función es dar soporte a otros equipos como portátiles, impresoras, escáneres, entre otros.

2.2.3. Servidor software

Es un programa local o en red, que se comunica mediante el modelo cliente – servidor (Figura 1) con otros programas llamados clientes para brindar algún servicio especial con la intervención de protocolos definidos para el intercambio de datos. (IONOS, 2023).

Figura 1. Modelo cliente - servidor



Fuente. (Silva & Gallardo, 2018).

2.2.4. Tipos de servidores

Los servidores poseen varias formas de ser clasificados y, en forma general, en la Tabla 2, se muestran los diferentes tipos de servidores tomando en cuenta los servicios que ofrecen en la organización o empresa:

Tabla 2. Tipos de servidores

Denominación de Servidor	Descripción
Servidor de Correo	Ordenador que almacena, envía, recibe y realiza todas las operaciones relacionadas con los correos electrónicos.
Servidor Proxi	Programa o dispositivo intermediario entre las peticiones de recursos que realiza el cliente al servidor.
Servidor Web	Programa informático cuya función principal es almacenar en un web hosting, todos los archivos que forman una página web (texto, imágenes, videos, entre otros), para transmitirlos mediante un protocolo (HTTP) al usuario final con la ayuda de un navegador.
Servidor de Base de Datos	Servidor físico que brinda servicios de base de datos a otros aplicativos informáticos y ordenadores mediante software especializado de base datos.
Servidores Clúster	Grupo de ordenadores especializados con gran capacidad de almacenamiento que comparten recursos balanceados.
Servidores Dedicados	Servidor exclusivo de un cliente que garantiza la libertad de instalar aplicaciones, brinda mayor flexibilidad, seguridad, estabilidad y autonomía.
Servidor Virtual Privado – VPS	Máquina virtual que ocupa recursos del servidor físico para brindar servicios equiparables a los servidores dedicados.
Servidor DNS	Servidor que permite traducir los nombres de host en la correspondiente IP ¹ asignada.
Servidor de Archivos	Servidor físico que almacena datos que son accedidos mediante la red a la que pertenece.

Fuente. (Seguridad360, 2023).

¹ **IP.** Internet Protocol Address – Dirección Protocolo de Internet, es la dirección inequívoca de un computador, servidor web, impresora dentro de una red informática interna o externa.

2.3. Centro de Datos

2.3.1. Definición de Centro de Procesamiento de Datos

El centro de procesamiento de datos es un lugar físico, independiente, controlado y seguro, utilizado para albergar sistemas de TI, tales como servidores, recursos informáticos y de almacenamiento, aparatos de conectividad, entre otros; para almacenar aplicaciones y datos críticos a gran escala. Dispone de una infraestructura que permite controlar la temperatura y energía para que los equipos funcionen a su máxima capacidad en todo momento.

Los administradores de TI, deben adoptar buenas prácticas y recursos para optimizar el rendimiento de la infraestructura de los centros de datos, mucho más ahora que, con la llegada de la virtualización y el incremento acelerado de servidores dedicados, se genera mayor calor y consumo energético.

2.3.2. Niveles de Centro de Procesamiento de Datos

Los niveles de un centro de datos es un sistema utilizado para definir una infraestructura específica en función de la frecuencia de acceso y rendimiento de los datos para almacenarlos jerárquicamente.

En la Tabla 3 se presentan, los niveles de centros de datos con una breve descripción y otros valores importantes para la estadística y conocimiento del administrador del centro de datos:

Tabla 3. Niveles de centros de datos

Nivel (Tier)	Descripción	Redundancia	Copias de Seguridad	Tiempo de Actividad (%)	Tiempo de Inactividad (horas / año)
1	Ruta única de energía y refrigeración	Pocos componentes	baja	99,671 %	28,8
2	Ruta única de energía y refrigeración	Algunos componentes	media	99,741 %	22
3	Múltiples rutas de energía y refrigeración	Sistemas implementados para actualización y encendido permanentes	alta	99,982 %	1,6
4	Tolerante a fallos	Por cada componente	alta	99,995 %	0,438

Fuente. (LP, 2023).

2.3.3. Virtualización de Centro de Procesamiento de Datos

La virtualización de centro de datos es una excelente alternativa para que los servicios y el almacenamiento se implementen por software, solucionando restricciones de espacio y hardware que se presentan en un centro de datos físico. Algunos de sus beneficios son:

- Tanto la memoria como la capacidad de procesamiento son independientes del hardware.
- Es factible crear servidores remotos en una infraestructura virtual para gestionar el almacenamiento y la carga de trabajo.
- Disminución significativa de energía, número de equipos y espacio físico.

- En el caso de altas peticiones de almacenamiento o capacidad de procesamiento, se puede expandir a cloud público o privado.

2.4. Virtualización

2.4.1. Definición de virtualización

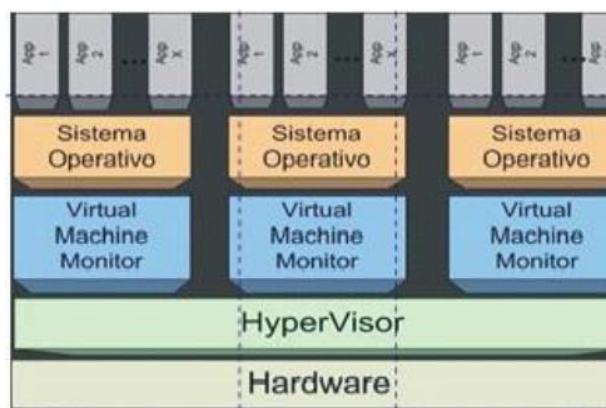
La virtualización es una tecnología que distribuye las funciones de un computador físico entre varios entornos para establecer servicios de TI útiles con el aprovechamiento total de la capacidad de recursos hardware disponible. (Hat, Red Hat, 2023)

La virtualización utiliza el software para imitar las características del hardware y crear un sistema informático virtual, optimiza recursos para aumentar el rendimiento del hardware disponible ejecutando más de un sistema virtual con varios sistemas operativos y aplicaciones.

2.4.2. Arquitectura general de la virtualización

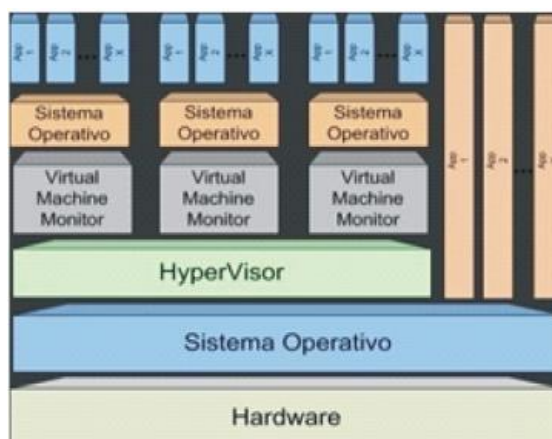
- a. **Hipervisor.** Conocido también como Monitor de Máquina Virtual, traducido del idioma inglés Virtual Machine Monitor (VMM), es la capa intermedia que asigna tareas y recursos tanto al ambiente virtual como al ambiente físico para que funcionen en conjunto, sin intervenir entre ellos. Los hipervisores pueden ser:

- **Hipervisor tipo 1.** Conocido también como bare metal o nativo, es independiente del sistema operativo y se ejecuta directamente en el hardware del computador anfitrión para lo cual dispone de todos los controladores de los aparatos que intervienen en la virtualización. Es ideal para crear un servidor de virtualización. Ejemplos: KVM, VMWare ESXi.

Figura 2. Hipervisor tipo 1

Fuente. (Fernández & Garcia, 2011).

- **Hipervisor tipo 2.** Denominado también como alojado o hosted, es el software que se ejecuta como una aplicación encima de un sistema operativo, soportando gran número de configuraciones de hardware. Es ideal para ejecutar varios sistemas operativos en un servidor. Ejemplos: VMware Workstation, Oracle VirtualBox.

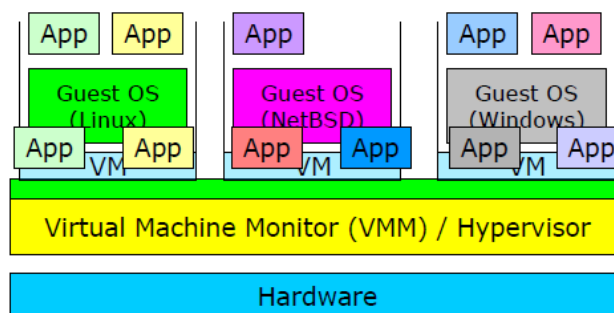
Figura 3. Hipervisor tipo 2

Fuente. (Fernández & Garcia, 2011).

Como se observa en la Figura 4, la capa de virtualización contiene un hipervisor que asigna los recursos de hardware. Este software crea un ambiente de máquinas virtuales en el computador. En este ambiente, el hipervisor es el programa de control

maestro, con el más alto nivel de privilegios, y administra uno o más sistemas operativos, a los que se refiere como sistemas operativos huéspedes (Guests OS).

Figura 4. *Arquitectura general de la virtualización*



Fuente. (Borja, 2007).

Cada sistema operativo huésped administra sus propias aplicaciones (App) como lo hace normalmente en un ambiente no-virtual, con la diferencia de que está aislado del hardware por el Monitor de Máquina Virtual² (VMM). Cada sistema operativo huésped, con sus aplicaciones, es conocido como Máquina Virtual (MV). El hipervisor asigna un VMM para cada MV. Como el SO huésped no controla el hardware, el VMM actúa como intermediario; este intercepta las llamadas de cada huésped a los dispositivos periféricos y a las tablas de memoria, e intercede en su nombre. (Fernández & Garcia, 2011).

2.4.3. Técnicas de virtualización

- a. **Virtualización de Hardware.** Esta técnica permite transformar el hardware físico en hardware virtual para dividir su capacidad y montar las máquinas virtuales que contienen el sistema operativo que se ejecuta sobre el hardware virtual.

² **VMM.** Monitor de Máquina Virtual, es la parte fundamental de la Máquina Virtual porque proporciona un ambiente de ejecución independiente y gestiona los recursos para las máquinas virtuales.

- b. **Virtualización del Sistema Operativo.** En un único servidor físico se implementa un hipervisor para crear varias instancias o máquinas virtuales que poseen su propio sistema operativo funcionando de manera individual y en paralelo. Se logra utilizar los componentes de hardware de manera más eficiente. Da como resultado una o varias máquinas virtuales.
- c. **Virtualización Completa.** Técnica de virtualización donde el software emula totalmente al hardware, eliminando la interacción con el hardware real por lo que no es necesario disponer de sus controladores.
- d. **Paravirtualización.** Técnica contraria a la virtualización completa, donde el sistema invitado requiere de los controladores de hardware para interactuar con el hipervisor.
- e. **Paravirtualización asistida por hardware.** Técnica de virtualización incorporada en los procesadores modernos Intel-VT-x y AMD-V (a veces necesita activarse BIOS/UEFI), que aumenta la eficiencia al no tener los sistemas invitados que gastar recursos en la adaptación a la virtualización.

2.4.4. Esquemas de virtualización

- a. **Virtualización de Escritorios.** Conocida como VDI (Virtual Desktop Infrastructure – Infraestructura Virtual de Escritorio), dispone y centraliza en una granja de servidores (centro de datos, por ejemplo) varias máquinas virtuales con sus propios sistemas operativos, aplicaciones, servicios y entornos de escritorio, para que el usuario en remoto y a través de una red pública o privada, acceda a un entorno de escritorio de trabajo virtual.
- b. **Virtualización de Servidores.** Consiste en crear una máquina virtual con un servicio específico que es accedido por red, proporcionando una fácil administración, ahorro de energía y espacio.

- c. **Virtualización de Aplicaciones.** Consiste en instalar y virtualizar una aplicación en un servidor para que los usuarios accedan de manera remota. No se instala la aplicación en el cliente solo se ejecuta desde el servidor.
- d. **Virtualización de Almacenamiento.** Consiste en uno o varios servidores físicos para asignar un espacio de almacenamiento como si fuera un único disco duro. Los servidores solo ven la cantidad de almacenamiento como si fuese un único dispositivo de almacenamiento.
- e. **Virtualización de Redes.** Consiste en crear redes virtuales (SD-WAN³) sobre redes físicas con muchos más direccionamientos obteniendo mayor funcionalidad de una red. Ejemplos: VPN y VLAN.

2.4.5. Características de virtualización

Tabla 4. Características de virtualización

Característica	Descripción
Agregación	En un entorno virtual específico de clúster, los recursos de hardware disponibles son consumidos como un único recurso.
Aislamiento	Proporciona un entorno separado para ejecutar sistemas operativos, aplicaciones y servicios y, a la vez, comparte recursos subyacentes.
Portabilidad	Según el tipo de virtualización y mediante una imagen virtual, el entorno invitado puede transportarse y ejecutarse entre múltiples máquinas virtuales.

Fuente. (Greyrat, 2022).

2.4.6. Ventajas de la virtualización

- a. **Reducción de costes.** La virtualización evita comprar infraestructura y pagar licencia en caso de utilizar software de virtualización gratuito.

³ **SD-WAN.** Redes virtuales definidas por software.

- b. **Mayor eficiencia de trabajo.** Existe eficiencia al acceso de los datos y recursos disponibles gracias a la infraestructura compartida y escalada que brinda la virtualización.
- c. **Ahorro del consumo de energía eléctrica.** Al centralizar los servicios a la plataforma que alberga el resto de sistemas, disminuye drásticamente el número de equipos conectados a la red eléctrica.
- d. **Mayor seguridad.** Al disponer de servidores y almacenamiento virtualizados, la probabilidad de ataques a los datos disminuye considerablemente.
- e. **Menor necesidad de mantenimiento.** Solo se requiere el mantenimiento de los servidores físicos que contienen las máquinas virtuales, disminuyendo significativamente la necesidad del mantenimiento.
- f. **Posibilidad de clonación.** En función de las necesidades del modelo de negocio, existe la gran posibilidad de copiar máquinas virtuales sin instalar algo adicional.
- g. **Portabilidad.** Se podrán utilizar máquinas virtuales clonadas en otros servidores físicos disponibles.

2.4.7. Desventajas de la virtualización

- a. **Conocimiento.** El personal técnico a cargo de la virtualización debe aplicar todo su conocimiento y experiencia para evitar problemas graves que comprometan la información de la empresa.
- b. **Costes de implementación.** Tanto los servidores físicos anfitriones como el software implementado para la virtualización, requieren de inversión económica inicial que varias organizaciones posiblemente no dispongan.

- c. **Aumento de fallos en cadena.** Al estar centralizado, si el servidor anfitrión sufre algún percance, las máquinas virtuales estarán inoperativas, reduciendo significativamente el rendimiento.

2.5. Plataforma de Virtualización Proxmox VE

Los desarrolladores de software, Martin Maurer y Dietmar Maurer, forman la empresa Proxmox Server Solutions GmbH en Viena – Austria en el año 2005. Este proyecto inicialmente estuvo autofinanciado y, en el transcurso de 3 años, se convirtió en una empresa tecnológica exitosa gracias primero a la presentación del programa *Proxmox Mail Gateway versión 1.0*, software para filtrar correos electrónicos para proteger de spams, virus, phishing y troyanos; y, luego por la creación de un programa de código abierto seguro y fácil de utilizar denominado *Proxmox Virtual Environment (Proxmox VE)*, como alternativa a los productos de virtualización existentes en el mercado como: VMware, Microsoft Hyper-V o VirtualBox.

2.5.1. Definición de Proxmox VE

Proxmox VE es una plataforma para ejecutar máquinas virtuales y contenedores⁴. Está basado en Debian Linux, y es completamente open source. Para lograr la máxima flexibilidad, implementa dos tecnologías de virtualización: máquina virtual

⁴ **Contenedor.** Software ligero y portátil que actúa como una forma de virtualización de un sistema operativo. Contiene los ejecutables, bibliotecas, código binario y archivos de configuración para ejecutar cualquier programa.

basada en Kernel (KVM/QEMU⁵) y virtualización basada en contenedores (LXC). (GmbH, 2023).

- a. **KVM** (Kernel - based Virtual Machine – Máquina Virtual basada en el Núcleo). Es una solución para implementar virtualización completa con Linux. Consta de un módulo del núcleo y herramientas en la parte del usuario. Utiliza imágenes de disco para ejecutar máquinas virtuales con su propio hardware virtualizado sin modificar los sistemas operativos.
- b. **LXC** (Linux Containers – Contenedores Linux). Es una tecnología de virtualización a nivel de sistema operativo exclusivo para Linux que permite crear jaulas aisladas⁶, donde residen cuotas de CPU, disco duro, memoria RAM, interfaces de red y sistema operativo GNU/Linux auto-contenido. LXC construye un sistema virtual completo muy eficiente donde se pueden crear en un simple host, docenas de mini máquinas virtuales con pocos recursos, debidos principalmente a que posee un Kernel mejorado y adecuado.

2.5.2. Características de Proxmox VE

- a. **Virtualización de Proxmox VE.** *Proxmox VE* virtualiza sistemas operativos como: Unix, Solaris, AIX, Windows 10 / 2016 / 2012 / 7 / 8 / 2003 / XP y Linux en todas sus versiones, con arquitectura de procesador de 32 y 64 bits.

⁵ **QEMU.** Software independiente que emula ordenadores y brinda funciones de virtualización al hardware. Trabaja conjuntamente con la tecnología KVM de Linux.

⁶ **Jaula (chroot).** Es una técnica que proporciona mecanismos de aislamiento e individualización de los procesos del sistema principal del equipo que posee Kernel Linux.

- b. **Administración Central de Proxmox VE.** Mediante una única plataforma web, *Proxmox VE* administra todos los recursos del sistema mediante un sistema de archivos con base de datos para almacenar los registros de configuración de miles de máquinas virtuales que se replican en tiempo real en todos los nodos del clúster. La base se encuentra grabada en el disco y una copia de los datos también se almacena en la memoria RAM.
- c. **Open Source de Proxmox VE.** El código fuente de *Proxmox VE* está liberado mediante la Licencia Pública General Affero GNU. Existe pleno acceso a todas sus funcionalidades y se puede instalar sin límites en cualquier cantidad de servidores físicos. La comunidad *Proxmox VE* está en constante actividad, realizando aportes significativos para perfeccionar el software.
- d. **Migración en caliente de Proxmox VE.** *Proxmox VE* mueve sus contenedores y máquinas virtuales en ejecución, desde un host físico (nodo) a otro, sin necesidad de apagar la máquina virtual.

Figura 5. Migración en caliente



Fuente. (Hernández, s.f.).

En la Figura 5, se ilustra la forma como *Proxmox VE* realiza la “migración en caliente”, de una máquina virtual con sobrecarga (fondo rojo)

inicialmente localizada en el nodo 1 que es trasladada hacia el nodo 2 mediante la interfaz web proporcionada por *Proxmox VE*.

e. **Proceso de restauración y copias de seguridad mediante Proxmox VE.**

Desde la interfaz web, *Proxmox VE* realiza respaldos (backups) de manera inmediata o programada. La restauración es simple, solo se debe seleccionar el backup a restaurar o retroceder en tiempo para restaurar al último snapshot⁷ creado de cualquier máquina virtual. Las copias de seguridad en cambio, son generadas de manera rápida con baja y alta compresión con la ayuda de herramientas adecuadas como KVM live backup, por ejemplo.

- f. **Alta disponibilidad y escalabilidad de Proxmox VE.** *Proxmox VE* permite ubicar varios servidores con gran carga de trabajo sin originar problemas de funcionamiento. Existe también el “clúster de alta disponibilidad”, que en *Proxmox VE* se construye con mínimo 3 nodos funcionales (servers físicos) que se distinguen por compartir un sistema de almacenamiento y estar siempre monitorizando entre sí. Al producirse un fallo de uno de los nodos o de los servicios de alguna máquina virtual que forman el clúster, *Proxmox VE* automáticamente migra las máquinas virtuales necesarias a otros nodos del clúster, manteniéndose de esta manera, los servicios en todo momento.
- g. **Puente de red de Proxmox VE.** Para lograr el balanceo automático de tráfico en la red, *Proxmox VE* gestiona las tarjetas físicas mediante puentes (bridges) que comparte con las máquinas virtuales.

⁷ **Snapshot.** Es una copia instantánea de una máquina virtual donde se conserva su estado y datos en una imagen.

- h. **Dispositivos de almacenamiento de Proxmox VE.** *Proxmox VE* utiliza dispositivos de almacenamiento NAS⁸ (Network Attached Storage) con NFS⁹ (Network File System) o SAN¹⁰ (Storage Area Network) mediante iSCSI¹¹ (Internet SCSI).
- i. **Autenticación de Proxmox VE.** *Proxmox VE* permite configurar el acceso a la administración de los nodos a través de cuentas propias o por LDAP¹² (Lightweight Directory Access Protocol) /Active Directory.
- j. **Almacenamiento flexible de Proxmox VE.** *Proxmox VE* almacena las imágenes de las máquinas virtuales en dos formas:
- **Forma local.** En unas múltiples unidades de disco local y los formatos admitidos y utilizados son LVM¹³ y almacenamiento de sistema de ficheros de directorio.
 - **Forma red compartida.** Con formatos NFS¹⁴ y SAN¹⁵ con la ventaja de poder migrar máquinas virtuales en caliente.

Fuente. (COSYSCO, 2017).

⁸ **NAS.** Tecnología de almacenamiento dedicada a compartir la capacidad de almacenamiento de un computador/servidor con computadores personales/servidores cliente a través de una red de comunicación.

⁹ **NFS.** Protocolo para sistemas de archivos distribuidos en un entorno de red de área local.

¹⁰ **SAN.** Red dedicada al almacenamiento que está conectada a las redes de comunicación de una compañía.

¹¹ **iSCSI.** Protocolo de red de área de almacenamiento.

¹² **LDAP.** Protocolo ligero de acceso a directorios para buscar información en la red.

¹³ **LVM.** Logical Volume Manager – Gestor de Volúmenes Lógicos, implementación para el núcleo Linux, brinda una vista de alto nivel al almacenamiento del computador.

¹⁴ **NFS.** Network File System – Sistema de Archivos de Red, aplicación cliente-servidor que permite ver, almacenar o actualizar archivos en un ordenador remoto.

¹⁵ **SAN.** Network Area Storage – Red de Área de Almacenamiento, red independiente y dedicada que conecta y provee dispositivos de almacenamiento compartidos a varios hosts.

2.5.3. *Ventajas de Proxmox VE*

- a. **Ahorro de costes.** Por ser de código abierto es una buena alternativa para aquellas empresas pequeñas que no disponen de grandes recursos económicos, además *Proxmox VE* ahorra el número de hosts utilizados, reduciendo la inversión de hardware.
- b. **Ahorro de espacio.** Al disminuir el número de hosts, disminuye el espacio físico dentro del centro de datos.
- c. **Flexibilidad.** *Proxmox VE* es un hipervisor donde se crean máquinas virtuales y contenedores con sus propios recursos, convirtiéndose en una plataforma flexible y fácil de utilizar.
- d. **Agilidad.** *Proxmox VE* satisface las necesidades de TI del cliente mediante la creación de máquinas virtuales y contenedores para proporcionar servicios virtualizados en cualquier momento y lugar.
- e. **Gestión centralizada.** Mediante una interfaz web amigable *Proxmox VE* brinda a los administradores del centro de datos, la gestión centralizada de toda la arquitectura armada en la empresa con la finalidad de proporcionar servicios permanentes y eficientes a los usuarios finales.
- f. **RespalDOS.** *Proxmox VE* proporciona gran facilidad para las operaciones de restauración y creación de respaldos de información de forma segura, dúctil y rápida.

Fuente. (COSYSCO, 2017).

2.5.4. Desventajas de Proxmox VE

- a. **Host físico.** *Proxmox VE* virtualiza varias máquinas virtuales en un ordenador físico, y si este por algún motivo sufre daños, las máquinas virtuales existentes en él, son afectadas directamente.
- b. **Servidor de alta gama.** Si la empresa requiere brindar servicios con niveles de excelencia, necesita invertir en equipos con buenas características de hardware para garantizar el buen funcionamiento de las máquinas virtuales alojadas en esos servidores.
- c. **Soporte pagado.** Si la empresa amplía el número de servidores virtuales, se requiere asistencia técnica personalizada mediante suscripción pagada.

Fuente. (COSYSCO, 2017).

CAPÍTULO 3. PLATAFORMAS DE VIRTUALIZACIÓN, COMPARATIVA Y ANÁLISIS

Actualmente existen varias plataformas de virtualización en el mercado clasificadas por su arquitectura. En la Figura 6 se observan hipervisores clasificados bajo este criterio y que algunos de ellos serán objeto de estudio en el presente capítulo.

Figura 6. Virtualización de plataformas



Fuente. (Zanetti, Implementación de plataforma virtual Open Source para la administración de servidores, 2014).

3.1. VMware

VMware es un virtualizador por software que simula un sistema físico real, permitiendo emular varios sistemas operativos en un mismo computador anfitrión de manera paralela, aprovechando de esta manera todos los recursos disponibles. Es el virtualizador más completo para máquinas virtuales y para acceder a todas sus funcionalidades, se debe pagar la licencia que es costosa.

VMWare está constituido por un paquete de software de varios productos de uso personal y profesional para diferentes campos de la virtualización. En la Tabla 5 se presenta una breve descripción de estos productos:

Tabla 5. *Productos VMware*

Producto	Descripción
VMware Player	Se instala sobre el sistema anfitrión para crear y ejecutar máquinas virtuales de manera individual sin poder administrarlas. Workstation Player es la edición gratuita que presenta varias limitaciones y Workstation Pro es la edición compleja y sin restricciones.
VMware Server	Se instala sobre el sistema anfitrión para gestionar y ejecutar varias instancias de máquinas virtuales.
VMware ESX Server	Hipervisor para virtualizar y centralizar servidores mediante la ejecución de un sistema operativo dedicado. Es la plataforma sólida que abstrae los recursos hardware en varias máquinas virtuales convirtiéndose en la base de la infraestructura de TI dinámica.
VMware ESXi	Se instala sobre el sistema anfitrión, es la versión completa de VMware ESX y es de acceso gratuito por lo que posee limitaciones en sus funcionalidades.

Fuentes. (vmware, 2020), (Tapia, 2013).

3.1.1. vSphere

Es un software cliente externo para administrar máquinas virtuales y hosts conectándose al servidor que contenga ESX, posee varios servicios de infraestructura en la nube y puede instalarse en una máquina virtual o en un computador personal.

vSphere es el programa proporcionado por VMware para administrar ESXi. Posee varias versiones de pago y la versión gratuita que se limita a gestionar de manera

particular con cada host por la falta de comunicación con vCenter¹⁶ se denomina VMware vSphere Hypervisor.

3.1.2. Requisitos mínimos de VMware

En la Tabla 6 se presentan los requisitos mínimos de hardware necesarios para instalar la última versión a la fecha de VMware vSphere 7.0

Tabla 6. *Requisitos mínimos VMware ESXi 7.0*

Recurso	Descripción
Procesador	Mínimo 2 núcleos.
	Procesadores x86 de 64 bits de varios núcleos Bit NX/XD esté habilitado para la CPU en el BIOS. Habilitar virtualización de CPU x64 (Intel VT-x o RVI AMD).
Memoria RAM	4 GB de RAM física. Suministre al menos 8 GB de RAM para ejecutar máquinas virtuales en entorno de producción
Disco Duro	Disco de arranque de 8 GB como mínimo para dispositivos USB o SD, y 32 GB para HDD, SSD o NVMe.
	Disco SCSI o un LUN RAID local.

Fuente. (vmare, 2023).

3.1.3. Características de VMware

Las características más relevantes son:

- a. Optimización del hardware disponible debido al funcionamiento en paralelo y en el mismo computador anfitrión de las máquinas virtuales.
- b. Buen nivel de servicio de aplicaciones debido a la destacada gestión de recursos disponibles.

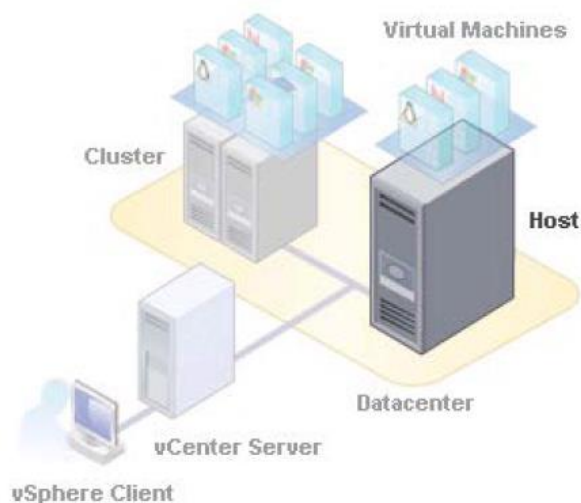
¹⁶ **vCenter.** Herramienta que permite administrar ESXi y las máquinas virtuales de manera eficiente.

PLATAFORMA PROXMOX COMO ALTERNATIVA PARA LA VIRTUALIZACIÓN DE SERVIDORES

- c. Brinda un ambiente virtual completo con su propio software y hardware plasmado en máquinas virtuales donde se pueden aplicar funcionalidades incorporadas como alta disponibilidad y seguridad.
- d. Con la ayuda de una interfaz gráfica para la administración, dispone de un conjunto de aplicativos y herramientas para organizar la infraestructura y brindar servicios en beneficio de la empresa.

En la Figura 7 se puede apreciar la arquitectura general de VMware:

Figura 7. Arquitectura - VMware



Fuente. (Tapia, 2013).

3.1.4. Ventajas de VMware

- a. Crear y ejecutar máquinas virtuales.
- b. Copia parcial de máquinas virtuales mediante la función linked clones.
- c. Virtualiza cualquier sistema operativo.
- d. Compatible con otros hipervisores como VirtualBox.

3.1.5. Desventajas de VMware

- a. Virtualiza con licencia propietaria.

3.2. Oracle VM VirtualBox

VirtualBox es la plataforma gratuita profesional de virtualización desarrollada por Oracle Corporation para arquitecturas x86 / amd64 con licencia pública general GNU (GPL). Posee un sistema operativo anfitrión donde se instalan sistemas operativos invitados con su propio entorno simulado.

Los sistemas operativos anfitriones e invitados que soporta VirtualBox se presentan a la Tabla 7:

Tabla 7. *Sistemas operativos soportados por VirtualBox*

Hosts	Guests
GNU/Linux	FreeBSD
Mac OS X	GNU/Linux
OS/2 Warp	OpenBSD
Microsoft Windows	OS/2 Warp
Solaris/OpenSolaris	Microsoft Windows
GNU/Linux	MS-DOS
	Solaris

Fuente. (Observatorio tecnológico, s.f.).

3.2.1. Requisitos de VirtualBox

En la Tabla 8 se presentan los requisitos mínimos de hardware necesarios para instalar Oracle VM VirtualBox:

Tabla 8. *Requisitos mínimos VirtualBox*

Recurso	Descripción
Procesador	Mínimo 2 núcleos. Intel o AMD con soporte de virtualización con varios núcleos.
Memoria RAM	2 GB
Disco Duro	1 GB en adelante, 90 MB por cada máquina virtual
Tarjeta de Red	Una o varias NIC de 1 ó 10 GB

Fuente. (Centro Integrado de Formación Profesional Número Uno de Santander, s.f.)
<https://cifpn1.com/tic/?p=2468>

3.2.2. Características de VirtualBox

- a. **Simplifica las operaciones.** Posee un GUI amigable y una potente línea de comandos que permiten reducir el número de configuraciones de escritorio y de host que se requieren para el correcto funcionamiento de la virtualización, también ejecuta una misma solución con cualquier sistema operativo anfitrión compatible, simplificando de esta manera el entorno de desarrollo.
- b. **Automatiza las implementaciones en la nube.** La GUI incorporada permite la conexión hacia Oracle Cloud Infrastructure para importar o exportar máquinas virtuales y, con la utilización de cajas Vagrant¹⁷, las máquinas virtuales disponen del software pre configurado de Oracle para automatizar la subida a producción.

¹⁷ **Vagrant.** Programa que funciona a la par con VirtualBox para construir máquinas virtuales rápida y automáticamente por intermedio de imágenes previamente construidas y disponibles para todos en las denominadas cajas.

- c. **Seguridad.** Mediante cifrado de 256 bits se protege el acceso remoto a aplicaciones y no permite la descarga ni almacenamiento de datos en dispositivos remotos. Aumenta la protección con la implementación de restricciones basadas en roles.
- d. **Licencias y soporte.** VirtualBox ofrece tres paquetes para sus clientes:
 - Paquete básico, con la utilización de las principales funciones de Oracle VirtualBox y con licencia GPL v2, permite: desarrollar y probar aplicaciones entre plataformas, tiene hasta 32 CPU virtuales, migración en directo de máquinas virtuales entre servidores físicos.
 - Paquete de ampliación, con la utilización de la licencia VirtualBox Personal Use and Evaluation License (PUEL), permite: disponer de dispositivos USB virtuales, integración de Oracle Cloud Infrastructure, cifrado de imagen de disco.
 - Oracle VM VirtualBox Enterprise, provee licencia comercial y soporte técnico además de: varias conexiones de escritorios remotos a máquinas virtuales, actualizaciones y parches de seguridad al día.

3.2.3. Ventajas de VirtualBox

- a. Virtualizador de código abierto, lo que implica que se puede modificar el código fuente para adaptarlo a las necesidades de la empresa.
- b. Hipervisor gratuito, lo que implica que no tiene costo para su utilización.

3.2.4. Desventajas de VirtualBox

- a. Seguridad en riesgo por ser una plataforma de código abierto, por lo que es recomendable siempre descargarlo del sitio oficial.

- b. VirtualBox requiere de un computador anfitrión con buenas características de procesamiento, almacenamiento y memoria.
- c. Requiere configuración previa para su utilización por lo que no es “plug and play”¹⁸.

3.3. Windows Hyper-V

Windows Hyper-V es un hipervisor que realiza la virtualización completa del hardware mediante la ejecución de un sistema operativo independiente y la asignación de sus propios recursos de procesamiento, almacenamiento, memoria RAM y otros complementos. Cada máquina virtual creada en Windows Hyper-V, simula a un equipo físico completo.

Windows Hyper-V viene incluido en el paquete de Windows Server y en las versiones profesionales de Windows 8 y Windows 10.

3.3.1. Requisitos de Windows Hyper-V

En la Tabla 9 se presentan los requisitos mínimos de hardware necesarios para instalar Windows Hyper-V:

Tabla 9. *Requisitos mínimos Windows Hyper-V*

Recurso	Descripción
Procesador	CPU 64 bits con mínimo 2 núcleos.
Memoria RAM	4 GB
Disco Duro	100 GB

Nota. Disponer de una versión de Windows Server 2012 o 2016.

Fuente. (Profesional Review, s.f.).

¹⁸**Plug and Play.** Término ligado al software o hardware instalado que se utiliza inmediatamente sin necesidad de configuración previa.

3.3.2. Características de Windows Hyper-V

Entre las características importantes tenemos:

- a. **Entorno completo.** Como se ha mencionado, Windows Hyper-V permite crear máquinas virtuales en un entorno completo de computador físico con recursos de procesador, almacenamiento, memoria y redes.
- b. **Recuperación mediante copias de seguridad.** Windows Hyper-V crea copias de máquinas virtuales que se pueden guardar en otros lugares físicos para restaurar cuando sea necesario.
- c. **Portabilidad.** El traslado de máquinas virtuales en Windows Hyper-V es posible por funcionalidades como: migración, importación y exportación.
- d. **Seguridad.** Windows Hyper-V proporciona máquinas virtuales blindadas para proteger de posibles accesos no autorizados o virus informáticos.

3.3.3. Ventaja de Windows Hyper-V

Está incluido en versiones profesionales de Windows, lo que facilita su acceso y administración incluso si no se tiene vasta experiencia en el campo de la virtualización.

3.3.4. Desventaja de Windows Hyper-V

Windows Hyper-V no está diseñado para funcionar en sistemas operativos diferentes a Windows, por lo que presentará pérdida de rendimiento cuando ejecute máquinas virtuales con Linux o MacOS.

3.4. KVM

KVM significa Máquina Virtual basada en el Núcleo, traducido del idioma inglés Kernel – based Virtual Machine, es un software gratuito para realizar virtualización completa que está integrado al kernel de Linux. KVM crea y ejecuta máquinas virtuales

mediante la aceleración de hardware, razón por la cual es utilizado en entornos de producción para brindar alto rendimiento. Gracias a KVM se pueden ejecutar varios sistemas operativos invitados en un mismo computador físico.

3.4.1. Requisitos de KVM

Para implementar KVM, se debe cumplir con dos requisitos fundamentales: procesador que admita virtualización de hardware y una versión compatible del Kernel de Linux. En la Tabla 10 se presentan los requisitos mínimos de hardware necesarios para instalar KVM:

Tabla 10. *Requisitos mínimos KVM*

Recurso	Descripción
Procesador	3154 MHz arquitectura de procesador de 64 bits, activada virtualización
Memoria RAM	2 GB
Disco Duro	6 GB

Fuente. (Ariza, s.f.).

3.4.2. Características de KVM

Entre sus características tenemos:

- a. **Alto rendimiento.** KVM genera la virtualización cerca del hardware del servidor para que los sistemas operativos invitados hereden el alto rendimiento del sistema operativo del computador anfitrión.
- b. **Seguridad.** KVM utiliza mediante sus máquinas virtuales, la seguridad nativa de Linux denominada SELinux (Security Enhanced Linux), para fortalecer la seguridad y el control de datos.

- c. **Estabilidad.** KVM posee gran estabilidad en el mercado, gracias a la vigencia por años sobre todo en el campo empresarial, además de poseer una comunidad de desarrollo de código abierto importante.
- d. **Rentabilidad.** KVM es de código abierto por lo que no es necesario comprar licencias para almacenar máquinas virtuales.
- e. **Flexibilidad.** KVM es flexible gracias a su compatibilidad al proporcionar recursos solo cuando necesitan las máquinas virtuales, también porque ofrece varias opciones en el proceso de instalación para dar alternativas de configuración al hardware y, permitir que los administradores del centro de datos, pueden asignar eficientemente los recursos a las máquinas virtuales.

3.4.3. Ventajas de KVM

- a. Código abierto, por lo que puede ser modificado el código fuente para adaptarlo a las necesidades de la empresa.
- b. Es gratis, no posee licencia ni suscripción para su uso.
- c. Administración automática gracias al complemento Libvirt¹⁹.
- d. Mayor rendimiento debido a que posee un único Kernel Virtual Machine real.

3.4.4. Desventajas de KVM

- a. Disponible solo para Linux.
- b. El host anfitrión requiere buenos recursos de hardware.

¹⁹ **Libvirt.** Herramienta código abierto para administrar plataformas de virtualización como KVM, VMware ESXi, QEMU, entre otras.

- c. Administración técnica compleja.
- d. Centralización de hardware que origina una posible pérdida del sistema virtual.

3.5. Otras alternativas de virtualización

3.5.1. QEMU

Abreviatura de Quick Emulator traducido del idioma inglés como Emulador Rápido, es una solución de virtualización de código abierto, basado en software que permite ejecutar máquinas virtuales en múltiples plataformas de host, incluidas Windows, macOS y Linux. (DzTechs, 2023).

QEMU y KVM trabajan en conjunto para la virtualización en el entorno Linux, KVM gestiona la asignación de recursos a los sistemas guest mientras que QEMU, como software de emulación, se encarga de brindar funciones de virtualización al hardware disponible. Tanto KVM como QEMU ejecutan máquinas virtuales.

3.5.2. OPENVZ

Software basado en Linux para virtualizar Servidores Privados Virtuales (VPS²⁰) y Entornos Virtuales (EV). El servidor físico permite crear mediante OpenVZ un sistema virtual en un segmento del sistema anfitrión para realizar pruebas o actividades.

²⁰ **VPS**. Servidor Privado Virtual, traducido del idioma inglés Virtual Private Server, es una forma de alojamiento web donde varios servidores virtuales son huéspedes en particiones virtuales creadas dentro de un computador físico anfitrión.

OpenVZ comparte el kernel del sistema operativo para todos los servidores virtualizados que están presentes en el nodo principal, brindando velocidad, escalabilidad y reducción de costos. Es fácil de configurar y utiliza plantillas por lo que es más amigable para usuarios principiantes. Posee licencia GNU GPL v2 con software privativo Virtuozzo.

3.5.2.1. Características de OpenVZ

- a. **Escalabilidad.** Tanto un host completo como un EV único pueden escalarse y OpenVZ utiliza un kernel único para este fin y lograr beneficios como: migración en vivo, optimización en la gestión de recursos y autonomía del hardware.
- b. **Densidad.** Se refiere al cálculo proporcional entre la memoria, capacidad del procesador y los EV generados por OpenVZ en función de los recursos hardware disponibles, para determinar y analizar el rendimiento y el trabajo realizado por el software.
- c. **Administración masiva.** OpenVZ administra masivamente escenarios y actualizaciones de varios servidores simultáneamente con la ayuda del root del host OpenVZ.

3.5.3. Docker

Tecnología de código abierto que permite crear, desplegar, ejecutar y gestionar contenedores²¹ como máquinas virtuales muy livianas y modulares para trasladarlos de un entorno a otro. También ejecuta herramientas y servicios.

²¹ **Contenedor.** Software ligero y portátil que actúa como una forma de virtualización de un sistema operativo. Contiene los ejecutables, bibliotecas, código binario y archivos de configuración para ejecutar cualquier programa.

Con la finalidad de aprovechar al máximo la infraestructura, los contenedores ejecutan múltiples aplicaciones y procesos de manera individual y en paralelo. Docker implementa un modelo basado en imágenes para compartir ágilmente servicios y aplicaciones en varios entornos. (RedHat, 2023).

3.5.4. Citrix Hypervisor

Plataforma perteneciente a la empresa Citrix para virtualización de servidores Windows y Linux. Citrix Hypervisor es eficiente y escalable debido a que se ejecuta directamente en el hardware del servidor físico sin requerir de ningún sistema operativo intermedio.

Citrix Hypervisor crea máquinas virtuales a las cuales les proporciona recursos abstraídos del computador anfitrión. (XenServer, 2023).

3.6. Alternativa de virtualización en la nube

Mientras la virtualización es una tecnología que genera entornos simulados o recursos en base a un único sistema físico disponible, la nube proporciona un entorno de Tecnologías de Información con recursos ajustables según los requerimientos del usuario final. El entorno de nube impulsa el cloud computing que se define como:

Cloud computing es la tecnología que proporciona recursos de computación como servicio por intermedio de Internet para evitar que las empresas tengan que encargarse de aprovisionar, configurar o gestionar los recursos que requieren, permitiéndoles pagar solo por lo que utilizan (Google Cloud, s.f.).

Bajo este contexto, la plataforma de cloud computing de software libre más grande que existe y que ofrece infraestructura como servicio se denomina OpenStack.

3.6.1. Plataforma cloud computing OpenStack

OpenStack es un sistema operativo de código abierto alojado en la nube, que gestiona a través de un centro de datos, los recursos de computación, almacenamiento masivo y red. Utiliza el modelo de infraestructura IaaS²² para mediante una interfaz web de administración, proporcionar a los clientes, los recursos que necesiten.

3.6.2. Requisitos de OpenStack

Los sistemas Oracle Solaris en los que se instala OpenStack deben cumplir con los siguientes requisitos:

- a. **Sistema operativo.** Oracle Solaris.
- b. **Hardware.** Para instalar OpenStack se requiere un espacio adicional de 5 GB para cada nodo y dependiendo de los servicios a utilizar. Cada nodo debe poseer los recursos de hardware suficientes en función de las instancias de máquinas virtuales a crear. La capacidad de almacenamiento ZFS²³ debe fluctuar entre 100 a 200 GB para imágenes de instancias de máquinas virtuales.
- c. **Compatibilidad con la virtualización.** Las zonas de núcleo deben ser incorporadas por los sistemas OpenStack.

²² **IaaS:** Infraestructura Como Servicio traducido del idioma inglés Infrastructure As A Service, es la tecnología presente en la nube que brinda mediante Internet la infraestructura de TI a los usuarios finales.

²³ **ZFS.** Zettabyte File System – Sistema de Archivos Zettabyte, Sistema de ficheros para albergar contenedores que verifica la integridad de los datos, corrige errores identificados, creación de snapshots y clonación.

3.6.3. Características de OpenStack

- a. Proyecto abierto distribuido con licencia apache v 2.0 respaldado por la comunidad OpenStack.
- b. Para crear esta tecnología se requiere del trabajo conjunto tanto del sistema operativo base como de la virtualización.
- c. Tecnología disponible por pago solo por el servicio elegido y por el tiempo de uso. Dicho pago está sujeto a la ley de oferta y demanda.

3.6.4. Ventajas de OpenStack

- a. **Fácil acceso.** Para usar los servicios disponibles en la nube solo se requiere de un dispositivo con acceso a internet, desde cualquier lugar y a cualquier hora.
- b. **Seguridad.** Infraestructura armada para proteger los datos de ataques externos o daños en los mismos.
- c. **Infraestructura propia.** OpenStack permite construir la infraestructura requerida en la nube con tecnología disponible y dispone de componentes individuales y configurables según las necesidades.
- d. **Open Source.** OpenStack es un software de código abierto disponible en todo el mundo para ser modificado y mejorado.
- e. **Migración de instancias en caliente.** Permite migrar instancias en tiempo de ejecución para sistemas que manejen servicios o aplicaciones críticos.

3.6.5. Desventajas de OpenStack

- a. **Soporte.** OpenStack no dispone de soporte técnico oficial.

- b. **Compatibilidad limitada.** Actualmente trabaja con los hipervisores KVM y XEN²⁴, al integrar otras alternativas de virtualización del mercado, pueden existir problemas de compatibilidad.

3.7. Metodología de Análisis

Para el análisis de las plataformas de virtualización se evalúa la calidad del software, tomando en cuenta los enfoques funcional y estructural plasmados en seis criterios globales en base al estándar ISO/IEC 9126. (Factory, 2013):

- a. **Funcionalidad.** Evalúa las funciones del software que cubren las necesidades del usuario final.
- b. **Factibilidad.** Evalúa la capacidad del software a mantener el rendimiento en rangos de tiempo y condiciones previamente definidas.
- c. **Usabilidad.** Evalúa el esfuerzo realizado por los usuarios al utilizar el software.
- d. **Eficiencia.** Evalúa el rendimiento del software en función de la cantidad de recursos utilizados.
- e. **Capacidad de mantenimiento.** Evalúa el esfuerzo realizado para realizar modificaciones durante el soporte al software.
- f. **Portabilidad.** Evalúa la capacidad del software para ser transportado entre varios entornos.

²⁴ **XEN.** Herramienta de virtualización que corre por debajo del sistema operativo y actúa como hipervisor del mismo.

3.7.1. Comparación de plataformas de virtualización investigadas

En el análisis comparativo de las plataformas de virtualización investigadas, se toma en cuenta los criterios de calidad de software descritos en la sección anterior y la información relevante que ha sido recopilada de cada plataforma objeto de estudio.

En la Tabla 11 se presentan las categorías que han sido clasificadas dentro de los criterios de evaluación del estándar ISO/IEC 9126, según corresponda.

Finalmente, la comparación de plataformas de virtualización se presenta en la Tabla 12.

Tabla 11. Criterios y categorías para comparar plataformas de virtualización

Funcionalidad	Factibilidad
Actualizaciones. Alta disponibilidad. Cifrado. Creación de clústeres. Instantáneas en vivo. Respaldos en caliente.	Compatibilidad. Licencia. Rendimiento. Técnica de virtualización.
Usabilidad	Eficiencia
Arquitectura. Control centralizado para la administración. Facilidad de uso. Interfaz Web.	Escalabilidad. Optimización del hardware. Optimización del software.
Mantenimiento	Portabilidad
Open Source. Soporte. Tipo de almacenamiento.	Exportación. Importación. Migración en caliente.

Autor. Marco Mollina.

PLATAFORMA PROXMOX COMO ALTERNATIVA PARA LA VIRTUALIZACIÓN DE SERVIDORES

Tabla 12. Comparación plataformas de virtualización – Criterios ISO/IEC 9126

Criterio	Categoría	VMware	VirtualBox	KVM	Windows Hyper-V	Proxmox VE
Funcionalidad	Realizar Actualizaciones	Si	Si	Si	Si	Si
	Alta Disponibilidad	Si	No	Si	Si	Si
	Cifrado	Si	Si	Si	Si	Si
	Creación de Clústeres	A partir de vSphere versión 6.7	Si	Si	Si	Si
	Instantáneas en vivo	Si	Si	Si	No	Si
	Respaldos en Caliente	Si	No	Si	Limitada	Si
Eficiencia	Escalabilidad	Media	Baja	Media	Alta	Alta
	Optimización de hardware	Si	Si	Si	Si	Si
	Optimización de software	Si	Si	Si	Si	Si

PLATAFORMA PROXMOX COMO ALTERNATIVA PARA LA VIRTUALIZACIÓN DE SERVIDORES

Criterio	Aspectos	VMware	VirtualBox	KVM	Windows Hyper-V	Proxmox VE
Usabilidad	Arquitectura	32 y 64 bits	32 y 64 bits	32, 64 bits, PowerPC ²⁵ , ARM ²⁶	32 y 64 bits	32 y 64 bits
	Control Centralizado para la administración	Con servidor dedicado	Si	Si	Con servidor dedicado	Si
	Facilidad de uso	Medio	Fácil	Medio	Complejo	Fácil
	Interfaz Web	Si	No	Libvirt: es la interfaz de programación (API)	Si	Si

²⁵ **PowerPC.** Arquitectura CPU tipo RISC (Ordenador con un Conjunto Reducido de Instrucciones, traducido del inglés Reduced Instruction Set Computer) de gran rendimiento.

²⁶ **ARM.** Arquitectura RISC, de 32 y 64 bits, se utiliza en unidades independientes.

PLATAFORMA PROXMOX COMO ALTERNATIVA PARA LA VIRTUALIZACIÓN DE SERVIDORES

Criterio	Aspectos	VMware	VirtualBox	KVM	Windows Hyper-V	Proxmox VE
Mantenimiento	Open Source	No	Si	Si	No	Si
	Soporte	Sólo con suscripción	Si	Si	Si	Sólo con suscripción
	Tipos de Almacenamiento	Canal de fibra, FCoE, iSCSI, NFS, NAS	VDI, VMDK, VHD, HDD, QCOW	ext2, ext3, ReiserFS, XFS, JFS, UFS, ISO9660, FAT, FAT32, NTFS, NFS, SMB	ext2, ext3, ReiserFS, XFS, JFS, UFS, ISO9660, FAT, FAT32, NTFS, NFS, SMB	iSCSI, Canal de fibra, NFS, GlusterFS, CEPH.
	Exportación máquinas virtuales	Si	Si	Si	Si	Si
Portabilidad	Importación máquinas virtuales	Si	Si	Si	Si	Si
	Migración máquinas virtuales en caliente	Si	No	Si	Si	Si

PLATAFORMA PROXMOX COMO ALTERNATIVA PARA LA VIRTUALIZACIÓN DE SERVIDORES

Criterio	Aspectos	VMware	VirtualBox	KVM	Windows Hyper-V	Proxmox VE
Factibilidad	Compatibilidad	Windows/ Linux/ macOS	Windows/ Linux/ macOS	Windows/ Linux/ SO personalizados	Windows	Unix, Solaris, AIX, Windows 10 / 2016 / 2012 / 7 / 8 / 2003 / XP y Linux en todas sus versiones
	Licencia	Pago / Gratis (VMware Player)	Gratis	Gratis	Gratis	Gratis
	Rendimiento Técnica de Virtualización	Alto Hipervisor alojado	Medio Hipervisor alojado	Alto Hipervisor nativo	Alto Hipervisor nativo	Alto Contenedor Hipervisor

Nota. Tabla de comparación resultante está basada en la investigación realizada en los capítulos anteriores.

Fuentes. (Villasis, 2021, pág. 26), (Tereza & Porras, pág. 26), (Silva & Gallardo, 2018, pág. 12).

3.7.2. Resultado de la comparación

La virtualización de servidores persigue la reproducción completa de computadores físicos a través del software para optimizar recursos. Las diferentes plataformas de virtualización investigadas, a su manera, cumplen con este propósito.

QEMU y KVM trabajan a la par en entorno Linux para ejecutar máquinas virtuales, la primera basada en software y la segunda en hardware. Si hablamos de servidores virtualizados, OpenVZ es una buena alternativa, sobre todo para principiantes, por la facilidad de la configuración, pero, se limita por alojar únicamente a Linux; KVM en cambio, permite albergar Linux, Windows y sistemas operativos personalizados. En KVM los recursos son exclusivos para un usuario con su propio Kernel; OpenVZ, por el contrario, comparte su Kernel disponible. (coriaweb, s.f.).

VirtualBox e Hyper-V en general son soluciones gratuitas de virtualización utilizadas para Windows, pero, Hyper-V que es hipervisor de tipo 1 está disponible solo para Windows mientras que VirtualBox que es hipervisor de tipo 2, es multiplataforma. VirtualBox es ideal para uso personal o pequeñas empresas mientras Hyper-V está orientado al campo empresarial. (DzTechs, 2023).

Un contenedor de Docker es un segmento independiente dentro del cual se ejecuta un Kernel Linux mínimo que contiene un solo servicio, cumpliendo una sola función, permitiendo dividir un proyecto grande en varios espacios pequeños para un mejor funcionamiento y mantenimiento. (DzTechs, 2023).

El contenedor Docker a diferencia de VMware, Hyper-V y VirtualBox, cuando se ejecuta en Windows, está condicionado por Hyper-V para correr los contenedores, mientras los tres virtualizadores mencionados dependen del procesador del servidor anfitrión.

PLATAFORMA PROXMOX COMO ALTERNATIVA PARA LA VIRTUALIZACIÓN DE SERVIDORES

Hyper-V se utiliza para crear subsistemas de Windows para Linux o plataformas de virtualización específicas como Docker.

VMware es el líder mundial en tecnología de virtualización, catalogado como el software más completo para máquinas virtuales que existe, es de uso profesional y para acceder a todas sus funcionalidades vSphere es uno de sus mejores productos para la virtualización de servidores.

Proxmox VE es la plataforma completa, open source y gratuita que brinda virtualización de servidores, contenedores y almacenamiento definido por software. Es la mejor alternativa para PYMES, proveedores de servicios e instituciones educativas debido a su capacidad de virtualización escalable y eficiente gracias fundamentalmente al tema de contenedores. (ServerWatch, 2023).

VMware vSphere por otro lado, es una plataforma de virtualización integral, sólida y confiable. Es pagada y propietaria. Es la mejor alternativa para grandes empresas con entornos TI complejos, proveedores de servicios y centros de datos debido a sus altos niveles de escalabilidad y eficiencia gracias a funcionalidades de VMware vSphere, vMotion y Alta Disponibilidad. (ServerWatch, 2023).

El usuario elegirá *Proxmox VE* o VMware vSphere en función de sus necesidades y recursos disponibles.

OpenStack es un administrador de hipervisores con infraestructura en la nube, por tanto, es más completo que *Proxmox VE*, aunque requiere pago si se desea algún servicio específico por un tiempo determinado.

OpenStack y *Proxmox VE* son soluciones open source para construir y administrar infraestructura virtualizada. La diferencia radica en que OpenStack está diseñado

para trabajar a gran escala y mayor complejidad en la nube, *Proxmox VE* por su parte, está diseñado para trabajar en virtualización integral en un entorno pequeño y mediano. (stackshare, 2023).

Bajo el análisis realizado de las herramientas de virtualización investigadas y con la ayuda del estándar ISO/IEC 9126, se deduce que ***Proxmox VE*** es una buena alternativa open source para la virtualización de servidores para pequeñas y medianas empresas, debido fundamentalmente a que es gratuita, posee fuentes de información oficiales en varios idiomas, incluido el castellano, funcionalidades que permiten gestionar máquinas virtuales en un entorno de centro de datos real y posee iguales y en algunos aspectos, mejores características, comparadas con las otras alternativas como se puede apreciar en la Tabla 12.

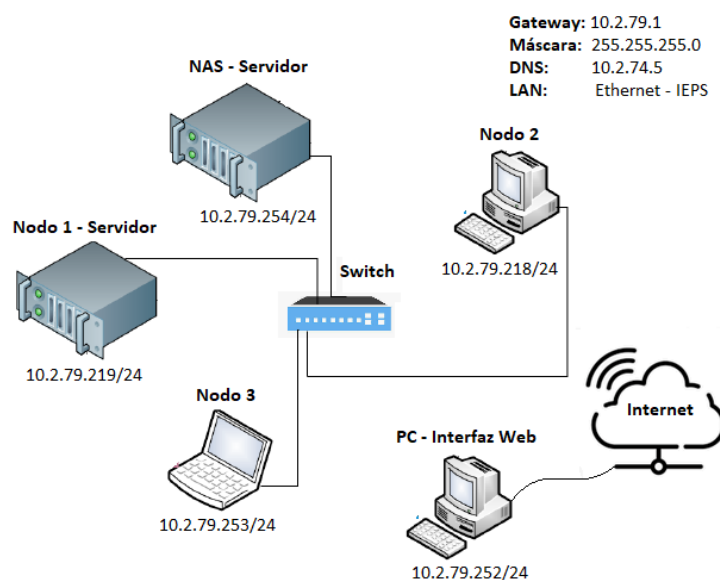
Proxmox VE posee varias particularidades como migración en vivo, clustering de alta disponibilidad, backup y restauración. Posee una interfaz gráfica amigable y fácil de usar.

CAPÍTULO 4. IMPLEMENTACIÓN DE FUNCIONALIDADES DE PROXMOX VE

4.1. Descripción del entorno de trabajo

Con la finalidad de probar las diferentes funcionalidades que brinda *Proxmox VE*, se ha creado una pequeña red constituida por cinco computadores y un switch dentro de la infraestructura del Instituto Nacional de Economía Popular y Solidaria²⁷. En la Figura 8 se muestra la topología física y lógica de la mini-red mencionada.

Figura 8. Topología física y lógica de mini-red



Autor. Marco Molina.

Como se muestra en la figura anterior, un computador (Nodo 1 – Servidor) es utilizado como servidor *Proxmox VE*, otro computador (NAS - Servidor), es utilizado como servidor de almacenamiento compartido. Dos computadores (nodo 2 y nodo 3), se utilizan como nodos físicos *Proxmox VE* y un ordenador adicional conectado a internet

²⁷ **IEPS.** Instituto Nacional de Economía Popular y Solidaria, es una entidad gubernamental ecuatoriana encargada de fomentar y promover a los actores de la economía popular y solidaria.

(PC - Interfaz Web), sirve para acceder a las interfaces web tanto del nodo *Proxmox VE* como del servidor NAS. En las Tablas 13, 14, 15, 16 y 17 se muestran las características técnicas de los equipos de la mini-red creada:

Tabla 13. *Servidor Proxmox VE – nodo 1*

Características Físicas	
Modelo	HP Compag 6200 Pro.
Procesador	Core i7 3,4 GHz 477CPU.
Disco duro	1 TB SSD Kingsgton.
Memoria	20 GB

Autor. Marco Molina.

Tabla 14. *Proxmox VE - nodo 2*

Características Físicas	
Modelo	HP Compag.
Procesador	Procesador: 2 x Intel(R) Pentium(R). CPU G645 @ 2.90GHz.
Disco duro	1 TB HDD Samsung.
Memoria	6 GB

Autor. Marco Molina.

Tabla 15. *Switch*

Características Físicas	
Modelo	TE100-SS/TE100-S8.
Marca	TRENDnet.
Puertos	8
V/A	5v DC/800 mA

Fuente. Obtenido de: www.trendnet.com/register

Tabla 16. *Proxmox - nodo 3*

Características Físicas	
Modelo	Aspire One 725-0480
Procesador	2 x AMD C-60 APU with.
Disco duro	150 GB HDD.
Memoria	4 GB

Autor. Marco Molina.

Tabla 17. *Servidor NAS*

Características Físicas	
Modelo	HP Compag.
Procesador	Intel(R) Core (TM) i3 CPU 550 3,076 Hz.
Disco duro	1575 GB HDD Samsung.
Memoria	6 GB

Autor. Marco Molina.

4.2. Instalación de Proxmox VE

Para la implementación se instalará *Proxmox VE* versión 7.4-3, en tres nodos (nodo 1, nodo 2 y nodo 3) de la mini-red creada, el instalador ISO ha sido descargado de la página oficial: <https://proxmox.com/en/downloads>

4.2.1. Requisitos mínimos de Proxmox VE

Los requisitos mínimos para la instalación de *Proxmox VE* en entorno de pruebas se presentan en la Tabla 18 y para el entorno de producción en la Tabla 19.

Tabla 18. *Requerimientos mínimos para pruebas*

Características Físicas	
Procesador	<ul style="list-style-type: none"> • Intel EMT 64 • AMD64
Tarjeta Madre	Soporte de virtualización: <ul style="list-style-type: none"> • Intel VT • AMD-V
Disco duro	1 GB
Memoria	1 GB

Nota. En función de las máquinas virtuales a crear, se añadirán más memoria RAM y espacio en disco duro.

Fuente. (INSIS, 2016).

Tabla 19. *Requisitos mínimos para producción*

Características Físicas	
Procesador con múltiples núcleos	<ul style="list-style-type: none"> • Intel EMT 64 • AMD64
Tarjeta Madre	Soporte de virtualización: <ul style="list-style-type: none"> • Intel VT • AMD-V Para soporte KVM virtualización completa
Disco duro	8 gigabyte (8GB) de 15k rpm SAS, SSD, RAID 10. Soporte para RAID por hardware o ZFS
Memoria	2 gigabyte (1 GB) solo para servicios de Proxmox VE
Tarjeta de Red	Tarjeta de red Gbit NIC en función de la tecnología de almacenamiento preferido y configuración del clúster

Nota. En función de las máquinas virtuales a crear, se añadirán más memoria RAM y espacio en disco duro. Se requiere 1GB adicional por cada TB en almacenamiento para Ceph o ZFS. RAID de hardware con baterías de caché protegida contra escritura (BBU) o protección de flash.

Fuente. (INSIS, 2016).

El proceso para instalar la plataforma de virtualización *Proxmox VE* se muestra en el

Anexo A.

4.3. Interfaz web de Proxmox VE

Proxmox VE proporciona una interfaz web amigable y fácil de usar para administrar todas las funcionalidades disponibles en la plataforma de virtualización.

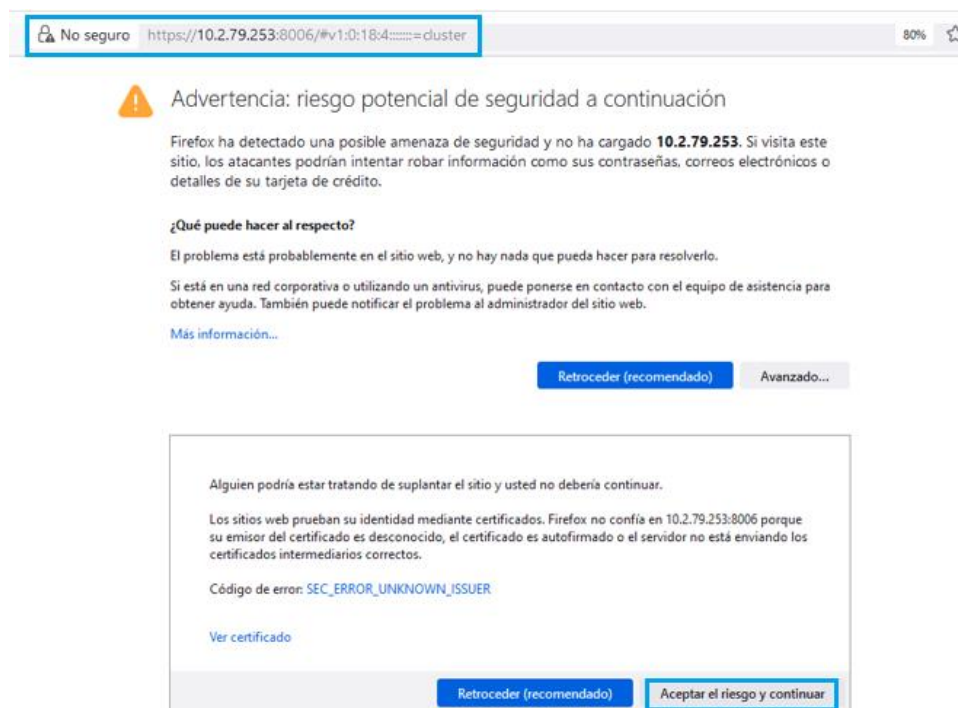
4.3.1. Acceso a interfaz web de Proxmox VE

Para acceder a la interfaz web de *Proxmox VE* se ingresa la dirección IP proporcionada en el momento de la instalación con el puerto 8006 desde cualquier navegador, por ejemplo: <https://127.0.0.1:8006/>

La secuencia de pasos para el acceso es:

- a. Al momento de instalar *Proxmox VE*, se genera un certificado auto - firmado para que la comunicación entre el cliente y el servidor físico donde está instalado *Proxmox VE*, se encuentre encriptado y genere comunicación segura. Por esta razón se presentará la notificación de conexión privada luego de ingresar la IP y que se muestra en la Figura 9.

Figura 9. Notificación de conexión privada



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

- b. Ingresar el **Nombre de Usuario** y **Contraseña** que fueron registrados en el momento de la instalación, como se muestra en la Figura 10.

Figura 10. Acceso a interfaz web de *Proxmox VE*

The image shows the login interface for Proxmox VE. The title is 'Login a Proxmox VE'. There are four input fields: 'Nombre de Usuario:' with the value 'root', 'Contraseña:' with masked characters, 'Ambito:' with a dropdown menu showing 'Linux PAM standard authentication', and 'Idioma:' with a dropdown menu showing 'Spanish'. At the bottom, there is a checkbox for 'Guardar nombre de usuario:' which is unchecked, and a blue 'Login' button.

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

- c. *Proxmox VE* ofrece soporte mediante una suscripción pagada según lo que se indica en la Figura 11, la notificación de este servicio aparece al momento de acceder a la interfaz web.

Figura 11. Notificación para suscripción de soporte



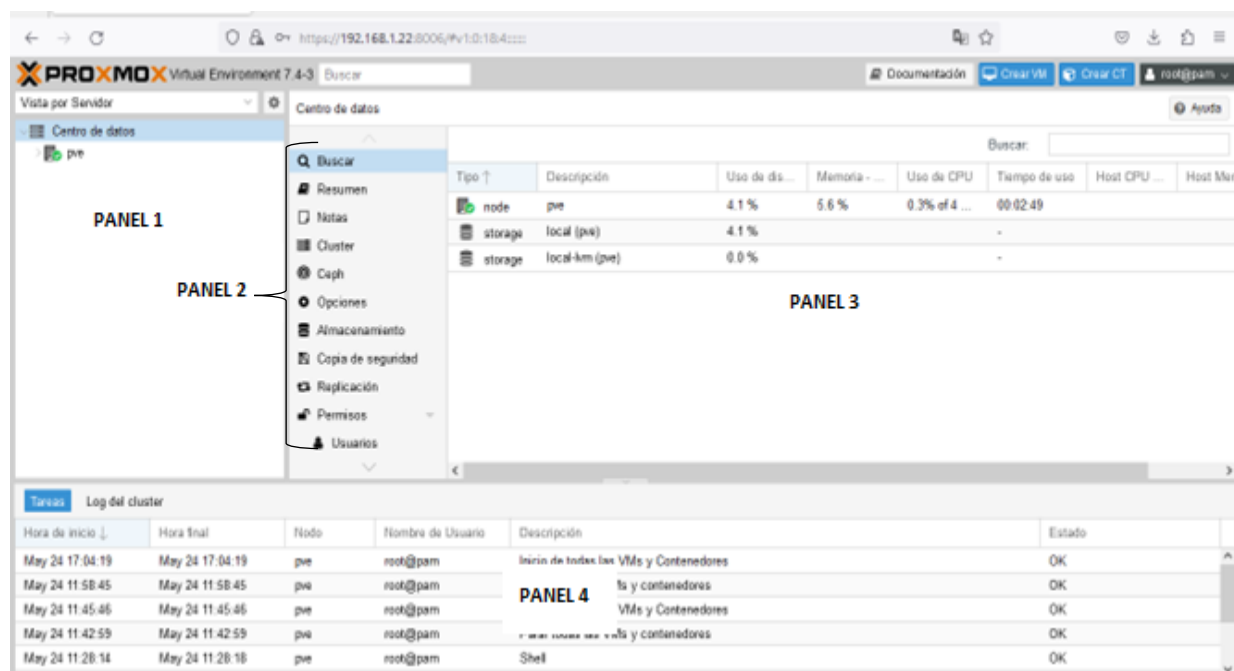
Fuente. Obtenida de la interfaz web de *Proxmox VE*.

4.3.2. Pantalla principal de la interfaz web de Proxmox VE

El entorno web para la administración proporcionado por *Proxmox VE* está dividido en 4 paneles que se presenta en la Figura 12 y detalla a continuación:

- a. **PANEL 1.** Presenta en forma de árbol el conjunto de nodos que constituyen el centro de datos creado y se disponen en 3 vistas: por servidor, por carpeta y por pool. En este panel la configuración global está a nivel de centro de datos y la configuración aislada a nivel de nodo.
- b. **PANEL 2.** Presenta todas las funcionalidades que posee *Proxmox VE* y que las más importantes se irán describiendo y probando en el transcurso del capítulo.
- c. **PANEL 3.** Presenta el contenido/descripción preestablecidos y el acceso a los diferentes controles para ejecutar las funcionalidades seleccionadas.
- d. **PANEL 4.** Presenta el detalle de las tareas y log del clúster, que se van generando en el transcurso de la utilización de la interfaz gráfica.

Figura 12. Pantalla principal de la interfaz web de Proxmox VE



Fuente. Obtenida de la interfaz web de Proxmox VE.

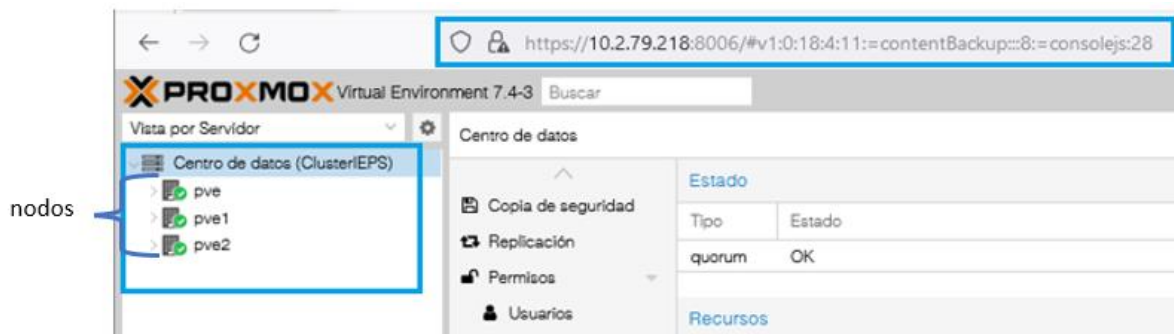
4.4. Gestión de Centro de Datos en Proxmox VE

Proxmox VE es una alternativa de virtualización flexible y escalable para que los centros de datos gestionen eficientemente los entornos de TI. Para el efecto, permite gestionar el almacenamiento de datos de forma local, en red y virtual; y administrar funcionalidades como: alta disponibilidad, agrupamiento y migración de vivo, para que los servicios TI sean constantes y con redundancia de datos.

4.4.1. Nodos Proxmox VE

Un centro de datos está constituido por nodos y cada nodo de estos constituye un computador físico donde se encuentra instalado Proxmox VE. En la Figura 13 se observan 3 nodos (nodo 1, nodo 2 y nodo 3), que servirán para ejecutar las diferentes funcionalidades previstas en el presente trabajo de investigación.

Figura 13. Nodos Proxmox VE



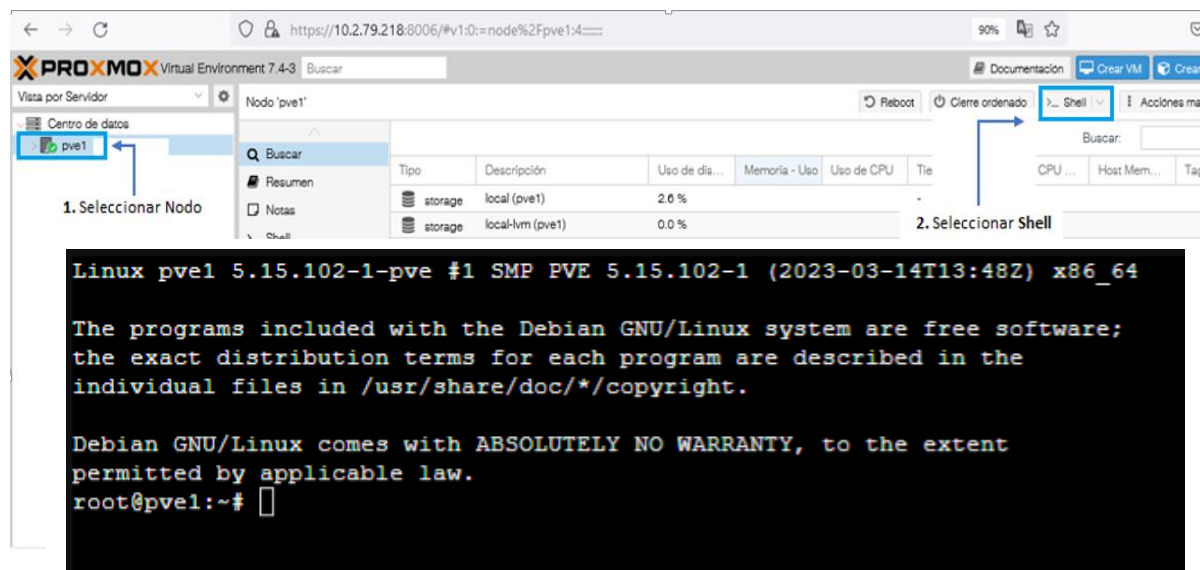
Nota. Un centro de datos Proxmox VE admite hasta 32 nodos como máximo.

Fuente. Obtenida de la interfaz web de Proxmox VE.

4.4.2. Ventana Shell

La gestión del centro de datos en Proxmox VE se puede realizar de diferentes maneras: mediante la interfaz web del centro de datos, por Debian en modo texto, por el CLI²⁸ de Proxmox VE o por la ventana Shell. En la Figura 14 se observa la ventana Shell de Proxmox VE y cómo acceder a ella.

Figura 14. Ventana Shell de Proxmox VE



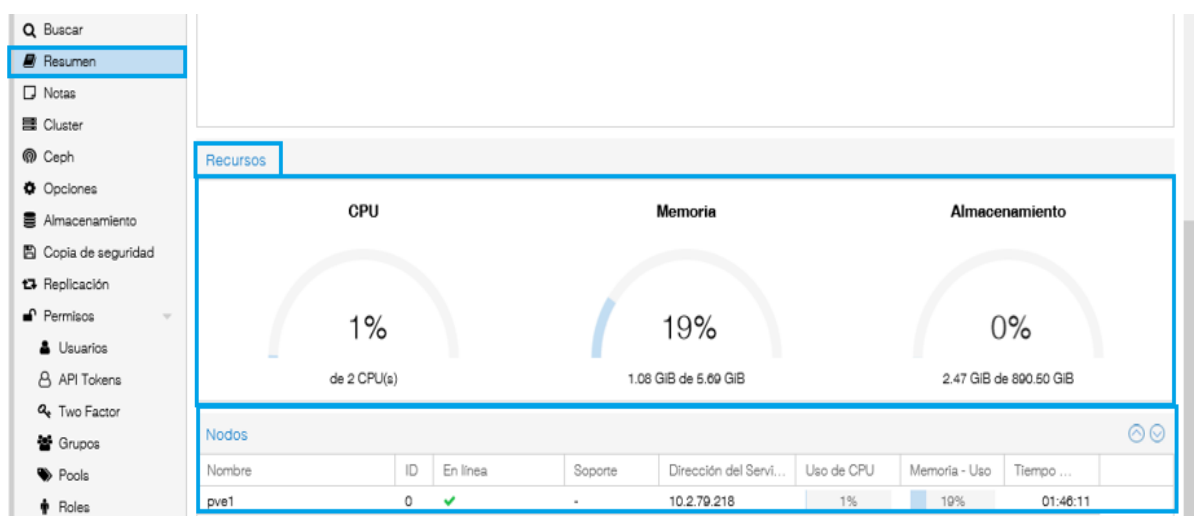
Fuente. Obtenida de la interfaz web de Proxmox VE.

²⁸ CLI. Interfaz de Línea de Comandos, consola de línea de texto para dar instrucciones a un programa o sistema operativo.

4.4.3. Resumen del estado de sistema

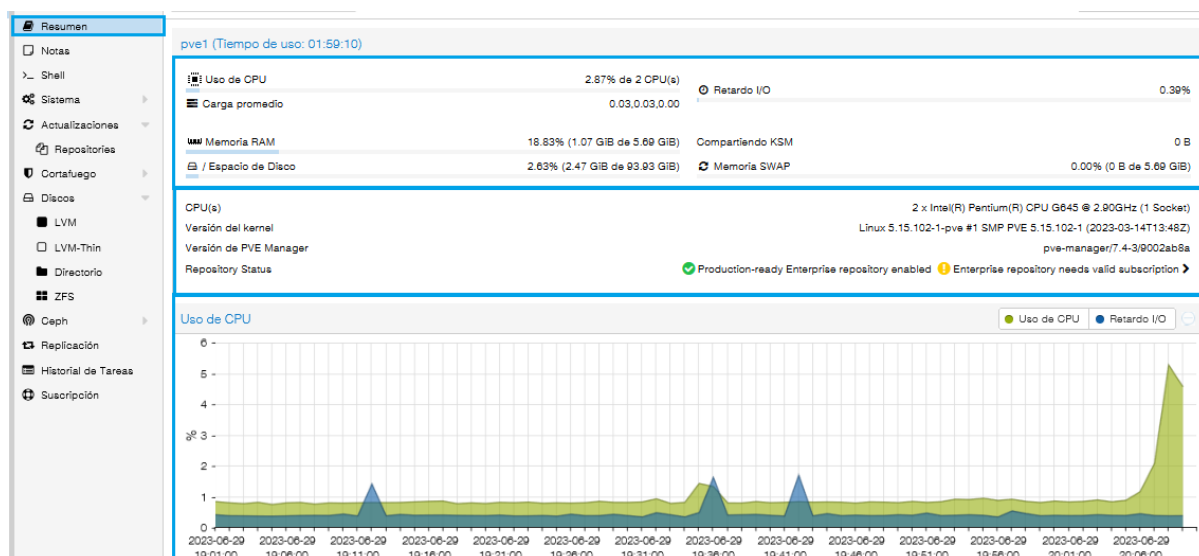
Como se muestra en las Figuras 15 y 16, presenta información actual general del sistema *Proxmox VE*: el estado, nodos, máquinas virtuales, contenedores, consumo de CPU, memoria, almacenamiento, dirección IP asignada, entradas y salidas de datos, reportes gráficos entre otros.

Figura 15. Resumen de recursos del sistema Proxmox VE



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

Figura 16. Resumen gráfico del sistema Proxmox VE



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

4.4.4. Actualizaciones de Proxmox VE

Proxmox VE ofrece un servicio de suscripción comercial para empresas que necesitan soporte y características adicionales como: parches automáticos, asistencia remota, tickets de soporte y acceso a portal de clientes.

Los planes de suscripción que ofrece *Proxmox VE* se muestran en la Tabla 20.

Tabla 20. Planes de suscripción de *Proxmox VE*

Plan	Detalle
Comunidad	€ 105/año y zócalo CPU
Básico	€ 325/año y zócalo CPU
Estándar	€ 490/año y zócalo CPU
Primera Calidad	€ 980/año y zócalo CPU

Fuente. (ServerWatch, 2023).

Las actualizaciones son fundamentales en cualquier software y en *Proxmox VE* no es la excepción.

La licencia empresarial es una forma de obtener ganancias para la empresa que ha creado un determinado software, y con ella brindar actualizaciones probadas y soporte para la utilización de sus diferentes funcionalidades.

En el **Anexo D, apartado 7.4.1.**, se detalla el procedimiento para actualizar *Proxmox VE*.

Luego de aplicar el procedimiento de actualización de *Proxmox VE*, se observó que, al inicio, el virtualizador solo permite actualizar los paquetes de su sistema operativo base Debian, presentando en el proceso de actualización algunos errores. Para evitar esos problemas se ingresó al repositorio Enterprise de *Proxmox VE* para deshabilitar

y luego, añadir el repositorio de ***usuarios sin suscripción*** para finalmente, obtener la actualización completa.

4.4.5. Clúster Proxmox VE

Un clúster es la estructura constituida por mínimo 3 nodos funcionales (servers físicos) donde una máquina virtual o contenedor ha sido configurada como de alta disponibilidad. En este entorno, si el host físico falla, la máquina virtual se restaura en uno de los nodos restantes del clúster *Proxmox VE*, manteniéndose el servicio.

Proxmox VE permite crear clústeres para que el administrador del centro de datos cuente con una infraestructura de nodos para su mantenimiento y gestionar fácilmente máquinas virtuales y contenedores; todo esto sin dejar de brindar los servicios.

Una de las funcionalidades importantes que dispone *Proxmox VE* es la implementación de clústeres y en el **Anexo D, apartado 7.4.2.**, se detallan los procedimientos para crear un clúster y añadir nodos a este clúster.

Luego de la implementación del clúster *Proxmox VE* con tres nodos, se observó gran ductilidad en el sistema creado, permitiendo al administrador del centro de datos, adaptar situaciones para probar funciones de *Proxmox VE* tales como: migración, copias de respaldo, alta disponibilidad entre otras. Al inicio el nodo 3 no se pudo añadir al clúster debido a que el host anfitrión no tenía activada la virtualización. También considerar que el nodo a añadir debe estar vacío.

4.5. Almacenamiento en Proxmox VE

Proxmox VE proporciona varios tipos de almacenamiento y su utilización dependerá de la infraestructura y las necesidades del centro de datos. En la Tabla 21 se presentan los tipos de almacenamiento que dispone *Proxmox VE*.

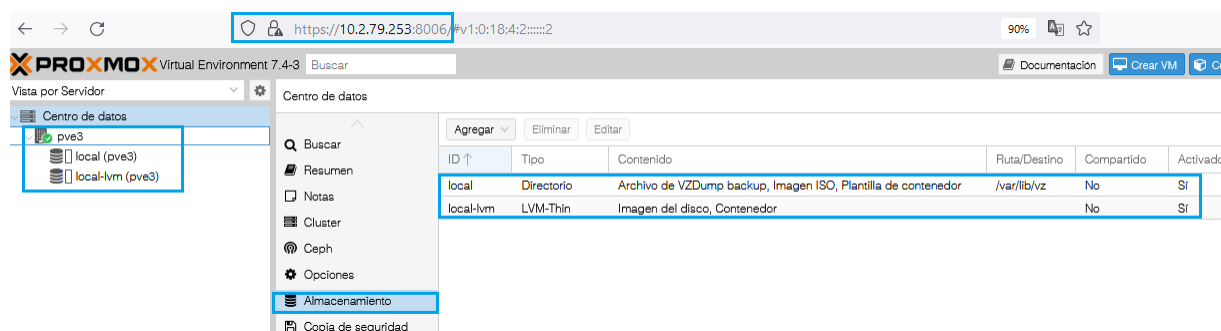
Tabla 21. Tipos de almacenamiento de Proxmox VE

Descripción	Tipo PVE	Nivel	Compartida	Instantánea	Estable
ZFS (Local)	zfspool	file	no	Yes	Yes
Directory	dir	file	no	No	Yes
NFS	nfs	file	yes	No	Yes
CIFS	cifs	file	yes	No	Yes
GlusterFS	glusterfs	file	yes	No	Yes
CephFS	cephfs	file	yes	Yes	Yes
LVM	lvm	block	no	No	Yes
LVM-thin	lvmthin	block	no	Yes	Yes
iSCSI/Kernel	iscsi	block	yes	No	Yes
iSCSI/libiscsi	iscsidirect	block	yes	No	Yes
Ceph/RBD	rbd	block	yes	Yes	Yes
ZFS over Iscsi	zfs	block	yes	Yes	Yes

Fuente. (López, 2022).

4.5.1. Almacenamiento local en Proxmox VE

Por defecto, *Proxmox VE* presenta dos espacios para almacenamiento local. El primero es **tipo directorio (local)** que permite almacenar: archivos de backup, imágenes ISO y plantillas de contenedores. El segundo, es **tipo lógico (local-lvm)**, que reemplaza a las tradicionales particiones, y consiste en crear un volumen lógico para montarlo al sistema operativo, permitiendo almacenar: imágenes de disco y contenedores. En la Figura 17 se visualizan estos tipos de almacenamiento.

Figura 17. Espacios de almacenamiento local en Proxmox VE

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

En cualquier momento, el administrador del centro de datos, se verá con la necesidad urgente de conseguir mayor espacio en el disco local para mantener los servicios funcionales o para albergar un mayor número de máquinas virtuales, imágenes o contenedores. *Proxmox VE* permite maximizar el tamaño del almacenamiento local predefinido, eliminando el volumen lógico preestablecido para conseguir mayor espacio en el almacenamiento de directores. De esta manera, *Proxmox VE* demuestra flexibilidad a la hora de aumentar sus funcionalidades preestablecidas.

En el **Anexo E, apartado 7.5.1.**, se detalla el procedimiento para maximizar el almacenamiento de directores en *Proxmox VE*.

Luego de realizar el aumento de disco local para directores, se observó que el sistema *Proxmox VE* permite sin restricciones, la modificación del almacenamiento local, pero en un ambiente de producción, el administrador del centro de datos deberá ver otras opciones para conseguir mayor espacio de almacenamiento que le permita proteger el entorno virtual armado.

4.5.2. Sistema de almacenamiento por red

Un sistema de almacenamiento por red se define como un método que permite a todos los dispositivos de una red local acceder a la información almacenada en los discos duros constitutivos del sistema. (BITS, 2022).

Los tipos de sistemas de almacenamiento por red son:

- a. **SAN.** Sistema de Almacenamiento en Red, traducido del idioma inglés, Storage Area Network, es la arquitectura de redes de almacenamiento más utilizada por las grandes empresas fundamentalmente por brindar

flexibilidad y escalabilidad, aunque su implementación es costosa. (NetApp, 2023).

- b. **DAS.** Almacenamiento de Conexión Directa, traducido del idioma inglés, Direct Attached Storage, es un conjunto de discos duros conectados a un servidor para su configuración. Requiere para su conexión un sistema adicional que lo hace más seguro por dar restricciones de acceso a los datos almacenados. (HZ hardzone, 2018).
- c. **NAS.** Almacenamiento Conectado en Red, traducido del idioma inglés, Network Attached Storage, es un servidor que posee uno a varios discos duros externos conectados a la red y el acceso a la información que contiene es de manera remota. Posee su propio sistema operativo y está acondicionado para funcionar todo el tiempo. (XALAKA, 2021).

4.5.2.1. Almacenamiento por red en Proxmox VE

El almacenamiento por red es una estrategia de contingencia que se implementa en entornos de producción de un centro de datos para mitigar posibles fallos de algún nodo perteneciente al sistema.

Proxmox VE permite configurar el almacenamiento por red para que el administrador del centro de datos disponga de la información en varios nodos del clúster en todo momento. De esta manera *Proxmox VE* ofrece una funcionalidad importante y útil en la gestión de información para la empresa.

En el **Anexo E, apartado 7.5.2.**, se detalla el procedimiento para crear el almacenamiento por red en *Proxmox VE*.

Para implementar esta funcionalidad, es necesario disponer de un servidor NAS para entre otros servicios, crear carpetas compartidas que permitan configurar el almacenamiento en red.

En el **Anexo B**, se detalla el proceso de instalación de TrueNAS.

En el **Anexo C**, se detalla el procedimiento para crear carpetas compartidas en el software libre para gestión de almacenamiento NAS denominado TrueNAS.

Luego de implementar el almacenamiento por red en la mini – red instalada, se observó que efectivamente este tipo de almacenamiento aparece en todos los nodos que forman el clúster, lo que permite acceder rápidamente a la información almacenada. Entonces, como buena práctica, el administrador del centro de datos en un ambiente profesional, debe implementar esta importante y útil funcionalidad. Respecto al servidor NAS creado, en base a la investigación realizada, su implementación no es costosa y con el software TrueNAS utilizado, fue suficiente para armar el sistema completo. En un entorno empresarial, se requiere invertir en software licenciado para obtener grandes beneficios.

4.6. Máquinas virtuales con Proxmox VE

Una máquina virtual es una representación de un entorno independiente y aislado de una máquina física generada por un software de virtualización. Posee procesador, memoria, disco de almacenamiento y tarjeta de red virtuales, y se comporta como si fuese un equipo físico real, aunque no contiene ninguna clase de componente de hardware. Las máquinas virtuales pueden ser:

4.6.1. Máquina virtual de Sistema

Virtualiza por completo un ordenador, con su propio sistema operativo, disco duro, procesador, tarjeta de video, memoria RAM. Los recursos no necesariamente son virtuales, una máquina virtual puede poseer recursos físicos reservados que le proporciona el equipo anfitrión.

4.6.2. Máquina virtual de proceso

Virtualiza procesos específicos que son requeridos por el usuario. La máquina virtual de proceso se encarga de negociar con el sistema operativo para ejecutar los mencionados procesos (Por ejemplo, aplicaciones basadas en Java).

En el **Anexo F, apartados 7.6.1., 7.6.2. y 7.6.3.**, se detallan los procedimientos para la creación, migración y verificación de alta disponibilidad en el entorno de la mini – red creada para probar las funcionalidades de *Proxmox VE*.

Luego de implementar las funcionalidades de máquinas virtuales, se observó que *Proxmox VE* proporciona al administrador del centro de datos la posibilidad de gestionar máquinas virtuales de manera flexible, segura y ordenada para que la empresa disponga en todo momento de la información y servicios tomando en consideración los recursos disponibles. En la práctica realizada, la creación de máquinas virtuales fue fácil de realizar. *Proxmox VE* permite la migración de máquinas virtuales y contenedores sin apagar los servidores virtuales y sin consecuencias en el rendimiento de estos elementos migrados ni tampoco del clúster que los contiene. En la práctica realizada, la migración fue inmediata y sin experimentar ningún problema de rendimiento. Por último, *Proxmox VE* incorpora la funcionalidad de alta disponibilidad como alternativa a problemas de fallo, migrando máquinas virtuales o contenedores de un nodo a otro automáticamente dentro de un determinado clúster.

En la práctica realizada, luego de pausar el nodo que contenía el contenedor configurado con alta disponibilidad, demoró 47 segundos en migrar automáticamente al nodo que, en la configuración previa, tenía la secuencia de prioridad. El tiempo de migración, será menor si se disponen de mejores recursos de hardware y de red.

4.6.3. Respaldos de información en Proxmox VE

Frente al riesgo de pérdida o alteración de información, el administrador del centro de datos debe contar con un plan de respaldos a fin de reducir el impacto de este escenario no deseado. La creación de copias de seguridad es una práctica crítica que cualquier empresa debe adoptar y *Proxmox VE* brinda funcionalidades que han sido incorporadas de otras herramientas en algunos casos o desarrolladas directamente en su entorno de programación para proporcionar estas funcionalidades.

En el Anexo **F**, **apartados 7.6.4., 7.6.5. y 7.6.6.**, se detallan los procedimientos para generar respaldos de máquinas virtuales y nodos, además de realizar la restauración de máquinas virtuales.

Luego de la implementación de funcionalidades descritas en el anexo citado, se observó que *Proxmox VE* permite al administrador de centro de datos disponer de varias formas de proteger las máquinas virtuales, contenedores o información en general. Puede respaldar inclusive un nodo completo en “caliente” y también utilizar “instantáneas” o “snapshots” cuando se desea probar alguna aplicación o configuración y luego por alguna razón, se requiere regresar al estado inicial. El administrador debe aplicar buenas prácticas de seguridad como guardar por triplicado los respaldos y nunca almacenarlos en el mismo disco local.

4.7. Redes virtuales con Proxmox VE

4.7.1. Redes virtuales

Las redes virtuales constituyen una arquitectura basada en el hardware de red disponible en la empresa para implementar un conjunto de computadores y otros dispositivos en paralelo, obteniendo mayor funcionalidad, agilidad y seguridad.

Las redes virtuales permiten la comunicación entre varios dispositivos como máquinas y servidores virtuales pertenecientes a varios centros de datos utilizando la gestión de software. (RedUSERS, 2022).

Funcionalidades de red como enrutamiento, configuración de puentes, switches o máquinas virtuales son más fáciles de realizar y en *Proxmox VE* se las puede realizar desde la interfaz web.

4.7.2. LAN virtual

Conocida también como VLAN, permite segmentar eficientemente una red en subredes con la utilización de puentes o switches administrables, de esta manera, se generan redes lógicas independientes en la misma red física.

4.7.3. Puente

Dispositivo de capa 2 del modelo OSI utilizado para comunicar dos redes LAN o dos segmentos de la misma LAN mediante un protocolo de transmisión.

4.7.4. Modelo OSI

Modelo de Interconexión de Sistemas Abiertos, traducido del idioma inglés Open System Interconnection, es una normativa de siete capas que especifica las diferentes etapas por las que deben pasar los datos para pasar de un dispositivo a otro dentro de una red. (W3C, s.f.).

La pila OSI es:

- Nivel de aplicación, servicio de red a aplicaciones.
- Nivel de presentación, representación de datos.
- Nivel de sesión, conexión entre dispositivos de la red.
- Nivel de transporte, conexión de extremo a extremo.
- Nivel de red, direccionamiento lógico.
- Nivel de enlace de datos, direccionamiento físico (MAC, LLC).
- Nivel físico, señal y transmisión binaria. (W3C, s.f.).

Proxmox VE permite configurar mediante su interfaz web, varias funcionalidades de red que ayudan al administrador del centro de datos a gestionar las máquinas y servidores virtuales dentro de la red de manera eficiente, fácil, flexible y segura.

En el **Anexo G, apartados 7.7.1.**, se muestran los procedimientos para configurar la comunicación interna y externa de máquinas virtuales y la segmentación de red en *Proxmox VE*, como parte del estudio del presente trabajo de investigación.

Luego de la implementación de funcionalidades de red realizadas, se observó que una sola tarjeta de red física es suficiente para asignar varias interfaces virtuales de red al puente VLAN configurado. De esta manera, el beneficio que brinda *Proxmox VE* es significativo, aunque al final de todo, siempre va a depender de la capacidad del hardware disponible. También se observó que la segmentación lógica de redes para organizar servidores independientes con servicios específicos es posible y fácil de implementar, aunque, si se incorporan más VLAN, la administración se hace compleja.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- El objetivo guía de la presente tesis era “analizar la plataforma *Proxmox VE* como alternativa de software libre para virtualización de servidores”. Este objetivo se cumplió primero, a partir de comparar las plataformas de virtualización importantes en la actualidad, tomando en cuenta parámetros para medir la calidad del software, y segundo, implementando varias funcionalidades de la plataforma de virtualización *Proxmox VE* en un ambiente de pruebas creado a partir de una mini – red. Al final de este trabajo de grado se logró analizar e implementar *Proxmox VE* para demostrar que es una excelente alternativa de software libre para servidores virtuales.
- Una vez realizada la investigación sobre servidores, centro de datos, virtualización y *Proxmox VE*, se efectúa el examen detallado de las plataformas de virtualización: Oracle VirtualBox, Windows Hyper-V, VMware y KVM, obteniendo información necesaria y suficiente para comparar los virtualizadores objeto de estudio, con lo cual, se permite llegar a las siguientes conclusiones: tomando en cuenta los ámbitos: educativo, PYMES e investigación, *Proxmox VE* es el virtualizador elegido, gracias a ser accesible para estudiantes, pequeñas y medianas empresas e investigadores con pocos recursos económicos; y también por ser de código abierto, donde con ayuda del desarrollo de software, puede adaptar sus funcionalidades para cumplir con las necesidades requeridas. A todo esto, se suma la gran ventaja que representa administrar sus funcionalidades de manera fácil y centralizada

mediante la interfaz web. En el ámbito empresarial en cambio, si bien *Proxmox VE* es también una buena alternativa, por el momento, por su experiencia de varios años en el campo de la virtualización, además de su estabilidad al manejar múltiples servidores virtuales en paralelo, VMware sigue liderando el mercado a nivel mundial, su hipervisor ESXi y la plataforma de virtualización vSphere destacan por su flexibilidad y rendimiento. De esta manera, se cumple con el objetivo de “Investigar y comparar las plataformas de virtualización VMware, VirtualBox, Windows Hyper-V, KVM y *Proxmox VE*, sus características, requerimientos, ventajas y desventajas”.

- Las conclusiones que se pueden extraer de la implementación de las diferentes funcionalidades respecto al almacenamiento, máquinas y redes virtuales; y alta disponibilidad en la mini – red creada con *Proxmox VE* son: para un ambiente de pruebas está bien eliminar una parte predeterminada de almacenamiento, pero en producción, el administrador del centro de datos, debe utilizar sistemas de almacenamiento en red, para garantizar la seguridad y escalabilidad de servidores virtuales y contenedores del sistema generado. Los servicios que brinda la empresa deben ser independientes en un segmento de red específico, obteniendo de esta manera, un servidor virtual para cada servicio que será permanente gracias a la implementación de la alta disponibilidad. Finalmente, la empresa que decida implementar *Proxmox VE* como hipervisor de servidores virtuales deberá invertir en servidores físicos con buenas características de almacenamiento, capacidad de procesamiento, memoria RAM y comunicaciones para disponer de la infraestructura adecuada. *Proxmox VE* demuestra ser flexible y eficiente gracias a las múltiples funcionalidades que posee y que permiten gestionar adecuadamente el centro de datos. Se

cumple de esta manera con el objetivo de “Investigar y presentar las funcionalidades importantes de almacenamiento, máquinas y redes virtuales; y alta disponibilidad de la plataforma *Proxmox VE*”.

5.2. Recomendaciones

Establecidas las conclusiones de esta investigación se recomienda:

- Implementar *Proxmox VE* en el centro de datos de la pequeña o mediana empresa, tomando en cuenta la infraestructura física existente. Crear los ambientes de pruebas y producción, a fin de probar aplicaciones, funcionalidades, servicios y recursos, para luego, subir a producción. En el Instituto Nacional de Economía Popular y Solidaria, donde se realizaron las pruebas, se recomienda ejecutar *Proxmox VE* en el ambiente de producción, para virtualizar los servicios actuales en máquinas virtuales dedicadas, cumpliendo adicionalmente con esto, la disposición de Contraloría de utilizar software libre en las entidades gubernamentales del Ecuador.
- Por falta de tiempo e infraestructura, no fue posible realizar la comparación de los virtualizadores VMware, VirtualBox, Windows Hyper-V, KVM y *Proxmox VE* con pruebas de rendimiento benchmark²⁹. Se recomienda extender la actual investigación utilizando aplicativos de medición para este objetivo.
- Finalmente, de la ejecución de las funcionalidades experimentadas en la presente investigación, se recomienda a las empresas que decidan implementar *Proxmox VE* como hipervisor de servidores virtuales, invertir en

²⁹ **Benchmark.** Test de rendimiento comparativo a aparatos informáticos con la ayuda de aplicativos que presentan puntuaciones.

PLATAFORMA PROXMOX COMO ALTERNATIVA PARA LA VIRTUALIZACIÓN DE SERVIDORES

servidores físicos con buenas características de almacenamiento, capacidad de procesamiento, memoria RAM y comunicaciones, para disponer de la infraestructura adecuada y necesaria para brindar buenos y permanentes servicios. Se recomienda también, aplicar las siguientes buenas prácticas que ayudan a la gestión del centro de datos: mantener *Proxmox VE* en constante actualización, para aprovechar todo su potencial y evitar posibles complicaciones al implementar funcionalidades específicas; adquirir la suscripción de soporte técnico para que él o los administradores del centro de datos, adquieran la asistencia necesaria e inmediata al gestionar servidores virtuales y/o contenedores a gran escala; tomar en cuenta los recursos de hardware disponibles (procesador, discos duros, memoria RAM y red), antes de crear máquinas virtuales, para evitar la caída de servicios por falta o limitaciones de estos recursos y disponer de un plan de contingencia en caso de fallos en los servidores virtuales y/o contenedores.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acronis. (31 de 3 de 2020). Obtenido de Qué es Hyper V? La Guía Autoriza:
<https://www.acronis.com/es-mx/blog/posts/hyper-v-authoritative-guide/>

Ariza, A. (s.f.). *Cómo instalar KVM en Ubuntu Server*. Obtenido de
<https://alexariza.net/tutorial/como-instalar-kvm-en-ubuntu-server/>

AWS. (2023). Obtenido de ¿Qué es una KVM (máquina virtual basada en el kernel)?:
<https://aws.amazon.com/es/what-is/kvm/>

Azure. (2023). Obtenido de ¿Qué es la virtualización? :
<https://azure.microsoft.com/es-es/resources/cloud-computing-dictionary/what-is-virtualization/>

Barrios, V. (2005). *Grid Computing: Monografía de Adscripción a Sistemas Operativos*. Corrientes - Argentina.

Barroso, J., & Aguilar, S. (2015). LA TRIANGULACIÓN DE DATOS COMO ESTRATEGIA EN INVESTIGACIÓN. *Revista de Medios y Educación*, 74. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/368/36841180005.pdf>

BITS. (2022). Obtenido de ¿Qué es el sistema de almacenamiento en red?:
<https://bits.com.mx/8222/que-sistema-de-almacenamiento-red/>

Borja, S. (10 de 7 de 2007). *Grid Computing y Virtualización*. Estados Unidos.

Branduche, C. (2022). *No solo Hacking*. Obtenido de Configurar CLUSTER:
<https://www.youtube.com/watch?v=B0-JSOktqn0>

Branduche, C. (2022). *No Solo Hacking*. Obtenido de Configurar HA (alta disponibilidad) en CLUSTER:

<https://www.youtube.com/watch?v=BiR4q6ce9U8>

Branduche, C. (2022). *No Solo Hacking*. Obtenido de Creando Máquinas virtuales:

<https://www.youtube.com/watch?v=YqMdMrauuFA>

Branduche, C. (2022). *No Solo Hacking*. Obtenido de Almacenamiento por RED en

NAS/SAN: https://www.youtube.com/watch?v=2f_id-HdqO0

Branduche, C. (2022). *No Solo Hacking*. Obtenido de Almacenamiento local:

https://www.youtube.com/watch?v=IB_M61PQp1k

Branduche, C. (2023). *No Solo Hacking*. Obtenido de NETWORKING :

<https://www.youtube.com/watch?v=ANtlGob0pL0>

Branduche, C. (2023). *No Solo Hacking*. Obtenido de Backup VS Snapshot:

<https://www.youtube.com/watch?v=wcVCLAGWjll>

Campbell, S., & Jeronimo, M. (2006). *An Introduction to Virtualization*.

Casa E., L. J. (2019). *Virtualización de software para reutilizar hardware obsoleto en el laboratorio de redes de la UTC*. Latacunga, Cotopaxi, Ecuador.

Centro Integrado de Formación Profesional Número Uno de Santander. (s.f.).

Obtenido de Las máquinas virtuales. VirtualBox: <https://cifpn1.com/tic/?p=2468>

Centro Integrado de Formación Profesional Número Uno de Santander. (2022).

Obtenido de Las máquinas virtuales. VirtualBox: <https://cifpn1.com/tic/?p=2468>

coriaweb. (s.f.). Obtenido de Diferencias entre OpenVZ y KVM:

<https://www.coriaweb.hosting/diferencias-entre-openvz-y-kvm/>

COSYSCO. (2017). Obtenido de ¿Qué es PROXMOX?: http://911-ubuntu.weebly.com/proxmox_como_funciona/conoce-como-funciona-proxmox-y-como-usarlo

COSYSCO. (2017). Obtenido de Conoce como usar Proxmox y como usarlo : http://911-ubuntu.weebly.com/proxmox_como_funciona/conoce-como-funciona-proxmox-y-como-usarlo

Coularis, G. (s.f.). *Distributed Systems Concepts and Design*. Addison-Wesley ISBN 0201619180: Third Edition.

DzTechs. (2023). Obtenido de Mejor Máquina Virtual Linux: Comparación de KVM vs VirtualBox vs QEMU vs Hyper-V: <https://www.dz-techs.com/es/best-virtual-machine-linux-kvm-virtualbox-qemu-hyper-v>

EcuRed. (s.f.). Obtenido de Método de modelación: https://www.ecured.cu/M%C3%A9todo_de_modelaci%C3%B3n

Factory, S. (2013). Productora Digital. *¿Cómo medir la calidad en software?* Argentina. Obtenido de <https://www.4rsoluciones.com/blog/como-medir-la-calidad-en-software-2/>

Fernández, Y., & Garcia, K. (2011). Virtualización. Revista telemática.

Gallardo, F., & Silva, R. (2018). VIRTUALIZACIÓN DE LOS SERVICIOS TECNOLÓGICOS CON SOFTWARE LIBRE EN EL HOSPITAL GERIÁTRICO DR. BOLÍVAR ARGUELLO PROAÑO DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA (“HGBA”). Ecuador.

GmbH, P. S. (22 de March de 2023). PROXMOX VE ADMINISTRATION GUIDE.

Google Cloud. (s.f.). Obtenido de ¿Qué es cloud computing?:

<https://cloud.google.com/learn/what-is-cloud-computing?hl=es>

Greek Stars Tips. (2021). Obtenido de ALMACENAMIENTO EN RED CON TRUENAS

BÁSICO / INSTALACIÓN / PRIMEROS PASOS / DISCO EN RED / TUTORIAL:

<https://www.youtube.com/watch?v=c2tHDPX5Ca4>

Greyrat, R. (5 de 6 de 2022). *Características de la virtualización -Part 1*. Obtenido de

<https://barcelonageeks.com/caracteristicas-de-la-virtualizacion/>

H., D. S. (2021). Obtenido de TrueNAS/FreeNAS Permisos para compartir carpetas y

configuraciones de ACL.: <https://www.youtube.com/watch?v=uVytLJNwSDQ>

Hat, R. (22 de 6 de 2022). *¿Qué es la IaaS?* Obtenido de

<https://www.redhat.com/es/topics/cloud-computing/what-is-iaas>

Hat, R. (Enero de 2023). *Red Hat*. Obtenido de

<https://www.redhat.com/es/topics/virtualization/what-is-virtualization>

Hernández, J. E. (s.f.). COSYSCO. Obtenido de [http://911-](http://911-ubuntu.weebly.com/proxmox_como_funciona/conoce-como-funciona-proxmox-y-como-usarlo)

[ubuntu.weebly.com/proxmox_como_funciona/conoce-como-funciona-proxmox-y-como-usarlo](http://911-ubuntu.weebly.com/proxmox_como_funciona/conoce-como-funciona-proxmox-y-como-usarlo)

HZ hardzone. (2018). Obtenido de ¿Qué es un DAS y en qué se diferencia de los NAS

domésticos?: <https://hardzone.es/2018/12/16/das-diferencias-nas-domesticos/>

INSIS. (2016). *INSIS*. Obtenido de Proxmox Virtual Environment:

<https://www.insiss.com/proxmox/ve/>

IONOS. (1 de 3 de 2023). Obtenido de Digital Guide IONOS:

<https://www.ionos.es/digitalguide/servidores/know-how/que-es-un-servidor-un-concepto-dos-definiciones/>

Keepcoding. (s.f.). Obtenido de ¿Qué es VirtualBox? : <https://keepcoding.io/blog/que-es-virtualbox/>

López, A. (2022). Curso Proxmox v1.0.

LP, H. P. (2023). *¿Qué son los niveles del centro de datos?* Obtenido de <https://www.hpe.com/es/es/what-is/data-center-tiers.html>

Ludeña, J. A. (2022). *Economipedia*. Obtenido de <https://economipedia.com/definiciones/criptoactivo.html>

Manuel, C. (2017). Obtenido de Cómo actualizar Proxmox sin suscripción: <https://drivemeca.blogspot.com/2017/06/como-actualizar-proxmox-sin-suscripcion.html>

Manuel, C. (2017). Obtenido de Actualiza proxmox sin suscripción: <https://drivemeca.blogspot.com/2017/06/como-actualizar-proxmox-sin-suscripcion.html>

Método analítico. (2023). Obtenido de Economipedia: <https://economipedia.com/definiciones/metodo-analitico.html>

Métodos. (s.f.). Obtenido de Método sintético: definición: <https://101metodos.xyz/sintetico/>

Métodos. (s.f.). Obtenido de Método experimental: <https://101metodos.xyz/experimental/>

NetApp. (2023). Obtenido de ¿Qué es una red de área de almacenamiento?:

<https://www.netapp.com/es/data-storage/what-is-san-storage-area-network/>

Nick, J., Tuecke, S., & Foster, I. (2002). *The Physiology of the Grid: An Open Grid Service Architecture for Distributed Systems Integration*. Globus Grid Forum. USA.

Niño, F. D. (2020). *Diseño de un modelo de virtualización para la implementación de un sistema de servidores en alta disponibilidad*. Obtenido de <https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/05245b2a-7449-4f06-ae67-4ef1ad0ccc1c/content>

Observatorio tecnológico. (s.f.). Obtenido de Herramienta de virtualización VirtualBox: <http://recursostic.educacion.es/observatorio/web/fr/software/software-general/462-monografico-maquinas-virtuales?start=2>

Peng, Q., Schissel, D., Thompson, M., Foster, I., Greenwald, M., McCune, D., . . . Fredian, T. (2002). *The Anatomy of the Grid: Enabling Scalable Virtual Organization*.

Pérez, M. J. (2011). *Virtualización y Green IT*. Argentina. Obtenido de http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/47004/Documento_completo___pdf?sequence=1&isAllowed=y

Porto, P. (2021). *Definición.de*. Obtenido de Método inductivo - Qué es, características, definición y concepto.: <https://definicion.de/metodo-inductivo/>

Porto, P. (2021). *Definición.de*. Obtenido de Obtenido de Método deductivo - Qué es, características, definición y concepto.: <https://definicion.de/metodo-deductivo/>

Profesional Review. (s.f.). Obtenido de Qué es Hyper-v Windows 10 y cómo funciona:

<https://www.profesionalreview.com/2018/11/20/que-es-hyper-v-windows-10/>

Proxmox. (2023). Obtenido de Interfaz gráfica del usuario :

https://pve.proxmox.com/wiki/Graphical_User_Interface

PROXMOX. (15 de 4 de 2023). *PROXMOX*. Obtenido de

https://pve.proxmox.com/wiki/Roadmap#Proxmox_VE_1.1

Proxmox VE. (2023). Obtenido de Comparación de software de virtualización de

servidores : <https://www.proxmox.com/en/proxmox-ve/comparison>

Ramírez, P. (2020). Plataformas de software libre para la virtualización de servidores

en pequeñas y medianas empresas cubanas. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, pág. 18.

RedHat. (2023). Obtenido de ¿Cómo funciona Docker? :

<https://www.redhat.com/es/topics/containers/what-is-docker>

RedUSERS. (21 de 4 de 2022). Obtenido de REDES VIRTUALES QUE SON Y

COMO FUNCIONAN: <https://www.redusers.com/noticias/publicaciones/redes-virtuales-que-son-como-funcionan/>

RZ redes zone. (2023). Obtenido de Configuración completa de TrueNAS CORE para

montar un servidor NAS:

<https://www.redeszone.net/tutoriales/servidores/truenas-core-guia-instalacion-configuracion-nas/>

Samaniego, J. (30 de 6 de 2020). *NOBBOT*. Obtenido de

<https://www.nobbot.com/que-es-el-kernel/>

Sánchez, E. (2011). Análisis y Mejoras de Sistemas de Cómputo Voluntario.

Seguridad360. (2023). Obtenido de Tipos de servidores, sus características y aplicaciones: <https://revistaseguridad360.com/noticias/tipos-de-servidores/>

ServerWatch. (21 de 3 de 2023). Obtenido de Proxmox vs. VMware: comparación de plataformas de virtualización : <https://www.serverwatch.com/servers/proxmox-vs-vmware/>

ServerWatch. (21 de 3 de 2023). Obtenido de Proxmox vs. VMware: comparación de plataformas de virtualización : <https://www.serverwatch.com/servers/proxmox-vs-vmware/>

Silva Richard, G. F. (2018). Virtualización de los servicios tecnológicos con software libre en el hospital geriátrico dr. Bolivar Arguello Proaño de la ciudad de Riobamba ("HGBA"). Riobamba, Chimborazo, Ecuador.

Silva, D. d. (8 de Junio de 2021). *Web Content & SEO Associate, LATAM*. Obtenido de <https://www.zendesk.com.mx/blog/cloud-computing-definicion/>

Silva, R., & Gallardo, F. (2018). VIRTUALIZACIÓN DE LOS SERVICIOS TECNOLÓGICOS CON SOFTWARE LIBRE EN EL HOSPITAL GERIÁTRICO DR. BOLÍVAR ARGUELLO PROAÑO DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA ("HGBA"). Quito, Ecuador.

Silva, R., & Gallardo, F. (2018). *VIRTUALIZACIÓN DE LOS SERVICIOS TECNOLÓGICOS CON SOFTWARE LIBRE EN EL HOSPITAL GERIÁTRICO DR. BOLÍVAR ARGUELLO PROAÑO DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA ("HGBA")*. Quito.

slideshare. (s.f.). Obtenido de Técnicas de investigación:

<https://es.slideshare.net/Papme/tecnicas-de-investigacion-1472346>

stackshare. (2023). Obtenido de openstack frente a proxmox ve:

<https://stackshare.io/stackups/openstack-vs-proxmox-ve>

SZ soft zone. (s.f.). Obtenido de VMware, VirtualBox o Hyper-V – ¿Qué programa es

mejor?: <https://www.softzone.es/programas/utilidades/diferencias-vmware-virtualbox-hyper-v/>

SZsoftzone. (9 de 3 de 2023). Obtenido de VMware, VirtualBox o Hyper-V – ¿Qué

programa es mejor?:

<https://www.softzone.es/programas/utilidades/diferencias-vmware-virtualbox-hyper-v/>

Tapia, F. (2013). ESTUDIO COMPARATIVO DE SOFTWARE PARA VIRTUALIZACIÓN SOBRE PLATAFORMAS LINUX PARA DATA. Quito, Ecuador.

Técnicas de investigación. (2023). Obtenido de Investigación documental:

<https://tecnicasdeinvestigacion.com/investigacion-documental/>

tecnozero. (s.f.). Obtenido de Proxmox vs vmware:

<https://www.tecnozero.com/vmware/proxmox-vs-vmware/>

Tereza, C., & Porras, J. (s.f.). ANÁLISIS COMPARATIVO DE TECNOLOGÍAS DE VIRTUALIZACIÓN DE APLICACIONES. Juárez.

TrueNAS OPEN STOREGE. (2023). Obtenido de CORE Hardware Guide:

<https://www.truenas.com/docs/core/gettingstarted/corehardwareguide/>

Villasis, A. (2021). *SISTEMA IN-HOUSING USANDO HERRAMIENTAS EDUCATIVAS DE INTRANET PARA LA UNIDAD EDUCATIVA BOLIVAR*. UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO, Ambato.

vmware. (15 de 3 de 2023). Obtenido de Requisitos de hardware de ESXi: <https://docs.vmware.com/es/VMware-vSphere/7.0/com.vmware.esxi.upgrade.doc/GUID-DEB8086A-306B-4239-BF76-E354679202FC.html>

vmware. (2020). Obtenido de Componentes del software de vSphere: <https://docs.vmware.com/es/VMware-vSphere/7.0/com.vmware.vsphere.vcenterhost.doc/GUID-B3A1A79B-EF9B-4C10-A053-D54D88254C52.html>

W3C. (s.f.). Obtenido de EL MODELO OSI: http://dis.um.es/~lopezquesada/documentos/IES_1213/LMSGI/curso/xhtml/xhtml22/index.html

Wikipedia. (2023). *Copia instantánea de volumen*. Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Copia_instant%C3%A1nea_de_volumen

XALAKA. (25 de 10 de 2021). Obtenido de Qué es un NAS y cómo configurarlo : <https://www.xataka.com/basics/que-nas-como-configurarlo>

XenServer. (15 de 3 de 2023). Obtenido de Acerca de Citrix Hypervisor: <https://docs.xenserver.com/es-es/citrix-hypervisor/8-2.html>

Zanetti, G. (2014). Implementación de plataforma virtual Open Source para la administración de servidores.

PLATAFORMA PROXMOX COMO ALTERNATIVA PARA LA VIRTUALIZACIÓN DE SERVIDORES

Zanetti, G. (2014). Implementación de plataforma virtual Open Source para la administración de servidores. Argentina.

7. ANEXOS

7.1. Anexo A. Instalación de *Proxmox VE* versión 7.4-3

Antes de instalar *Proxmox VE* versión 7.4-3 se deben considerar las siguientes recomendaciones:

- La memoria RAM debe ser suficiente tanto para alojar el sistema operativo host como para los sistemas operativos que se van a virtualizar.
- El procesador debe ser multi - núcleo y multi - hilo con capacidades para la virtualización.
- Disponer de almacenamiento externo mediante sistema NAS para copias de seguridad.
- La tarjeta de red NIC debe poseer buena velocidad (SFP+).

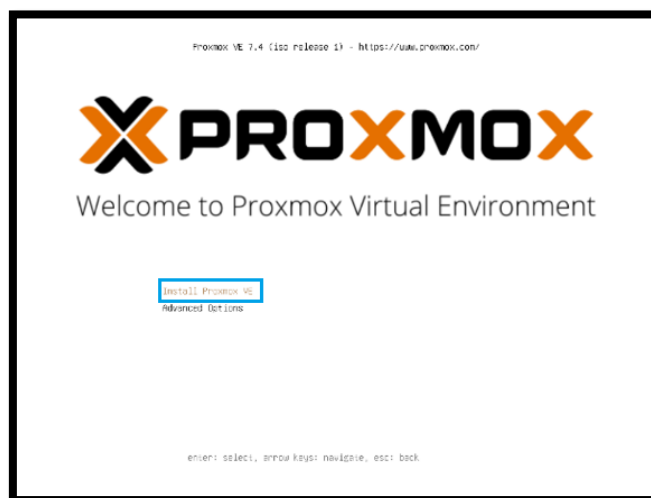
El proceso de instalación de *Proxmox VE* versión 7.4-3 es sencillo y en el transcurso del mismo se debe seguir los siguientes pasos:

1. Descargar el instalador ISO en el sitio oficial:

<https://proxmox.com/en/downloads>

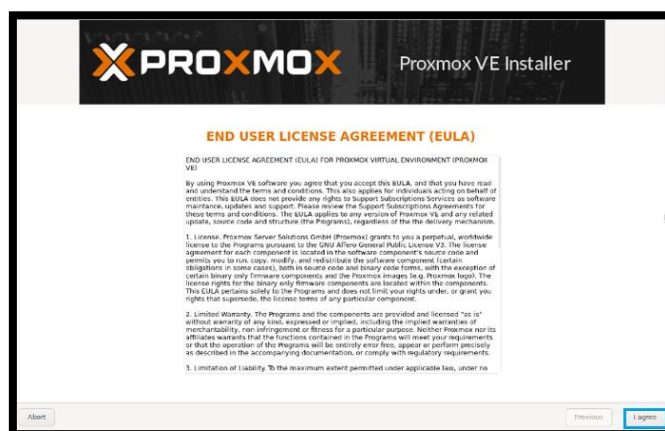
2. Instalar la ISO en un pendrive con ayuda de algún utilitario libre como etcher o rufus para crear el USB booteable.
3. Con las teclas Esc/F10/F12, dependiendo del fabricante de la placa base, seleccionar la opción que arranca el dispositivo desde la unidad flash.
4. Escoger la opción ***Install Proxmox VE.***

PLATAFORMA PROXMOX COMO ALTERNATIVA PARA LA VIRTUALIZACIÓN DE SERVIDORES

Figura 18. Pantalla de bienvenida al instalador tipo wizard de Proxmox VE

Fuente. Obtenida del wizard de instalación de Proxmox VE.

5. Leer y aceptar el acuerdo de licencia dando clic en el botón **I agree**.

Figura 19. Aceptación de acuerdo de licencia (EULA)

Fuente. Obtenida del wizard de instalación de Proxmox VE.

6. Clic en botón **Next**.

PLATAFORMA PROXMOX COMO ALTERNATIVA PARA LA VIRTUALIZACIÓN DE SERVIDORES

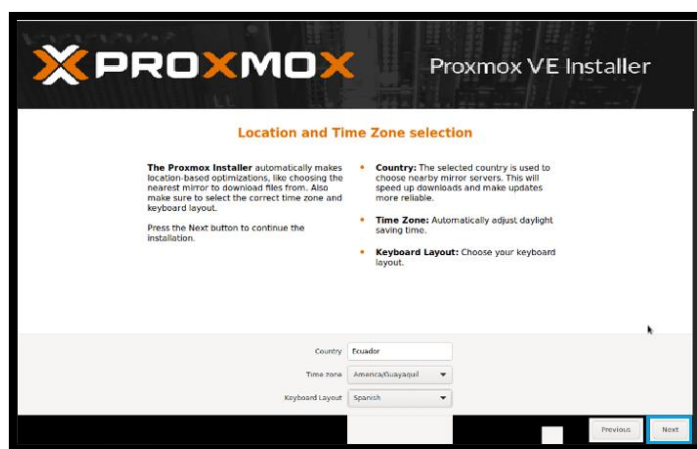
Figura 20. Información sobre Proxmox VE



Fuente. Obtenida del wizard de instalación de Proxmox VE.

7. Escoger el país, la zona horaria y el idioma del teclado, luego dar clic en botón **Next**.

Figura 21. Localización y selección de zona horaria e idioma del teclado



Fuente. Obtenida del wizard de instalación de Proxmox VE.

8. Ingresar y confirmar la contraseña, tomando en cuenta las condiciones de usar mínimo 8 caracteres y combinar entre letras, números y símbolos. Luego dar clic en botón **Next**.

Figura 22. Administración de contraseña y correo asociado a Proxmox VE

PROXMOX Proxmox VE Installer

Administration Password and Email Address

Proxmox Virtual Environment is a full featured, highly secure GNU/Linux system, based on Debian.

In this step, please provide the root password.

- Password:** Please use a strong password. It should be at least 8 characters long, and contain a combination of letters, numbers, and symbols.
- Email:** Enter a valid email address. Your Proxmox VE server will send important alert notifications to this email account (such as backup failures, high-availability events, etc.).

Press the Next button to continue the installation.

Password:

Confirm:

Email:

Abort Previous Next

Fuente. Obtenida del wizard de instalación de Proxmox VE.

9. Ingresar la información de configuración de red: nombre del nodo Proxmox VE (Hostname), IP asignada al nodo (IP Address), Puerta de enlace (Gateway) e IP de servidor DNS (DNS Server). Luego dar clic en botón **Next**.

Figura 23. Configuración de la red de gestión

PROXMOX Proxmox VE Installer

Management Network Configuration

Please verify the displayed network configuration. You will need a valid network configuration to access the management interface after installing.

After you have finished, press the Next button. You will be shown a list of the options that you chose during the previous steps.

- IP address (CIDR):** Set the main IP address and netmask for your server in CIDR notation.
- Gateway:** IP address of your gateway or firewall.
- DNS Server:** IP address of your DNS server.

Management interface:

Hostname (FQDN):

IP Address (CIDR): /

Gateway:

DNS Server:

Abort Previous Next

Fuente. Obtenida del wizard de instalación de Proxmox VE.

10. Finalmente, aparecerá la ventana Resumen con la información proporcionada durante la instalación, clic en botón **Install**.

Figura 24. Ventana resumen con la información ingresada durante la instalación

Fuente. Obtenida del wizard de instalación de *Proxmox VE*.

7.2. Anexo B. Instalación de TrueNAS versión 10.2.74.5

TrueNAS antes conocido como FreeNAS, es un sistema operativo de almacenamiento gratuito y de código abierto que permite crear un servidor de almacenamiento sin disponer de licencia. Con ayuda de TrueNAS, se puede convertir un computador normal en un almacenamiento conectado a la red con funcionalidades completas para disponer de integridad de datos, excelente rendimiento y eficiencia entre otras características importantes.

(RZ redes zone, 2023). Antes de instalar TrueNAS versión 10.2.78.5 se deben considerar los requerimientos mínimos:

- **Procesador:** 2-Core Intel 64-Bit or AMD x86_64 processor.
- **Memoria:** 8 GB y se requiere de más de 8 GB si se instala una máquina virtual o plugins adicionales.
- **Almacenamiento:** Dos dispositivos del mismo tamaño para un solo grupo de almacenamiento. (TrueNAS OPEN STOREGE, 2023).
- **Unidad independiente.** TrueNas requiere una unidad independiente para instalar este sistema operativo, no admite arranque dual.

(Greek Stars Tips, 2021). El proceso de instalación de *TrueNAS* versión 10.2.74.5 es sencillo y en el transcurso del mismo se deben seguir los siguientes pasos:

1. Descargar el instalador ISO en el sitio oficial:

<https://www.truenas.com/download-truenas-core/>

2. Instalar la ISO en un pendrive con ayuda de algún utilitario libre como etcher o rufus para crear un USB booteable.
3. Con las teclas Esc/F10/F12, dependiendo del fabricante de la placa base, seleccionar la opción que arranca el dispositivo desde la unidad flash.

Importante. Para desplazarse en la consola de instalación, utilizar las **teclas de navegación** para desplazarse hacia: arriba, abajo, derecha o izquierda. Utilizar el tabulador para desplazarse entre líneas de la consola. Utilizar la **barra espaciadora** para seleccionar una determinada opción y la tecla **Enter** para confirmar la selección.

4. Escoger la opción **1. Boot TrueNAS Installer.**

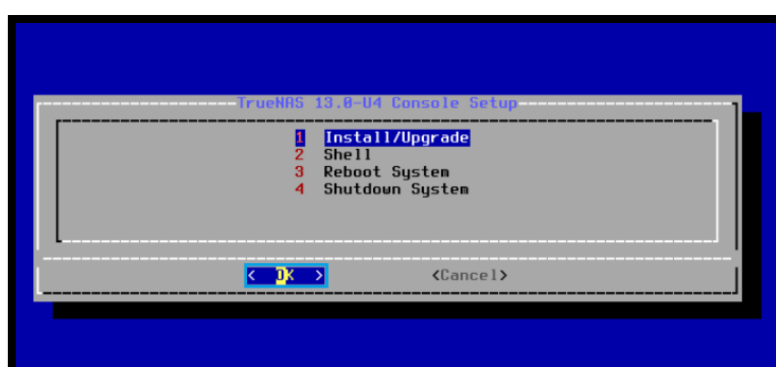
Figura 25. Pantalla de inicio para la instalación de TrueNAS



Fuente. Obtenida de la consola de instalación de TrueNAS.

5. Escoger la opción **Install /Upgrade** y seleccionar el botón **OK**.

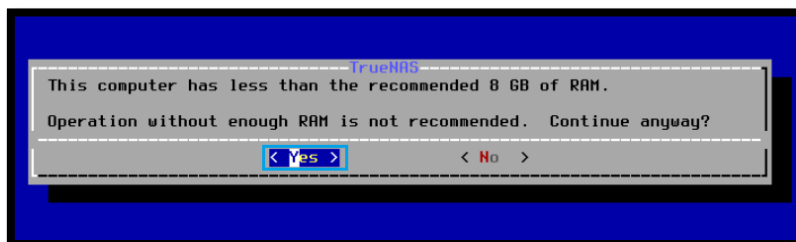
Figura 26. Menú consola de TrueNas opción Instalar



Fuente. Obtenida de la consola de instalación de TrueNAS.

6. Si el computador tiene menos de 8 GB de memoria RAM, aparecerá la siguiente recomendación, en nuestro caso escogemos el botón **Yes**, para continuar con la instalación.

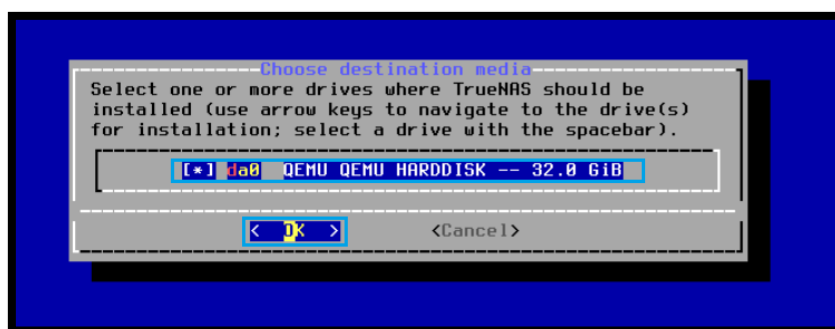
Figura 27. Notificación sobre capacidad de memoria RAM



Fuente. Obtenida de la consola de instalación de TrueNAS.

7. Elegir el dispositivo donde se va a instalar TrueNAS, luego escoger el botón **OK**.

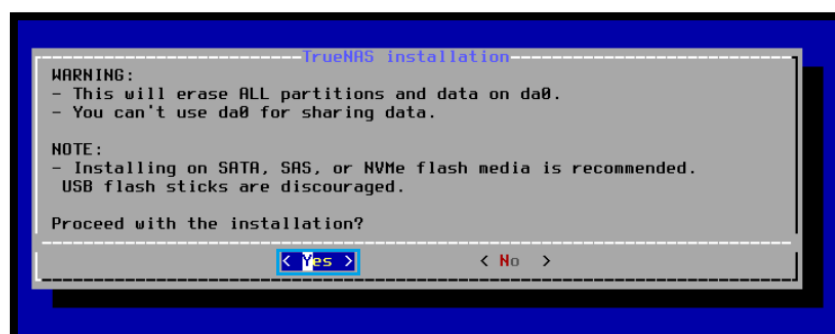
Figura 28. Medio de destino para instalar TrueNAS



Fuente. Obtenida de la consola de instalación de TrueNAS.

8. Escoger el botón **Yes**, para aceptar la notificación que indica la eliminación de toda la información de la unidad.

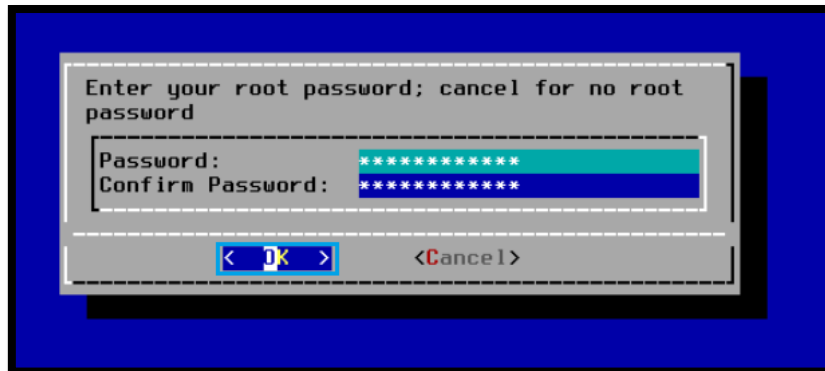
Figura 29. Notificación de eliminación de contenido de medio de destino



Fuente. Obtenida de la consola de instalación de TrueNAS.

- Ingresar y confirmar la contraseña de la cuenta de administrador que servirá para acceder a las opciones de gestión de TrueNAS, escoger el botón **Yes**.

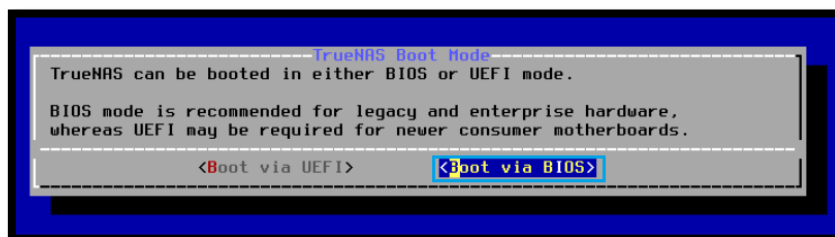
Figura 30. Ingreso y confirmación de contraseña



Fuente. Obtenida de la consola de instalación de TrueNAS.

- Escoger el modo de arranque de TrueNAS, en ésta caso se selecciona **Boot vía BIOS**, por ser el modo más común de placas base.

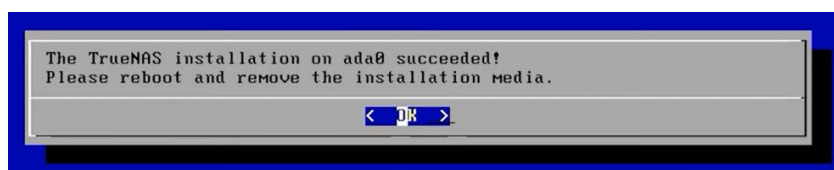
Figura 31. Modo de arranque de TrueNAS



Fuente. Obtenida de la consola de instalación de TrueNAS.

- Aparece una notificación para indicar que se debe reiniciar el computador y retirar el medio de instalación. Escoger el botón **OK**.

Figura 32. Notificación de instalación satisfactoria



Fuente. Obtenida de la consola de instalación de TrueNAS.

12. Finalmente, escoger la opción **Reboot System** y retirar el medio de instalación. Escoger botón **OK**.

Figura 33. Menú consola de TrueNAS opción Reinicio



Fuente. Obtenida de la consola de instalación de TrueNAS.

7.3. Anexo C. Crear Carpeta Compartida con TRUENAS v10.2.74.5

Para crear almacenamiento en red con *Proxmox VE*, es necesario crear una carpeta compartida en el servidor NAS previamente implementado. El procedimiento para crear una carpeta compartida se detalla a continuación: (H., 2021).

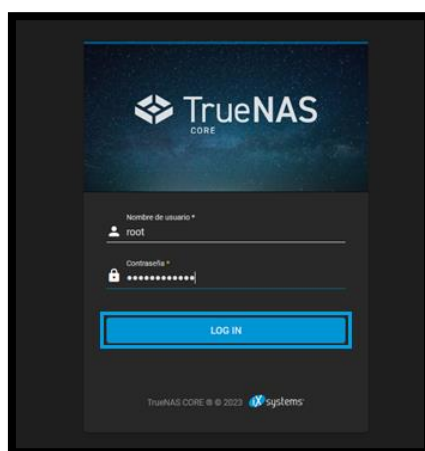
- **Acceso a TrueNAS**

1. Abrir un navegador e ingresar la IP asignada a TrueNAS en el momento de la instalación y presionar la tecla Enter:

https: 10.2.79.254

2. Ingresar el usuario y contraseña que fueron asignados en el momento de la instalación, luego dar clic en el botón **LOG IN**.

Figura 34. Pantalla de acceso a TrueNAS



Fuente. Obtenida de la interfaz web de TrueNAS.

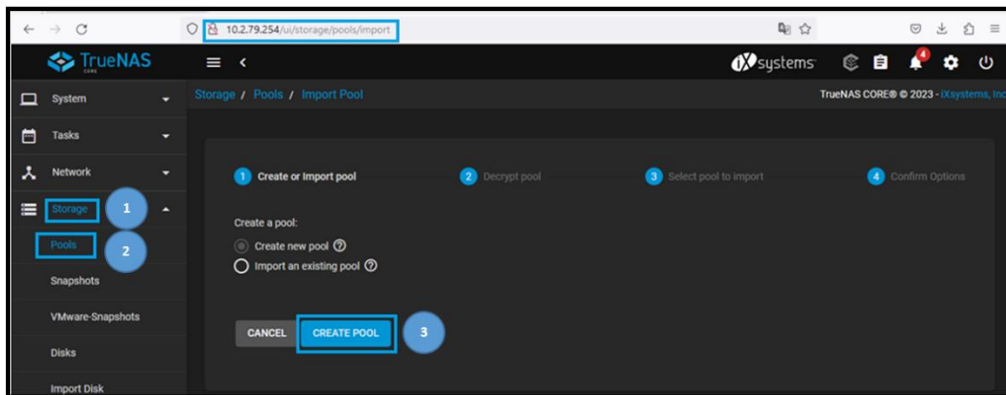
- **Crear Pool**

Para generar la carpeta compartida se inicia creando un grupo de recursos iniciados y listos para ser utilizados denominado **Pool**.

1. Elegir las opciones **Storage** y **Pools** en el menú principal de TrueNAS.

2. Clic en botón **CREATE POOL**.

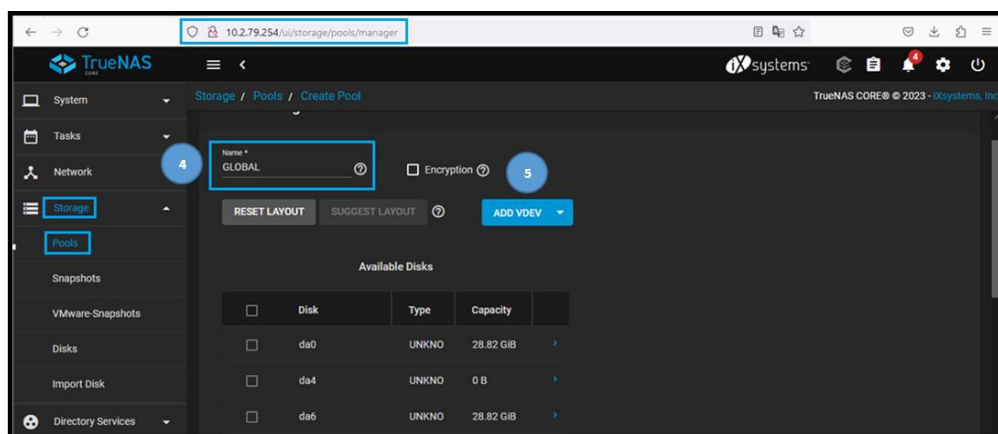
Figura 35. Crear pool en TrueNAS



Fuente. Obtenida de la interfaz web de TrueNAS.

3. Ingresar el nombre del Pool y dar clic en botón **ADD VDEV**.

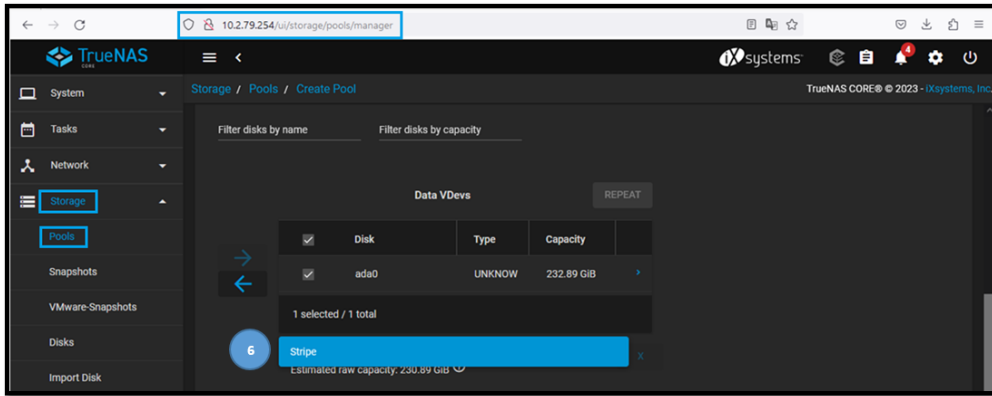
Figura 36. Crear pool en TrueNAS - Definir nombre



Fuente. Obtenida de la interfaz web de TrueNAS.

4. Elegir el tipo de almacenamiento para el Pool.

Figura 37. Tipo de almacenamiento para el Pool

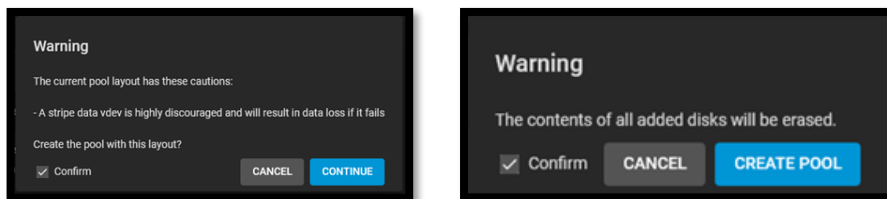


Nota. El tipo de almacenamiento Stripe suma valores de los discos existentes en el NAS.

Fuente. Obtenida de la interfaz web de TrueNAS.

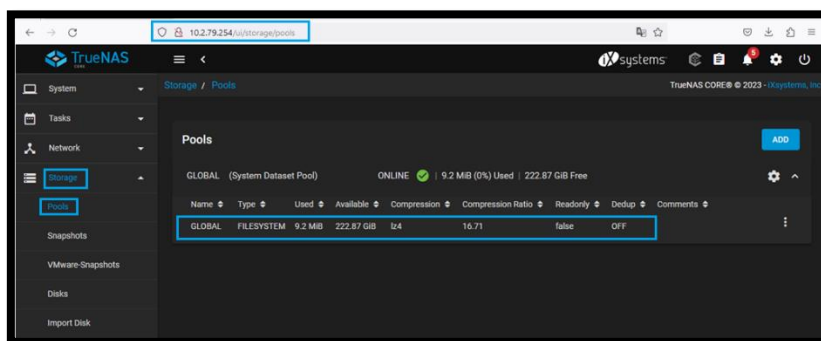
5. Aceptar las notificaciones dando clic en botones **CONTINUE** y **CREATE POOL**.

Figura 38. Notificaciones para crear Pool



Fuente. Obtenida de la interfaz web de Proxmox VE.

Figura 39. Verificación de Pool creado

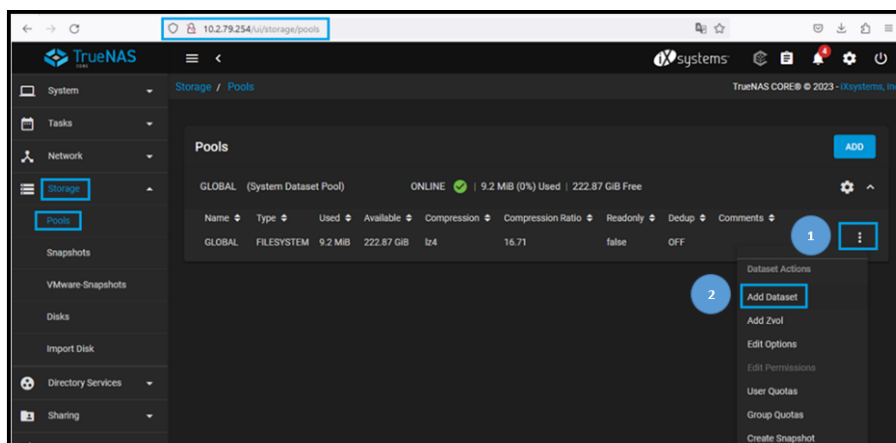


Fuente. Obtenida de la interfaz web de TrueNAS.

- **Crear Carpeta Compartida**

1. Ir a botón  y elegir opción **Add Dataset**.

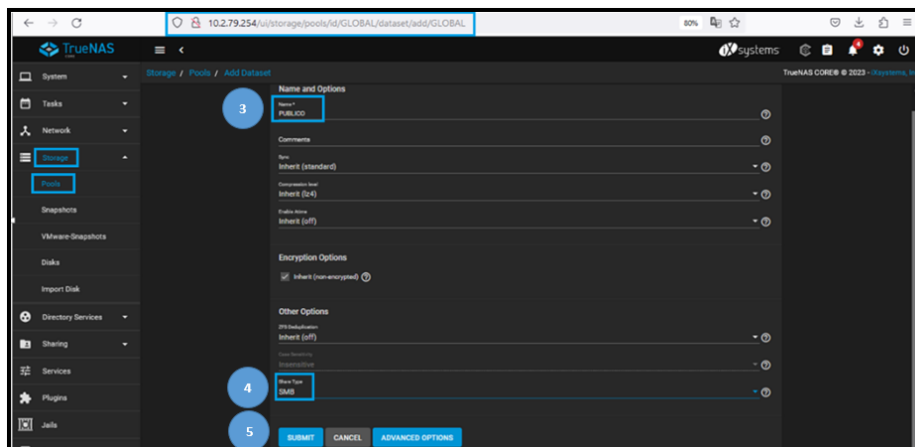
Figura 40. Crear conjunto de datos



Fuente. Obtenida de la interfaz web de TrueNAS.

2. Ingresar nombre al Dataset y escoger opción **SMB** en tipo de compartido.

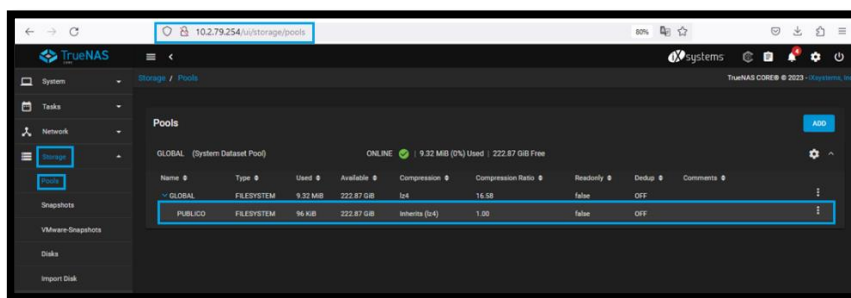
Figura 41. Clúster Proxmox VE con un nodo



Nota. SMB es un protocolo para compartir datos con clientes de Windows.

Fuente. Obtenida de la interfaz web de TrueNAS.

Figura 42. Verificación de carpeta compartida creada

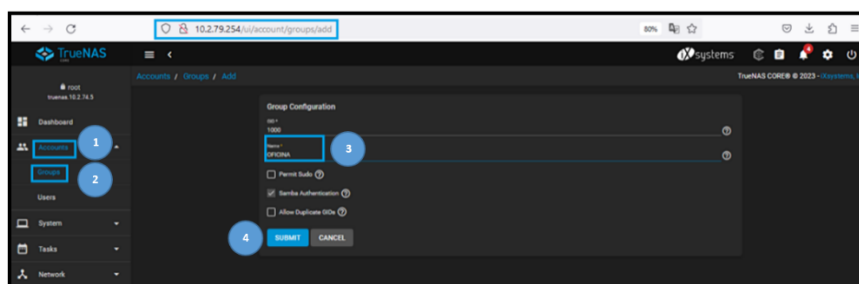


Fuente. Obtenida de la interfaz web de TrueNAS.

- **Crear Grupo**

1. Elegir opciones **ACCOUNTS** y **Groups** del menú principal e ingresar un nombre al grupo.

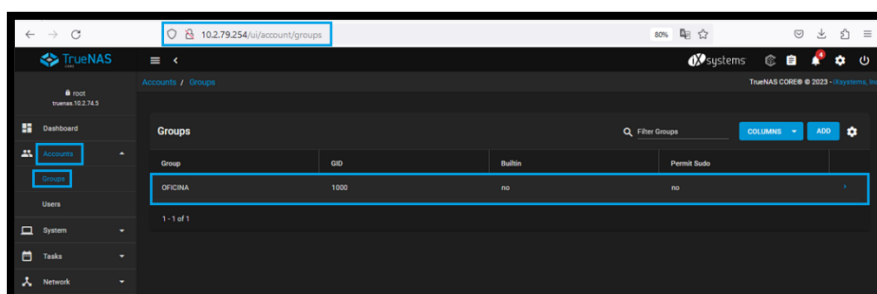
Figura 43. Crear grupo de usuarios



Fuente. Obtenida de la interfaz web de TrueNAS.

2. Elegir opciones **ACCOUNTS** y **Groups** del menú principal e ingresar un nombre al grupo.

Figura 44. Verificación de grupo creado

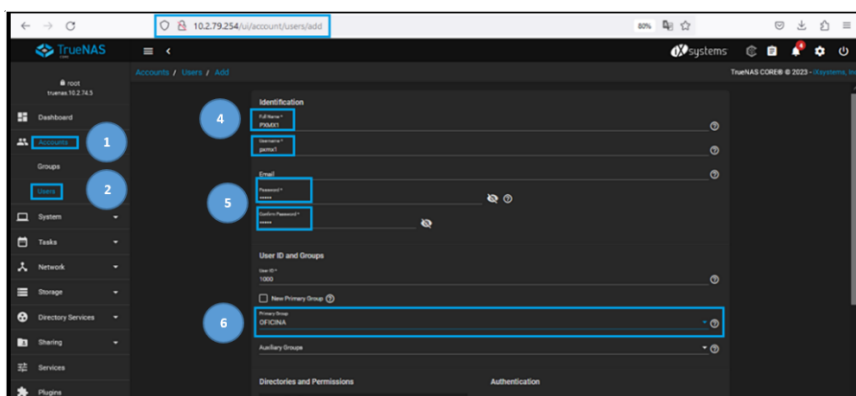


Fuente. Obtenida de la interfaz web de TrueNAS.

- **Crear Usuario**

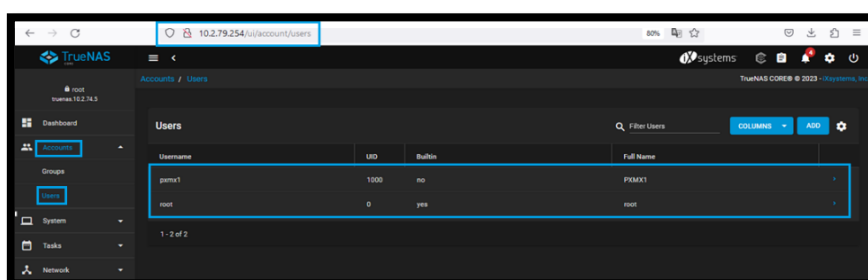
1. Elegir opciones **ACCOUNTS** y **Users** del menú principal e ingresar un nombre de usuario, contraseña y asignar el usuario al grupo anteriormente creado.

Figura 45. Crear usuario y asignar a grupo



Fuente. Obtenida de la interfaz web de TrueNAS.

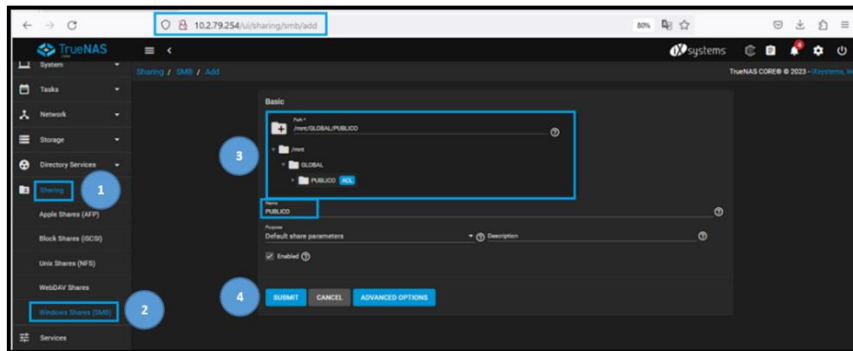
Figura 46. Verificación de usuario creado



Fuente. Obtenida de la interfaz web de TrueNAS.

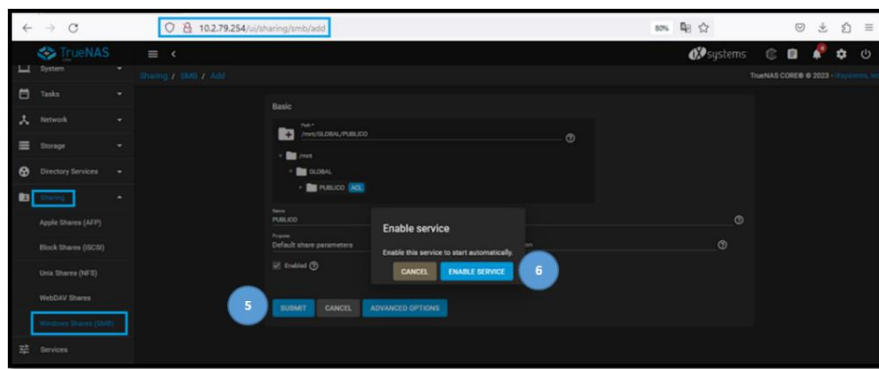
- **Compartir Carpeta y Habilitar el Servicio**

1. Elegir opciones **Sharing** y **Windows Shares (SMB)** del menú principal para compartir carpeta en Windows y agregamos a la carpeta creada anteriormente.

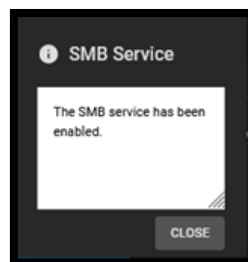
Figura 47. *Compartir carpeta y asignar a carpeta creada*

Fuente. Obtenida de la interfaz web de TrueNAS.

2. Clic en botones **SUBMIT** y **ENABLE SERVICE** para habilitar el servicio a carpeta creada.


Figura 48. *Habilitar el servicio*

Fuente. Obtenida de la interfaz web de TrueNAS.

Figura 49. *Verificación de servicio habilitado*

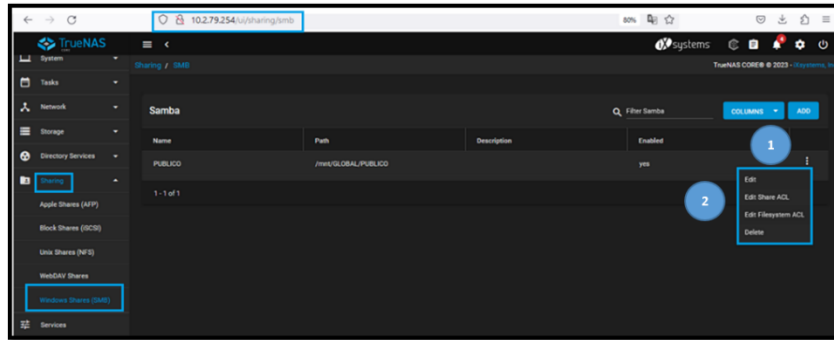
Fuente. Obtenida de la interfaz web de TrueNAS.

- **Dar Permisos a Carpeta**

1. Ir a botón  y elegir opción **Edit Share ACL**.

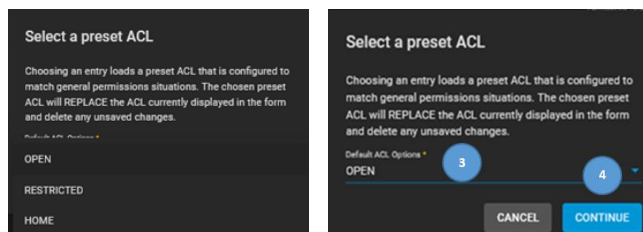
PLATAFORMA PROXMOX COMO ALTERNATIVA PARA LA VIRTUALIZACIÓN DE SERVIDORES

Figura 50. Dar permisos a carpeta



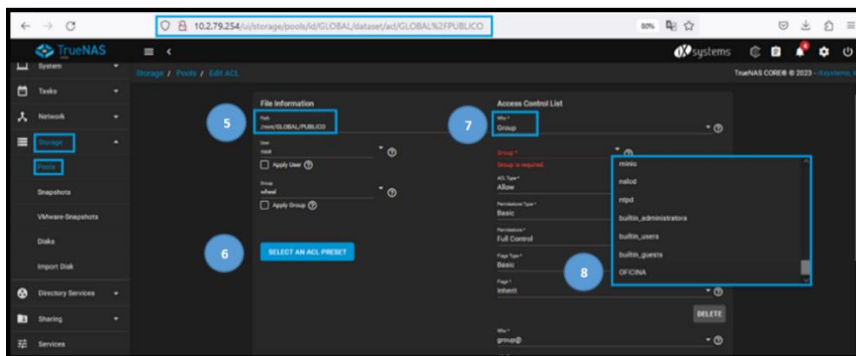
Fuente. Obtenida de la interfaz web de TrueNAS.

Figura 51. Elegir todos los permisos (OPEN)



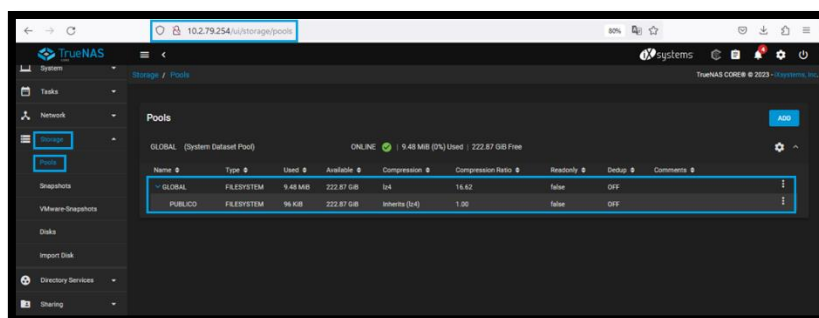
Fuente. Obtenida de la interfaz web de TrueNAS.

Figura 52. Elegir carpeta compartida para dar todos los permisos



Fuente. Obtenida de la interfaz web de TrueNAS.

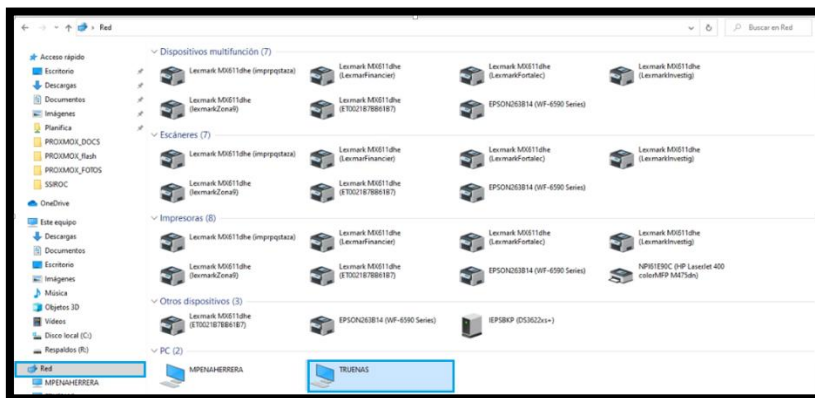
Figura 53. Verificación de carpeta compartida con todos los permisos



Fuente. Obtenida de la interfaz web de TrueNAS.

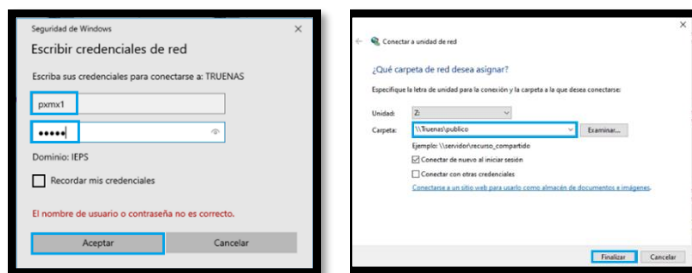
- **Verificación de Carpeta Compartida en Cliente Windows**

Figura 54. Verificación de carpeta compartida en cliente Windows



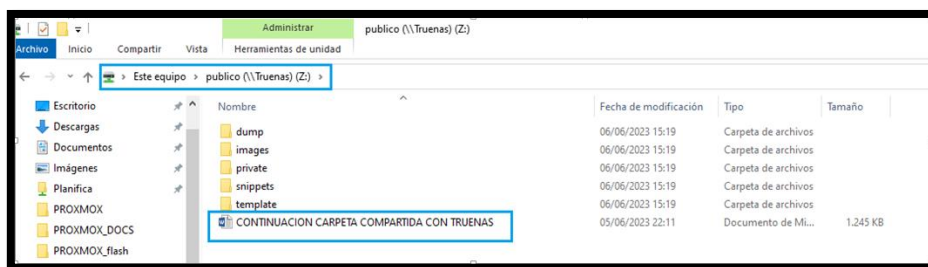
Fuente. Obtenida de la interfaz web de TrueNAS.

Figura 55. Acceso a carpeta compartida



Fuente. Obtenida de la interfaz web de TrueNAS.

Figura 56. Prueba de acceso a carpeta compartida en Windows



Fuente. Obtenida de la interfaz web de TrueNAS.

7.4. Anexo D. Funcionalidades de Administración de Proxmox VE

7.4.1. Procedimiento para actualizar Proxmox VE

(Manuel C. , 2017). Los requisitos previos para actualizar *Proxmox VE* son los siguientes:

- Servidor Proxmox VE instalado correctamente.
- Acceso con perfil root al servidor *Proxmox VE*.
- Conexión a internet.

Para actualizar *Proxmox VE* se sigue la secuencia de pasos que se presentan desde la Figura 57 hasta la Figura 64. (Manuel C. , 2017).

1. Clic en nombre del nodo, elegir opción **Actualizaciones** y luego clic en opción **Shell**.

Figura 57. Clúster Proxmox VE con un nodo

The screenshot shows the Proxmox VE web interface for a cluster with one node named 'pve2'. The interface is divided into several sections:

- Left Sidebar:** Contains navigation options such as 'Centro de datos', 'pve2', 'DNS', 'Hosts', 'Opciones', 'Horario', 'Syslog', 'Actualizaciones' (highlighted with a blue circle and number 2), 'Repositorios', 'Cortafuego', 'Discos', 'LVM', 'LVM-Thin', 'Directorio', and 'ZFS'.
- Main Panel:** Shows system update controls including 'Actualizar Sistema' and 'Changelog'. Below this is a table of packages to be updated.
- Task Log:** Located at the bottom, it displays a list of tasks performed on the node.

Paquete	actual	nuevo	Descripción
Origin: Debian (37 Items)			
base-files	11.1+deb1...	11.1+deb1...	Debian base system miscellaneous files
bind9-dnswtills	1.9.16.37-1...	1.9.16.42-1...	Clients provided with BIND 9
bind9-host	1.9.16.37-1...	1.9.16.42-1...	DNS Lookup Utility
bind9-libs	1.9.16.37-1...	1.9.16.42-1...	Shared Libraries used by BIND 9
debian-archive-keyring	2021.1.1	2021.1.1+...	GnuPG archive keys of the Debian archive
grep	3.6-1	3.6-1+deb...	GNU grep, egrep and fgrep
isc-dhcp-client	4.4.1-2.3+...	4.4.1-2.3+...	DHCP client for automatically obtaining an IP address
isc-dhcp-common	4.4.1-2.3+...	4.4.1-2.3+...	common manpages relevant to all of the isc-dhcp packages
libavahi-client3	0.8-5+deb...	0.8-5+deb...	Avahi client library
libavahi-common-data	0.8-5+deb...	0.8-5+deb...	Avahi common data files
libavahi-common3	0.8-5+deb...	0.8-5+deb...	Avahi common library
libc-bin	2.31-13+d...	2.31-13+d...	GNU C Library: Binaries
libc-l10n	2.31-13+d...	2.31-13+d...	GNU C Library: localization files

Log del cluster					
Hora de Inicio ↓	Hora final	Nodo	Nombre de Usuario	Descripción	Estado
Jul 05 03:47:32	Jul 05 03:48:12	pve2	root@pam	Actualización de paquetes en la Base de Datos	OK
Jul 04 05:30:32	Jul 04 05:31:12	pve2	root@pam	Actualización de paquetes en la Base de Datos	OK

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

2. En la ventana Shell, ingresar los comandos: **apt update** y **apt dist-upgrade**, para actualizar los paquetes Debian. Aparecerán los siguientes errores:

Figura 58. Intento de actualización de Proxmox VE

```
Linux pve2 5.15.102-1-pve #1 SMP PVE 5.15.102-1 (2023-03-14T13:48Z) x86_64

The programs included with the Debian GNU/Linux system are free software;
the exact distribution terms for each program are described in the
individual files in /usr/share/doc/*/copyright.

Debian GNU/Linux comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY, to the extent
permitted by applicable law.
Last login: Thu Jun 29 20:50:22 -05 2023 on pts/0
root@pve2:~# apt update
Get:1 http://security.debian.org bullseye-security InRelease [48.4 kB]
Get:2 http://security.debian.org bullseye-security/main amd64 Packages [252 kB]
Get:3 http://security.debian.org bullseye-security/main Translation-en [164 kB]
Hit:4 http://ftp.debian.org/debian bullseye InRelease
Get:5 http://ftp.debian.org/debian bullseye-updates InRelease [44.1 kB]
Err:6 https://enterprise.proxmox.com/debian/pve bullseye InRelease
      401 Unauthorized [IP: 144.217.225.162 443]
Reading package lists... Done
E: Failed to fetch https://enterprise.proxmox.com/debian/pve/dists/bullseye/InRelease 401 Unauthorized [IP: 144.217.225.162 443]
E: The repository 'https://enterprise.proxmox.com/debian/pve bullseye InRelease' is not signed.
N: Updating from such a repository can't be done securely, and is therefore disabled by default.
N: See apt-secure(8) manpage for repository creation and user configuration details.
root@pve2:~#
```

Fuente. Obtenida de la interfaz web de Proxmox VE.

3. Para solucionar los errores, ingresar mediante el editor **VI**³⁰ al repositorio Enterprise de Proxmox VE con la siguiente línea de comando:

vi /etc/apt/sources.list.d/pve-enterprise.list

Figura 59. Ingreso por editor VI a repositorio Enterprise de Proxmox VE

```
Debian GNU/Linux comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY, to the extent
permitted by applicable law.
Last login: Thu Jun 29 20:50:22 -05 2023 on pts/0
root@pve2:~# apt update
Get:1 http://security.debian.org bullseye-security InRelease [48.4 kB]
Get:2 http://security.debian.org bullseye-security/main amd64 Packages [252 kB]
Get:3 http://security.debian.org bullseye-security/main Translation-en [164 kB]
Hit:4 http://ftp.debian.org/debian bullseye InRelease
Get:5 http://ftp.debian.org/debian bullseye-updates InRelease [44.1 kB]
Err:6 https://enterprise.proxmox.com/debian/pve bullseye InRelease
      401 Unauthorized [IP: 144.217.225.162 443]
Reading package lists... Done
E: Failed to fetch https://enterprise.proxmox.com/debian/pve/dists/bullseye/InRelease 401 Unauthorized [IP: 144.217.225.162 443]
E: The repository 'https://enterprise.proxmox.com/debian/pve bullseye InRelease' is not signed.
N: Updating from such a repository can't be done securely, and is therefore disabled by default.
N: See apt-secure(8) manpage for repository creation and user configuration details.
root@pve2:~# ^C
root@pve2:~# vi /etc/apt/sources.list.d/pve-enterprise.list
```

Fuente. Obtenida de la interfaz web de Proxmox VE.

³⁰ **Editor VI.** Editor de texto propio del sistema operativo UNIX que permite ingresar comandos.

4. Deshabilitar la línea donde está el repositorio Enterprise de *Proxmox VE* anteponiendo el carácter especial **#**:

Figura 60. Deshabilitar línea donde está repositorio Enterprise de *Proxmox VE*

```
#deb https://enterprise.proxmox.com/debian/pve bullseye pve-enterprise
```

Nota. Para salir grabando en el editor VI utilizar: **:q!**

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

5. Ingresar mediante el editor VI al repositorio que utilizan los usuarios sin suscripción con la siguiente línea de comando:

vi /etc/apt/sources.list

Figura 61. Ingreso por editor VI a repositorio sin suscripción de *Proxmox VE*

```
Debian GNU/Linux comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY, to the extent
permitted by applicable law.
Last login: Thu Jun 29 20:50:22 -05 2023 on pts/0
root@pve2:~# apt update
Get:1 http://security.debian.org bullseye-security InRelease [48.4 kB]
Get:2 http://security.debian.org bullseye-security/main amd64 Packages [252 kB]
Get:3 http://security.debian.org bullseye-security/main Translation-en [164 kB]
Hit:4 http://ftp.debian.org/debian bullseye InRelease
Get:5 http://ftp.debian.org/debian bullseye-updates InRelease [44.1 kB]
Err:6 https://enterprise.proxmox.com/debian/pve bullseye InRelease
 401 Unauthorized [IP: 144.217.225.162 443]
Reading package lists... Done
E: Failed to fetch https://enterprise.proxmox.com/debian/pve/dists/bullseye/InRelease 401 Unauthorized [IP: 144.217.225.162 443]
E: The repository 'https://enterprise.proxmox.com/debian/pve bullseye InRelease' is not signed.
N: Updating from such a repository can't be done securely, and is therefore disabled by default.
N: See apt-secure(8) manpage for repository creation and user configuration details.
root@pve2:~# ^C
root@pve2:~# vi /etc/apt/sources.list.d/pve-enterprise.list
root@pve2:~# vi /etc/apt/sources.list
```

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

6. Añadir las siguientes líneas de código para activar *Proxmox VE* sin suscripción:

Figura 62. Insertar repositorio sin suscripción de *Proxmox VE*

```
deb http://ftp.debian.org/debian bullseye main contrib

deb http://ftp.debian.org/debian bullseye-updates main contrib

# security updates

deb http://security.debian.org bullseye-security main contrib
#Sin suscripción
deb http://download.proxmox.com/debian stretch pve-no-subscription
```

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

7. En ventana Shell, ingresar nuevamente los comandos **apt update** y **apt dist-upgrade**, para actualizar Proxmox VE.

Figura 63. Actualización de Proxmox VE

```

root@pve2:~# apt update
Hit:1 http://security.debian.org bullseye-security InRelease
Hit:2 http://ftp.debian.org/debian bullseye InRelease
Hit:3 http://ftp.debian.org/debian bullseye-updates InRelease
Get:4 http://download.proxmox.com/debian stretch InRelease [3,052 B]
Err:5 https://enterprise.proxmox.com/debian/pve bullseye InRelease
 401 Unauthorized [IP: 144.217.225.162 443]
Err:4 http://download.proxmox.com/debian stretch InRelease
  The following signatures couldn't be verified because the public ke
Reading package lists... Done
E: Failed to fetch https://enterprise.proxmox.com/debian/pve/dists/bu
E: The repository 'https://enterprise.proxmox.com/debian/pve bullseye
N: Updating from such a repository can't be done securely, and is the
N: See apt-secure(8) manpage for repository creation and user configu
W: GPG error: http://download.proxmox.com/debian stretch InRelease: T
  label: NO_PUBKEY 0D9A1950E2EF0603
E: The repository 'http://download.proxmox.com/debian stretch InRelea
N: Updating from such a repository can't be done securely, and is the
N: See apt-secure(8) manpage for repository creation and user configu
root@pve2:~# apt dist-upgrade
Reading package lists... Done
Building dependency tree... Done
Reading state information... Done
Calculating upgrade... Done
The following packages will be upgraded:
  base-files bind9-dnssutils bind9-host bind9-libs debian-archive-keyr
  libavahi-common-data libavahi-common3 libc-bin libc-l10n libc6 libg
  libpam-systemd libssl1.1 libsystemd0 libtinfo6 libudev1 libunbound8
  openssl postfix systemd systemd-sysv traceroute tzdata udev
38 upgraded, 0 newly installed, 0 to remove and 0 not upgraded.
Need to get 29.7 MB of archives.
After this operation, 46.1 kB of additional disk space will be used.
Do you want to continue? [Y/n] y

```

Fuente. Obtenida de la interfaz web de Proxmox VE.

Figura 64. Verificación de actualización de Proxmox VE

```

Setting up libncursesw6:amd64 (6.2+20201114-2+deb11u1) ...
Setting up postfix (3.5.18-0+deb11u1) ...

Postfix (main.cf) configuration was untouched. If you need to make changes,
edit /etc/postfix/main.cf (and others) as needed. To view Postfix
configuration values, see postconf(1).

After modifying main.cf, be sure to run 'systemctl reload postfix'.

Setting up libpam-systemd:amd64 (247.3-7+deb11u2) ...
Setting up libx11-6:amd64 (2:1.7.2-1+deb11u1) ...
Setting up isc-dhcp-common (4.4.1-2.3+deb11u2) ...
Setting up openssl (1.1.1n-0+deb11u5) ...
Setting up libxml2:amd64 (2.9.10+dfsg-6.7+deb11u4) ...
Setting up ncurses-term (6.2+20201114-2+deb11u1) ...
Setting up bind9-libs:amd64 (1:9.16.42-1-deb11u1) ...
Setting up libavahi-common3:amd64 (0.8-5+deb11u2) ...
Setting up bind9-host (1:9.16.42-1-deb11u1) ...
Setting up libavahi-client3:amd64 (0.8-5+deb11u2) ...
Setting up bind9-dnssutils (1:9.16.42-1-deb11u1) ...
Processing triggers for libc-bin (2.31-13+deb11u6) ...
Processing triggers for rsyslog (8.2102.0-2+deb11u1) ...
Processing triggers for man-db (2.9.4-2) ...
Processing triggers for dbus (1.12.24-0+deb11u1) ...
Processing triggers for initramfs-tools (0.140) ...
update-initramfs: Generating /boot/initrd.img-5.15.102-1-pve
Progress: 95% [#####]

```

Fuente. Obtenida de la interfaz web de Proxmox VE.

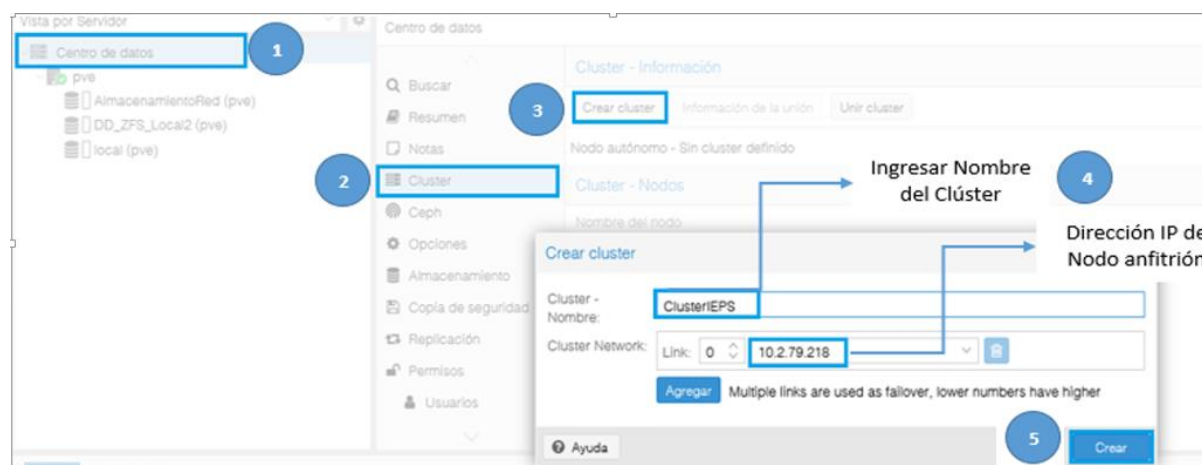
7.4.2. Procedimiento para crear clúster y añadir nodos

Para crear un clúster y añadir nodos al mismo se sigue la secuencia de pasos que se presentan desde la Figura 65 hasta la Figura 69. (Branduche, No solo Hacking, 2022).

- **Crear Clúster**

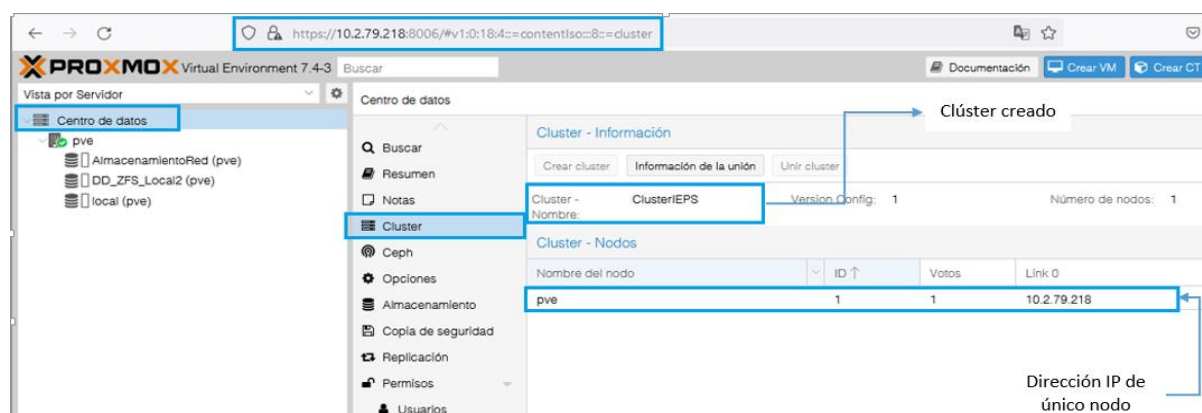
1. Clic en opción **Centro de datos**, luego en opción **Clúster** y en **Crear clúster**.
2. Ingresar en Nombre del clúster y dar clic en botón **Crear**.

Figura 65. Crear clúster Proxmox VE



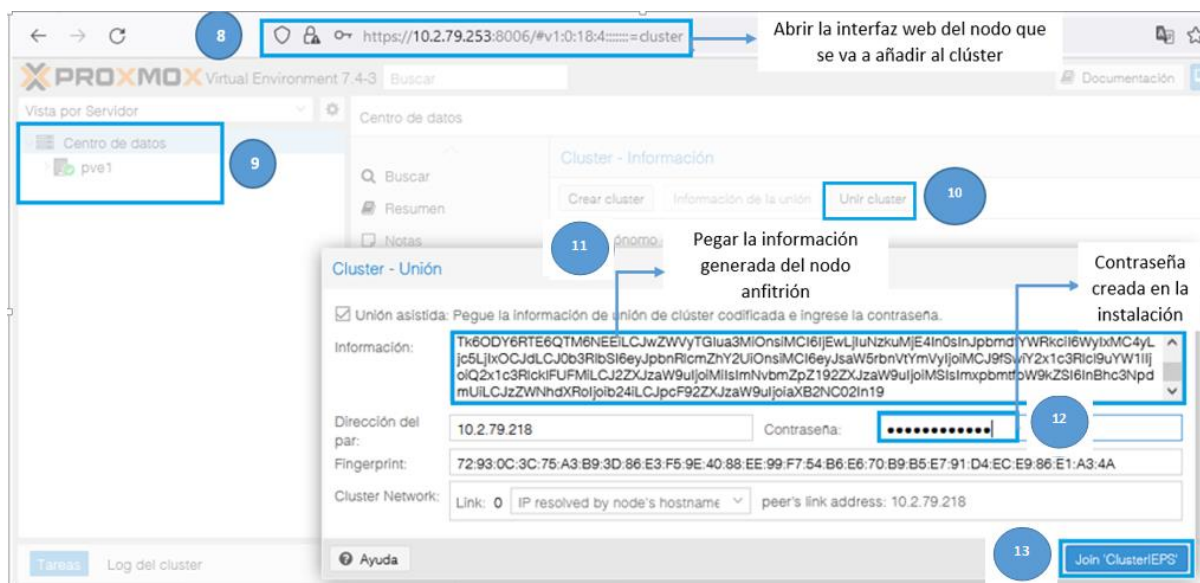
Fuente. Obtenida de la interfaz web de Proxmox VE.

Figura 66. Verificación de clúster Proxmox VE con un nodo



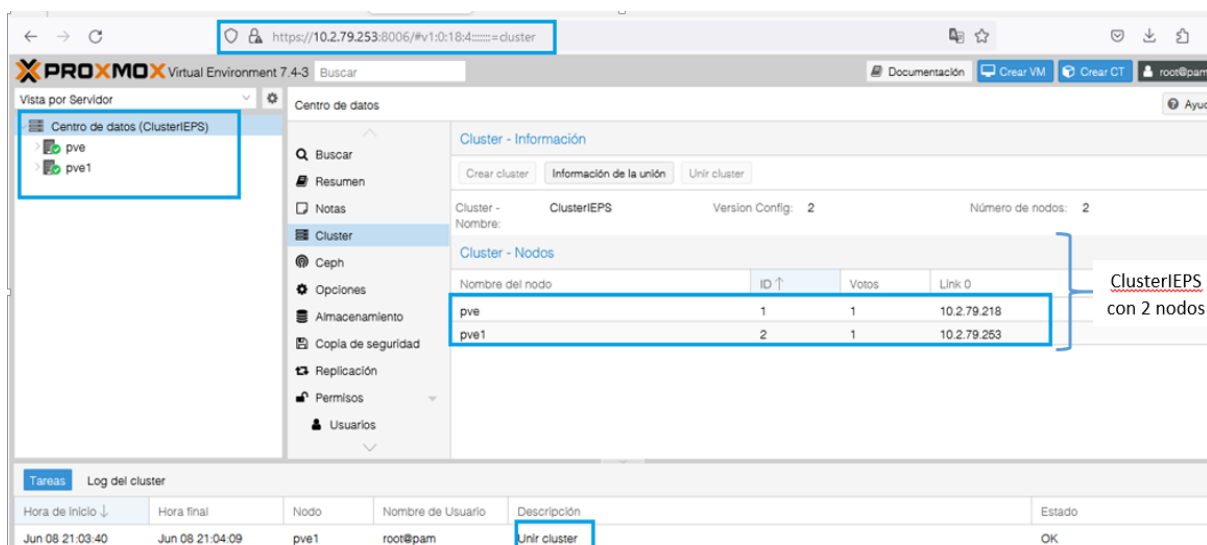
Fuente. Obtenida de la interfaz web de Proxmox VE.

PLATAFORMA PROXMOX COMO ALTERNATIVA PARA LA VIRTUALIZACIÓN DE SERVIDORES

Figura 68. Unir nuevo nodo al clúster Proxmox VE

Fuente. Obtenida de la interfaz web de Proxmox VE.

Finalmente, en la Figura 69, se observa el clúster generado con dos nodos.

Figura 69. Clúster Proxmox VE con dos nodos

Nota. Los nombres de los nodos añadidos al clúster, no podrán ser modificados.

Fuente. Obtenida de la interfaz web de Proxmox VE.

7.5. Anexo E. Funcionalidades de Almacenamiento en Proxmox VE

7.5.1. Procedimiento para maximizar el almacenamiento de directores

Para maximizar el almacenamiento de directores en *Proxmox VE* se sigue la secuencia de pasos que se presentan desde la Figura 70 hasta la Figura 72. (Branduche, No Solo Hacking, 2022).

Abrir la ventana Shell e ingresar los siguientes comandos:

1. Eliminar el volumen lógico:

```
Last login: Thu Jun 1 09:43:04 -05 20
root@pve:~# lvremove /dev/pve/data
root@pve:~# lvremove /dev/pve/data
Do you really want to remove active logical volume pve/data? [y/n]: y
```

2. Añadir al tamaño del almacenamiento local el valor liberado del tipo lógico eliminado:

```
Logical volume "data" successfully removed
root@pve:~# lvresize -l +100%FREE /dev/pve/root
```

3. Actualizar el file system para visualizar el valor sumado:

```
Size of logical volume pve/root changed from
Logical volume pve/root successfully resized.
root@pve:~# resize2fs /dev/mapper/pve-root
root@pve:~# lvresize -l +100%FREE /dev/pve/root
Size of logical volume pve/root changed from 96.00 GiB (24576 extents) to <924.82 GiB (236753 extents).
Logical volume pve/root successfully resized.
root@pve:~# resize2fs 1.46.5 (30-Dec-2021)
Filesystem at /dev/mapper/pve-root is mounted on /; on-line resizing required
old_desc blocks = 12, new_desc blocks = 116
The filesystem on /dev/mapper/pve-root is now 242435072 (4k) blocks long.
root@pve:~#
```

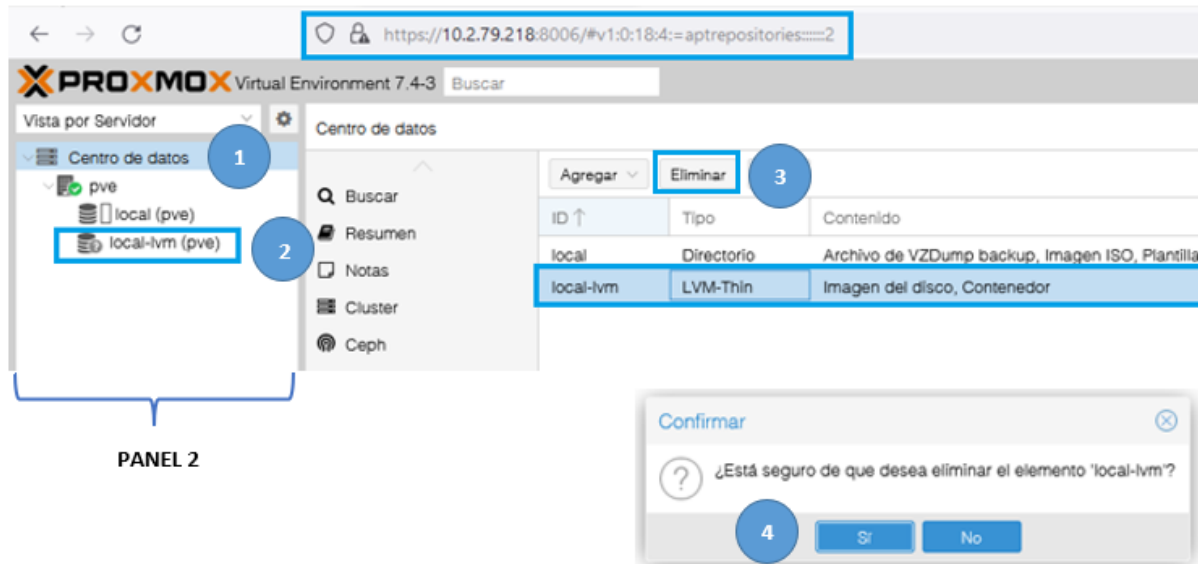
- Eliminar volumen lógico (local-lvm):

1. Clic en **Centro de datos**
2. Clic en **local-lvm (pve)**

PLATAFORMA PROXMOX COMO ALTERNATIVA PARA LA VIRTUALIZACIÓN DE SERVIDORES

3. Clic en botón **Eliminar**
4. Clic en botón **Si**

Figura 70. Eliminar volumen lógico de panel 2 en Proxmox VE

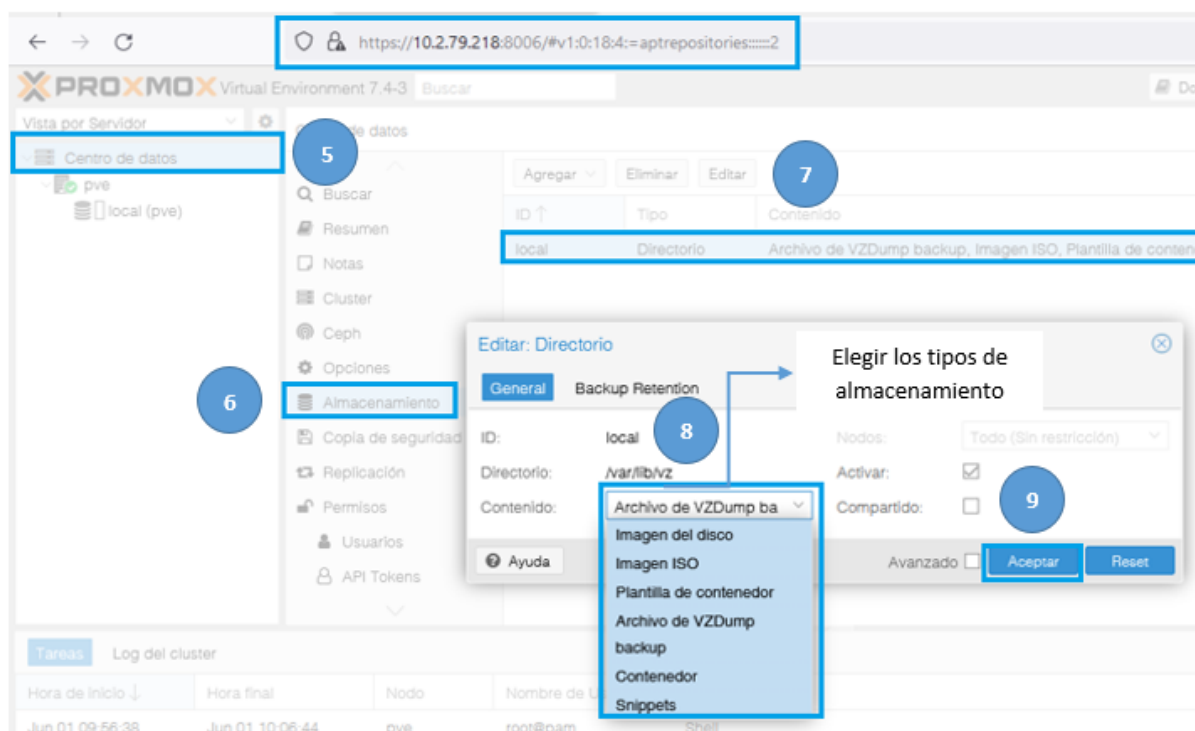


Nota. Para eliminar local-ivm debe cambiar el estado de “disponible” (available) a “desconocido” (unknown), para obtener el cambio, es necesario reiniciar el nodo.

Fuente. Obtenida de la interfaz web de Proxmox VE.

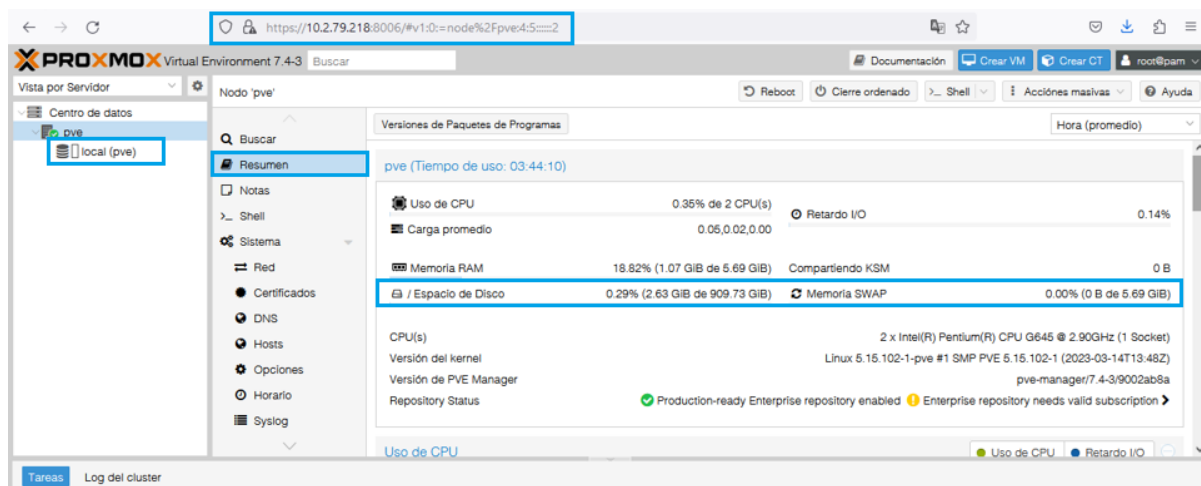
5. Elegir los tipos de almacenamiento que contendrá el directorio local maximizado.
6. Clic en botón **Aceptar**

PLATAFORMA PROXMOX COMO ALTERNATIVA PARA LA VIRTUALIZACIÓN DE SERVIDORES

Figura 71. Añadir tipos de almacenamiento en directorio maximizado

Fuente. Obtenida de la interfaz web de Proxmox VE.

Finalmente, en la Figura 72, se observa un único almacenamiento local con la capacidad de almacenamiento maximizada.

Figura 72. Resultado de almacenamiento local maximizado

Fuente. Obtenida de la interfaz web de Proxmox VE.

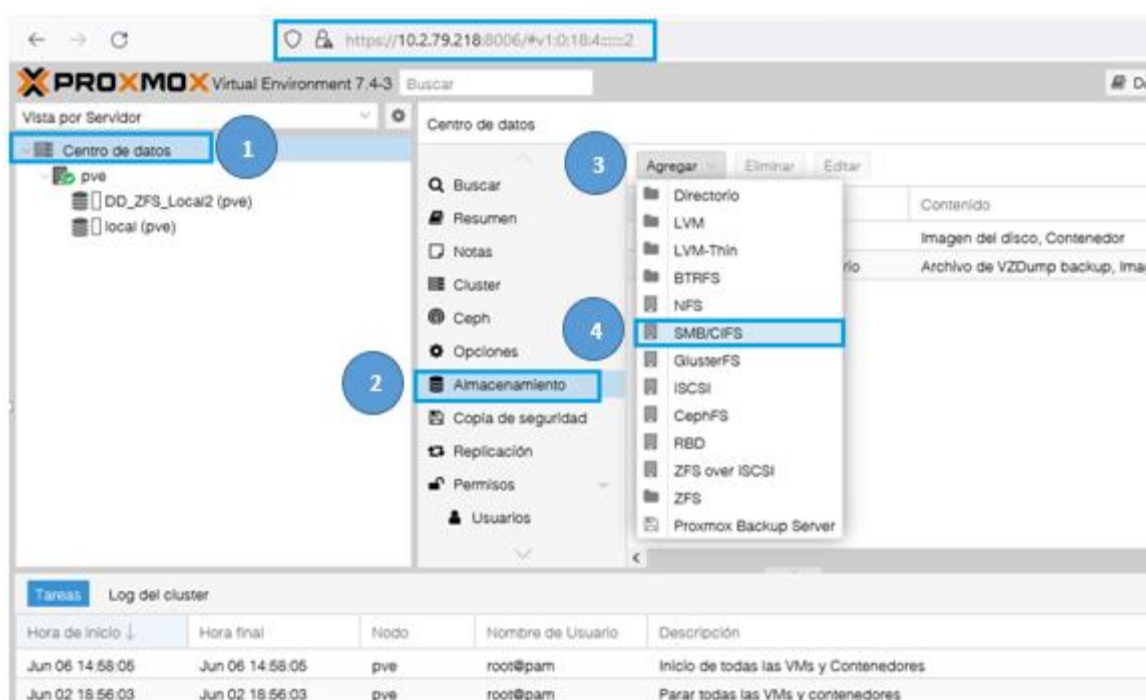
7.5.2. Procedimiento para crear almacenamiento por red

Para implementar el almacenamiento por red en *Proxmox VE*, se sigue la secuencia de pasos que presentan las Figuras 73 y 74. (Branduche, No Solo Hacking, 2022).

- **Crear Almacenamiento por Red**

1. Clic en opción **Centro de datos**, luego en opción **Almacenamiento** y en botón **Agregar**.
2. Elegir el tipo de almacenamiento.

Figura 73. Almacenamiento por red en Proxmox VE



Nota. SMB/CIFS son protocolos asociados a UNIX para compartir archivos a través de una red LAN.

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

3. Ingresar un nombre para el almacenamiento de red.
4. Ingresar la dirección IP del servidor NAS previamente implementado.
5. Ingresar el usuario, contraseña y nombre de carpeta compartida previamente configurada en el servidor NAS.

6. Definir los nodos que van a acceder al almacenamiento en red.
7. Definir el tipo de contenido que va a guardar el almacenamiento en red.

Figura 74. Creación de almacenamiento por red en Proxmox VE



Nota. El proceso para crear y compartir la carpeta compartida en el servidor NAS se muestra en el **Anexo C**.

Fuente. Obtenida de la interfaz web de Proxmox VE.

7.6. Anexo F. Funcionalidades de Máquinas Virtuales en Proxmox VE

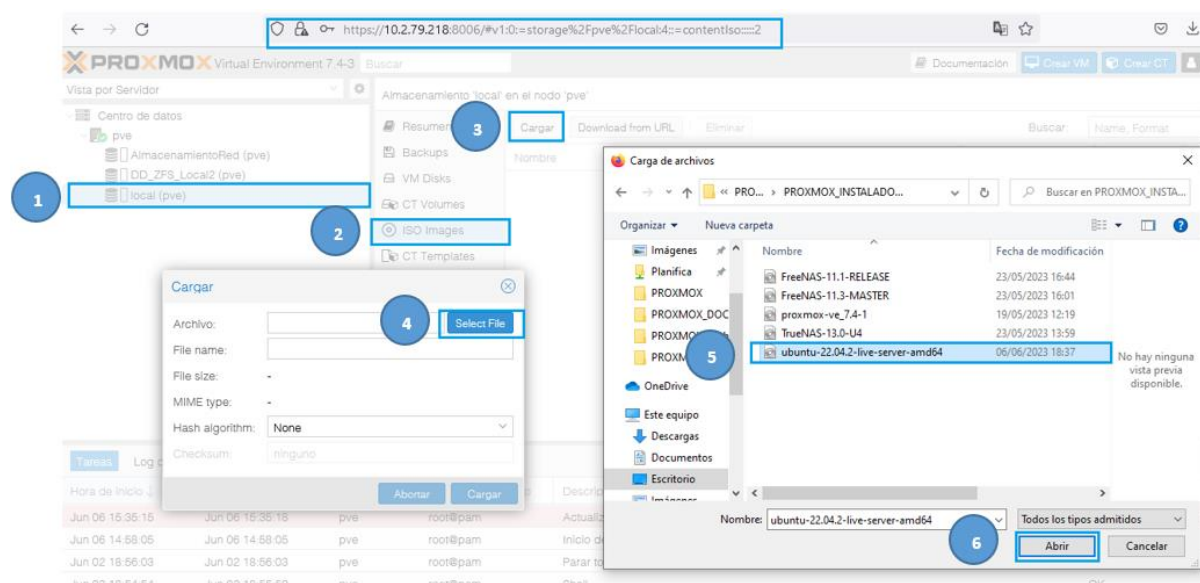
7.6.1. Creación de máquina virtual

Para la creación de una máquina virtual en *Proxmox VE*, se sigue la secuencia de pasos que presentan las Figuras comprendidas entre la 75 y 84. (Branduche, No Solo Hacking, 2022).

- **Cargar ISO de Sistema Operativo que Contendrá la Máquina Virtual**

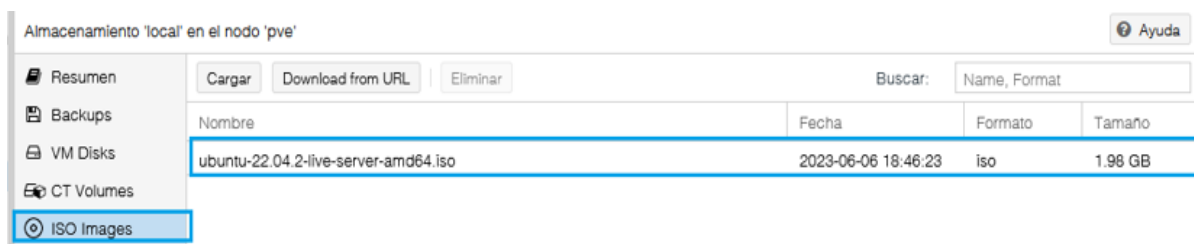
1. Clic en nodo
2. Clic en opción **ISO Images**
3. Clic en botón **Cargar**
4. Clic en botón **Select File**
5. Seleccionar **instalador ISO**
6. Clic en botón **Abrir**

Figura 75. Cargar ISO de sistema operativo Proxmox VE



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

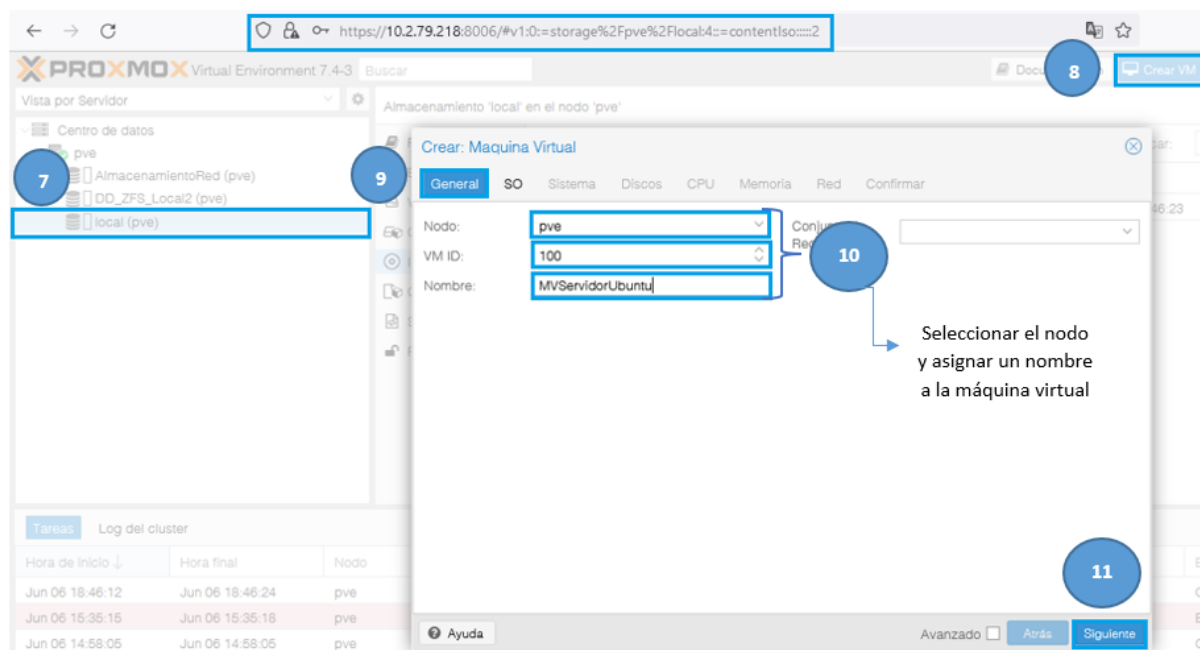
Finalmente, se visualiza el instalador ISO cargado.

Figura 76. ISO de sistema operativo cargado

Fuente. Obtenida de la interfaz web de Proxmox VE

- **Crear Máquina Virtual en Proxmox VE**

1. Clic en nodo
2. Clic en botón **Crear VM**
3. Clic en ficha **General**
4. Seleccionar el nodo donde se creará la máquina virtual
5. Ingresar el nombre de la máquina virtual
6. Clic en botón **Siguiente**

Figura 77. Crear máquina virtual en Proxmox VE ficha general

Fuente. Obtenida de la interfaz web de Proxmox VE

7. Clic en ficha **SO**

8. Elegir tipo de almacenamiento **local**

9. Clic en botón **Siguiente**

Figura 78. Crear máquina virtual en Proxmox VE ficha SO

Crear: Máquina Virtual

General **SO** Sistema Discos CPU Memoria Red Confirmar

Usar imagen de disco (ISO) de CD/DVD : **13**

Almacenamiento: **local** **12** Tipo: Linux

Imagen ISO: **tu-22.04.2-live-server-amd64.iso** Versión: 6.x - 2.6 Kernel

Usar lector físico de CD/DVD

No usar algún medio

Espacio donde se encuentra almacenada la ISO

14

Avanzado Atrás Siguiente

Fuente. Obtenida de la interfaz web de Proxmox VE

10. Clic en ficha **Sistema**

11. Clic en botón **Siguiente**

Figura 79. Crear máquina virtual en Proxmox VE ficha sistema

Crear: Máquina Virtual

General **Sistema** Discos CPU Memoria Red Confirmar

Tarjeta gráfica: **Por defecto** **15** Controlador SCSI: VirtIO SCSI single

Machine: Por defecto (i440fx) Qemu Agent:

Firmware BIOS: Por defecto (SeaBIOS) Add TPM:

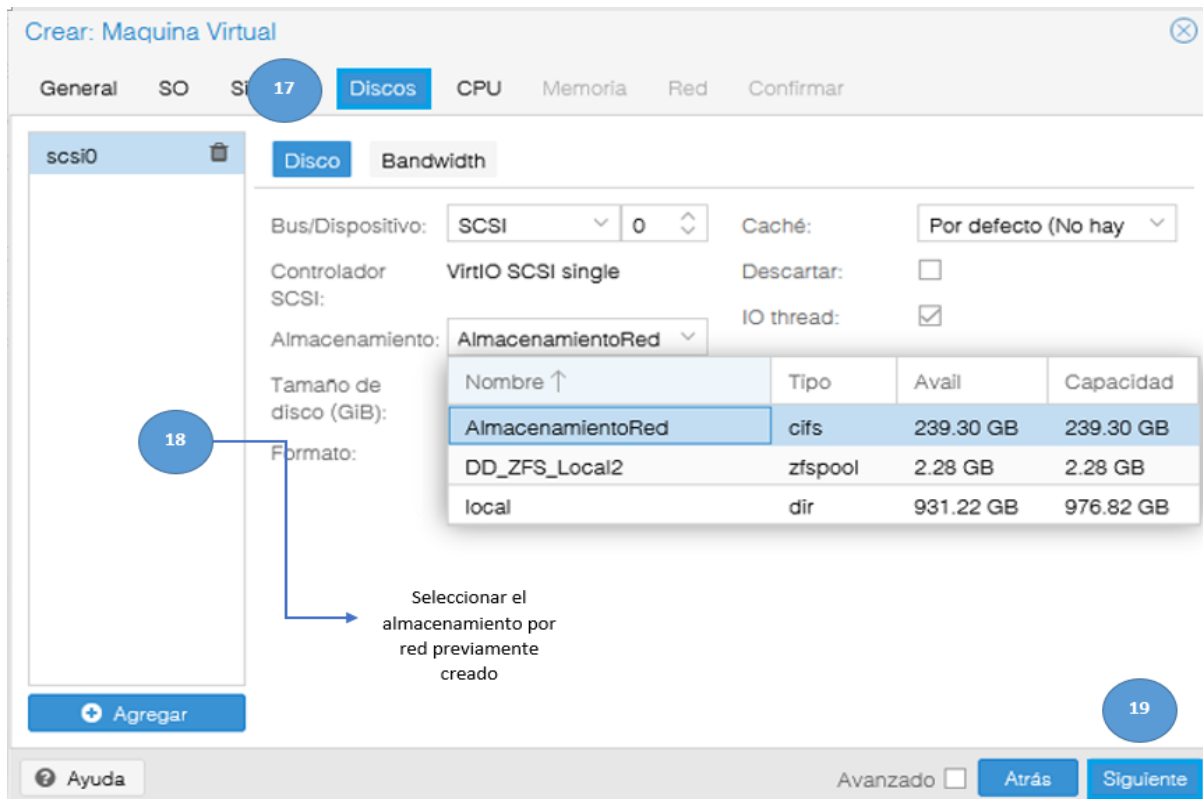
16

Ayuda Avanzado Atrás Siguiente

Fuente. Obtenida de la interfaz web de Proxmox VE

12. Clic en ficha **Discos**

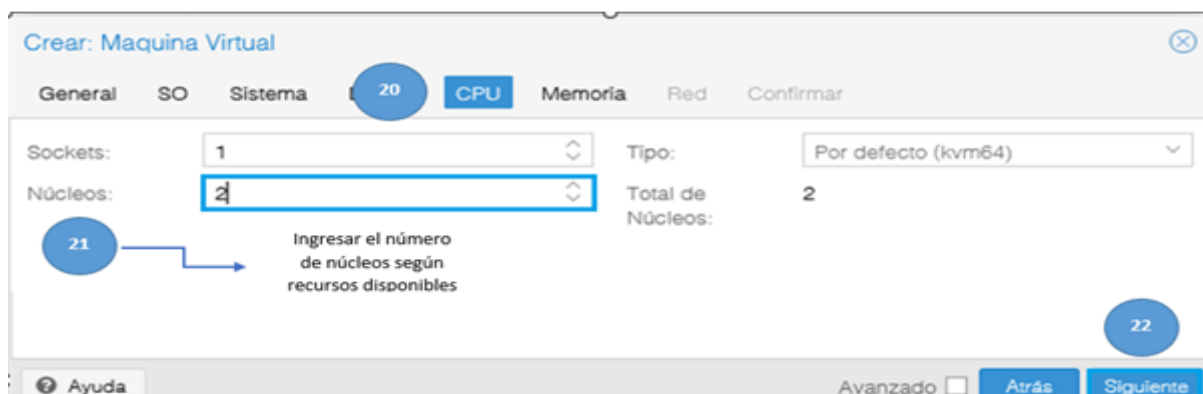
13. En Almacenamiento escoger **AlmacenamientoRed** creado anteriormente

14. Clic en botón **Siguiente****Figura 80.** Crear máquina virtual en Proxmox VE ficha Discos

Fuente. Obtenida de la interfaz web de Proxmox VE

15. Clic en ficha **CPU**

16. Ingresar el número de núcleos según recursos disponibles

17. Clic en botón **Siguiente****Figura 81.** Crear máquina virtual en Proxmox VE ficha CPU

Fuente. Obtenida de la interfaz web de Proxmox VE

PLATAFORMA PROXMOX COMO ALTERNATIVA PARA LA VIRTUALIZACIÓN DE SERVIDORES

18. Clic en ficha **Memoria**

19. Ingresar el número de memoria según recursos disponibles

20. Clic en botón **Siguiente**

Figura 82. Crear máquina virtual en Proxmox VE ficha Memoria

Crear: Máquina Virtual

General SO Sistema Discos **23** Memoria Red Confirmar

Memoria (MiB): 2048

24 Ingresar memoria RAM según recursos disponibles

25

Ayuda Avanzado Atrás Siguiente

Fuente. Obtenida de la interfaz web de Proxmox VE

21. Clic en ficha **Red**

22. Clic en botón **Siguiente**

Figura 83. Crear máquina virtual en Proxmox VE ficha Red

Crear: Máquina Virtual

General SO Sistema Discos CPU M **26** Red Confirmar

Sin dispositivo de red

Puente: vmlbr0 Modelo: VirtIO (paravirtualizado)

Etiqueta VLAN: no VLAN Dirección MAC: auto

Cortafuego:

27

Ayuda Avanzado Atrás Siguiente

Fuente. Obtenida de la interfaz web de Proxmox VE

23. Clic en ficha **Confirmar**

24. Clic en botón **Finalizar**

Figura 84. Crear máquina virtual en Proxmox VE ficha Confirmar

Key ↑	Value
cores	2
ide2	local:iso/ubuntu-22.04.2-live-server-amd64.iso,media=cdrom
memory	2048
name	MVServidorUbuntu
net0	virtio,bridge=vbr0,firewall=1
nodename	pve
numa	0
ostype	l26
scsi0	AlmacenamientoRed:32,format=qcow2,iotthread=on
scsihw	virtio-scsi-single
sockets	1
vmid	100

Start after created

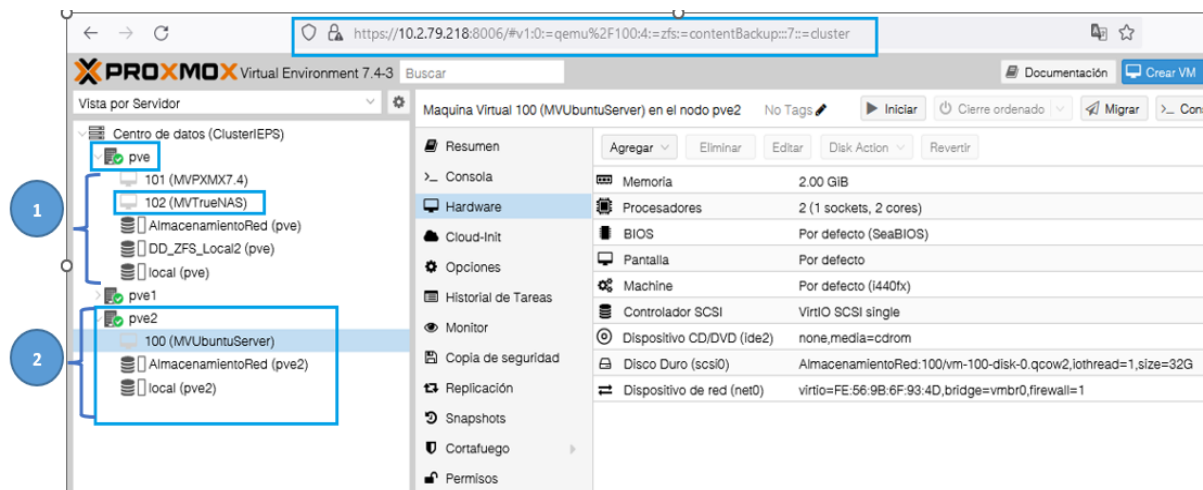
Avanzado Atrás Finalizar

Fuente. Obtenida de la interfaz web de Proxmox VE

7.6.2. Migración de máquina virtual

En el presente apartado se explica el proceso para migrar la máquina virtual 102 (MVTrueNAS) del nodo pve hacia el nodo pve2 del clúster ClusterIEPS previamente creado.

Figura 85. Revisión de contenidos de nodos para la migrar Proxmox VE



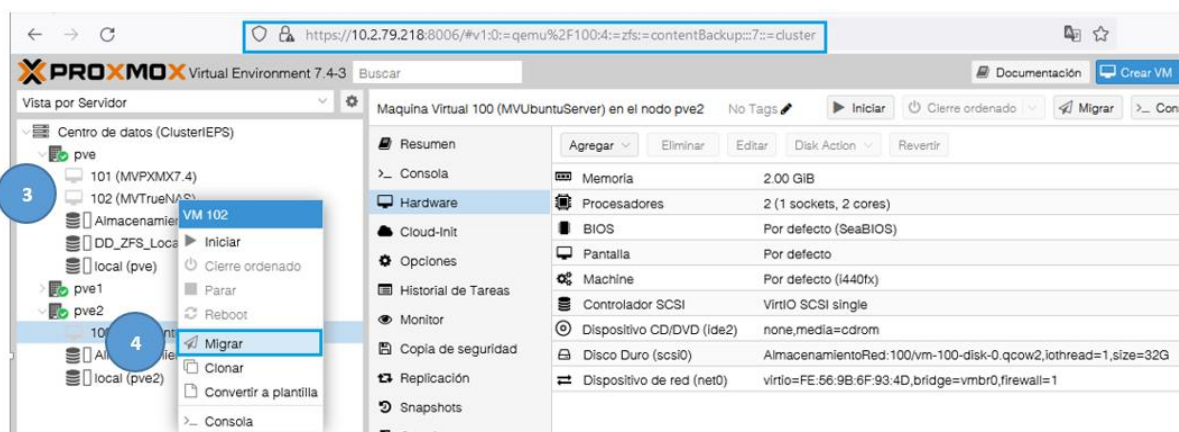
Nota. Para migrar máquinas virtuales y contenedores, los nodos deben activar la funcionalidad de virtualización.

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

Para la migración de una máquina virtual en *Proxmox VE*, se sigue la secuencia de pasos que presentan las Figuras 86, 87 y 88.

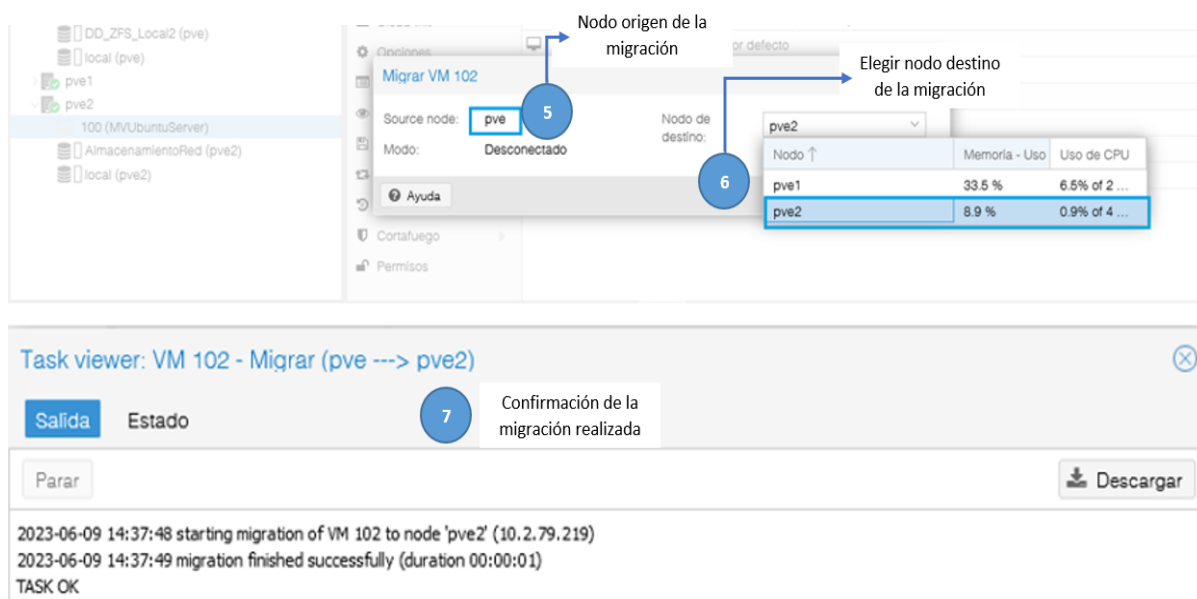
1. Clic derecho en máquina virtual **VM102**.
2. Escoger la opción **Migrar**.

PLATAFORMA PROXMOX COMO ALTERNATIVA PARA LA VIRTUALIZACIÓN DE SERVIDORES

Figura 86. Migrar máquina virtual seleccionada en Proxmox VE

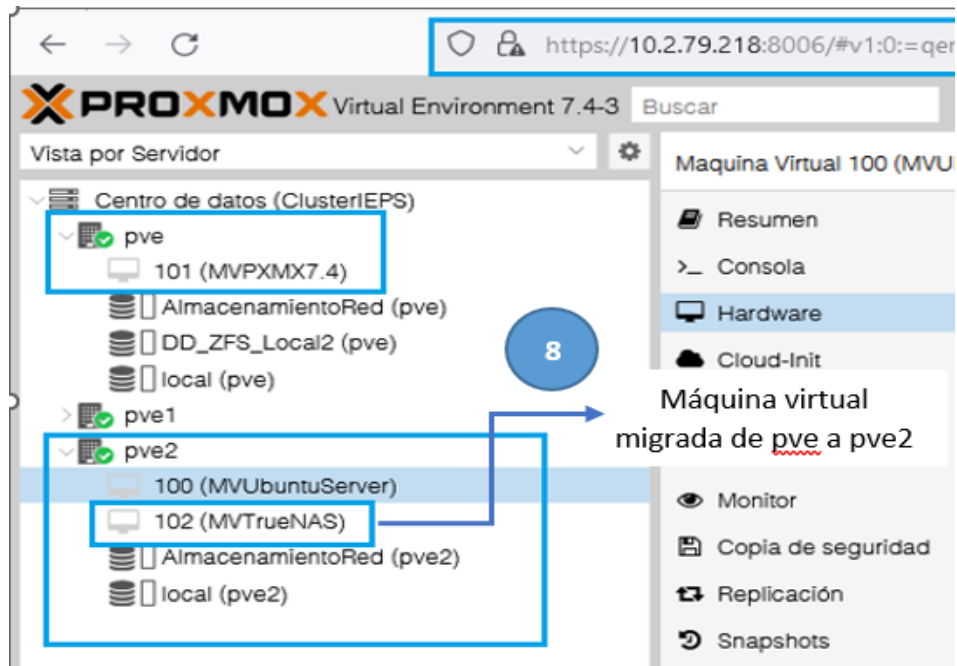
Fuente. Obtenida de la interfaz web de Proxmox VE

3. Elegir nodo destino de la migración **pve2**.
4. Confirmar la migración.

Figura 87. Elección de nodo destino para la migración en Proxmox VE

Fuente. Obtenida de la interfaz web de Proxmox VE

Finalmente, se obtiene la migración de la máquina virtual.

Figura 88. Verificación de máquina virtual migrada en Proxmox VE

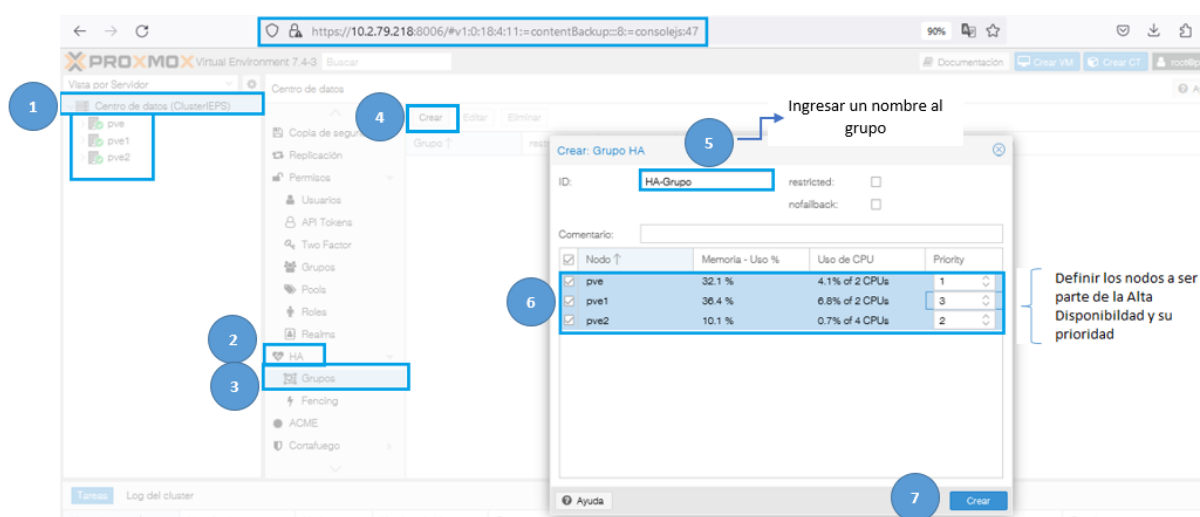
Fuente. Obtenida de la interfaz web de Proxmox VE

7.6.3. Alta disponibilidad

Para implementar la alta disponibilidad en la mini – red creada, se sigue la secuencia de pasos que presentan las Figuras desde la 89 a la 95. (Branduche, No Solo Hacking, 2022).

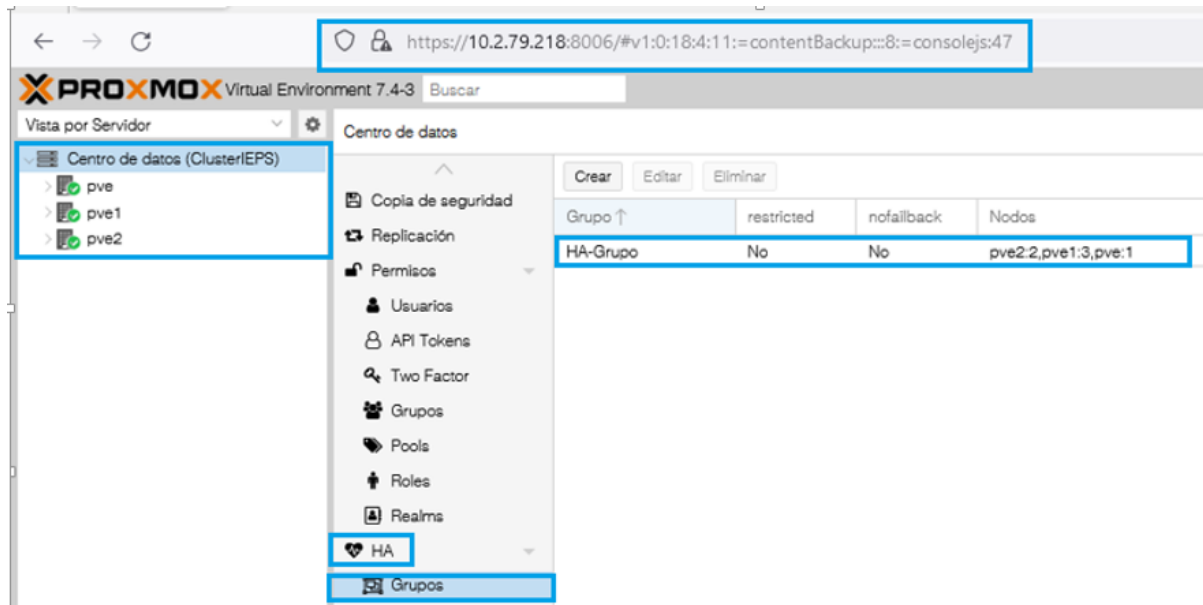
- **Crear grupo en Proxmox VE**
 1. Clic en **Centro de datos**
 2. Clic en opción **HA**
 3. Clic en opción **Grupos**
 4. Clic en botón **Crear**
 5. Ingresar el nombre del grupo
 6. Precisar los nodos que van a formar parte de la Alta Disponibilidad y definir la prioridad
 7. Clic en botón **Crear**

Figura 89. Crear grupo en Proxmox VE



Fuente. Obtenida de la interfaz web de Proxmox VE

Figura 90. Resultado de creación de grupo en Proxmox VE

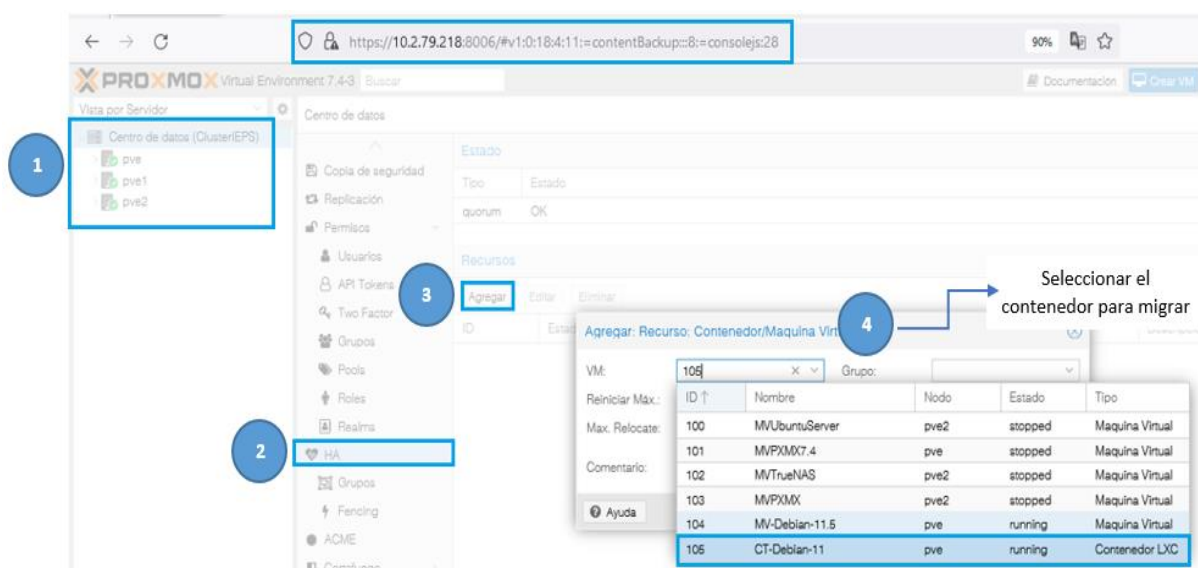


Fuente. Obtenida de la interfaz web de Proxmox VE

- **Definir Contenedor a Ser Migrado Mediante Alta Disponibilidad**

1. Clic en **Centro de datos**
2. Clic en opción **HA**
3. Clic en botón **Agregar**
4. Seleccionar contenedor a migrar

Figura 91. Contenedor a ser migrado mediante alta disponibilidad



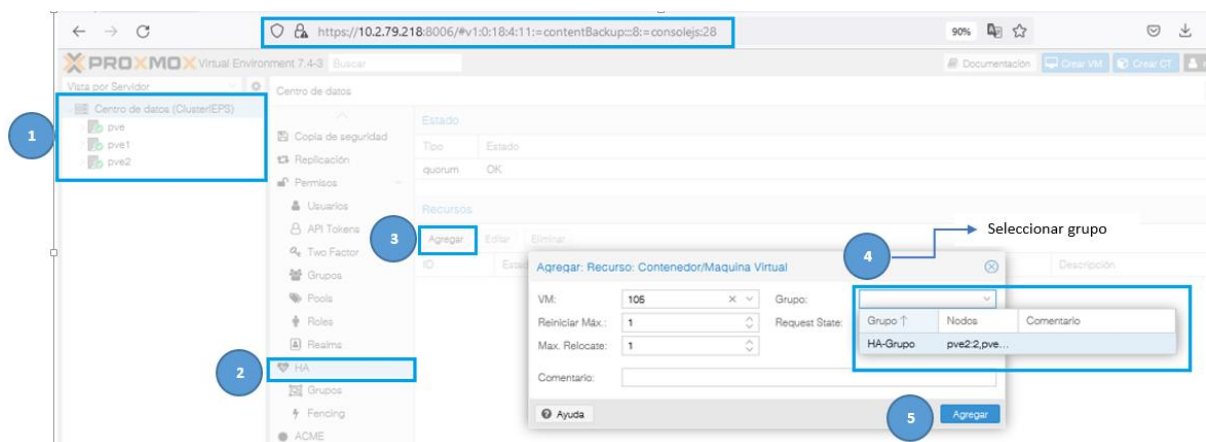
Fuente. Obtenida de la interfaz web de Proxmox VE

PLATAFORMA PROXMOX COMO ALTERNATIVA PARA LA VIRTUALIZACIÓN DE SERVIDORES

- **Vincular Contenedor con Grupo Anteriormente Creado**

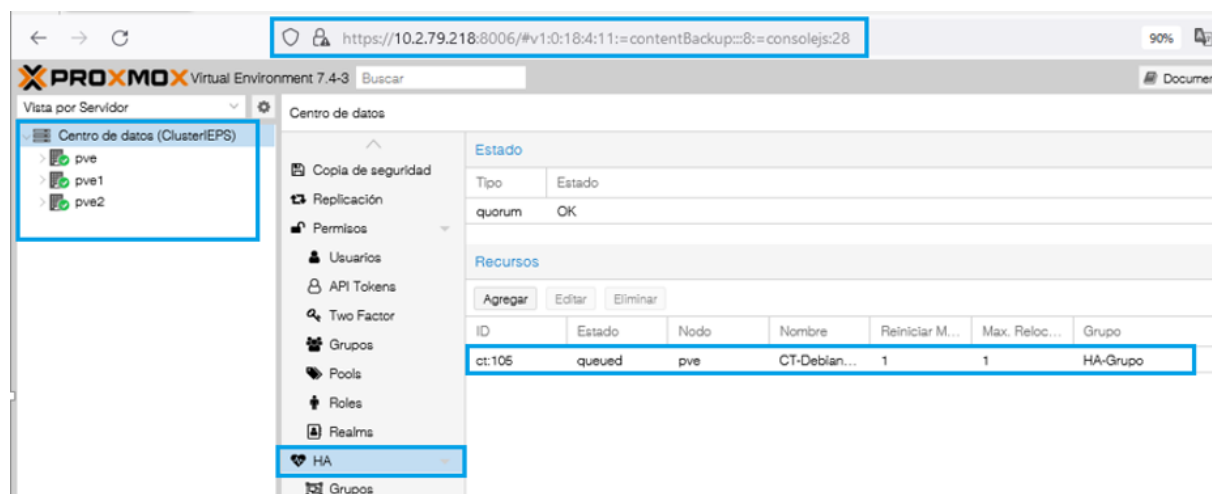
1. Clic en **Centro de datos**
2. Clic en opción **HA**
3. Clic en opción **Agregar**
4. Seleccionar grupo
5. Clic en botón **Agregar**

Figura 92. Vincular contenedor con grupo en Proxmox VE



Fuente. Resultado de vinculación de contenedor y grupo en Proxmox VE

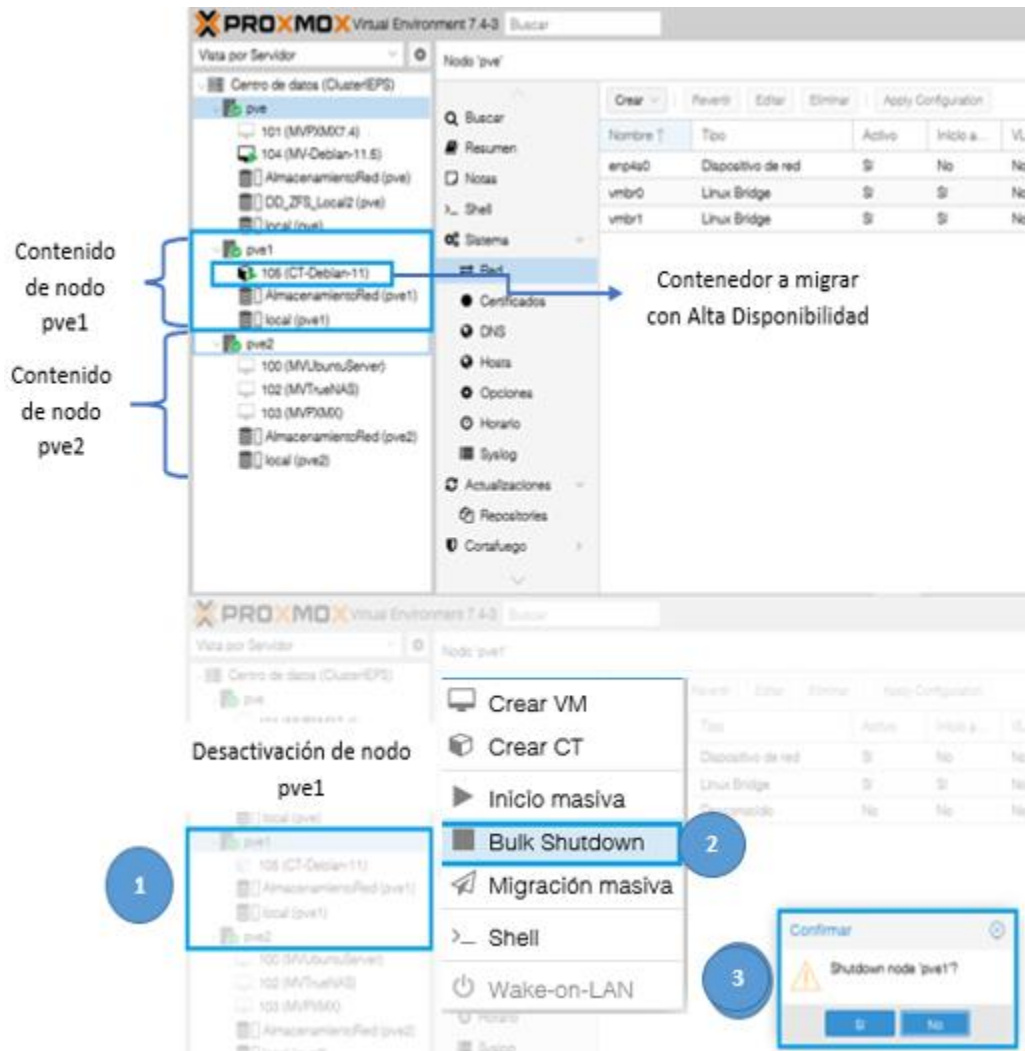
Figura 93. Contenidos de nodos para la migrar Proxmox VE



Fuente. Obtenida de la interfaz web de Proxmox VE

- **Revisión de Contenidos de Nodo pve1 y pve2 Antes de la Migración con Alta Disponibilidad y Desactivación de Nodo pve1**

Figura 94. Contenidos de nodos antes de migrar y desactivación de nodo pve1



Nota. Nodo pve1 contiene contenedor 106 (CT-Debian-11) y nodo pve2 contiene 3 máquinas virtuales (100, 102 y 103).

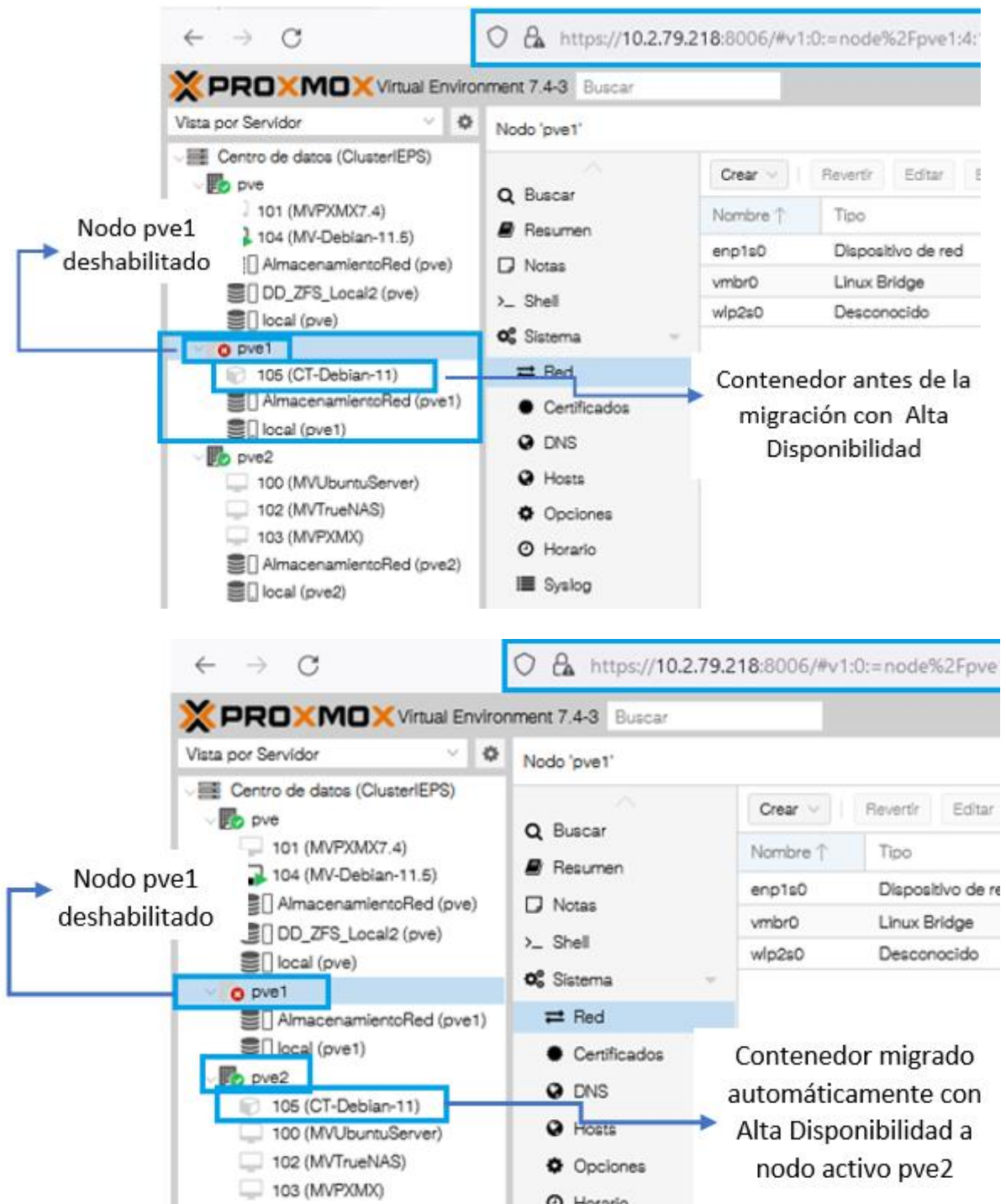
Fuente. Obtenida de la interfaz web de Proxmox VE

Para desactivar nodo pve1:

1. Clic derecho sobre pve1
2. Escoger la opción **Bulk Shutdown**
3. Clic en botón **Si**

- **Verificación de Migración de Contenedor con Alta Disponibilidad**

Figura 95. Migración de contenedor con alta disponibilidad en Proxmox VE



Nota. El contenedor 105 (CT-Debian-11) tardó 47 segundos en moverse automáticamente al nodo pve 2 que tiene la prioridad 2 dentro del clúster.

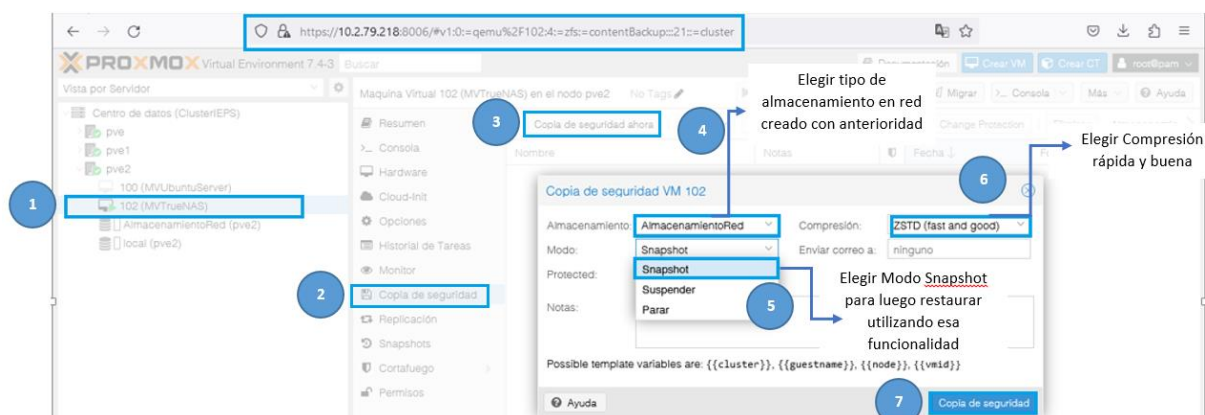
Fuente. Obtenida de la interfaz web de Proxmox VE

7.6.4. Procedimiento para crear respaldo de máquina virtual (huésped)

Para crear respaldos de máquinas virtuales se sigue la secuencia de pasos que presentan las Figuras desde la 96 a la 98. (Branduche, No Solo Hacking, 2023).

1. Clic en máquina virtual
2. Clic en opción **Copia de seguridad**
3. Clic en opción **Copia de seguridad ahora**
4. Elegir tipo de almacenamiento en red
5. Elegir el tipo de almacenamiento **Snapshot**
6. Elegir el tipo de compresión **ZSTD**
7. Clic en botón **Copia de seguridad**

Figura 96. Crear respaldo de máquina virtual en Proxmox VE



Fuente. Obtenida de la interfaz web de Proxmox VE

Figura 97. Tareas de respaldo de máquina virtual en Proxmox VE

```

Task viewer: VM/CT 102 - Copia de seguridad

Salida Estado

Parar

INFO: 86% (27.5 GiB of 32.0 GiB) in 42m 31s, read: 10.9 MiB/s, write: 0 B/s
INFO: 87% (27.8 GiB of 32.0 GiB) in 43m 1s, read: 10.9 MiB/s, write: 0 B/s
INFO: 88% (28.2 GiB of 32.0 GiB) in 43m 30s, read: 11.3 MiB/s, write: 0 B/s
INFO: 89% (28.5 GiB of 32.0 GiB) in 44m, read: 10.9 MiB/s, write: 0 B/s
INFO: 90% (28.8 GiB of 32.0 GiB) in 44m 30s, read: 10.9 MiB/s, write: 0 B/s
INFO: 91% (29.1 GiB of 32.0 GiB) in 44m 59s, read: 11.3 MiB/s, write: 0 B/s
INFO: 92% (29.4 GiB of 32.0 GiB) in 45m 29s, read: 10.9 MiB/s, write: 0 B/s
INFO: 93% (29.8 GiB of 32.0 GiB) in 45m 58s, read: 11.3 MiB/s, write: 0 B/s
INFO: 94% (30.1 GiB of 32.0 GiB) in 46m 28s, read: 10.9 MiB/s, write: 0 B/s
INFO: 95% (30.4 GiB of 32.0 GiB) in 46m 58s, read: 10.9 MiB/s, write: 0 B/s
INFO: 96% (30.7 GiB of 32.0 GiB) in 47m 27s, read: 11.1 MiB/s, write: 0 B/s
INFO: 97% (31.0 GiB of 32.0 GiB) in 47m 57s, read: 11.1 MiB/s, write: 0 B/s
INFO: 98% (31.4 GiB of 32.0 GiB) in 48m 27s, read: 10.9 MiB/s, write: 0 B/s
INFO: 99% (31.7 GiB of 32.0 GiB) in 48m 56s, read: 11.3 MiB/s, write: 0 B/s
INFO: 100% (32.0 GiB of 32.0 GiB) in 49m 26s, read: 10.6 MiB/s, write: 0 B/s
INFO: backup is sparse: 32.00 GiB (100%) total zero data
INFO: transferred 32.00 GiB in 2966 seconds (11.0 MiB/s)
INFO: archive file size: 987KB
INFO: adding notes to backup
INFO: Finished Backup of VM 102 (00:49:26)
INFO: Backup finished at 2023-06-09 18:26:23
INFO: Backup job finished successfully
TASK OK

```

Fuente. Obtenida de la interfaz web de Proxmox VE

Figura 98. Verificación de respaldo de máquina virtual en Proxmox VE

The screenshot shows the Proxmox VE web interface. On the left, a tree view shows the server structure: Centro de datos (ClusterEPS) > pve > pve1 > pve2 > 102 (MVTrueNAS). The main panel shows the 'Copia de seguridad' (Backup) task for VM 102. Below this, a table lists the backup tasks:

Hora de inicio	Hora final	Nodo	Nombre de Usuario	Descripción	Estado
Jun 09 17:36:57	Jun 09 18:26:26	pve2	root@pam	VM/CT 102 - Copia de seguridad	OK
Jun 09 14:50:29	Jun 09 17:09:59	pve1	root@pam	VM/CT 102 - Consola	OK

Nota. Se recomienda tener 3 copias de respaldos en lugares diferentes.

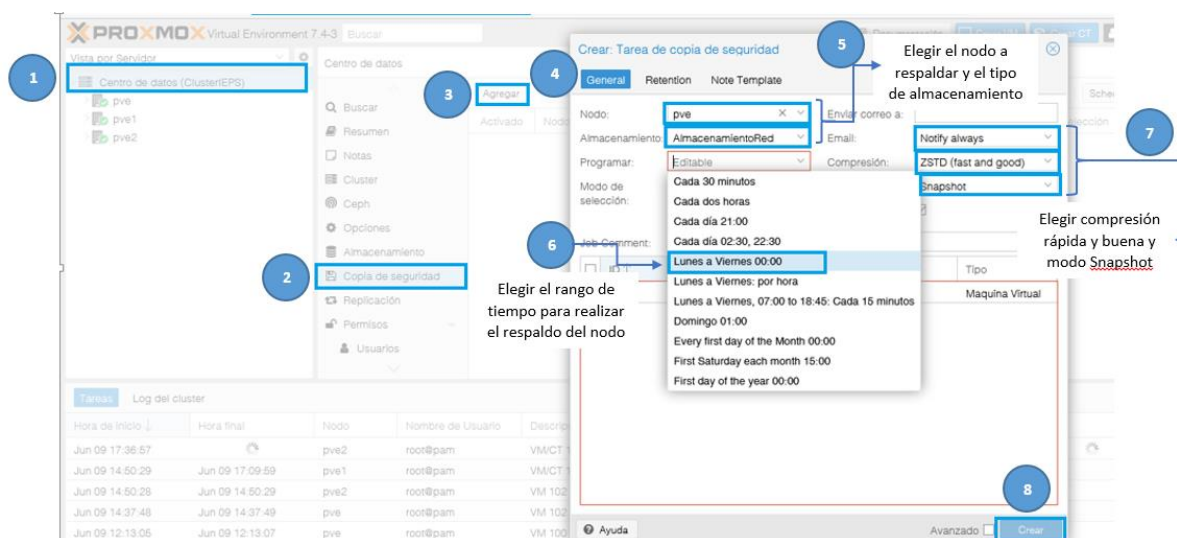
Fuente. Obtenida de la interfaz web de Proxmox VE

7.6.5. Procedimiento para crear respaldo de nodo (infraestructura)

Para crear respaldos de nodos se sigue la secuencia de pasos que presentan las Figuras desde la 99 a la 101.

1. Clic en **Centro de datos**
2. Clic en **Copia de seguridad**
3. Clic en botón **Agregar**
4. Clic en ficha **General**
5. Elegir el nodo a respaldar
6. Elegir el tipo de almacenamiento en red
7. Definir el intervalo de tiempo para que Proxmox VE realice la copia de seguridad
8. Elegir el tipo de compresión **ZSTD**
9. Elegir el tipo de almacenamiento **Snapshot**
10. Clic en botón **Crear**

Figura 99. Crear respaldo de nodo en Proxmox VE



Fuente. Obtenida de la interfaz web de Proxmox VE

11. Clic en botón **Crear**

PLATAFORMA PROXMOX COMO ALTERNATIVA PARA LA VIRTUALIZACIÓN DE SERVIDORES

Figura 100. Tareas de respaldo de nodo en Proxmox VE

Fuente. Obtenida de la interfaz web de Proxmox VE

Finalmente, se muestra el respaldo del nodo seleccionado.

Figura 101. Verificación de respaldo de nodo en Proxmox VE

Activado	Nodo	Programar	Next Run	Almacena...	Cor	Retention	Selección
<input checked="" type="checkbox"/>	pve	mon..fri 00:00	2023-06-12 00:00:00	Almacena...		Failback...	101

Hora de Inicio	Hora final	Nodo	Nombre de Usuario	Descripción	Estado
Jun 09 17:36:57		pve2	root@pam	VM/CT 102 - Copia de seguridad	
Jun 09 14:50:29	Jun 09 17:09:59	pve1	root@pam	VM/CT 102 - Consola	OK
Jun 09 14:50:28	Jun 09 14:50:29	pve2	root@pam	VM 102 - Iniciar	OK
Jun 09 14:37:48	Jun 09 14:37:49	pve	root@pam	VM 102 - Migrar	OK
Jun 09 12:13:05	Jun 09 12:13:07	pve	root@pam	VM 100 - Migrar	OK

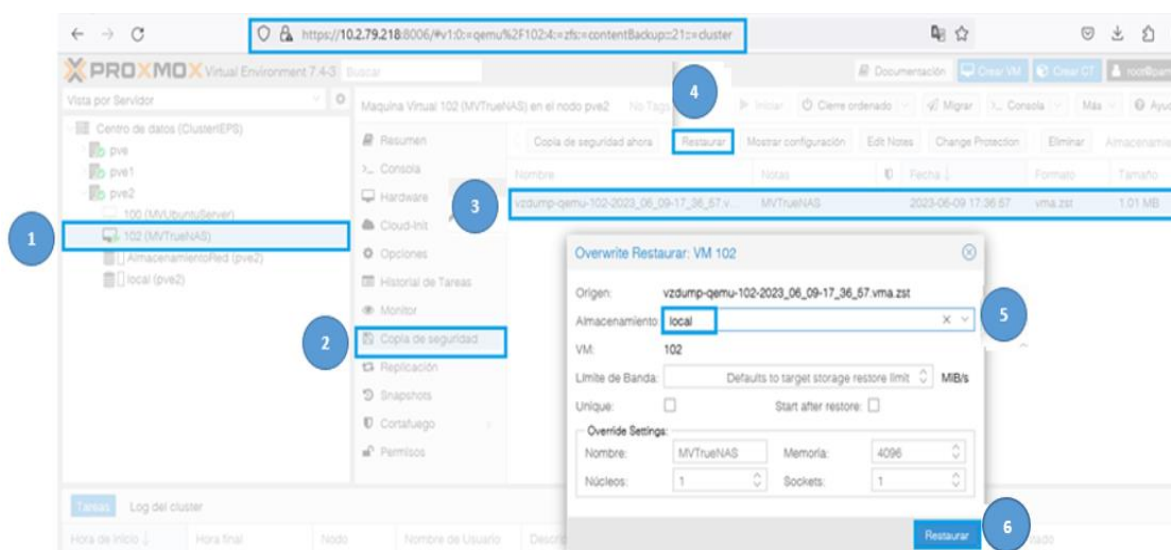
Fuente. Obtenida de la interfaz web de Proxmox VE

7.6.6. Procedimiento para restaurar el respaldo instantáneo (snapshot)

Para restaurar una máquina virtual se sigue la secuencia de pasos que presenta la Figura 102.

1. Clic en máquina virtual
2. Clic en opción **Copia de seguridad**
3. Seleccionar Copia de seguridad a restaurar
4. Clic en opción **Restaurar**
5. Elegir lugar donde se restaurará la Copia de seguridad
6. Clic en botón **Restaurar**

Figura 102. Restaurar el respaldo instantáneo en Proxmox VE



Fuente. Obtenida de la interfaz web de Proxmox VE

7.7. Anexo G. Funcionalidades de Redes en Proxmox VE

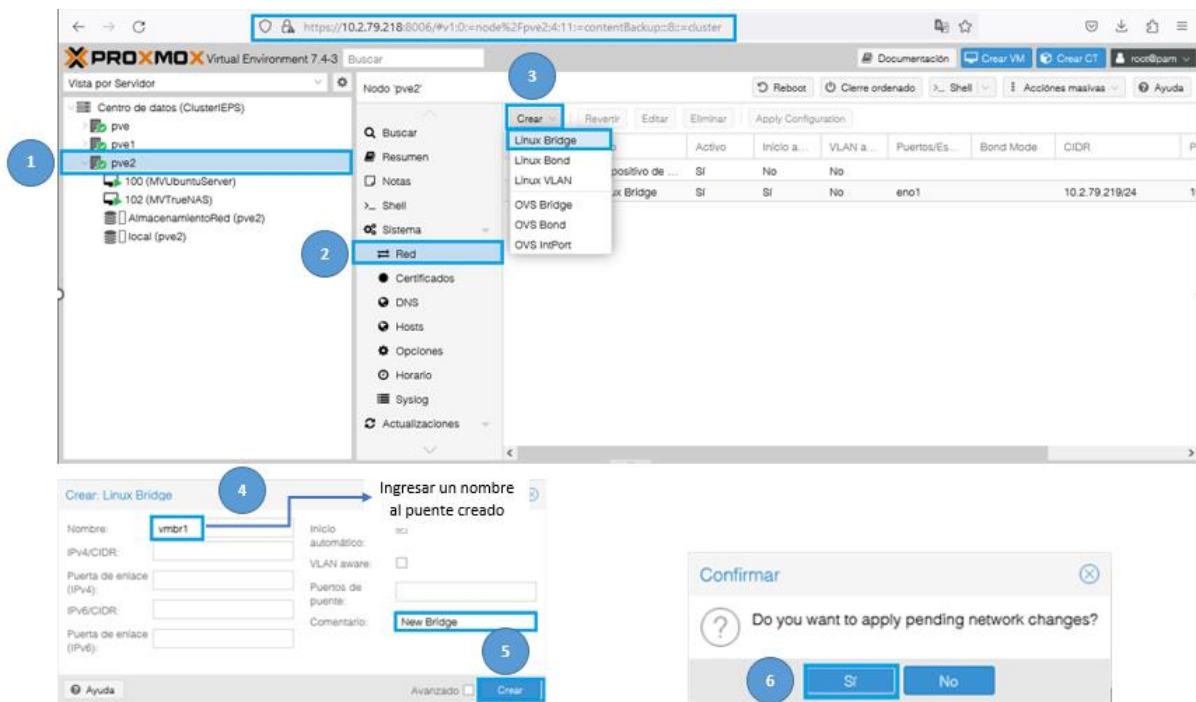
7.7.1. Configuración de red para la comunicación entre máquinas virtuales y segmentación de red

Para configurar la comunicación entre máquinas virtuales y segmentación de la red se sigue la secuencia de pasos que presentan las Figuras desde la 103 a la 112. (Branduche, No Solo Hacking, 2023).

- **Crear Puente (bridge) en Proxmox VE**

1. Clic en nodo
2. Clic en opción Red
3. Clic en botón Crear
4. Elegir la opción Linux Bridge
5. Ingresar un nombre al puente
6. Clic en botón Crear
7. Clic en botón Aplicar Configuración
8. Clic en botón Si

Figura 103. Crear puente de red en Proxmox VE

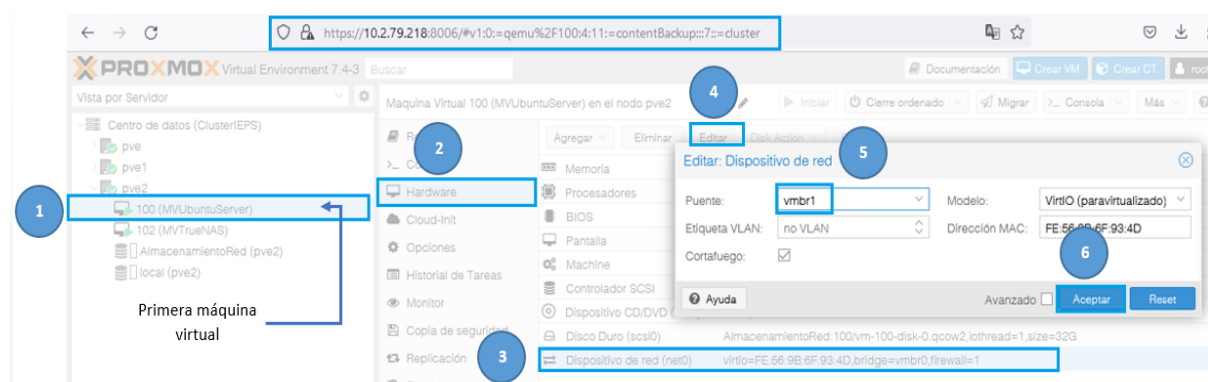


Fuente. Obtenida de la interfaz web de Proxmox VE

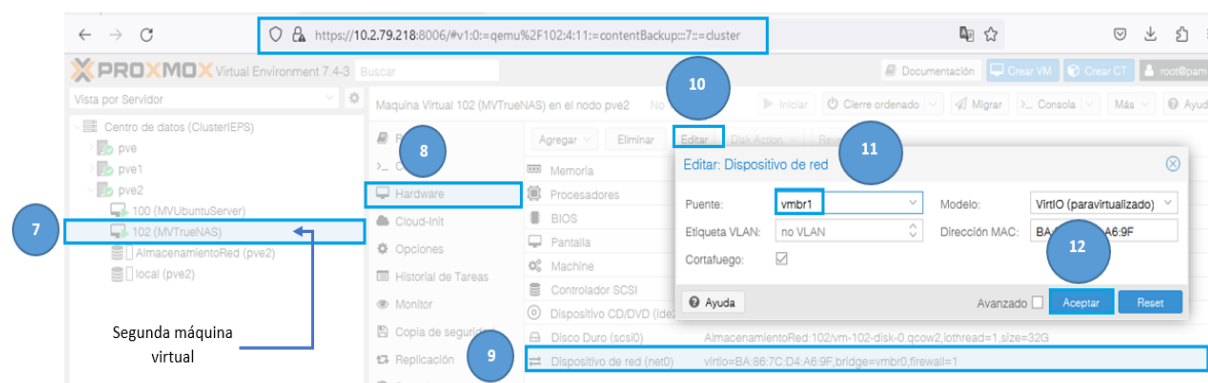
- **Asignar interfaces de red a dos máquinas virtuales**

1. Clic en primera máquina virtual
2. Clic en opción **Hardware**
3. Clic en dispositivo de red
4. Clic en botón **Editar**
5. Elegir puente creado
6. Clic en botón **Aceptar**

PLATAFORMA PROXMOX COMO ALTERNATIVA PARA LA VIRTUALIZACIÓN DE SERVIDORES

Figura 104. Asignar puente a primera máquina virtual en Proxmox VE

Fuente. Obtenida de la interfaz web de Proxmox VE

Figura 105. Asignar puente a segunda máquina virtual en Proxmox VE

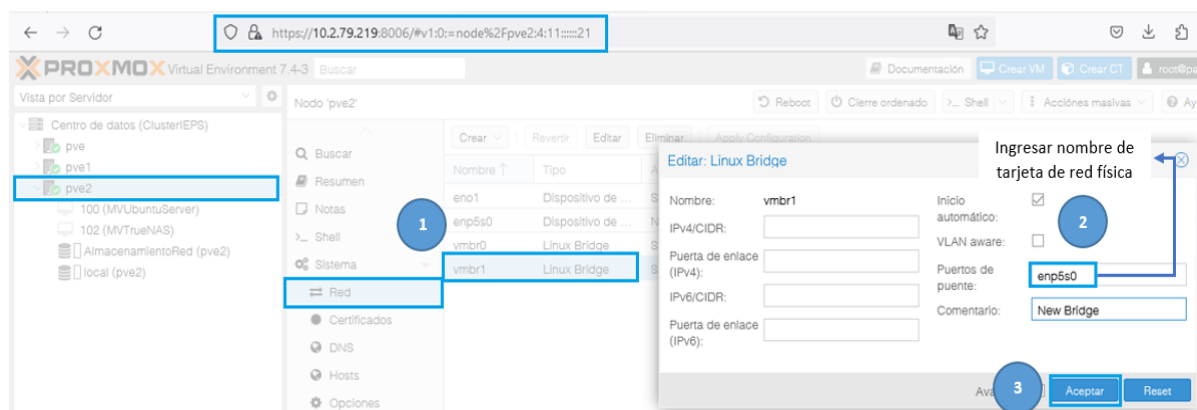
Nota. Se realiza el mismo procedimiento para asignar la segunda máquina virtual.

Fuente. Obtenida de la interfaz web de Proxmox VE

- **Asignar Tarjeta de Red Física a Puente Creado**

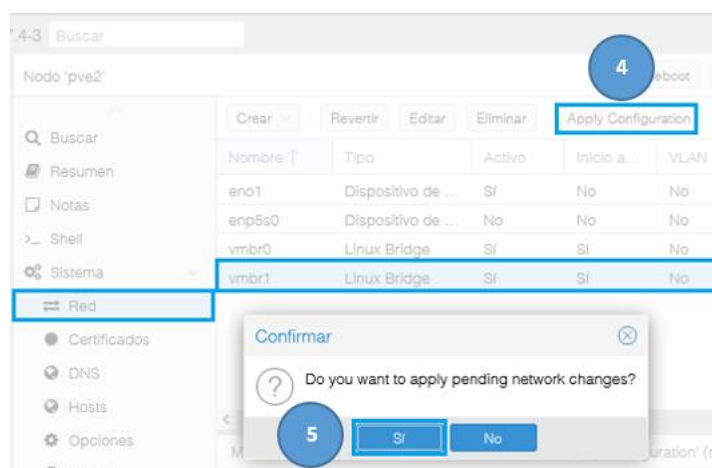
1. Doble clic en puerto creado
2. Ingresar el nombre de tarjeta de red física
3. Clic en botón **Aceptar**

PLATAFORMA PROXMOX COMO ALTERNATIVA PARA LA VIRTUALIZACIÓN DE SERVIDORES

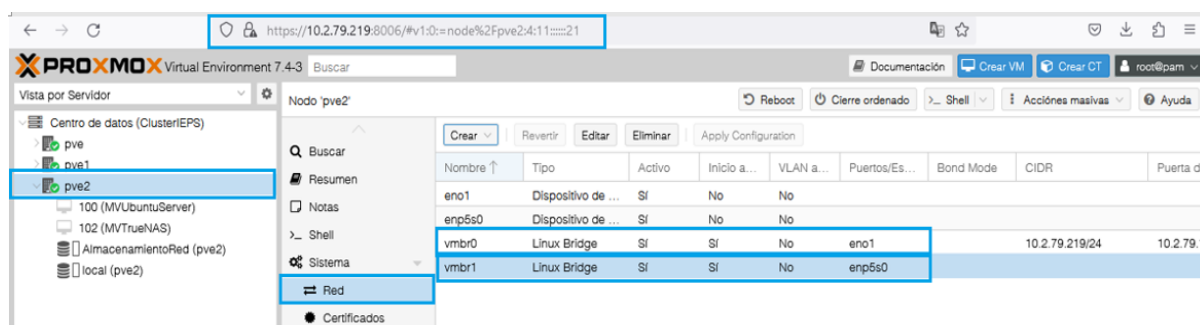
Figura 106. Asignar puerto a tarjeta de red física en Proxmox VE

Fuente. Obtenida de la interfaz web de Proxmox VE

4. Clic en botón **Aplicar Configuración**
5. Clic en botón **Si**

Figura 107. Aplicar configuración para asignar puerto a tarjeta de red

Fuente. Obtenida de la interfaz web de Proxmox VE

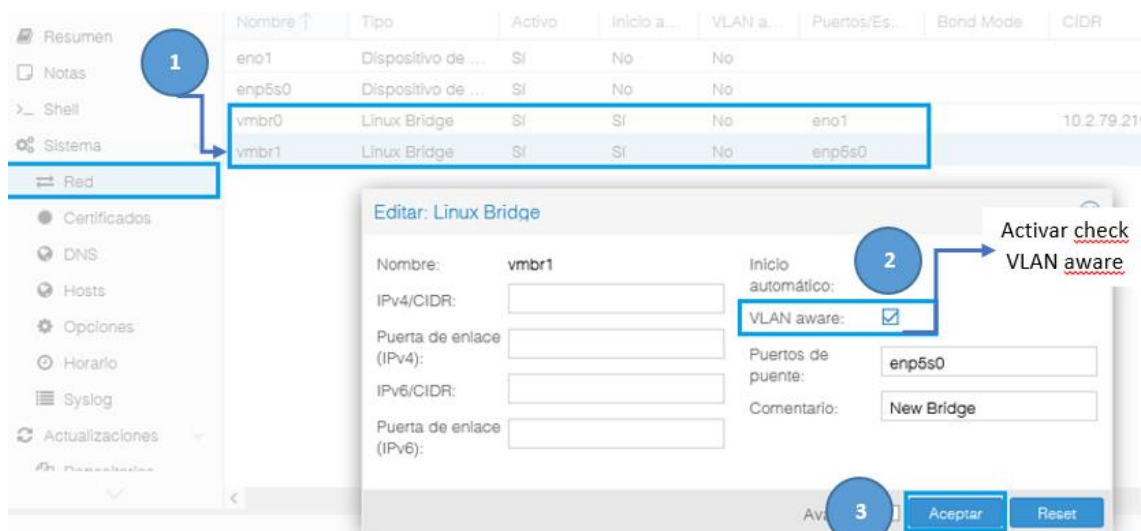
Figura 108. Verificación de asignación de puerto a tarjeta física en Proxmox VE

Fuente. Obtenida de la interfaz web de Proxmox VE

- **Configuración de Puente para Segmentar Redes**

1. Doble clic en tarjeta física
2. Activar check list **VLAN aware**
3. Clic en botón **Aceptar**

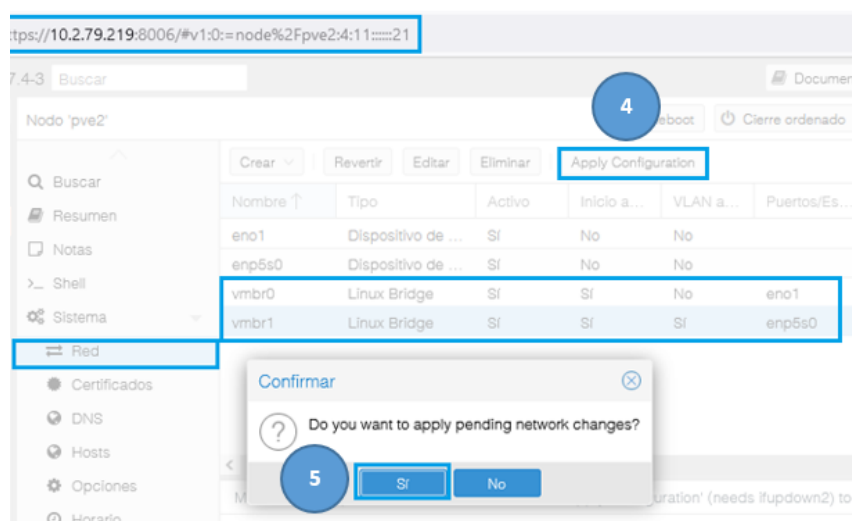
Figura 109. Configuración de puente como VLAN en Proxmox VE



Fuente. Obtenida de la interfaz web de Proxmox VE

4. Clic en botón **Aplicar Configuración**
5. Clic en botón **Si**

Figura 110. Aplicar configuración de puente como VLAN en Proxmox VE

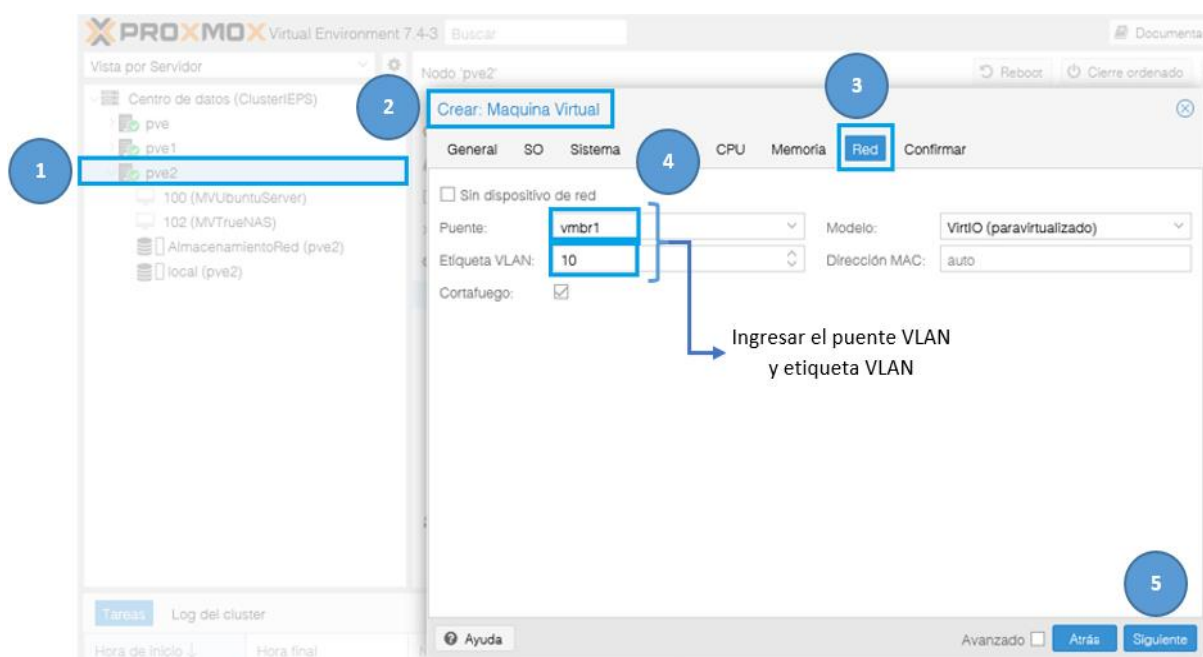


Fuente. Obtenida de la interfaz web de Proxmox VE

- **Asignar VLAN a una Determinada Máquina Virtual**

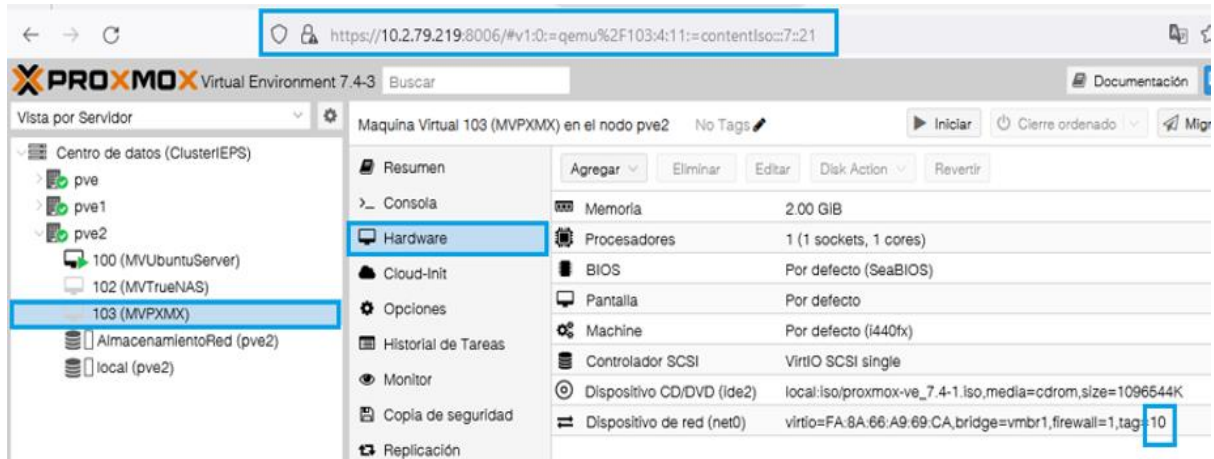
1. Clic derecho en nodo
2. Escoger la opción Crear MV
3. Definir ISO de instalar en la nueva máquina virtual
4. Definir CPU y Memoria para nueva máquina virtual
5. Clic en ficha Red
6. Elegir puente VLAN configurado
7. Ingresar nombre de etiqueta para identificar la VLAN
8. Clic en botón Siguiente
9. Clic en botón Finalizar

Figura 111. Asignar VLAN a máquina virtual en Proxmox VE



Fuente. Obtenida de la interfaz web de Proxmox VE

PLATAFORMA PROXMOX COMO ALTERNATIVA PARA LA VIRTUALIZACIÓN DE SERVIDORES

Figura 112. Verificación de puente VLAN a máquina virtual en Proxmox VE

The screenshot displays the Proxmox VE web interface. The browser address bar shows the URL `https://10.2.79.219:8006/#v:0=qemu%2F103:4:11:=contentIso::7:21`. The interface title is "PROXMOX Virtual Environment 7.4-3". The left sidebar shows a tree view of the cluster, with "103 (MVPXMX)" selected under "pve2". The main content area shows the configuration for "Maquina Virtual 103 (MVPXMX) en el nodo pve2". The "Hardware" tab is active, displaying the following configuration:

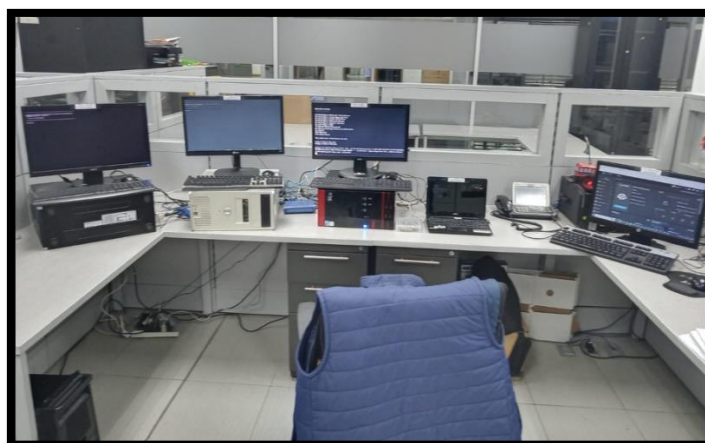
Component	Value
Memoria	2.00 GiB
Procesadores	1 (1 sockets, 1 cores)
BIOS	Por defecto (SeaBIOS)
Pantalla	Por defecto
Machine	Por defecto (i440fx)
Controlador SCSI	VirtIO SCSI single
Dispositivo CD/DVD (ide2)	local:iso/proxmox-ve_7.4-1.iso,media=cdrom,size=1096544K
Dispositivo de red (net0)	virtio=FA:8A:66:A9:69:CA,bridge=vbr1,firewall=1,tag=10

Fuente. Obtenida de la interfaz web de Proxmox VE

7.8. Anexo H. Evidencia del Trabajo Realizado

En las siguientes Figuras, se muestran todos los aparatos que formaron parte de la mini red implementada en las instalaciones del Instituto Nacional de Economía Popular y Solidaria, donde se realizaron las pruebas de funcionamiento de la plataforma de virtualización *Proxmox VE*.

Figura 113. *Mini – red instalada en el IEPS*



Autor. Marco Molina.

Figura 114. *Dispositivos de la mini – red instalada en el IEPS*



Administración Web



Nodo 1



Nodo 2



Switch



Nodo 3



Servidor NAS

Autor. Marco Molina.