



Benemérita Universidad Autónoma de Puebla



Facultad de Ciencias de la Computación

MÁQUINAS VIRTUALES SOBRE UN CLÚSTER PARA
LABORATORIO VIRTUAL

Tesis que para obtener el título de:

LICENCIATURA EN INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA
COMPUTACIÓN

PRESENTA:

Alfredo Cajica Martínez

ASESOR DE TESIS:

M.C. José Luis Pérez Rendón

PUEBLA, PUE

FEBRERO 2020

Agradecimientos

A mi asesor de tesis, M.C. José Luis Pérez Rendón, por el apoyo que me brindó para poder concluir esta etapa de manera satisfactoria, ¡Gracias por la confianza depositada en mí, por ser un excelente profesor y un amigo!

A mi papá Alfredo Cajica Puig, por el apoyo que me brindó, no solo durante este proceso, sino también en cada etapa de mi vida, siendo un impulso siempre para lograr mis metas y objetivos, para superarme y ser mejor persona cada día, ¡Gracias por ser mi guía, mi mejor amigo, un excelente padre, mi ejemplo a seguir y por siempre estar ahí para mí!

A mi hermana Ana Cristina Cajica Martínez, por el apoyo que me brindó, por los consejos que me dio durante todo este tiempo, por acompañarme durante mi crecimiento como mi hermana mayor, por ser parte de mi formación y un ejemplo de dedicación, ¡Gracias por preocuparte por mí, por estar cuando lo necesito y por estar en mi vida!

A mi hermano José María Cajica Martínez, por el apoyo que me brindó, por mostrarme la dedicación y la pasión de cómo se vive el estudiar una licenciatura y como sobrepasar los malos momentos, por estar ahí para mí, por dejarme aprender de ti y ser un ejemplo para mí, ¡Gracias por ser un buen hermano y por poder contar contigo siempre!

A Brenda Lizbeth Rojas Pérez, por el apoyo que me brindó, siendo parte de mi motivación, animándome siempre para lograr mis metas y superarme, ¡Gracias por tantos buenos momentos, por la paciencia, por elegirme como parte de tu vida y por creer en mi como yo lo hago en ti!

Resumen

En la presente tesis se muestran los resultados de una investigación sobre la virtualización aplicada en un clúster, con los resultados obtenidos, se implementó un prototipo de laboratorio virtual para la Facultad de Ciencias de la Computación de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

El prototipo de laboratorio virtual está basado en un clúster conformado por cinco equipos ensamblados de diferentes características cada uno, obtenidos de las bajas de algunos laboratorios de la Facultad de Ciencias de la Computación, siendo reparados y acondicionados para trabajar como un equipo nuevo y entreguen un rendimiento adecuado durante su uso.

Cada equipo del clúster estará enlazado por el sistema operativo Proxmox mediante la red de internet, permitiendo el balance de carga entre ellos y ejecutando las máquinas virtuales sin que presenten lentitud, cumpliendo con las tareas fundamentales de gestionar, administrar y balancear los recursos de 10 máquinas virtuales de diferentes sistemas operativos, para que los alumnos mediante un software de conexión remota se enlacen a la máquina virtual y se despliegue el escritorio del sistema operativo a ocupar.

Con la implementación del laboratorio virtual se podrán realizar investigaciones, pruebas de software o sistemas, desarrollo en diversas plataformas, comportamiento de herramientas, compatibilidad entre sistemas operativos, actividades escolares o extracurriculares.

El laboratorio virtual tiene como objetivo principal a los alumnos, pero los profesores en general podrán hacer uso para fines educativos o concernientes, que les permita contar con las herramientas para mejorar el aprendizaje y la enseñanza.

Índice

Agradecimientos	2
Resumen	3
Capítulo 1: Introducción	11
Capítulo 2: Antecedentes	16
Capítulo 3: Marco Teórico	20
3.1 Virtualización.....	20
3.2 Máquinas Virtuales	20
3.3 Clústeres.....	21
3.3.1 Nodos	22
3.3.2 Almacenamiento	23
3.3.3 Sistemas Operativos.....	23
3.3.4 Conexiones de Red	24
3.3.5 Middleware	27
3.4 Proxmox 5.4 VE	28
3.4.1 Sistema Operativo Debian	28
3.5 LCX (Linux Containers).....	29
3.6 Gestor de Virtualización KVM.....	30
3.7 Hiren's Boot.....	30
3.8 TeamViewer.....	31
3.9 SSH (Secure Shell)	31
Capítulo 4: Diseño y Desarrollo	34
4.1 Mantenimiento Preventivo y Correctivo a CPU's	34
4.2 Montaje de los CPU's para formar el clúster.....	34
4.3 Configuración de BIOS	37
4.4 Preparación de los Discos Duros	40
4.5 Instalación de Proxmox	42
4.5.1 Aceptar la licencia.....	43

4.5.2 Selección de disco duro.....	44
4.5.3 Configuración de País, teclado y zona horaria.....	44
4.5.4 Establecer contraseña de administrador y correo.....	45
4.5.5 Configuración de Red.....	46
4.5.6 Verificación e Instalación.....	47
4.6 Portal web de Proxmox.....	49
4.7 Creando el clúster	51
4.8 Directorio de imágenes ISO.....	55
4.9 Instalación de Máquinas Virtuales.....	57
4.9.1 Asistente de Instalación.....	58
4.9.2 Instalación de SO en MV	63
4.9.3 Instalación de TeamViewer 14 en MV	66
Capítulo 5: Resultados.....	70
5.1 Distribución del clúster y máquinas virtuales alojadas.....	70
5.2 Rendimiento del clúster	71
5.3 Comportamiento de los nodos	72
Capítulo 6: Conclusiones y Trabajo a Futuro.....	78
6.1 Conclusiones.....	78
6.2 Trabajo a Futuro.....	79
Referencias	80
Anexos.....	82

Índice de Imágenes

IMAGEN 1 "INSTALACIÓN FÍSICA CLÚSTER"	35
IMAGEN 2 "NODO PRINCIPAL"	36
IMAGEN 3 "SWITCH CAPA 2"	36
IMAGEN 4 "CONEXIONES AL KVM"	33
IMAGEN 5 "DKVM-8E D-LINK"	37
IMAGEN 6 "INTERFAZ BIOS"	37
IMAGEN 7 "INTERFAZ BIOS UEFI"	38
IMAGEN 8 "FECHA Y HORA DE LA BIOS"	38
IMAGEN 9 "ORDEN DE ARRANQUE DE LA BIOS"	39
IMAGEN 10 "VIRTUALIZACIÓN DE LA BIOS"	39
IMAGEN 11 "INICIO DEL CPU"	40
IMAGEN 12 "MENÚ DE BOOTEO"	40
IMAGEN 13 "MENÚ DE HIREN'S"	41
IMAGEN 14 "INTERFAZ DE PARTED MAGIC"	41
IMAGEN 15 "FORMATEAR DISCO EN PARTITION EDITOR"	42
IMAGEN 16 "PANTALLA DE INICIO DE LA INSTALACIÓN"	42
IMAGEN 17 "INTERFAZ DE LICENCIA"	43
IMAGEN 18 "SELECCIÓN DE DISCO DURO"	44
IMAGEN 19 "SELECCIÓN DE PAÍS Y ZONA HORARIA"	45
IMAGEN 20 "CONFIGURACIÓN DE CONTRASEÑA Y CORREO"	46
IMAGEN 21 "CONFIGURACIÓN DE DIRECCIONAMIENTO IP"	47
IMAGEN 22 "INTERFAZ DE CONFIRMACIÓN"	47
IMAGEN 23 "PROCESO DE INSTALACIÓN"	47
IMAGEN 24 "FINAL DE INSTALACIÓN"	48
IMAGEN 25 "SISTEMA EN MODO CONSOLA"	48
IMAGEN 26 "PÁGINA DE RIESGO"	49
IMAGEN 27 "ACEPTAR RIESGO"	50
IMAGEN 28 "LOG IN"	50
IMAGEN 29 "INTERFAZ DEL PORTAL WEB"	51
IMAGEN 30 "HORA DEL NODO 1"	52
IMAGEN 31 "HORA DEL NODO 2"	52
IMAGEN 32 "CLÚSTER CREADO"	53
IMAGEN 33 "AÑADIR NODO"	54
IMAGEN 34 "CLÚSTER DE CINCO NODOS"	54
IMAGEN 35 "CREANDO DIRECTORIO"	55
IMAGEN 36 "EDITAR DIRECTORIO"	56
IMAGEN 37 "CARGAR ISO"	56
IMAGEN 38 "SELECCIONAR ISO"	56
IMAGEN 39 "SUBIENDO ISO"	57

IMAGEN 40 "CREAR MV"	58
IMAGEN 41 "CONFIGURACIÓN GENERAL"	58
IMAGEN 42 "SELECCIÓN DE SO"	59
IMAGEN 43 "SISTEMA"	59
IMAGEN 44 "CONFIGURACIÓN DE DISCO DURO"	60
IMAGEN 45 "CONFIGURACIÓN CPU"	61
IMAGEN 46 "MEMORIA RAM"	61
IMAGEN 47 "CONFIGURACIÓN DE RED"	62
IMAGEN 48 "PASO DE CONFIRMACIÓN"	62
IMAGEN 49 "MÁQUINA VIRTUAL CREADA"	63
IMAGEN 50 "INICIO DE LA MV"	63
IMAGEN 51 "INICIO DE INSTALACIÓN WINDOWS"	64
IMAGEN 52 "ESPACIO EN DISCO MV"	64
IMAGEN 53 "WINDOWS INSTALADO"	65
IMAGEN 54 "ACTIVAR INICIO CON WINDOWS"	66
IMAGEN 55 "CONTRASEÑA FIJA EN TEAMVIEWER"	67
IMAGEN 56 "INGRESAR ID EN TEAMVIEWER"	67
IMAGEN 57 "MÁQUINA VIRTUAL DESDE TEAMVIEWER"	68
IMAGEN 58 "VISTA DE MV EN NODOS"	70
IMAGEN 59 "VISTA DE MV EN ÚLTIMOS NODOS"	71
IMAGEN 60 "PORCENTAJES DE RENDIMIENTO"	71
IMAGEN 61 "ESTADO DEL CLÚSTER"	72
IMAGEN 62 "RENDIMIENTO DE RAM DEL NODO"	73
IMAGEN 63 "RENDIMIENTO DE RED DEL NODO"	73
IMAGEN 64 "RENDIMIENTO DE CPU DEL NODO"	74
IMAGEN 65 "RENDIMIENTO DE LA CARGA DEL NODO"	74
IMAGEN 66 "RESUMEN DE INFORMACIÓN DEL NODO"	75
IMAGEN 67 "INVESTIGACIÓN EN MÁQUINA VIRTUAL"	75
IMAGEN 68 "DESARROLLO WEB GRUPAL EN EDITOR ATOM"	76
IMAGEN 69 "DESARROLLO GRUPAL EN LENGUAJE C EN EDITOR NETBEANS"	76
IMAGEN 70 "MAPA GRÁFICO DE MATERIAS LICENCIATURA EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN (CUATRIMESTRAL)"	82
IMAGEN 71 "MAPA GRÁFICO DE MATERIAS INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN (CUATRIMESTRE)"	82
IMAGEN 72 "MAPA GRÁFICO DE MATERIAS INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN (CUATRIMESTRE)"	83
IMAGEN 73 "MAPA GRÁFICO DE MATERIAS LICENCIATURA EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN (SEMESTRAL)"	83
IMAGEN 74 "MAPA GRÁFICO DE MATERIAS INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN (SEMESTRAL)"	84
IMAGEN 75 "MAPA GRÁFICO DE MATERIAS INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN (SEMESTRAL)"	84
IMAGEN 76 "MV DE UBUNTU LINUX"	85

IMAGEN 77 "MV DE WINDOWS 7"	85
IMAGEN 78 "MV DE KALI LINUX"	86
IMAGEN 79 "MV DE WINDOWS 10"	86

Índice de Diagramas

DIAGRAMA 1 "COMPOSICIÓN DE UNA COMPUTADORA"	24
DIAGRAMA 2 "TOPOLOGÍA DE RED EN MALLA"	25
DIAGRAMA 3 "TOPOLOGÍA DE RED EN ESTRELLA"	25
DIAGRAMA 4 "TOPOLOGÍA DE RED EN BUS"	26
DIAGRAMA 5 "TOPOLOGÍA DE RED EN ANILLO"	26
DIAGRAMA 6 "TOPOLOGÍA DE RED EN ÁRBOL"	27
DIAGRAMA 7 "EJEMPLO DE CONEXIÓN REMOTA"	32
DIAGRAMA 8 "CONEXIÓN POR CABLE DE RED DEL CLÚSTER"	35
DIAGRAMA 9 "COMPOSICIÓN DEL NODO"	66

Capítulo I: Introducción

Capítulo 1: Introducción

La práctica en el laboratorio toma diferentes nombres sin necesidad de cambiar su concepción, estos significados dependen del contexto en el cual se esté inmerso, ejemplo de esto se observa al llamarlas “trabajo de laboratorio” (término usado en América del Norte), “trabajo práctico” (usado en Europa, Australia y Asia), “prácticas de laboratorio”, “prácticas experimentales” (utilizados en centros de enseñanza en Cuba y América latina), todos estos son utilizados en el contexto a desarrollar; sin embargo, se debe tener presente que referirse al laboratorio no debe limitarse únicamente a un espacio físico.

La gran mayoría de los docentes se reducen a pensar en la realización de actividades experimentales, limitándose a la existencia de un lugar físico establecido y a los materiales e instrumentos que en ese lugar se ubican, lo cual refleja una visión reduccionista del trabajo práctico que asocia prioritariamente la actividad experimental a espacios materialmente físicos con una ubicación claramente definida en sus instituciones, y que ha actuado como obstáculo en la renovación de otros aspectos del proceso de enseñanza - aprendizaje.

La implementación de las prácticas de laboratorio implica un proceso de enseñanza - aprendizaje facilitado y regulado por el docente, el cual debe organizar temporal y espacialmente ambientes de aprendizaje para ejecutar etapas estrechamente relacionadas que le permitan a los estudiantes, realizar acciones psicomotoras y sociales a través del trabajo colaborativo, establecer comunicación entre las diversas fuentes de información, interactuar con equipos e instrumentos y abordar la solución de los problemas desde un enfoque interdisciplinar - profesional.

Muchos docentes tienen conceptos erróneos de las prácticas de laboratorio respecto a las dificultades en la enseñanza, creen que la intención de la práctica es confirmar algo tratado en una lección de tipo expositivo, según ellos, los estudiantes deben seguir una receta para llegar a la conclusión predeterminada, en consecuencia, la demanda cognitiva en el laboratorio tiende a ser muy baja, de igual forma se presentan mayores dificultades en los procesos de enseñanza – aprendizaje al implementar estas estrategias didácticas.

Las prácticas de laboratorio son trascendentales para lograr la construcción del conocimiento científico escolar por parte de los educandos, estas resultan ser beneficiosas al aumentar el interés en ellos por aprender nuevas conceptualizaciones y acoger mejores ideas de las que ya tenían para poder resolver alguna situación - problema que se presente en el aula de clase y que puedan aplicarla a su cotidianidad. Dichas concepciones también se pueden usar para comprobar hipótesis sobre conceptos y métodos, para (re)construir modelos teóricos iniciales y para contribuir a aumentar la inteligibilidad y la credibilidad de las nuevas concepciones. [1]

Por definición de la Real Academia Española (RAE), un laboratorio es un lugar dotado de los medios necesarios para realizar investigaciones, experimentos y trabajos de carácter científico o técnico, una realidad en el cual se experimenta o se elabora algo [2]. Así mismo también define como virtual, una existencia aparente y no real [3].

En la actualidad la tendencia en el campo de los servicios de Tecnologías de la Información es que los usuarios, las empresas y las grandes corporaciones accedan a los recursos computacionales a través de la red, lo que se ha denominado Computación en la Nube o “Cloud Computing” [4]. Esta tecnología elimina la necesidad de instalar máquinas localmente y permite utilizar otras más potentes y con mayor capacidad de almacenamiento, dicha infraestructura de computación por lo general se sirve de manera virtualizada, mediante el uso de máquinas virtuales, que presentan un conjunto de características muy útiles.

La idea central de una **máquina virtual** es permitir ejecutar de forma simultánea varios sistemas operativos en un mismo hardware. Utilizar máquinas virtuales permite, por tanto, reducir los costes de mantenimiento de equipos, mejorar el aprovechamiento de los recursos disponibles en la máquina real y reducir el uso de memoria física, entre otras cosas.

Las ventajas que proveen son:

- **Seguridad:** son totalmente independientes del sistema anfitrión, cuando se están ejecutando varias máquinas virtuales en una misma máquina física, los distintos usuarios no están en riesgo de exhibir o perder información confidencial, gracias a la independencia con el sistema operativo anfitrión antes mencionada.
- **Migración:** Una máquina virtual puede ser trasladada a otro equipo diferente de forma sencilla y al abrirla tener exactamente la misma máquina que se estaba ejecutando en el primer servidor, esto supone una gran ventaja que facilita la gestión en caso de fallos de las máquinas físicas que contienen las máquinas virtuales.

Estos motivos, hacen pensar que la computación en nube mediante la integración de las máquinas virtuales en espacios con un gran número de equipos será cada vez más amplia, sobre todo en el campo de tecnologías de información donde es necesario dar mantenimiento a un gran número de servidores de la forma más eficiente posible.

Dicho lo anterior la sociedad moderna requiere sistemas de enseñanza más flexibles, accesibles y adaptativos debido al carácter cambiante de las situaciones vividas, las limitantes de tiempo, espacio, costos y al alto grado de ocupación de las personas, por tal motivo es que se dio lugar a la evolución de los laboratorios convencionales creando los laboratorios virtuales los cuales aportan herramientas fáciles de usar minimizando los riesgos, siendo una alternativa de bajo costo.

A partir de 1995, comienza el proceso de formalización del concepto de laboratorio virtual y en 1999 se desarrolla una detallada especificación de cómo crear y montar uno con elementos comerciales disponibles. A partir del año 2000 se masifica el uso del concepto para experiencias simuladas y control remoto haciendo uso de la tecnología y telecomunicaciones.

Un laboratorio virtual es la representación de un lugar dotado de los medios necesarios para realizar investigaciones, experimentos y trabajos de carácter científico o técnico, producido por un sistema informático, que da la sensación de su existencia real y puede ser desarrollado como un sistema computacional accesible vía Internet proporcionando un entorno simulado. [5]

El concepto de laboratorio virtual se ha ido extendiendo a lo largo de los últimos veinte años y en el medio académico, surge a raíz de la necesidad de crear sistemas de apoyo al estudiante para sus prácticas de laboratorio, con el objetivo de optimizar el tiempo que éste emplea en la realización de dichas prácticas y la demanda de recursos de infraestructura, permitiendo a un número mayor de estudiantes experimentar con un laboratorio de manera asíncrona sin importar que no coincidan en espacio.

Actualmente la organización de las prácticas dentro de los estudios de ingeniería exige horarios rígidos, necesidad de personal y organización del espacio físico. En muchos casos no es posible una buena organización, lo que suele derivar en la frustración del alumno y en una baja utilización de los equipos de laboratorio.

La presente tesis está orientada a la creación de un clúster albergando máquinas virtuales para formar un laboratorio virtual, instalado en la Facultad de Ciencias de la Computación de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

Consiste en la creación de un clúster con equipo de calidad media para la implementación de la virtualización y acceso remoto, instalado en un site con infraestructura adecuada para el montaje y un ambiente de trabajo regulado por clima.

El clúster conformado por 5 máquinas conectadas en la misma red, teniendo un equipo principal que será la raíz del clúster y en donde se administran los demás equipos para que cada uno trabajen simultáneamente.

La versión Proxmox VE 5.4 es un entorno de virtualización de servidor open-source, es una distribución de Linux que está basada en Debian con un kernel de Ubuntu LTS modificado que permite la implementación y administración de máquinas virtuales y contenedores. Permitiendo una instalación en masa de muchos computadores, fácil de instalación y teniendo escalabilidad en nodos, esta es la base del laboratorio virtual.

Proxmox, al estar basado en Debian como sistema operativo anfitrión, nos permite trabajar el gestor de virtualización KVM de forma normal sobre los nodos disponibles de los cuales se cuente.

El gestor de virtualización KVM (Kernel-Based Virtual Machine) es una solución open-source para implementar virtualización completa en Linux que permite ejecutar múltiples máquinas virtuales con hardware virtualizado privado y extensiones de virtualización Intel VT o AMD-V.

Capítulo II: Antecedentes

Capítulo 2: Antecedentes

Actualmente la Facultad de Ciencias de la Computación de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla cuenta con tres licenciaturas ofertadas:

- Licenciatura en Ciencias de la Computación
- Ingeniería en Ciencias de la Computación
- Ingeniería en Tecnologías de la Información

Contando con una comunidad estudiantil de alrededor de tres mil alumnos activos y divididos en cada licenciatura, siendo que el ámbito de computación adquiere más popularidad por el avance tecnológico que se ha visto con el paso de tiempo y es más solicitada por los egresados de las preparatorias en los últimos años.

Las instalaciones de la facultad cuentan con 4 módulos de computadoras disponible para las clases impartidas por los profesores y en horario libre para uso en general de los estudiantes, estos módulos cuentan con aproximadamente 30 equipos de escritorio cada uno, la mayoría son equipos nuevos marca Acer y en su minoría con alrededor de 8 equipos ensamblados de uso, estos se encuentran restringidos para hacer cambios en ellos, tanto físicos como de software (Sistemas operativos, aplicaciones, etc.). Por otro lado, se tiene un laboratorio de equipos Mac de Apple, contando con alrededor de 30 equipos y con un horario de uso igual que los módulos, en este laboratorio se da un enfoque único al sistema operativo de Apple y no permiten trabajar con herramientas desarrolladas para otra plataforma, un gran ejemplo son aplicaciones que trabajan en Windows.

Las licenciaturas ofertadas en la Facultad de Ciencias de la Computación con el paso de las materias requieren que el alumno haga uso de las tecnologías para trabajar, tales como el uso de sistemas operativos diferentes y diversas herramientas, esto comienza a tener más claridad y presencia desde el segundo cuatrimestre, donde la materia de programación I y ensamblador hacen uso de dos sistemas operativos, Windows y Linux, con el fin de trabajar en dos ambientes de programación y ver las diferencias entre cada uno de ellos.

A partir de este punto en las materias de la rama de computación y tecnología que comprenden los programas educativos pertenecientes a las licenciaturas ofertadas por la facultad [Anexo 1], es cuando se empieza a manejar estas y más plataformas de sistemas operativos, junto con aplicaciones que mejoran el aprendizaje en los cursos y que se emplean para distintos propósitos.

Por mencionar a las materias de redes que, si bien son materias que no ocupan de la programación, en su mayoría emplean el programa “Packet Tracer” de Cisco, para modelar los diagramas de red y configurar los dispositivos logrando una simulación de como funcionaria en un entorno físico y que por otro lado las materias de bases de datos que requieren programas para realizar la gestión de los datos.

En la actualidad la mayoría de los alumnos cuenta con una computadora personal portátil o de escritorio, pero se ven en la necesidad de sustituir su sistema operativo original o bien particionar su disco duro para poder contar con dicho sistema sin afectar la originalidad, a la larga se limita a la capacidad de almacenamiento con la que cuenten o bien la compatibilidad con su equipo. El resto estamos limitados al alcance de ellas, ya que los costos van en aumento y nos es más difícil hacernos de un equipo de cómputo si no se tiene la posibilidad económica, agregando el tema de la inseguridad en la ciudad ya que como estudiante se está más expuesto a un robo en las cercanías de la universidad, perdiendo la herramienta de trabajo junto con la información importante o sensible. Además, se pueden considerar los equipos con los que cuentan los ciber cafés que en algunos casos no están óptimos para trabajar y es un gasto por hora de uso y en un horario establecido.

El precio promedio de un equipo portátil básico ronda entre los \$6000.00 y los \$8000.00 pesos mexicanos según la marca, ya que los costos por muy básicas que sean las características del portátil se elevan dependiendo el prestigio de la compañía productora, mientras que los equipos de escritorio pierden popularidad y son menos los modelos en el mercado o los costos son más elevados que un portátil.

Así que solo se disponen con mayor seguridad de los equipos en los laboratorios de la Facultad de Ciencias de la Computación, del campus de CU, pertenecientes a la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, donde se pueda tener acceso a un equipo de cómputo, tales como los de la biblioteca central o de algunos disponibles en otras facultades, los cuales también cuentan con las restricciones mencionadas y se ven limitados para poder terminar sus actividades y aprendizaje.

Con la propuesta del laboratorio virtual los alumnos pueden experimentar en las máquinas virtuales alojadas en el clúster sin que exista un riesgo por dañar de manera física o de software su equipo personal o algún otro equipo de cómputo. Realizar instalaciones desde cero algún sistema operativo con el que se desee trabajar, como hosting provisional de páginas web o algún otro servicio, tareas específicas o actividades extracurriculares, al contar con una conexión a internet y un equipo ya sea portátil, de escritorio o de características básicas, incluso si cuentan con un smartphone es suficiente para hacer uso del laboratorio.

El laboratorio virtual está basado en un clúster físico, es decir, que está conformado por varios equipos de cómputo físicos conectados entre sí con un sistema operativo principal y pueden conformarse por un mínimo de dos computadoras sin un número como máximo ya que puede crecer tanto como se requiera. Existen clústeres virtuales que se basan en máquinas virtuales distribuidas en equipos físicos y cada virtual perteneciente al clúster se interconecta por una red virtual.

Todos los equipos que se utilizaron para conformar el clúster son equipos que estuvieron funcionando en los laboratorios de la Facultad de Ciencias de la Computación y que en un momento se reemplazaron para dar paso a otros equipos con mejores características, algunos son ensamblados y otros de marca, cada uno pasó las etapas de mantenimiento y reparación de alguna falla para estar óptimos, sin mencionar el sistema operativo libre y gratuito que se utilizó para la implementación.

Al utilizar estas alternativas de implementación, se beneficia en la economía de la Facultad de Ciencias de la Computación al no adquirir nuevos equipos robustos y de altos costos para implementar nuevas tecnologías, aparte del licenciamiento de las plataformas de virtualización para crear las máquinas virtuales como es el caso de VMware ESXi, ya que son aproximadamente cien mil pesos mexicanos por año desde la página oficial de VMware para hacer uso de la herramienta.

Dicho lo anterior, en el presente trabajo se desarrolla el diseño de un laboratorio implementando la virtualización, se contará con 10 máquinas virtuales disponibles con sistemas operativos diferentes albergadas en el clúster.

Capítulo III: Marco Teórico

Capítulo 3: Marco Teórico

Para este proceso de desarrollo de laboratorio virtual, se hizo una investigación sobre la virtualización, máquinas virtuales, clústeres, Proxmox 5.4 VE, LCX Container, sistema operativo Debian, gestor de virtualización KVM, Hiren's boot, TeamViewer y SSH obteniendo el siguiente trabajo.

3.1 Virtualización

La virtualización es el proceso de crear una representación basada en software en lugar de una física. Se puede aplicar a servidores, aplicaciones, almacenamiento y redes, puede aumentar la escalabilidad, flexibilidad y agilidad, al mismo tiempo que genera ahorros significativos en los costos de capital y operaciones de TI [6].

La virtualización se divide en cuatro categorías principales:

- **Virtualización de escritorio:** Permite que un servidor centralizado ofrezca y administre escritorios individualizados.
- **Virtualización de red:** Diseñada para dividir el ancho de banda de una red en canales independientes que se asignan a servidores o dispositivos específicos.
- **Virtualización de software:** Separa las aplicaciones del hardware y el sistema operativo.
- **Virtualización de almacenamiento:** Combina varios recursos de almacenamiento en red en un solo dispositivo de almacenamiento accesible por varios usuarios.

3.2 Máquinas Virtuales

Un sistema informático virtual se denomina “Máquina Virtual” (VM, Virtual Machine en inglés), es un contenedor de software muy aislado en el que se incluyen un sistema operativo y aplicaciones. Cada una de las VM autónomas es completamente independiente [7].

Existen dos tipos de máquinas virtuales diferenciadas por su funcionalidad, las de sistema y las de proceso.

- **Virtual de Sistema:** es aquella que emula a un ordenador completo, en otras palabras, es un software que puede hacerse pasar por otro dispositivo como una PC de tal modo que puedes ejecutar otro sistema operativo en su interior.

- **Virtual de Proceso:** en lugar de emular un PC por completo, ejecuta un proceso en concreto, como una aplicación, en su entorno de ejecución.

Mediante una capa ligera de software llamada hipervisor, se desacoplan las máquinas virtuales del host y se asignan recursos de procesamiento a cada máquina virtual de manera dinámica y en la medida necesaria.

Las máquinas virtuales ofrecen varias ventajas, relacionadas con las siguientes características.

- Creación de particiones:
 - Ejecuta varios sistemas operativos en una sola máquina física.
 - Divide los recursos del sistema entre las máquinas virtuales.
- Aislamiento
 - Proporcione aislamiento por fallas y de seguridad en el nivel de hardware.
 - Conserve el rendimiento con controles de recursos avanzados.
- Encapsulamiento
 - Almacena el estado completo de una máquina virtual en archivos.
 - Mueve y copia máquinas virtuales tan fácilmente como cuando mueve y copia archivos.
- Independencia de hardware
 - Aprovisiona o migra cualquier máquina virtual a cualquier servidor físico.

3.3 Clústeres

El término clúster (del inglés clúster, que significa grupo o racimo), se aplica a los conjuntos o conglomerados de ordenadores unidos entre si normalmente por una red de alta velocidad y que se comportan como si fuesen una única computadora [8].

Son usualmente empleados para mejorar el rendimiento o la disponibilidad por encima de la que es provista por un solo computador. Se espera que presente combinaciones de los siguientes servicios:

- Alto rendimiento
- Alta disponibilidad
- Balanceo de carga
- Escalabilidad

Los tipos de clústeres establecidos de acuerdo con el uso que se dé y los servicios que ofrecen determinan el significado del término para el grupo que lo utiliza. Pueden clasificarse según sus características:

- **HPCC (High Performance Computing Clusters: Clústeres de alto rendimiento):** Se ejecutan tareas que requieren de gran capacidad computacional, grandes cantidades de memoria o ambos a la vez. El llevar a cabo estas tareas puede comprometer los recursos del clúster por largos periodos de tiempo.
- **HA o HACC (High Availability Computing Clusters: Clústeres de alta disponibilidad):** El objetivo del diseño es el de proveer disponibilidad y confiabilidad, tratan de brindar la máxima disponibilidad de los servicios que ofrecen. La confiabilidad se provee mediante software que detecta fallos y permite recuperarse frente a los mismos, mediante que en hardware se evita tener un único punto de fallos.
- **HT o HTCC (High Throughput Computing Clusters: Clústeres de alta eficiencia):** El objetivo es ejecutar la mayor cantidad de tareas en el menor tiempo posible. Existe independencia de datos entre las tareas individuales.

Los componentes de software y de hardware de un clúster para poder funcionar son:

- Nodos
- Almacenamiento
- Sistemas operativos
- Conexiones de red
- Middleware

3.3.1 Nodos

Pueden ser simples ordenadores, sistemas multiprocesador o estaciones de trabajo, de forma general en computación, un nodo es un punto de intersección o unión de varios elementos que confluyen en el mismo lugar [9]. El clúster puede estar conformado por nodos dedicados o por nodos no dedicados:

- **Nodos Dedicados:** los nodos (Ordenadores) no disponen de teclado, mouse y ni un monitor, su uso está exclusivamente dedicado a realizar tareas relacionadas con el clúster.
- **Nodos no Dedicados:** Siendo lo contrario a los dedicados, los nodos disponen de teclado, mouse y un monitor, su trabajo no es exclusivamente del clúster y solo se hará uso de los ciclos de reloj que el usuario no utiliza mientras realiza sus tareas.

3.3.2 Almacenamiento

El almacenamiento de datos de un clúster puede consistir en un NAS, SAN o un almacenamiento interno en el servidor. El comúnmente utilizado es un NFS (Network File System), un sistema de ficheros compartido entre el nodo principal y los demás nodos, Sin embargo, ya existen sistemas de ficheros específicos para clústeres, tales como Lustre y PVFS2.

- **NAS (Network Attached Storage):** Son dispositivos de almacenamiento específicos, a los cuales se accede utilizando protocolos de red. Permite con bajo coste, realizar un balance de carga y tolerancia a fallos.
- **SAN (Storage Area Network):** El funcionamiento se basa en las peticiones de datos que realizan las aplicaciones del servidor, este modelo es recomendable para manejar grandes volúmenes de información.
- **NFS (Network File System):** Es utilizado para sistemas de archivos distribuidos en un entorno de red de computadoras de área local, posibilita que distintos sistemas conectados a una misma red accedan a ficheros remotos como si se tratara de locales.

3.3.3 Sistemas Operativos

El sistema operativo es el software más importante utilizado por las computadoras, este software coordina y dirige servicios junto con aplicaciones que utiliza el usuario, por lo que es el primer programa que se ejecuta cuando se enciende el equipo de cómputo [10]. En general el sistema operativo permite que el resto de los programas funcionen.

Posee tres componentes esenciales, los cuales hacen referencia a los paquetes de software que permiten la interacción con el hardware:

- **Sistemas de archivos:** Es el registro de archivos, donde estos adquieren una estructura de árbol.
- **Interpretación de comandos:** Estos componentes permiten la interpretación de los comandos, su función es comunicar las órdenes dadas por el usuario en un lenguaje de bajo nivel para que el hardware pueda interpretar.
- **Núcleo:** Permite el funcionamiento en cuestiones básicas como la comunicación, entrada y salida de datos, gestión de procesos y de la memoria.

En el diagrama 1 se muestra la composición de la computadora para el usuario final mostrando la capa donde se encuentra el sistema operativo y como interactúa con las demás capas para poder brindar al usuario la experiencia que actualmente se conoce.



Diagrama 1 "Composición de una Computadora"

3.3.4 Conexiones de Red

Los nodos de un clúster pueden conectarse mediante una simple red ethernet o utilizar tecnologías especiales de alta velocidad como Fast Ethernet, Gigabit Ethernet.

- **Ethernet:** Son las redes más utilizadas en la actualidad, debido a su relativo bajo coste, su tecnología de transferencia de los paquetes de datos es baja a comparación de las Gigabit.
- **Fast Ethernet:** El prefijo fast se agregó para diferenciar de la versión original Ethernet de 10 Mbps., nos proporciona una velocidad de hasta 100 Mbps. Actualmente es la más utilizada pero no la más rápida en cuanto transmisión de datos.
- **Gigabit Ethernet:** Una ampliación más del estándar Ethernet, consigue una capacidad de transmisión de 1 Gigabit por segundo, correspondientes a 1000 Megabits por segundo contra los 100 de Fast Ethernet.

Un clúster necesita una topología de red para la conexión entre los nodos, la topología muestra cómo los diferentes nodos están conectados entre sí y determina la forma en cómo se comunican entre ellos.

Las topologías existentes son: Topología malla, estrella, bus, anillo y árbol.

- **Malla:** En esta topología las computadoras están conectados entre sí mediante un cable de red, no se requiere de un nodo central por lo que reduce el mantenimiento y si existe un error en un nodo sea importante o no, no implica la caída de toda la red. La información enviada es únicamente a los dispositivos conectados. Ver diagrama 2.



Diagrama 2 "Topología de Red en Malla"

- **Estrella:** Es una de las topologías más empleadas, se conforma con un HUB o Switch central que conecta a todas las computadoras y todas las comunicaciones se efectúan a través de este. Cuenta con una reconfiguración rápida y es fácil de prevenir daños y/o conflictos. Ver diagrama 3.

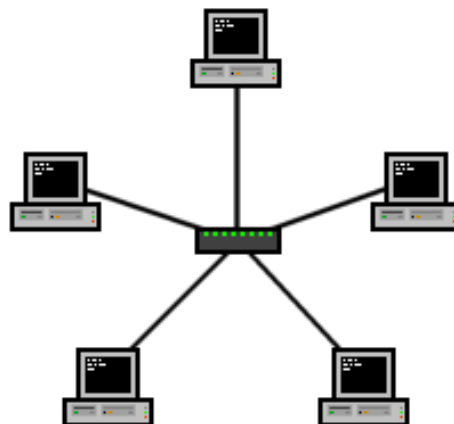


Diagrama 3 "Topología de Red en Estrella"

- **Bus:** Esta topología se caracteriza por tener solo un canal de comunicación el cual conecta a todos los dispositivos, puede enviar información directa o indirectamente ya que es bidireccional. Tiene una implementación fácil y escalable para mantener el orden y diseño de este tipo de red. Ver diagrama 4.

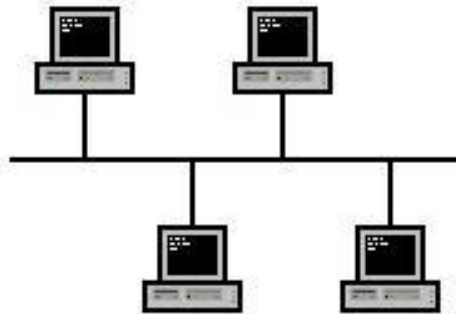


Diagrama 4 "Topología de Red en Bus"

- **Anillo:** Se basa en el principio de la comunicación sucesiva, cada equipo en la red tiene la oportunidad de comunicarse en determinado momento. Los dispositivos tienen una línea de conexión punto a punto con los dispositivos que están a sus lados. Ver diagrama 5.

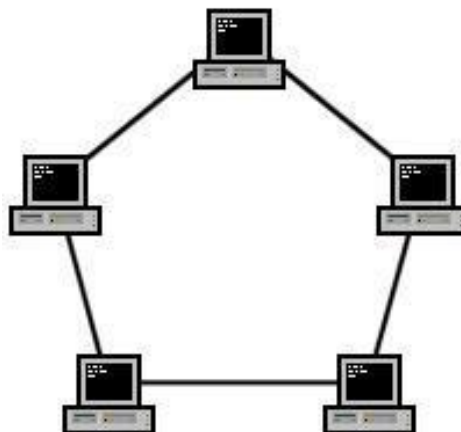


Diagrama 5 "Topología de Red en Anillo"

- **Árbol:** La topología trabaja de la misma forma que la de bus y estrella en cuanto a la interconexión y la forma de actuar del nodo. En esta topología las ramificaciones se extienden a partir de un punto de raíz, los nodos del árbol están conectados a un concentrador central que controla el tráfico de la red, la mayoría se conecta a un concentrador secundario que a su vez se conecta a un concentrador central. Ver diagrama 6.

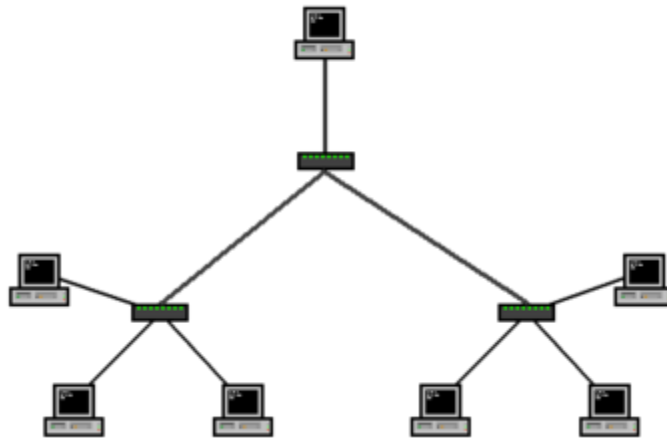


Diagrama 6 "Topología de Red en Árbol"

3.3.5 Middleware

El middleware es un software que generalmente actúa entre el sistema operativo y las aplicaciones con la finalidad de proveer a un clúster lo siguiente [11]:

- **Interfaz única:** Denominada SSI (Single System Image), la cual genera la sensación al usuario de que utiliza un único ordenador muy potente.
- **Herramientas:** Empleadas para la optimización y mantenimiento del sistema, como la migración de procesos, balanceo de carga, tolerancia a fallos.
- **Escalabilidad:** Detectar nuevos nodos para ingresarlos al clúster y utilizarlos.

Se encarga de recibir los trabajos entrantes al clúster y los redistribuye de manera que el proceso se ejecute más rápido y no sufra sobrecargas, esto se realiza mediante políticas definidas en el sistema que indican dónde y cómo debe distribuir los procesos.

El middleware también debe poder migrar procesos entre servidores con distintas finalidades:

- **Balancear la carga:** Un nodo se encuentra cargado de procesos y otro está ocioso, se transfieren los procesos a este último para liberar la carga al primer y optimizar el funcionamiento.

- **Mantenimiento:** Los procesos que están corriendo en un nodo que necesita mantenimiento o actualización, es posible migrar los procesos a otro nodo y desconectar el nodo en cuestión.
- **Priorizar trabajos:** En caso de tener varios procesos corriendo en el clúster y uno de ellos tiene mayor importancia que los demás, puede migrarse este proceso a los servidores que posean más y mejores recursos para acelerar su procesamiento.

3.4 Proxmox 5.4 VE

Es una distribución de Linux open-source para clústeres de computadores y entorno de virtualización, desarrollado por Dietmar y Martin Maurer, dos desarrolladores de Linux que descubrieron que OpenVZ no contaba con una herramienta de respaldo ni una GUI de administración [12].

Se basó en la distribución de Linux Debian, con un instalador Ubuntu LTS modificado que simplifica la instalación en masa permitiendo la implementación y administración de máquinas virtuales y contenedores, siendo una de las distribuciones con más éxito en el ámbito de virtualización y clústeres, por su facilidad de instalación e incorporación de nuevos nodos y otra de sus grandes facilidades es que incorpora una interfaz web de administración además de la consola para el mantenimiento y monitorización del clúster.

Proxmox VE incluye una consola web y herramientas de línea de comandos junto con una API REST para herramientas de terceros. Admite dos tipos de virtualización:

- Basada en contenedor con LXC
- Virtualización completa con KVM

Está licenciado bajo la licencia pública general de GNU Affero versión 3 y puede trabajar de forma independiente o agrupado en el clúster para la administración centralizada y balance de carga.

3.4.1 Sistema Operativo Debian

Debian o Debian GNU/Linux es un sistema operativo libre, desarrollado por miles de voluntarios de todo el mundo, que colaboran a través de internet [13].

Se creó en el año 1993, de la mano del proyecto Debian, con la idea de crear un sistema GNU usando Linux como núcleo ya que el proyecto Debian también desarrolla sistemas GNU basados en otros núcleos.

Debian se caracteriza por:

- La disponibilidad en varias arquitecturas, la versión estable incluye soporte para 12 plataformas
- Una amplia colección de software disponible, en la versión actual 9.0 viene con más de 51000 paquetes, programas precompilados distribuidos en un formato que hace más fácil la instalación en la computadora
- Un grupo de herramientas para facilitar el proceso de instalación y actualización del software (APT, Aptitude, Dpkg, Synaptic, Dselect), todas ellas obtienen información de donde descargar el software desde la ruta `/etc/apt/sources.list`, que contiene los repositorios
- Compromiso con los principios y valores involucrados en el movimiento del software libre
- No tiene marcado ningún entorno gráfico en especial

Debian GNU/Linux puede instalarse utilizando distintos mecanismos de instalación, como DVD, CD, USB, e incluso directamente desde la red.

3.5 LXC (Linux Containers)

Es una tecnología de virtualización en el nivel de sistema operativo para Linux. LXC, permite que un servidor físico ejecute múltiples instancias de sistemas operativos aislados, conocidos como Servidores Privados Virtuales (SPV) o Entornos Virtuales (EV) [14].

LXC no provee de una máquina virtual, más bien provee un entorno virtual que tiene su propio espacio de procesos y redes siendo similar a otras tecnologías de virtualización en el nivel de sistema operativo como OpenVZ y Linux-VServer, asimismo se asemeja a aquellas de otros sistemas operativos como FreeBSD jail y Solaris Containers.

Se basa en la funcionalidad de `cgroups` de Linux desarrollada como parte de LXC, también cuenta con bases en otras funcionalidades de aislamiento de espacio de nombres, que fueron desarrolladas e integradas dentro de la línea principal del núcleo de Linux.

A diferencia de las máquinas virtuales, los contenedores no ejecutan sistemas operativos invitados dedicados, más bien comparten el kernel del sistema operativo del host y hacen uso de las bibliotecas del sistema operativo huésped para proporcionar las capacidades de sistema necesarias. Como no hay un sistema operativo dedicado, los contenedores se inician mucho más rápido que las máquinas virtuales.

3.6 Gestor de Virtualización KVM

Máquina Virtual Basada en el Núcleo (del inglés, Kernel-based Virtual Machine), es una solución para implementar virtualización completa con Linux sobre hardware x86, formado por un módulo del núcleo (kvm.ko) y herramientas en el espacio de usuario, siendo software libre totalmente, utilizando una versión modificada de QEMU como hipervisor y Virt-manager como administrador de máquinas virtuales. El componente para el núcleo está incluido en Linux desde la versión 2.6.20 y el componente de usuario de KVM se incluye en QEMU principal a partir de 1.3 [15].

KVM fue creado por “Qumranet”, en 2008 esta empresa fue adquirida por “Red Hat Inc” y actualmente el software es mantenido por “Open Shift”.

Haciendo uso de KVM se puede ejecutar máquinas virtuales utilizando imágenes de disco que contienen sistemas operativos cada uno con su propio hardware virtualizado, hospedando cada máquina virtual como procesos beneficia a cada una de ellas con todas las características del kernel de Linux. Puede usar una amplia variedad de plataformas de hardware certificado y compatible con Linux, debido a que los proveedores de hardware contribuyen periódicamente al desarrollo del kernel, las funciones de hardware más recientes a menudo se adaptan rápidamente en el kernel de Linux.

3.7 Hiren’s Boot

Es un Live CD o un USB de arranque con secuencias de inicio múltiple, contiene utilidades para resolver problemas en las computadoras con una lista extensa de programas. Las utilidades con funcionalidad similar en el disco se agrupan en menús y aunque parecen redundantes poseen diferencias entre ellas que hacen que se complementen [16].

Hiren’s boot incluye las herramientas:

- Mini XP
- Pruebas de funcionamiento del sistema
- Programas de particionado para discos duros
- Programas de copias de seguridad
- Reproductores multimedia
- Gestor del Master Boot Record
- Herramientas de la BIOS
- Cambio o eliminación de contraseñas en el equipo
- Programas de recuperación de datos
- Antivirus y antimalware en general

Siendo un conjunto de herramientas de software libre envuelto junto con una plataforma Linux para iniciar no necesita un sistema operativo instalado en el equipo. Para adquirir esta herramienta se puede descargar como un archivo ZIP que contiene la imagen ISO desde la página oficial.

La imagen ISO se puede grabar en un CD o en una unidad flash USB con programas para bootear en Windows o Linux.

3.8 TeamViewer

Es un software gratuito para uso no comercial que permite conectarse remotamente a otro equipo, entre sus funciones está el compartir y controlar escritorios, videoconferencia, reuniones en línea y transferencia de archivos entre ordenadores. También cuenta con acceso a un equipo remoto mediante un navegador web [17].

Cuando se inicie el equipo, el programa genera una ID y una propia contraseña, también permite modificar la contraseña para configurarla de manera fija. Para establecer una conexión entre un equipo local y otro remoto, el usuario del equipo local debe ponerse en contacto con el otro e ingresar el ID y la contraseña.

3.9 SSH (Secure Shell)

Es un protocolo que facilita las comunicaciones seguras entre dos sistemas usando una arquitectura cliente/servidor permitiendo a los usuarios conectarse a un host remotamente [18]. El servicio se creó como un reemplazo seguro para el telnet sin cifrar y utiliza técnicas criptográficas para la sesión de conexión. El protocolo proporciona los siguientes tipos de protección:

- Después de la conexión inicial, el cliente puede verificar que se está conectando al mismo servidor al que se conectó anteriormente.
- El cliente transmite su información de autenticación, datos enviados y recibidos por medio de encriptación robusta de 128 bits.

Gracias a la encriptación se puede usar para asegurar protocolos inseguros mediante el uso de una técnica llamada reenvío por puertos.

En el diagrama 7 se muestra un ejemplo de conexión remota mediante el software de TeamViewer y SSH, atravesando la representación de Internet para llegar al clúster dentro de la Facultad de Ciencias de la Computación.



Diagrama 7 "Ejemplo de Conexión Remota"

Capítulo IV: Diseño y Desarrollo

Capítulo 4: Diseño y Desarrollo

En el presente capítulo se explicará el desarrollo de cada una de las etapas que conforman la presente tesis y como se trabajaron las diferentes herramientas para lograr los objetivos específicos planteados al inicio.

4.1 Mantenimiento Preventivo y Correctivo a CPU's

Antes de hacer uso de los equipos de cómputo para conformar el clúster, se realizó el mantenimiento a los 5 CPU's para que se desempeñaran mejor durante el uso.

Un mantenimiento preventivo está destinado a la conservación de equipos o instalaciones, mediante la realización de revisión y reparación que garanticen su buen funcionamiento y fiabilidad. El primer objetivo de un mantenimiento es evitar o mitigar las consecuencias de los fallos del equipo, logrando prevenir las incidencias antes de que ocurran.

Por otra parte, el mantenimiento correctivo es aquel que corrige los defectos observados en los equipos, siendo la forma más básica de mantenimiento para localizar averías o defectos para repararlos.

Consiste a grandes rasgos en los siguientes pasos:

- Desmontar las piezas del CPU
- Limpiar adecuadamente cada pieza
- Ensamble completo del CPU
- Pruebas de funcionamiento

4.2 Montaje de los CPU's para formar el clúster.

Para el montaje del clúster, se ocuparon las instalaciones del site del edificio CC02 ubicado en la Facultad de Ciencias de la Computación. Se utilizaron dos CPU's marca HP con procesador Intel Core 2 dúo, 250GB en disco duro y 2GB de RAM, dos equipos ensamblados con procesador Intel Quad Core, 250 GB en disco duro y 4GB de RAM y finalmente un equipo ensamblado con procesador Intel Core i5, 1 TB en disco duro y 4GB de RAM.

Los 4 nodos (CPU's) se acomodaron apilados en un rack con las conexiones de corriente, teclado, mouse, VGA y red, teniendo en cuenta que la conexión de red de los 4 CPU's llegan a un switch capa 2 y las demás conexiones a un conmutador KVM (Keyboard, Video, Mouse) que permite controlar múltiples ordenadores desde un conjunto de teclado, monitor y mouse. Por otra parte, el nodo principal se excluyó del stack de los otros nodos para colocarlo en un escritorio donde se pudiera manipular adecuadamente.

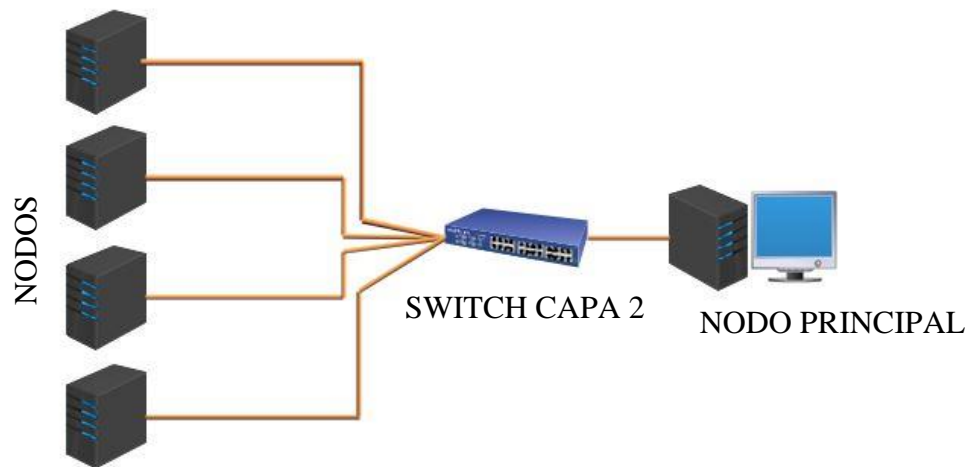


Diagrama 8 "Conexión por Cable de Red del Clúster"



Imagen 1 "Instalación física Clúster"



Imagen 2 "Nodo Principal"



Imagen 3 "Switch capa 2"

El switch de 24 puertos representado en la Imagen 3, no cuenta con una configuración establecida, solo se utiliza para repartir una dirección IP a los demás nodos por medio del protocolo DHCP, ya que se conectó un patch cord desde el servicio de internet de la facultad al puerto 24 del switch, los demás nodos conectados sucesivamente en los puertos del 1 al 5.



Imagen 4 "Conexiones al KVM"



Imagen 5 "DKVM-8E D-Link"

El DKVM-8E de las imágenes 4 y 5, es un conmutador de la marca D-Link que nos proporciona conexiones hasta para 8 diferentes CPU's usando un solo teclado, monitor y mouse. Proporciona 2 botones situados en el panel frontal que permiten cambiar el control al CPU que se desee. Además, puede controlar hasta 128 CPU's con 16 unidades DKVM-8E por stack o Daisy-Chaining usando un cable serie DB-25. Compatible con monitores VGA, SVGA y multisync, puertos para teclado y mouse PS/2 y AT usando un adaptador. Se cuenta con dos equipos en el site de ese modelo para la escalabilidad del clúster en un futuro.

4.3 Configuración de BIOS

El sistema básico de entrada y salida o BIOS del inglés (Basic Input-Output System), es un estándar que define la interfaz de firmware para computadoras [19].

El firmware de BIOS es instalado dentro de la computadora y es el primer programa que se ejecuta cuando se enciende, el propósito fundamental que tiene es iniciar y probar el hardware del sistema y cargar un gestor de arranque o un sistema operativo desde un dispositivo de almacenamiento de datos, además provee una capa de abstracción para el hardware. La tecla más común para acceder a ella es oprimiendo la tecla F2 al encender el equipo. Ver Imagen 6.

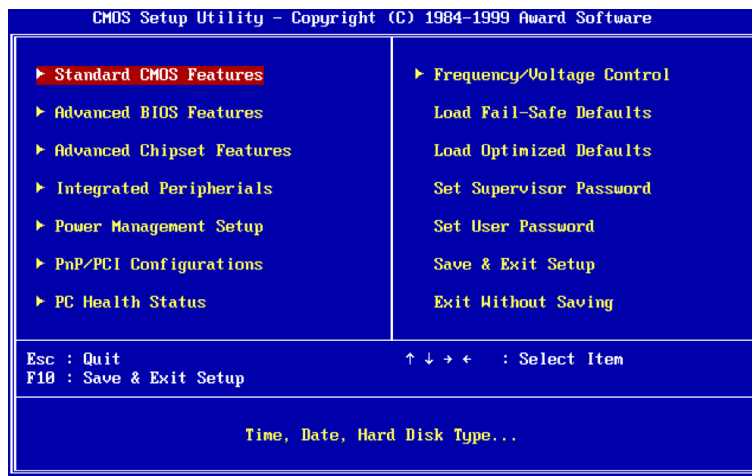


Imagen 6 "Interfaz BIOS"

Los modelos más recientes de cómputo cuentan con UEFI (Unified Extensible Firmware Interface) y reemplaza la antigua interfaz de BIOS incluyendo más características.



Imagen 7 "Interfaz BIOS UEFI"

La configuración que se implementó en la BIOS de los equipos son los parámetros siguientes:

- **Fecha y hora:** Esta opción encontrada en la pestaña "Main" actualizamos los datos de la BIOS con las fechas del presente, para evitar conflictos con los pasos de instalación del sistema y configuraciones. Ver Imagen 8.

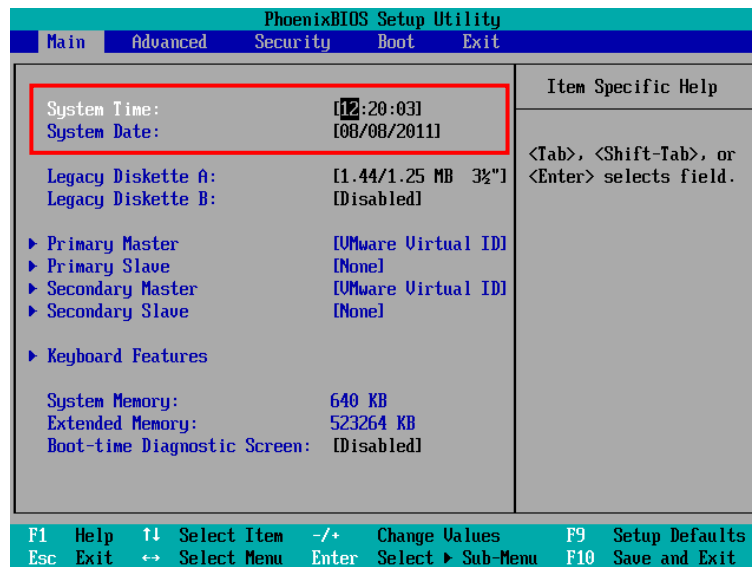


Imagen 8 "Fecha y Hora de la BIOS"

- **Orden de arranque:** Esta opción se encuentra en la pestaña “Boot” y representa los dispositivos con los que podemos iniciar el CPU, iniciando desde un Disco duro hasta iniciar por red, la configuración aplicada representa el disco duro como primer dispositivo de arranque, USB como segundo dispositivo y por último la red. Ver Imagen 9.

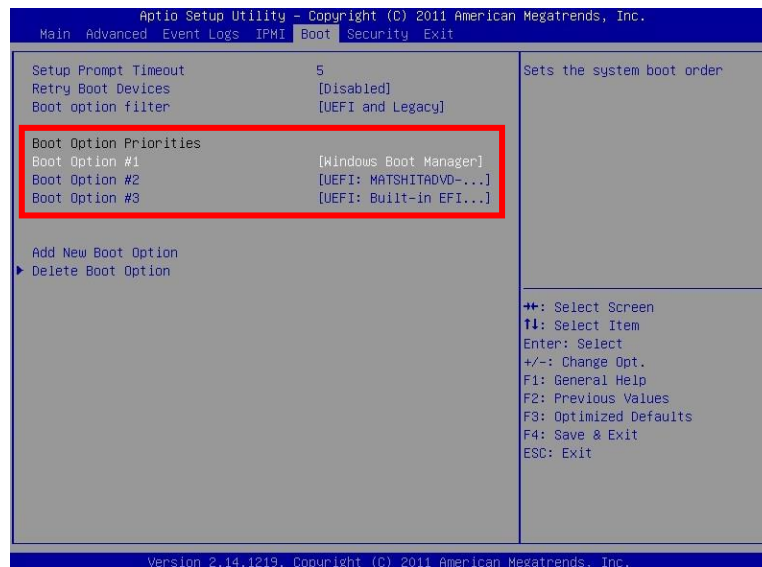


Imagen 9 "Orden de arranque de la BIOS"

- **Tecnología de Virtualización:** El parámetro más importante en la configuración de la BIOS para permitir la virtualización, tiene que estar activada la opción ya que de lo contrario en los equipos no podríamos implementar las máquinas virtuales. Ver Imagen 10.

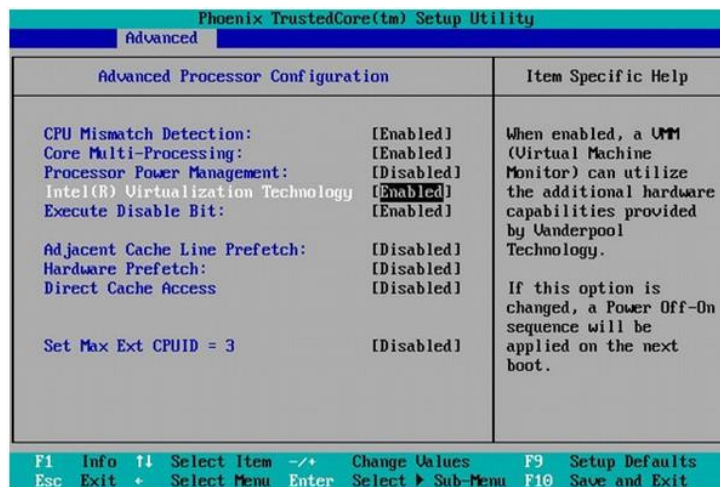


Imagen 10 "Virtualización de la BIOS"

4.4 Preparación de los Discos Duros

Antes de instalar el sistema en los equipos, se formateo y verificó el funcionamiento de cada disco duro, ocupando la herramienta Hiren's Boot, que se instaló en una USB y se conectó uno por uno en los equipos para que al encender la PC ingresáramos al menú de booteo y seleccionar la USB con Hiren's para acceder a la herramienta.

Entrar al menú de booteo depende del modelo de los equipos, las teclas más comunes son "F8, F9, F10, F11, F12". Sobre la primera imagen que da el CPU al encenderlo, antes que inicie la carga de lo que se aloje en el disco duro se debe presionar la tecla, si no, debemos reiniciar el equipo e intentarlo de nuevo. Ver Imagen 11.



Imagen 11 "Inicio del CPU"



Imagen 12 "Menú de booteo"

Una vez seleccionada la USB, veremos cómo inicia Hiren's y despliega un menú donde se seleccionó la opción "Linux based rescue enviroment (Parted Magic 2012-10-10)". Ver Imagen 13.

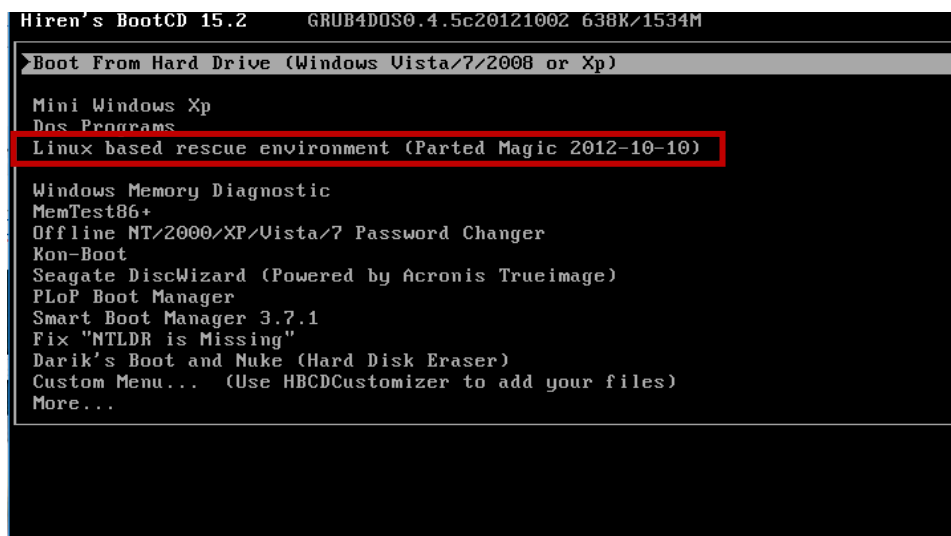


Imagen 13 "Menú de Hiren's"

Ya en la interfaz de inicio de Parted Magic se ocupó la herramienta "Partition Editor" situada en el escritorio. Ver Imagen 14.



Imagen 14 "Interfaz de Parted Magic"

Se reconoció el disco duro indicando la capacidad, particiones y el formato en el que se encuentra, basta eliminar todo en el disco para que al instalar el sistema nuevo ocupe todo el espacio y cree las particiones necesarias con su formato sin que se vea afectado, aplicamos los cambios y salimos de la herramienta. Ver Imagen 15.

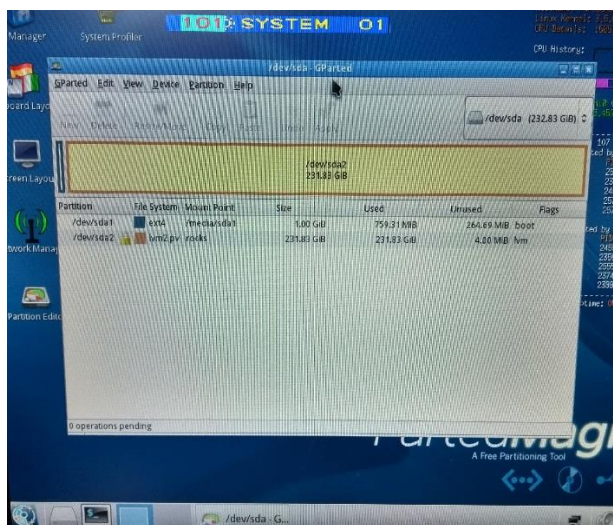


Imagen 15 "Formatear disco en Partition editor"

4.5 Instalación de Proxmox

Preparados los equipos se continúa con la instalación del sistema operativo en los nodos que formarán parte del clúster, para este paso se grabó la imagen ISO del sistema en un CD-ROM para que al iniciar el equipo accedamos a la opción de CD en el menú de booteo e iniciemos el instalador de Proxmox. Ver Imagen 16.

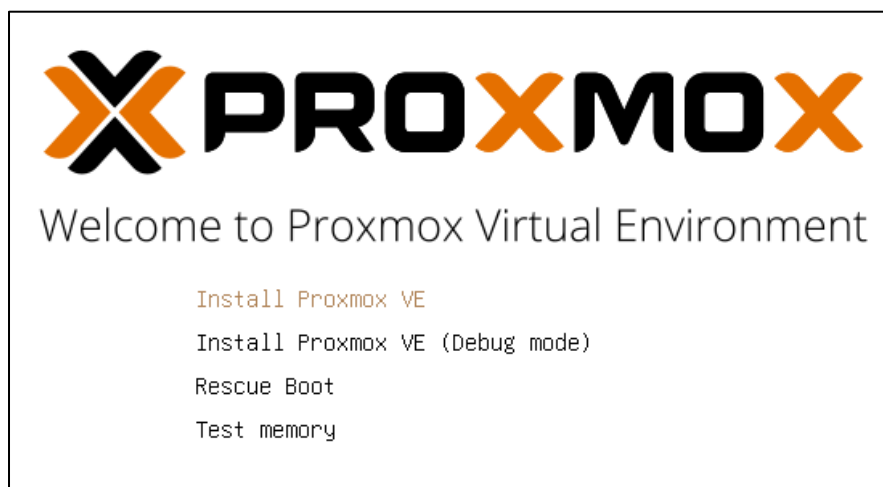


Imagen 16 "Pantalla de inicio de la instalación"

Seleccionamos la primera opción y comenzamos a seguir los siguientes pasos de configuración:

- Aceptar la licencia de acuerdo para usuario final.
- Seleccionar el disco duro destino para el sistema.
- Seleccionar el País, teclado y zona horaria.
- Establecer una contraseña de administrador y un correo.
- Seleccionar tarjeta de red, ingresar un hostname y las direcciones IP correspondientes.
- Verificar la información de instalación.
- Instalar y reiniciar el equipo.

4.5.1 Aceptar la licencia

En este paso se aceptan los términos y condiciones de utilizar el software, informándonos sobre garantía, limitaciones entre otras cosas que suele tener los acuerdos de la mayoría de los softwares, oprimiendo el botón “I agree” para aceptar el uso y continuando al siguiente paso. Ver Imagen 17.

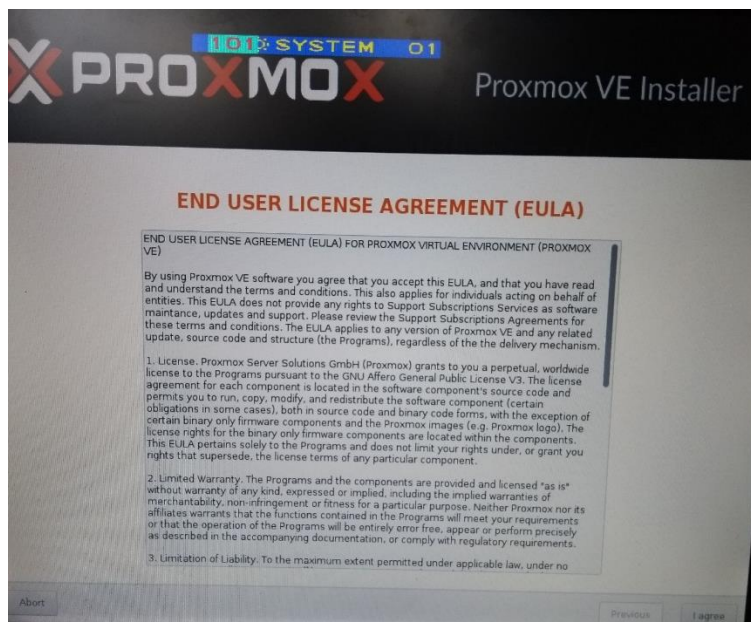


Imagen 17 "Interfaz de licencia"

4.5.2 Selección de disco duro

En este siguiente paso se seleccionó el disco duro en donde se alojó el sistema, donde podemos desplegar la lista de opciones a elegir, en este caso al contar únicamente con un disco es la opción por default mostrando la cantidad de memoria con la que cuenta, después de seleccionar el disco se continúa el proceso oprimiendo siguiente. Ver Imagen 18.



Imagen 18 "Selección de disco duro"

4.5.3 Configuración de País, teclado y zona horaria

Para esta sección se solicita 3 campos donde se llenaron con los datos:

- **País:** México
- **Zona horaria:** America/Mexico_City
- **Diseño de teclado:** Español

De acuerdo con estos datos el sistema aplicará en sus configuraciones y mantiene el registro de la ubicación donde se encuentra instalado, una vez llenados los campos se procede a continuar con el siguiente paso del instalador. Ver Imagen 19.

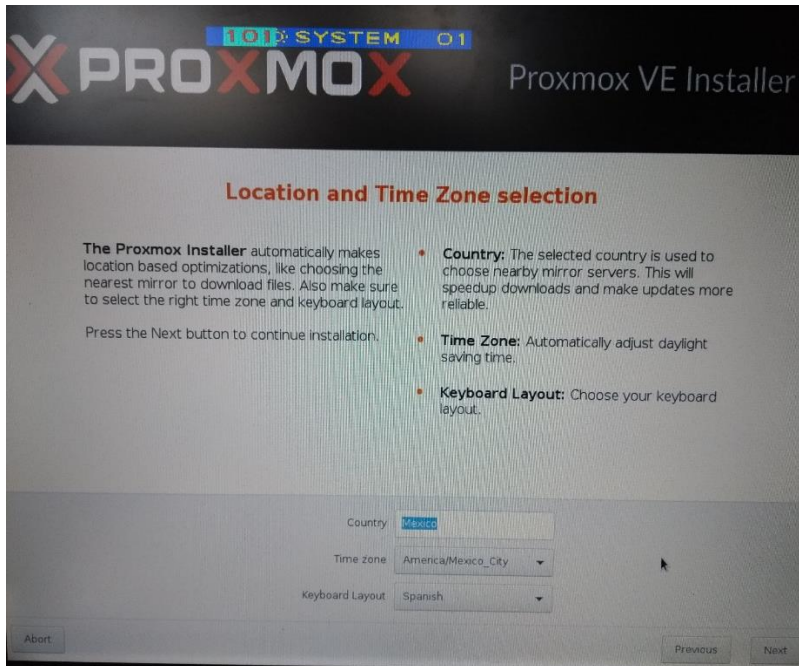


Imagen 19 "Selección de País y zona horaria"

4.5.4 Establecer contraseña de administrador y correo

Este paso define la sección de seguridad de nuestro sistema, ya que se emplea una contraseña para el usuario administrador, además, se creó una cuenta de correo dedicado para registrar el clúster y se envíe información del equipo a la cuenta, tales como alertas importantes, notificaciones, eventos de respaldo entre otras cosas. La información que se agregó es la siguiente:

- **Contraseña de administrador:** labvirtual
- **Correo:** labvirtualbuap@hotmail.com
- **Contraseña de correo:** 1LabvirtualB

Terminando el llenado de los campos continuamos con el siguiente paso de configuración de la red. Ver Imagen 20.

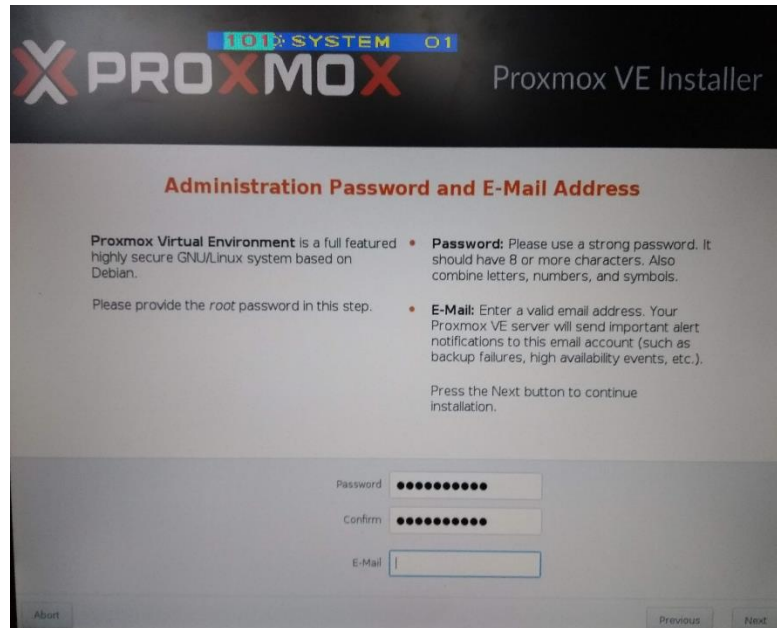


Imagen 20 "Configuración de contraseña y correo"

4.5.5 Configuración de Red

En la configuración de red se selecciona la tarjeta de red a usar en el caso de que se cuente con más de una, se ingresa un hostname que cumpla con las condiciones de FQDN (Fully Qualified Domain Name) y el direccionamiento IP, cabe resaltar que si se cuenta con el servicio de DHCP como es el caso de este clúster, los campos de direccionamiento se llenan automáticamente, teniendo también la opción de editar la IP manualmente.

El hostname que se asignó a cada equipo cumpliendo el FQDN es el siguiente:

- labvirtual.buap.mx

Donde dependiendo del nodo es como se va incrementando un numero seguido de labvirtual (labvirtual2, labvirtual3...labvirtualN). Ver Imagen 21.

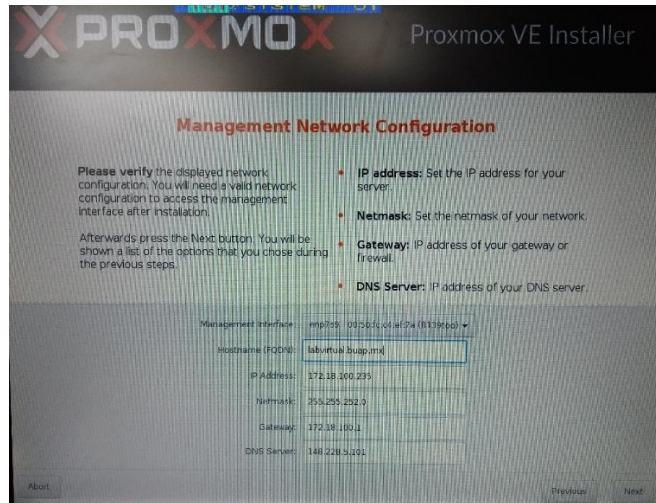


Imagen 21 "Configuración de direccionamiento IP"

4.5.6 Verificación e Instalación

Siendo los últimos pasos del instalador, muestra un resumen de las configuraciones que se aplicaron anteriormente para verificar si es correcto y poder proseguir con la instalación, una vez se oprima el botón de "Instalar" veremos el proceso hasta que finalice, para al final poder visualizar los siguientes pasos para acceder al sistema y comenzar a configurar de acuerdo con las necesidades. Ver Imagen 22, 23 y 24.

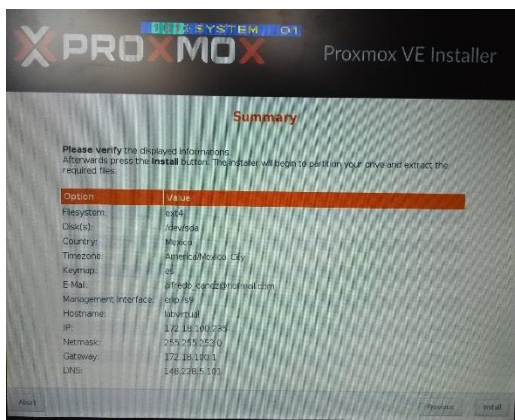


Imagen 22 "Interfaz de confirmación"

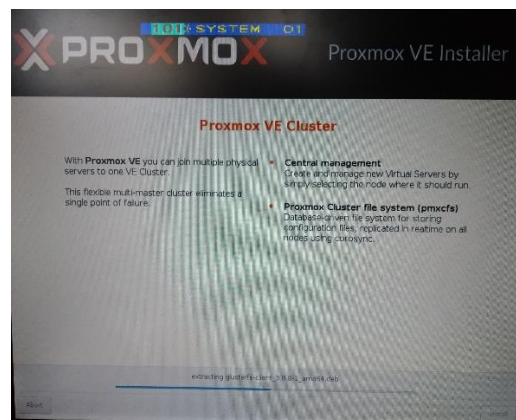


Imagen 23 "Proceso de Instalación"

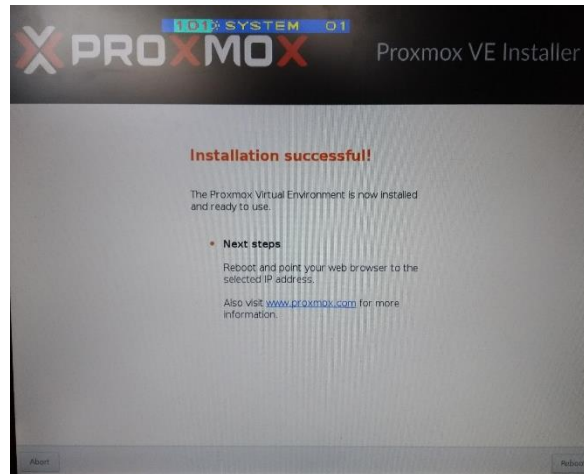


Imagen 24 "Final de instalación"

Reiniciando el sistema terminará oficialmente el proceso de instalación, una vez inicie el equipo con el sistema operativo mostrará únicamente en modo consola una IP junto con un login para entrar como usuario y administrarlo vía comandos. La IP nos servirá para acceder por medio de la web al sistema y contar con una interfaz gráfica. Ver Imagen 25.

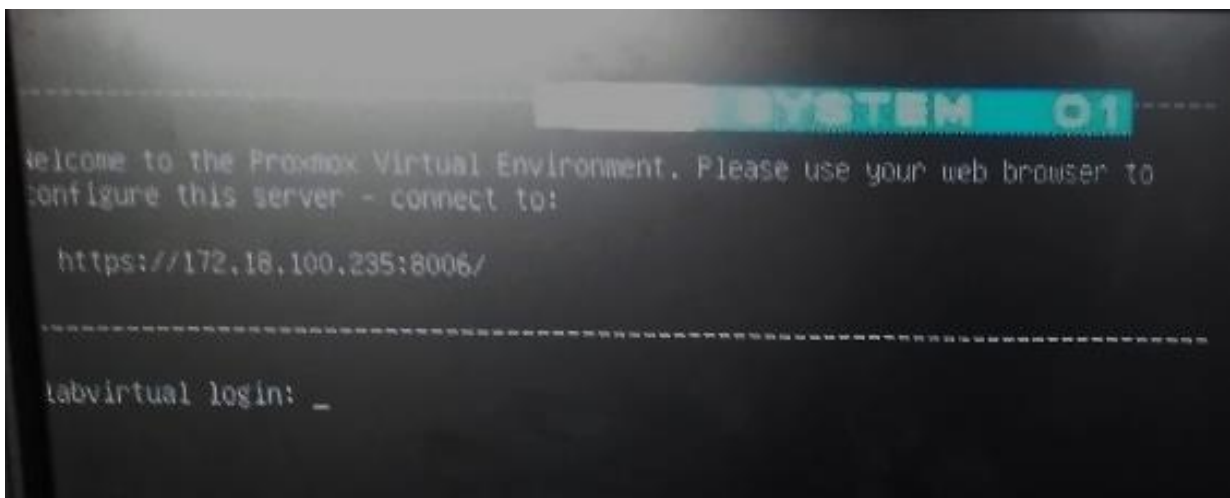


Imagen 25 "Sistema en modo consola"

4.6 Portal web de Proxmox

El portal web del sistema nos ofrece una interfaz gráfica y organizada donde podemos encontrar distribuidas las herramientas que ofrece el sistema y que se pueden implementar, cada nodo cuenta con su portal permitiendo el acceso aparte.

En el nodo principal visualizamos la IP que nos ofrece el modo consola y la ingresamos en el navegador, aparecerá una página de advertencia de seguridad, esto se debe a que no es un sitio certificado ya que es local en la red. Ver Imagen 26.

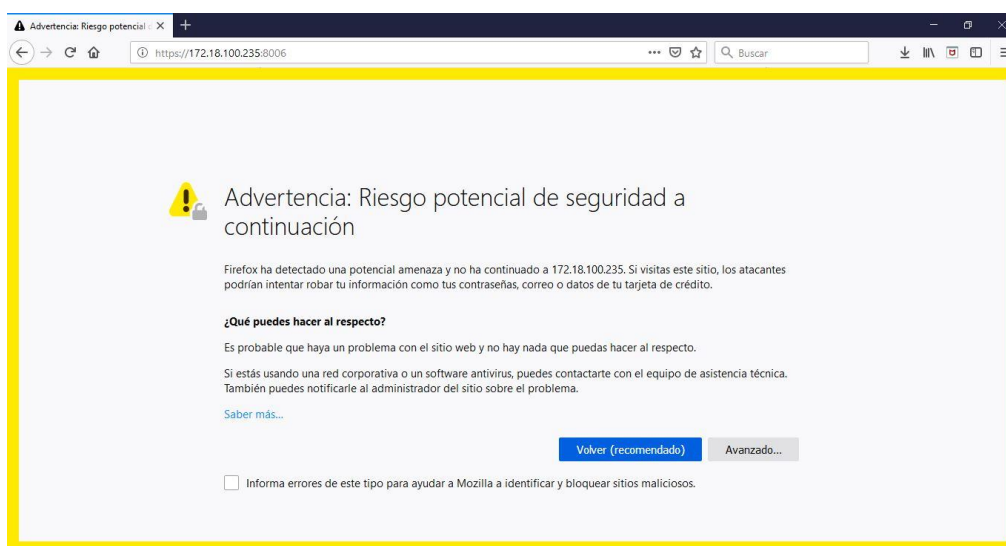


Imagen 26 "Página de riesgo"

Según el navegador entraremos en la opción avanzado y permitiremos el acceso haciendo clic en el botón de aceptar el riesgo y continuar, seguido de ese paso se tendrá en pantalla la interfaz de inicio de sesión a nuestro nodo. Ver Imagen 27.

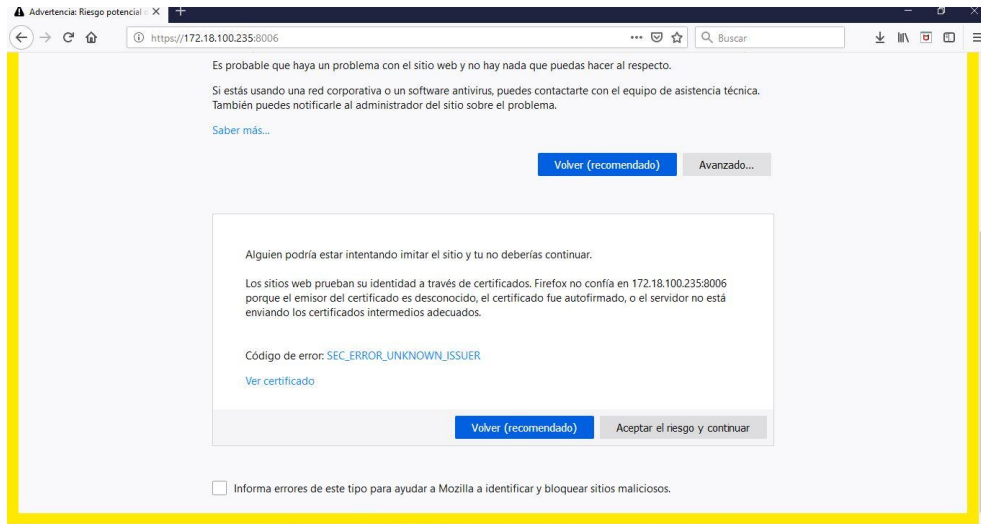


Imagen 27 "Aceptar riesgo"

En el inicio de sesión el nombre de usuario por defecto es “root” e ingresamos la contraseña que se estableció durante la instalación del sistema, respecto a los dos campos restantes se puede configurar el idioma mientras que la autenticación estándar de Linux se queda fija. Ver Imagen 28.

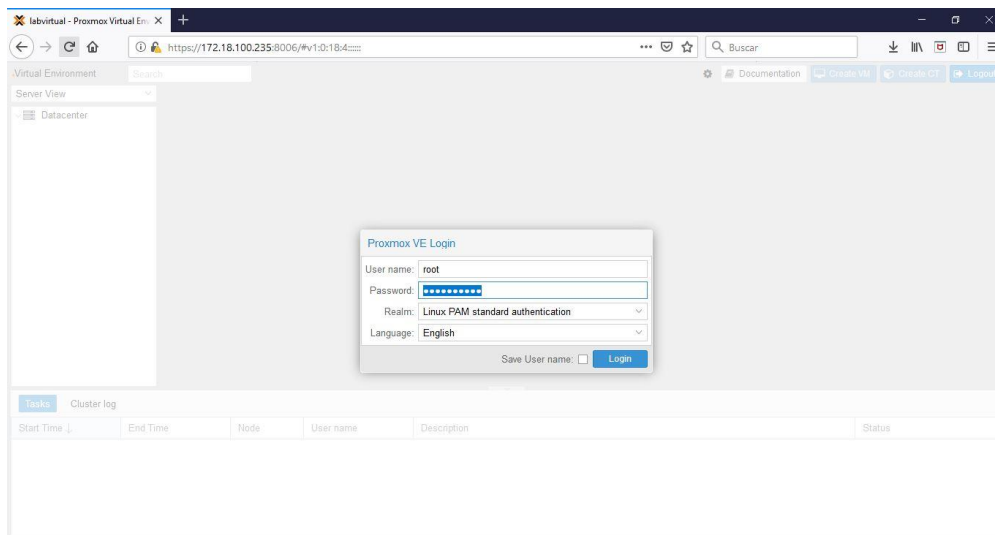


Imagen 28 "Log in"

Si los accesos son correctos aparecerá la interfaz principal donde en la parte izquierda se muestra el centro de datos que cuenta con un equipo (nodo principal) y en forma de árbol muestra el almacenamiento, en el menú de abajo los eventos y tareas del nodo y/o clúster, de manera central las diferentes opciones que se tiene para el nodo junto con botones para manipular el reinicio/apagado del equipo y crear máquinas virtuales o contenedores. Ver Imagen 29.

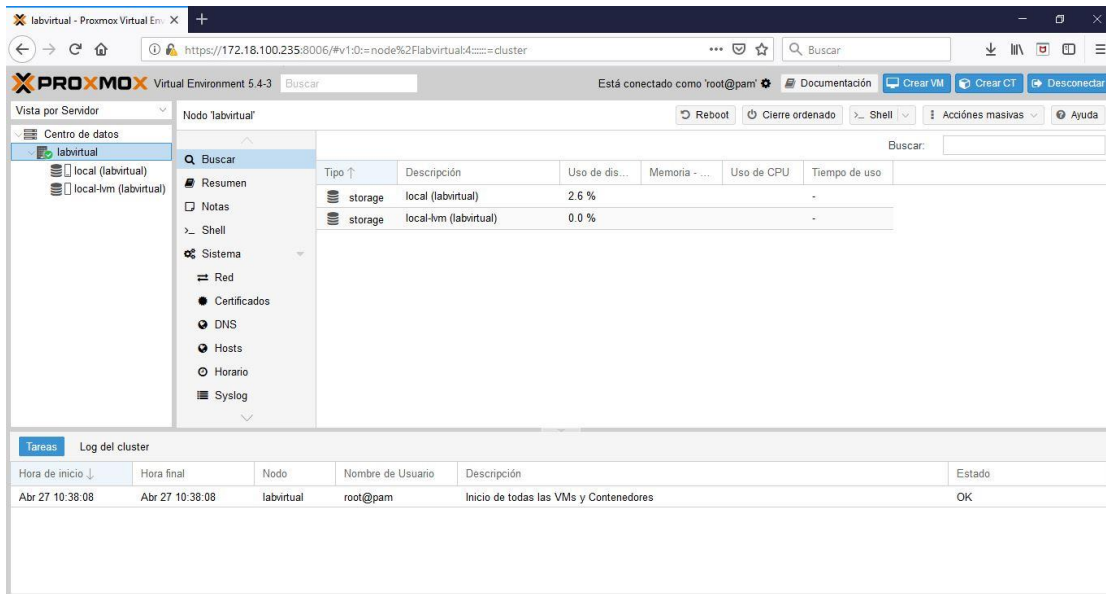


Imagen 29 "Interfaz del portal web"

Por cada nodo que contenga Proxmox puede ser parte del clúster y será bueno verificar el acceso a su portal para poder administrarlo en primera instancia y después unirlo a algún clúster si se desea.

4.7 Creando el clúster

Cuando los equipos que formarán parte del clúster estén listos y configurados, en el respectivo portal web del nodo verificaremos la zona horaria y la hora del servidor, los nodos deberán de coincidir en esos campos, de ser lo contrario al crear el clúster y agregar nodos arrojará un error y no se podrá concluir con éxito la operación. Ver Imagen 30 y 31.

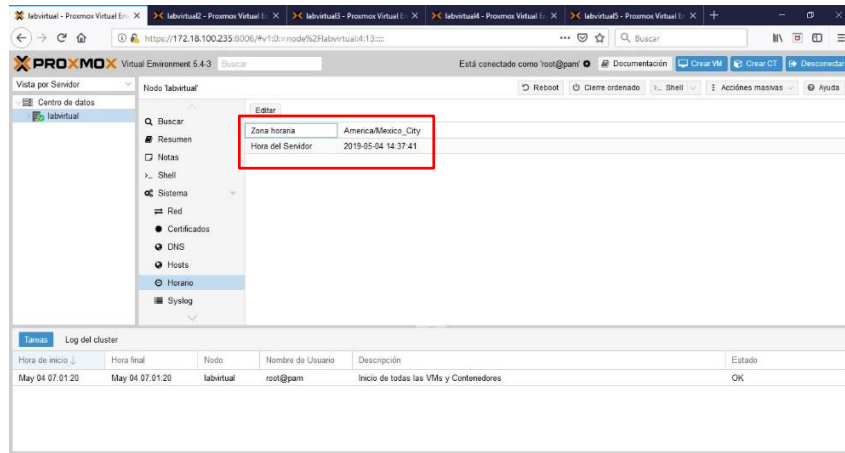


Imagen 30 "Hora del nodo 1"

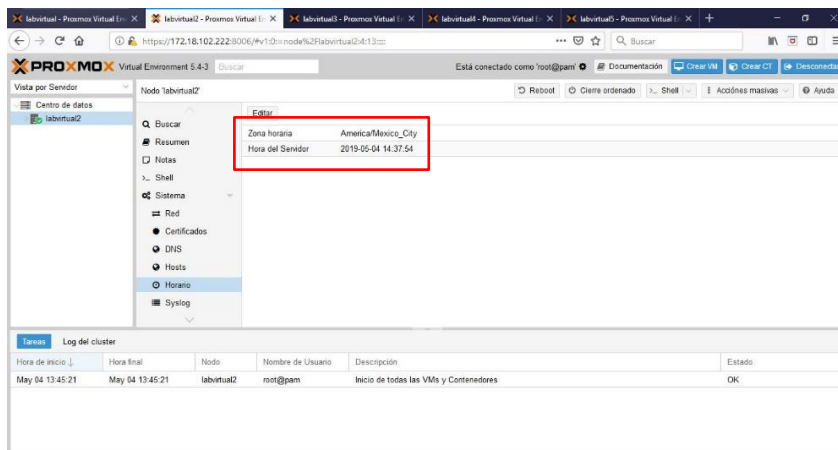


Imagen 31 "Hora del nodo 2"

En el portal web del nodo principal, iniciaremos el Shell del equipo para entrar en modo consola desde la interfaz web y logueados como “root” tenemos permisos para aplicar los comandos y crear el clúster. La estructura del comando es la siguiente:

- **pvecm create “Nombre del clúster”**

El nombre del clúster se configuró como “**ClusterLab**”, a tomar en consideración el nombre debe ser corto y no mayor a 10 letras, ya que genera un error y no es posible crear el clúster. Si el proceso termina bien visualizaremos en la parte de centro de datos el nombre que le dimos, en la parte de tareas aparecerá la acción seguida de un “ok” como estado y en consola obtendremos lo siguiente:

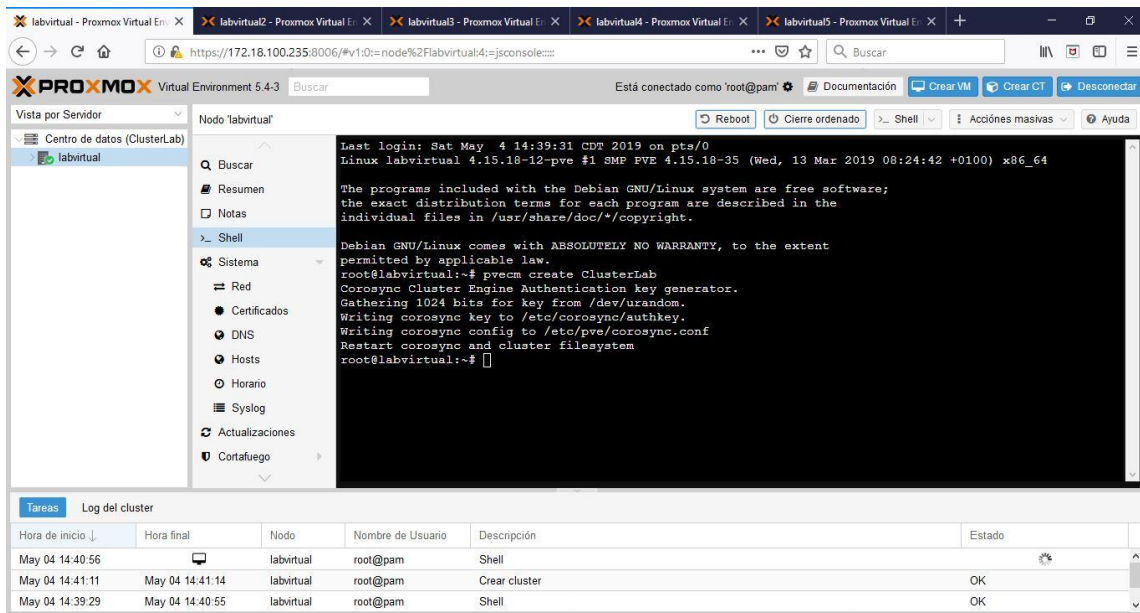


Imagen 32 "Clúster creado"

Después de este paso se procede a agregar tantos nodos se requiera, en este laboratorio virtual agregaremos los 4 equipos restantes que se tienen, desde el portal web de cada nodo se ingresa al Shell para incorporarlo al clúster vía comandos, algo similar en los pasos anteriores con el nodo principal cuando se creó.

La estructura del comando para introducir en el Shell es la siguiente:

- **pvecm add "IP del nodo principal"**

La IP fija del nodo principal es "172.18.100.235", al dar "enter" solicitará la contraseña de superusuario del principal, al ingresarla seguimos el procedimiento, confirmamos que se quiere seguir con la conexión y al terminar indicará que se agregó el nodo al clúster satisfactoriamente y aparecerá en nuestro árbol de centro de datos. Ver Imagen 33 y 34.

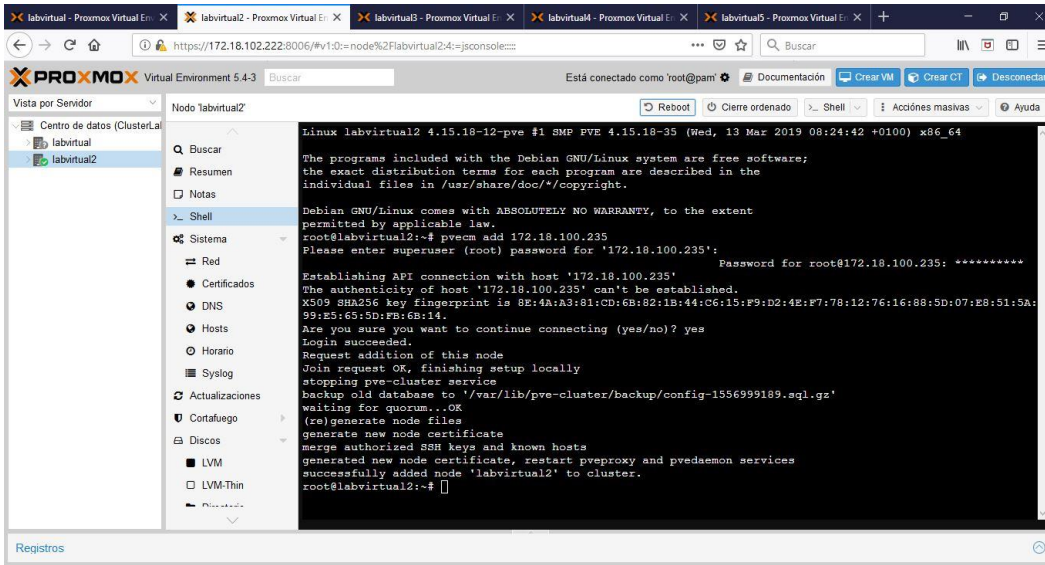


Imagen 33 "Añadir nodo"

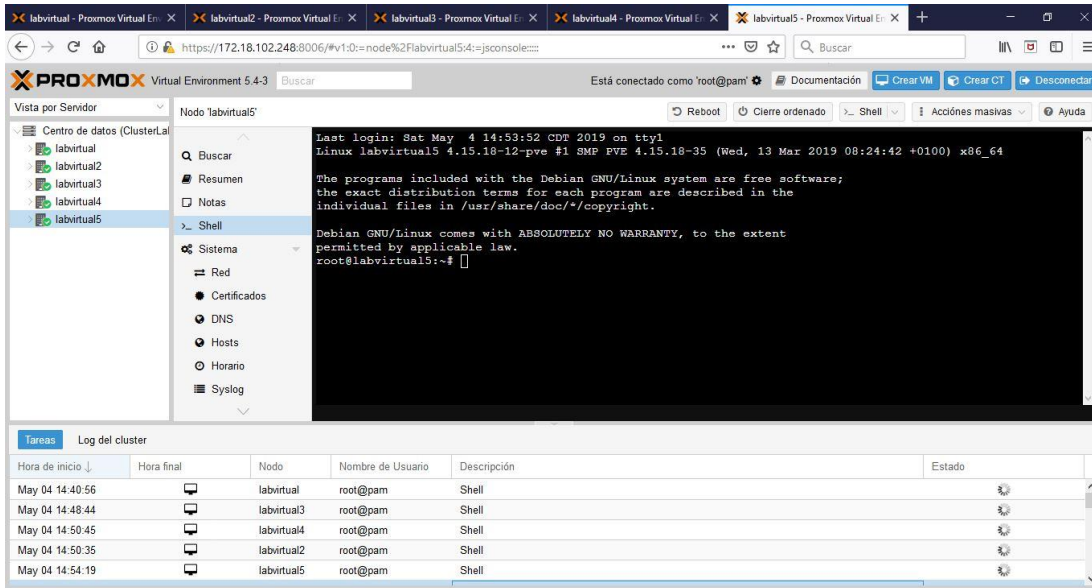


Imagen 34 "Clúster de cinco nodos"

Agregando el quinto nodo tenemos nuestro clúster completo para el siguiente paso, en el cual se creará un espacio para almacenar las imágenes ISO de los sistemas que se implementarán dentro de nuestro clúster donde se administrarán las máquinas virtuales y los recursos a ocupar para un rendimiento mejor en cada una de ellas.

4.8 Directorio de imágenes ISO

Antes de empezar la creación de máquinas virtuales se necesita un espacio dedicado para almacenar las imágenes ISO que ocuparemos para la instalación de cada una de ellas, por tal motivo se define un directorio en el clúster cuyo único objetivo será provisionarnos la parte importante dentro de la instalación de las máquinas virtuales que son las imágenes de los sistemas operativos a ocupar.

Seleccionando en nuestro árbol centro de datos en el menú central, se selecciona almacenamiento, donde se visualizará los dispositivos con los que se cuenta y el apartado de “Agregar”, al dar clic en agregar se despliega el menú con diferentes opciones en la que seleccionaremos “Directorio”. Ver Imagen 35.

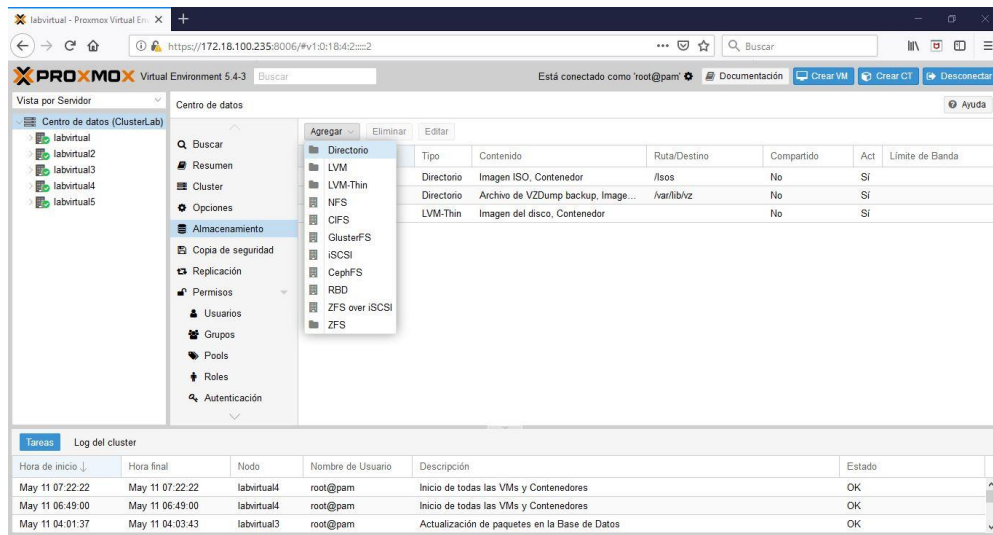


Imagen 35 "Creando directorio"

Aparecerá una ventana donde se podrá editar el nombre, el nodo destino, contenido y las casillas de activar y compartir. En el sitio de nodo se habilita en el principal, en el contenido se marcan las opciones de “Contenedor, Imagen ISO” con el fin de dar formato a nuestro directorio y especificar que se almacenará ahí, por último, se habilitan las casillas para poder compartir la información y habilitarla. Ver Imagen 36.



Imagen 36 "Editar directorio"

Al pulsar "Aceptar", se habilitará en el árbol de centro de datos el directorio, para posteriormente una vez seleccionado, en el menú central hacer clic en el botón "Cargar" para comenzar a subir las imágenes ISO. Ver Imagen 37.

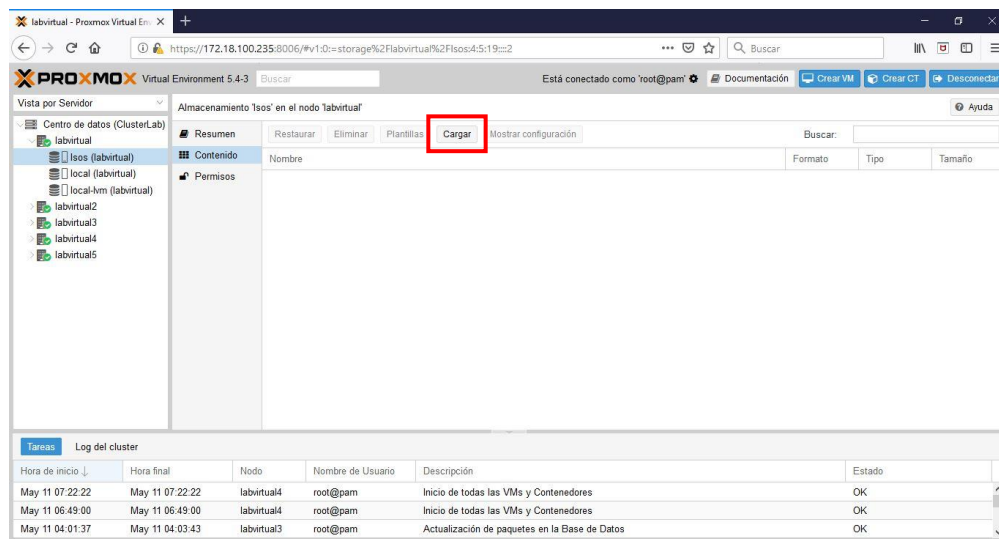


Imagen 37 "Cargar ISO"

Apareciendo una ventana donde nos permitirá seleccionar el contenido y navegar entre las carpetas para subir el archivo deseado. Ver Imagen 38.



Imagen 38 "Seleccionar ISO"

Al elegir el archivo podremos cargarlo y se inicializará el proceso de transferencia, dependiendo el tamaño y la velocidad del internet será el tiempo de espera. Ver Imagen 39.



Imagen 39 "Subiendo ISO"

Terminando el proceso, la imagen ISO del sistema operativo elegido aparecerá dentro del directorio listo para usarse, de igual manera se puede cargar “templates” de los sistemas, que cuentan con la finalidad de ser creados como contenedores en lugar de máquinas virtuales.

Para este caso se agregaron en el directorio las ISO de los sistemas operativos:

- Windows 10
- Linux Ubuntu 14.0
- Windows 7
- Linux Ubuntu 16.0
- Linux Kali

De los cuales se obtuvieron las 10 máquinas virtuales que se instalarán en el clúster para el laboratorio virtual.

4.9 Instalación de Máquinas Virtuales

Realizado los pasos anteriores, está todo listo para empezar con la instalación, como en otros programas de virtualización tales como “Virtual Box, VMware, etc.”, se sigue un proceso de preparación de las características de la máquina virtual, sobre la plataforma Proxmox se sigue el mismo procedimiento, donde asignamos recursos y se ocupa la imagen ISO para seguir un asistente de instalación normal de cualquier sistema operativo.

4.9.1 Asistente de Instalación

Sobre la interfaz web del clúster situado en el menú central se encuentra la opción “Crear VM”, al seleccionarlo se empieza con la instalación de la máquina virtual donde aparece el asistente de configuración. Ver Imagen 40.

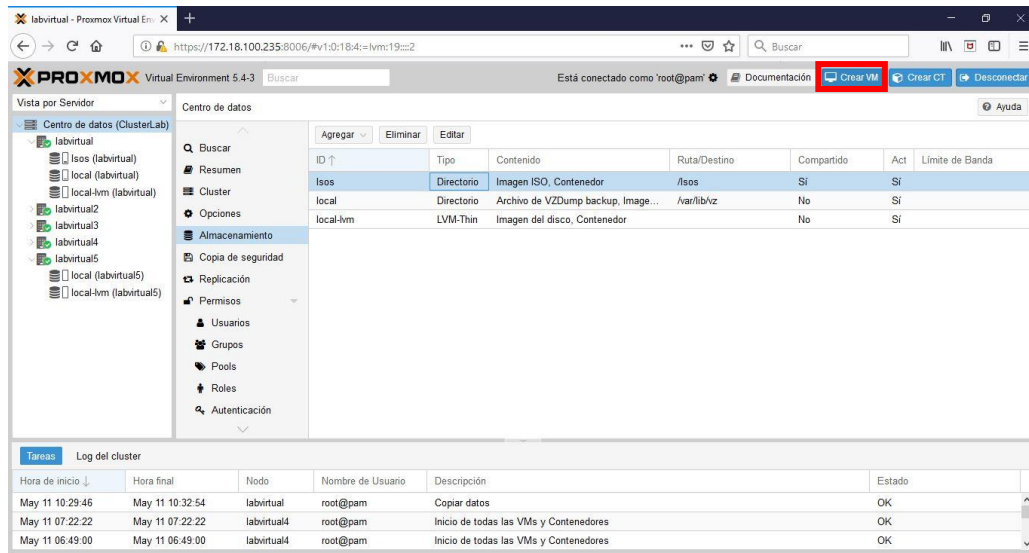


Imagen 40 "Crear MV"

El primer paso para configurar se cataloga como general, donde se selecciona el nodo donde se instalará, se le asigna un ID de reconocimiento y el nombre de la máquina virtual. Ver Imagen 41.

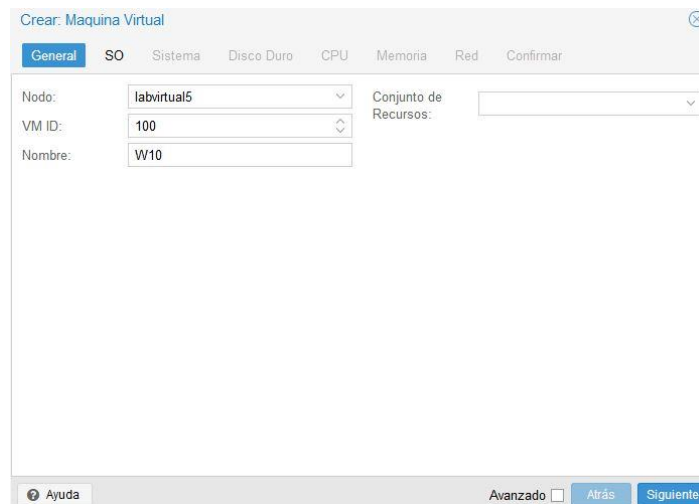


Imagen 41 "Configuración General"

Una vez definidos los campos se continúa con el segundo paso, la selección del sistema operativo, el cual consiste en seleccionar de donde obtendremos el instalador del sistema, el tipo de operativo que instalaremos y su versión, dado que se creó un directorio dedicado para almacenar las imágenes ISO se selecciona la primera opción para indicar la ubicación de la imagen y la que se ocupará. Ver Imagen 42.

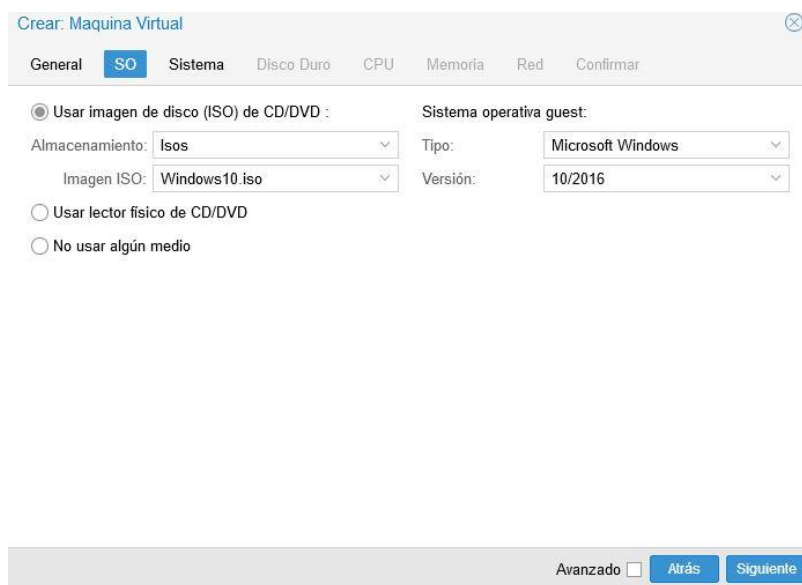


Imagen 42 "Selección de SO"

Para el paso de "Sistema" basta con dejar por defecto las opciones que aparecen, ya que con eso aseguramos la mayor compatibilidad con la máquina virtual. Ver Imagen 43.

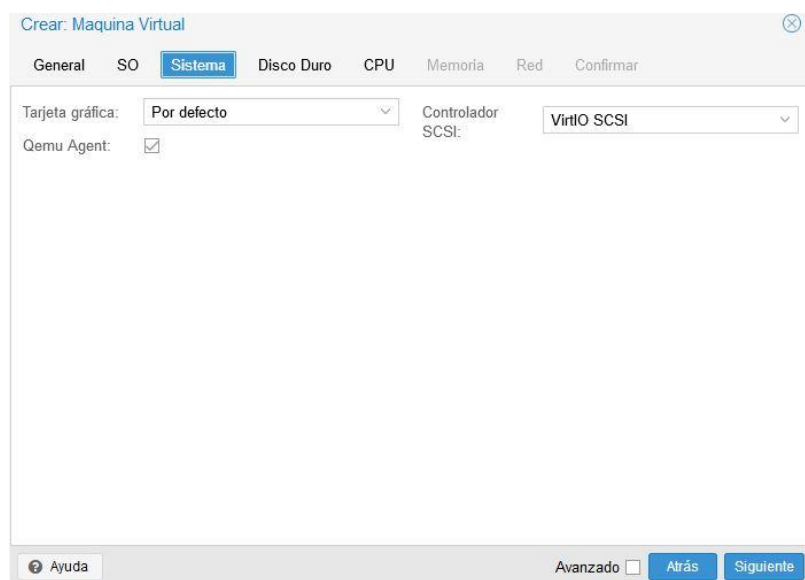


Imagen 43 "Sistema"

En la asignación del disco duro, podemos escoger el almacenamiento, en estos casos se mantendrá en “Local-lvm” para que se guarde en el nodo, seleccionamos el espacio a ocupar de acuerdo con las necesidades, si bien son máquinas que no necesitan tanto espacio la media que podemos dejar es de 20 Gb, el bus preferentemente se elegirá tecnología SATA y al final las dos opciones restantes de caché se quedan por defecto. Ver Imagen 44.

The image shows a configuration window titled "Crear: Máquina Virtual" with a close button in the top right. The window has several tabs: "General", "SO", "Sistema", "Disco Duro" (which is selected and highlighted in blue), "CPU", "Memoria", "Red", and "Confirmar". Under the "Disco Duro" tab, there are several input fields and checkboxes:

- "Bus/Dispositivo": A dropdown menu set to "SATA" and a spinner box set to "0".
- "Almacenamiento": A dropdown menu set to "local-lvm".
- "Tamaño de disco (GiB)": A spinner box set to "20".
- "Formato": A dropdown menu set to "Imagen de disco RAW (raw)".
- "Caché": A dropdown menu set to "Por defecto (No hay memoria ca)".
- "Descartar": An unchecked checkbox.

At the bottom of the window, there is an "Ayuda" button with a question mark icon, an "Avanzado" checkbox which is unchecked, and two blue buttons labeled "Atrás" and "Siguiete".

Imagen 44 "Configuración de disco duro"

Es posible tener un solo disco duro dedicado al almacenamiento de las máquinas virtuales o algún otro fin, se puede crear en cualquier instancia del clúster permitiendo ocupar el resto de los discos duros para otro fin o bien solo concentrar la información.

En el siguiente paso se selecciona las características del CPU para la máquina virtual, basándonos en los recursos con los que cuenta nuestro nodo anfitrión para un mejor rendimiento y para que la máquina virtual no presente lentitud. Contamos con las opciones de sockets, núcleos y el tipo, donde el tipo lo dejaremos por defecto en KVM ya que es la principal base de nuestra virtualización. Ver Imagen 45.

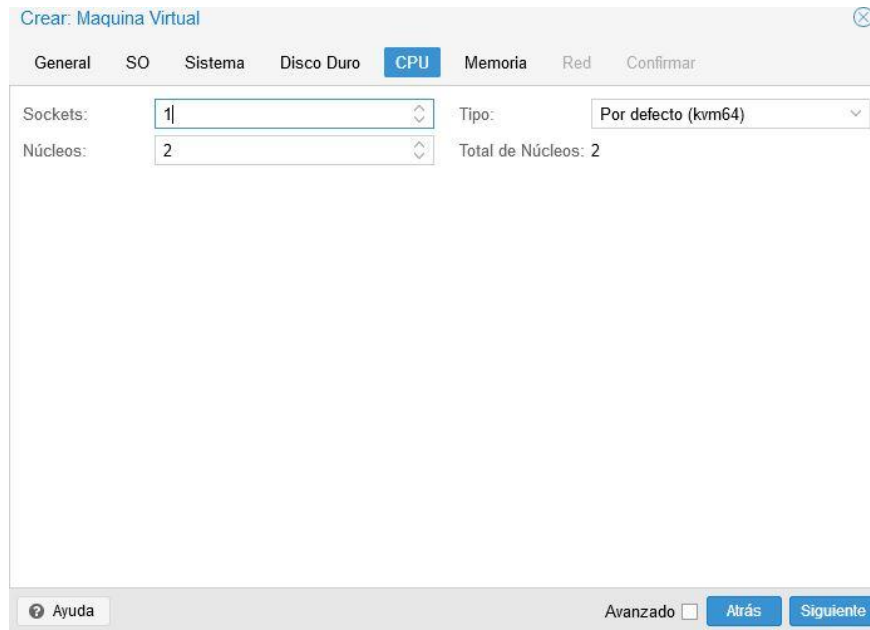


Imagen 45 "Configuración CPU"

Para la memoria RAM a ocupar para la máquina virtual contamos con el apartado en Mb donde se calcula la cantidad de memoria que se desea para el equipo, contemplando el rendimiento que se quiere obtener y evitando el mal desempeño. Ver Imagen 46.

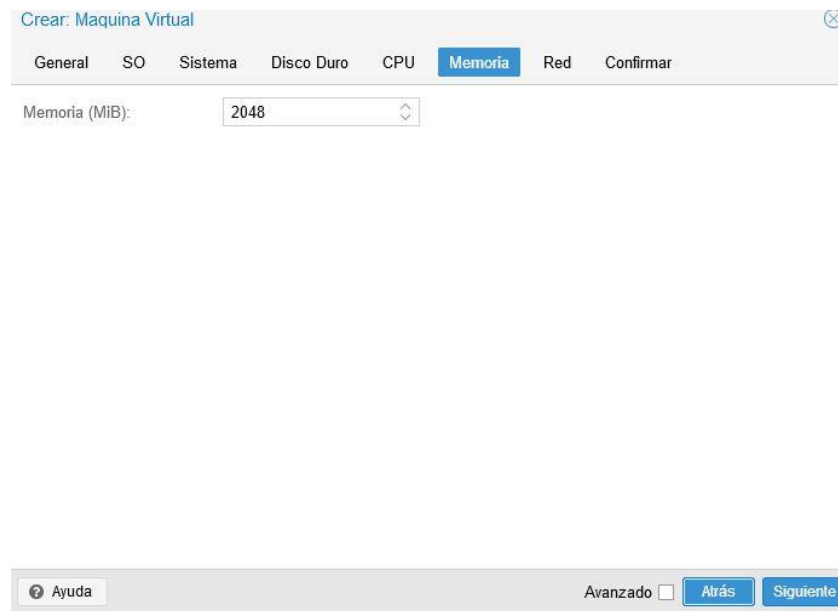


Imagen 46 "Memoria RAM"

En el penúltimo paso de este asistente de instalación se establecen los parámetros de red, donde incluso se puede marcar una casilla que deshabilita la interfaz Ethernet, también se cuenta con la tecnología VLAN, la dirección MAC que se puede dejar en automático y el modelo de la interfaz de red que dependiendo del nodo puede variar de acuerdo con las características para una mejor compatibilidad. Ver Imagen 47.

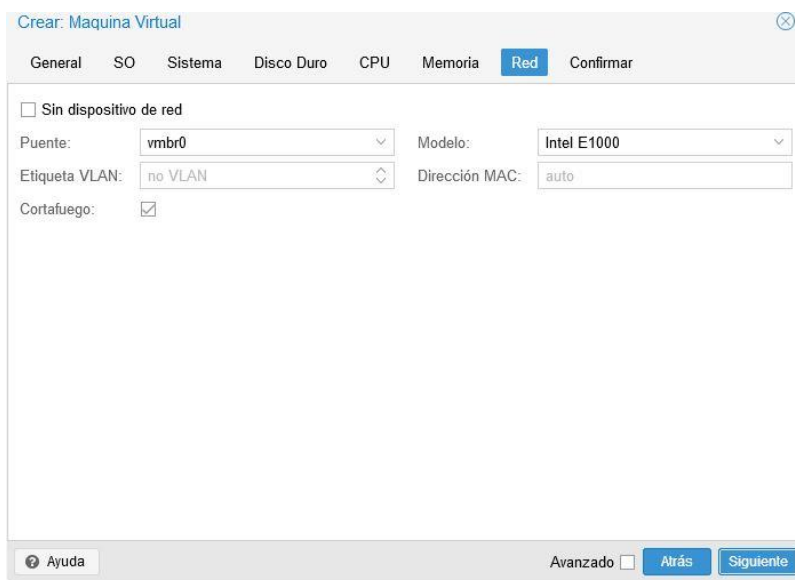


Imagen 47 "Configuración de Red"

Solo queda en el último paso, verificar el resumen de configuraciones que se realizaron para asegurar los recursos de la máquina virtual, si todo está en orden se termina seleccionando el botón de finalizar y de ser lo contrario se puede corregir cualquier paso de configuración regresando a través del asistente. Ver Imagen 48.

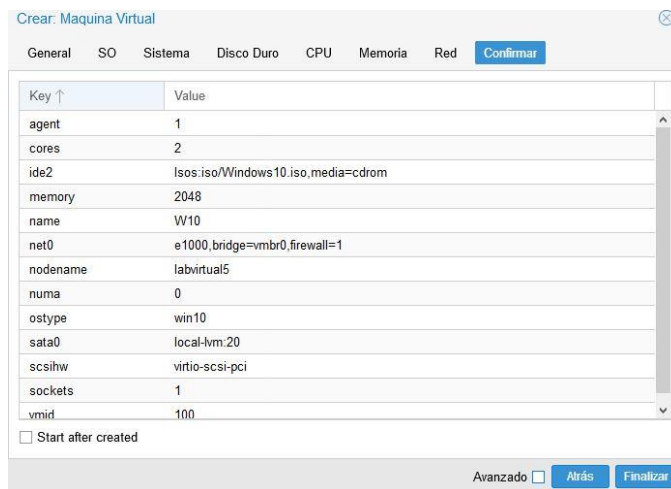


Imagen 48 "Paso de confirmación"

Una vez terminado, en el árbol del clúster se apreciará la máquina virtual alojada lista para encenderla y continuar con el proceso de la instalación del sistema operativo, contando con herramientas aparte en el menú central que permite el mejor manejo de las virtuales permitiendo monitorear recursos acceder a su consola, permisos del equipo, firewall, entre otras cosas. Ver Imagen 49.

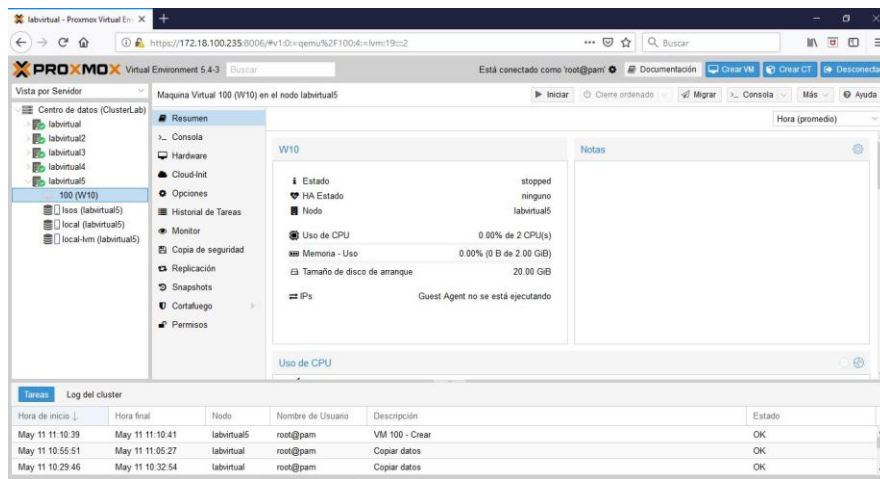


Imagen 49 "Máquina virtual creada"

4.9.2 Instalación de SO en MV

En el menú central de la máquina virtual seleccionada, aparecen las opciones para gestionarla, para terminar de instalar el sistema operativo seleccionamos la opción "Iniciar" para encenderla y después ingresar en el apartado de consola para visualizar como si fuera el monitor de un equipo físico lo que está ocurriendo para seguir el proceso. Ver Imagen 50.

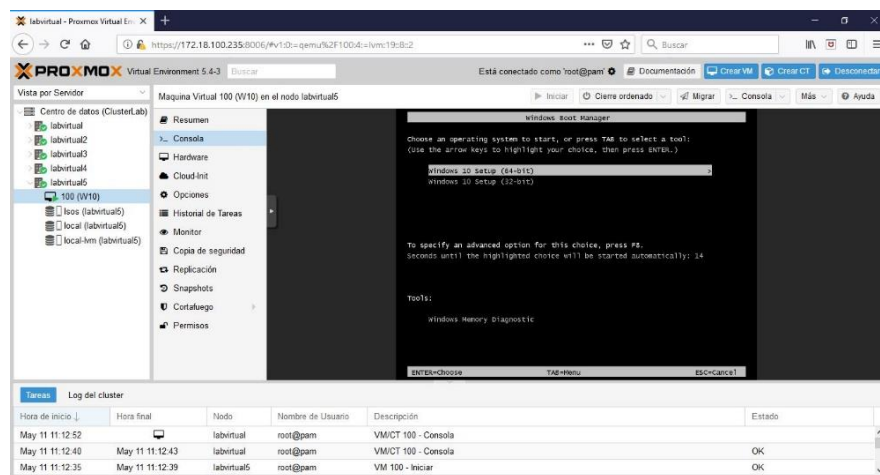


Imagen 50 "Inicio de la MV"

Los pasos de instalación serán variables de acuerdo al sistema operativo, en el ejemplo se seguirá con la instalación de Windows 10 Pro, seleccionando una arquitectura de 64 bits para pasar a los pasos típicos donde se selecciona el idioma, formato de hora, teclado y verificando que el espacio en disco duro sea el mismo que se configuró, seguido de eso se terminará de instalar y personalizaremos el sistema. Ver Imagen 51 y 52.

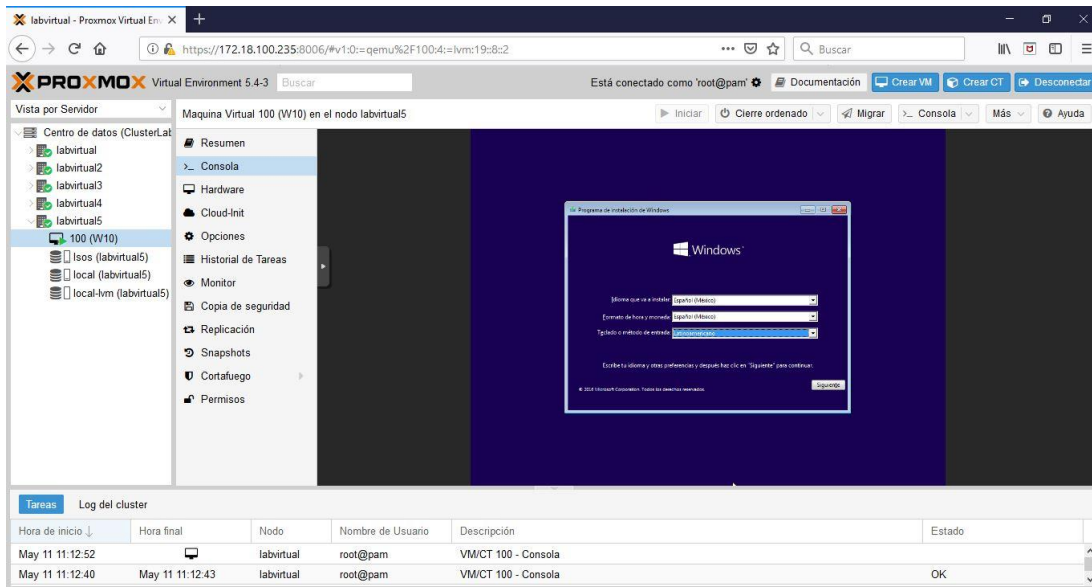


Imagen 51 "Inicio de instalación Windows"

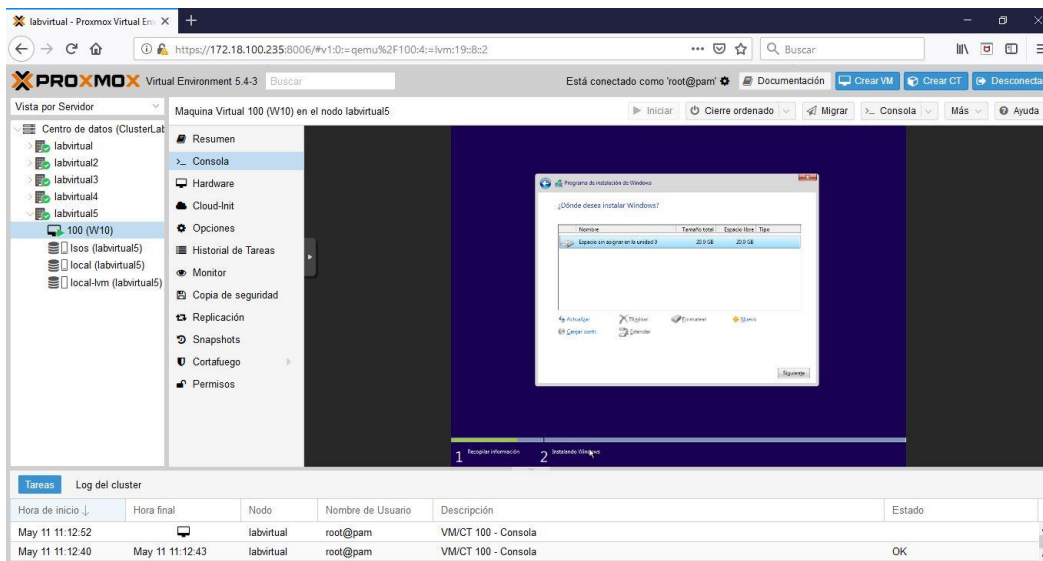


Imagen 52 "Espacio en disco MV"

Finalizando los procesos, obtendremos el sistema operativo trabajando adecuadamente, de forma general a los 10 equipos que se instalaron en el clúster se personalizó un usuario de acceso:

- Usuario: labvirtual
- Sin contraseña para Windows, para Linux el acceso es labvirtual

Fungiendo el rol de administrador para no estar limitados con los permisos. Ver Imagen 53.

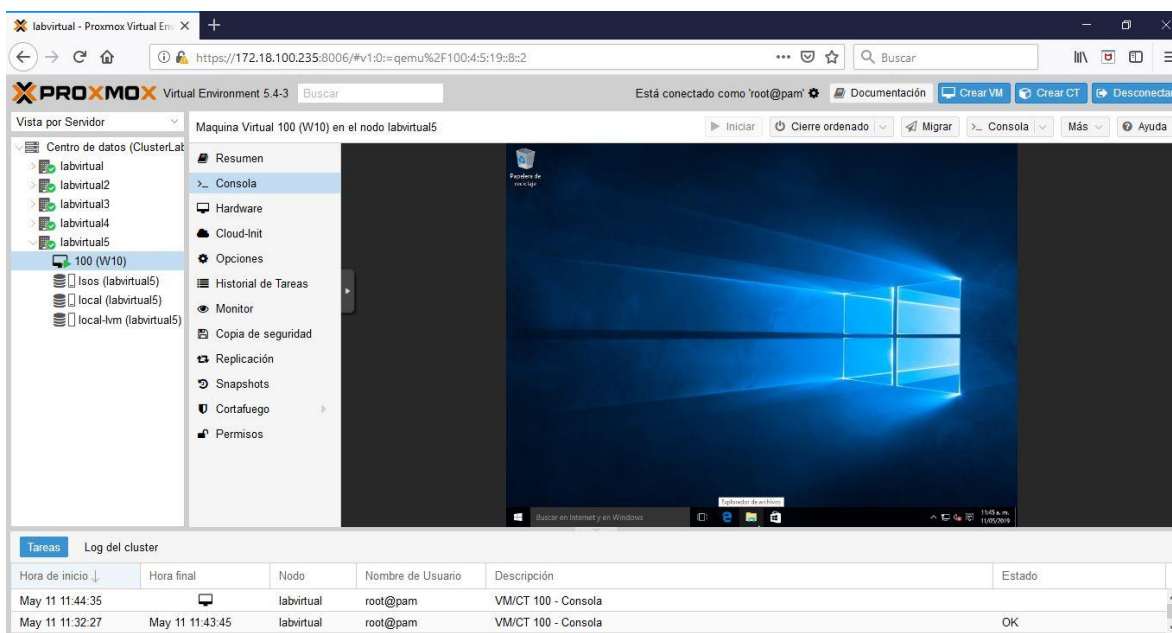


Imagen 53 "Windows instalado"

Al finalizar la instalación del sistema operativo de la máquina virtual, los nodos del clúster compartirán la misma estructura que se muestra en el diagrama 9, donde están compuestos por su hardware como equipo físico y en las siguientes capas tendrán instalado el sistema operativo Proxmox, que a su vez manipulara la tecnología de virtualización gestionada por el hipervisor KVM, dando así lugar a las máquinas virtuales.



Diagrama 9 "Composición del Nodo"

4.9.3 Instalación de TeamViewer 14 en MV

Ahora la parte final para poder conectarse remotamente a la máquina virtual es la instalación de TeamViewer, desde Windows ingresando en el navegador y en la página oficial hacer la descarga del software, en el caso de Linux se realiza a través de la consola la descarga y la instalación, se procede con la instalación y una vez abierto el programa se configura los parámetros para que inicie junto con Windows y se establece una contraseña fija para que no sea de manera aleatoria y sea funcional para todo el que se conecte.

Desde el menú de opciones de TeamViewer en la pestaña General activaremos la casilla para que inicie junto con Windows. Ver Imagen 54.

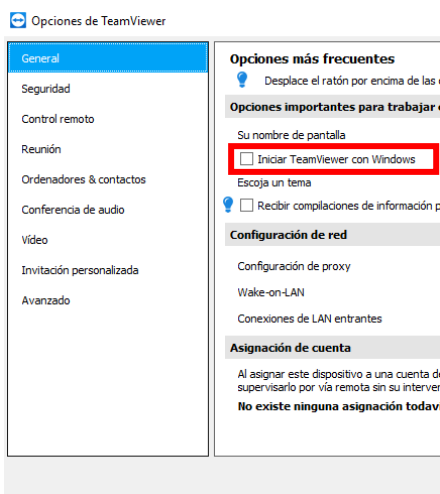


Imagen 54 "Activar inicio con Windows"

Y en la pestaña de seguridad se ingresa la contraseña fija en las casillas indicadas, se asignó para todas “**labvirtual**”, se guardan los cambios y la máquina virtual se encuentra lista para su uso. Ver Imagen 55.

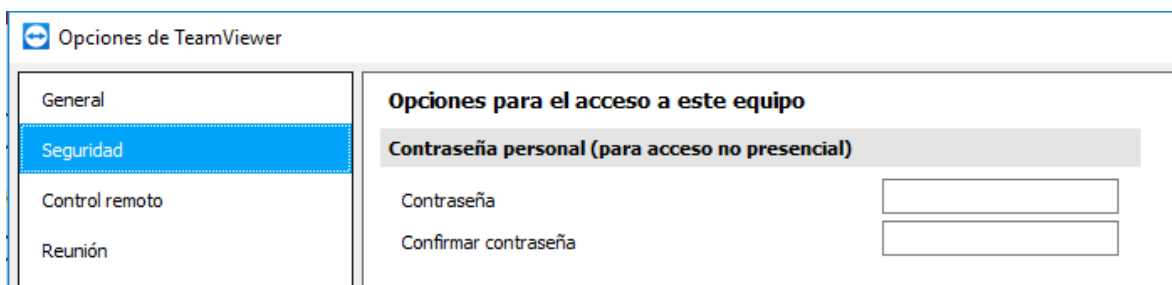


Imagen 55 "Contraseña fija en TeamViewer"

TeamViewer nos genera un ID único con el cual nos permite tener identificados los equipos en el clúster, solo basta iniciar la aplicación desde el equipo remoto para introducir en el apartado “**Controlar un ordenador remoto**” el ID de la máquina virtual y seleccionar “**Conectar**”. Ver Imagen 56.

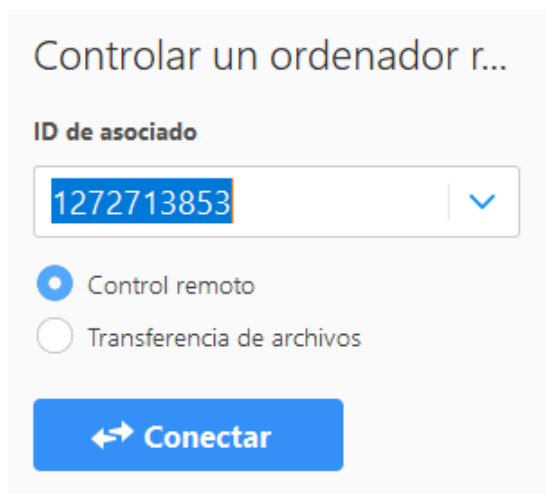


Imagen 56 "Ingresar ID en TeamViewer"

Se comprobará la comunicación y si todo es correcto se desplegará una ventana emergente para introducir la contraseña que establecimos, si la contraseña se ingresó bien se pasará a visualizar en la pantalla la máquina virtual contando con todos los controles para manipular el equipo como si se estuviera frente a él. Ver Imagen 57.

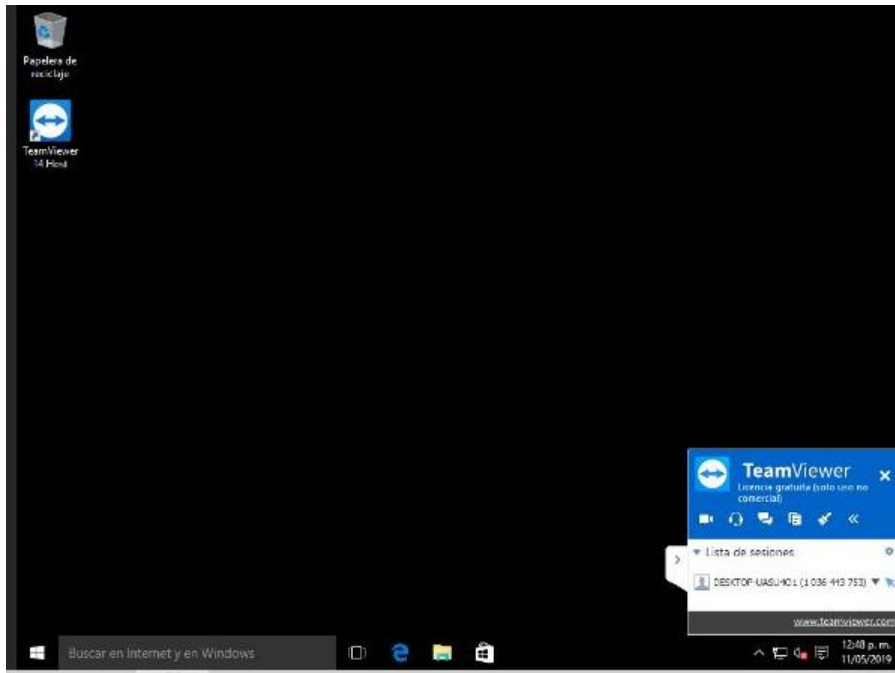


Imagen 57 "Máquina virtual desde TeamViewer"

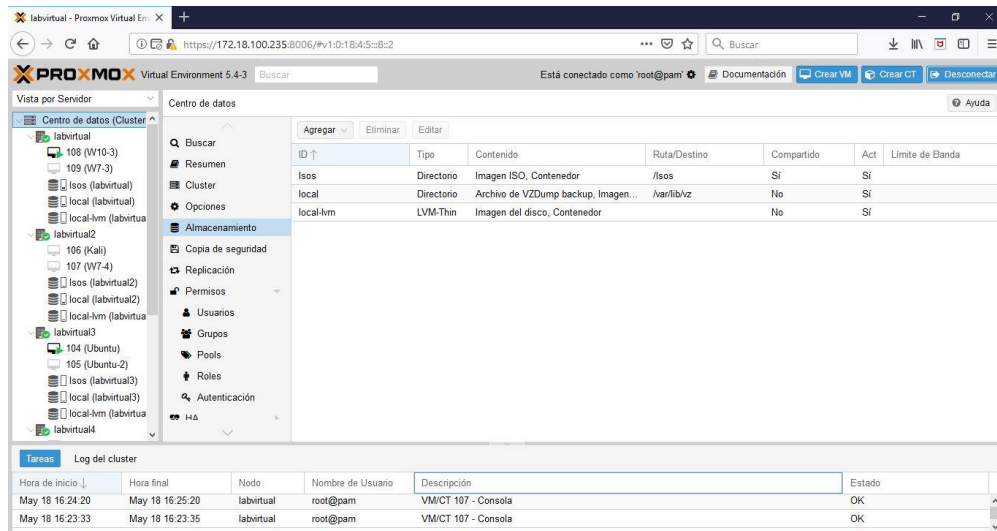
Capítulo V: Resultados

Capítulo 5: Resultados

En el presente capítulo se abordarán todos los resultados obtenidos a partir del desarrollo, distribución del clúster, se describirán las máquinas virtuales alojadas, el rendimiento del clúster completo y el comportamiento de cada nodo individualmente.

5.1 Distribución del clúster y máquinas virtuales alojadas

La distribución del clúster queda comprendida por 10 máquinas virtuales en los 5 nodos, contando con un directorio exclusivo para las imágenes ISO de los sistemas, los sistemas escogidos fueron los más utilizados y comunes en la Facultad de Ciencias de la Computación de la BUAP, versiones de Windows 10 y 7, Linux Ubuntu 14 y 16, un Kali Linux como variante, cada una con la configuración básica del sistema y TeamViewer instalado, permitiendo que los usuarios le den el uso que ellos requieran tanto de instalación de programas que ayuden en su preparación como profesionistas hasta únicamente pruebas rápidas.



ID ↑	Tipo	Contenido	Ruta/Destino	Compartido	Act	Límite de Banda
Isos	Directorio	Imagen ISO, Contenedor	/Isos	Sí	Sí	
local	Directorio	Archivo de VZDump backup, Imagen...	/var/lib/vz	No	Sí	
local-lvm	LVM-Thin	Imagen del disco, Contenedor		No	Sí	

Hora de inicio ↓	Hora final	Nodo	Nombre de Usuario	Descripción	Estado
May 18 16:24:20	May 18 16:25:20	labvirtual	root@pam	VM/CT 107 - Consola	OK
May 18 16:23:33	May 18 16:23:35	labvirtual	root@pam	VM/CT 107 - Consola	OK

Imagen 58 "Vista de MV en nodos"



Imagen 59 "Vista de MV en últimos nodos"

5.2 Rendimiento del clúster

Proxmox cuenta con gráficas y contenido para monitorear el rendimiento y estado del clúster, donde se puede observar los nodos trabajando, los desconectados, porcentajes de uso en CPU, almacenamiento y memoria RAM.

En la imagen 60 se observa que apenas cubre el 2% de uso del CPU con 5 máquinas virtuales trabajando en uso rudo. En cuanto a porcentajes de memoria RAM el rendimiento se mantiene por debajo del 50% y de almacenamiento en un 4% del total de las capacidades del clúster.

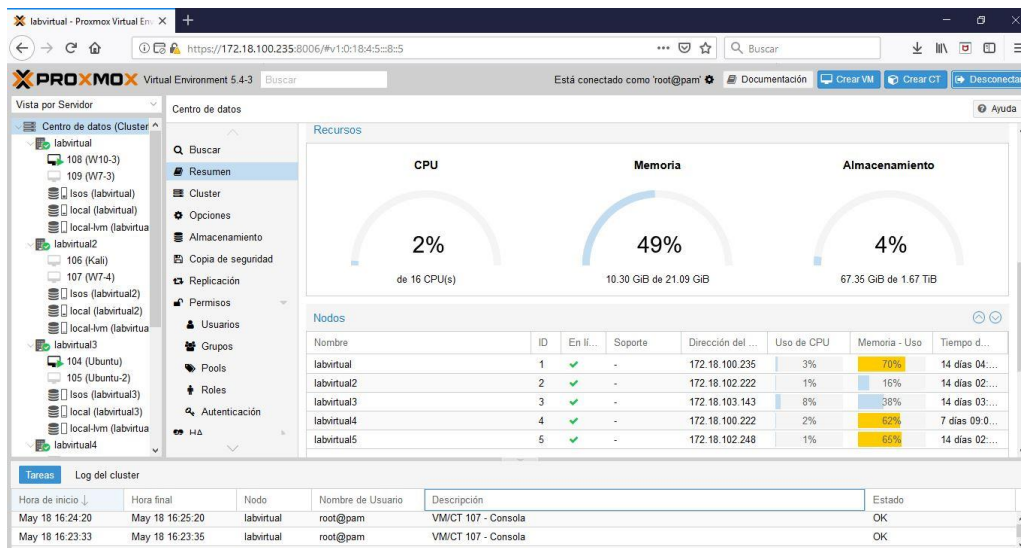


Imagen 60 "Porcentajes de rendimiento"

En la imagen 61 se observa el estado del clúster mostrando la información de los nodos que aparecen en línea y los desconectados, así como también la relación de máquinas virtuales y contenedores ejecutándose y los que se encuentran detenidos.

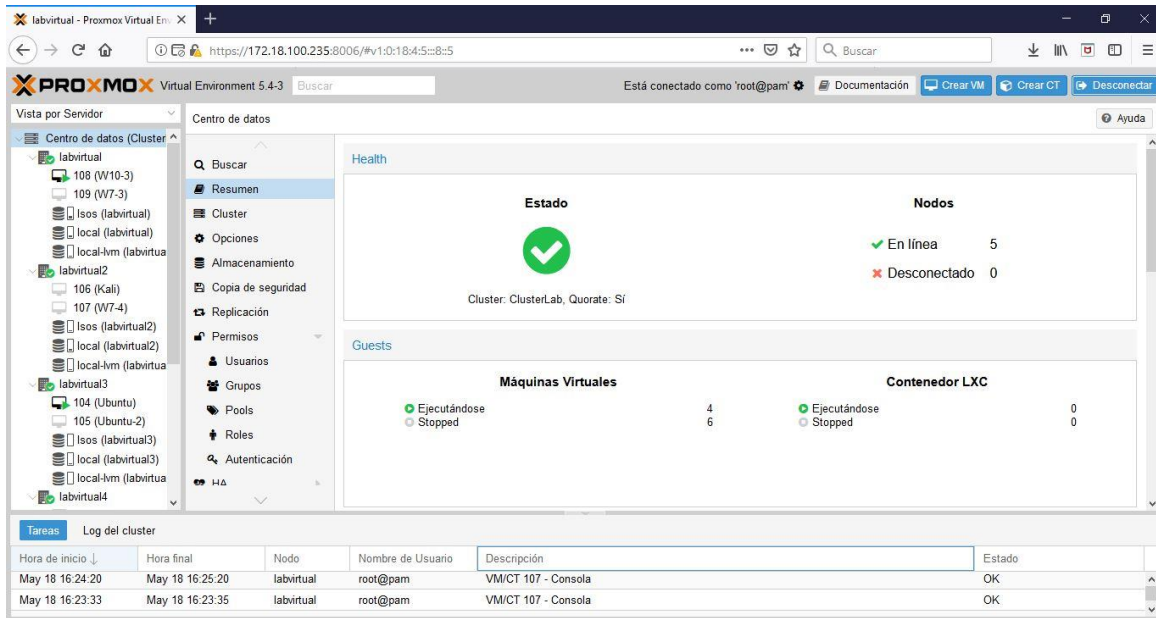


Imagen 61 "Estado del Clúster"

5.3 Comportamiento de los nodos

Como recurso adicional, cada nodo que conforma el clúster puede ser monitoreado individualmente, obteniendo más gráficas de rendimiento individuales, agregando el apartado de rendimiento de red y carga promedio, ofreciendo un nivel más avanzado de monitoreo.

Es importante resaltar, que cada gráfica cuenta con detalles de fecha y hora por cada uso del recurso y la cantidad indicada con la medida del tipo de dato, de tal forma que se tiene más claro el comportamiento de los equipos y apreciación del total aprovechamiento del equipo. Ver imagen 62.

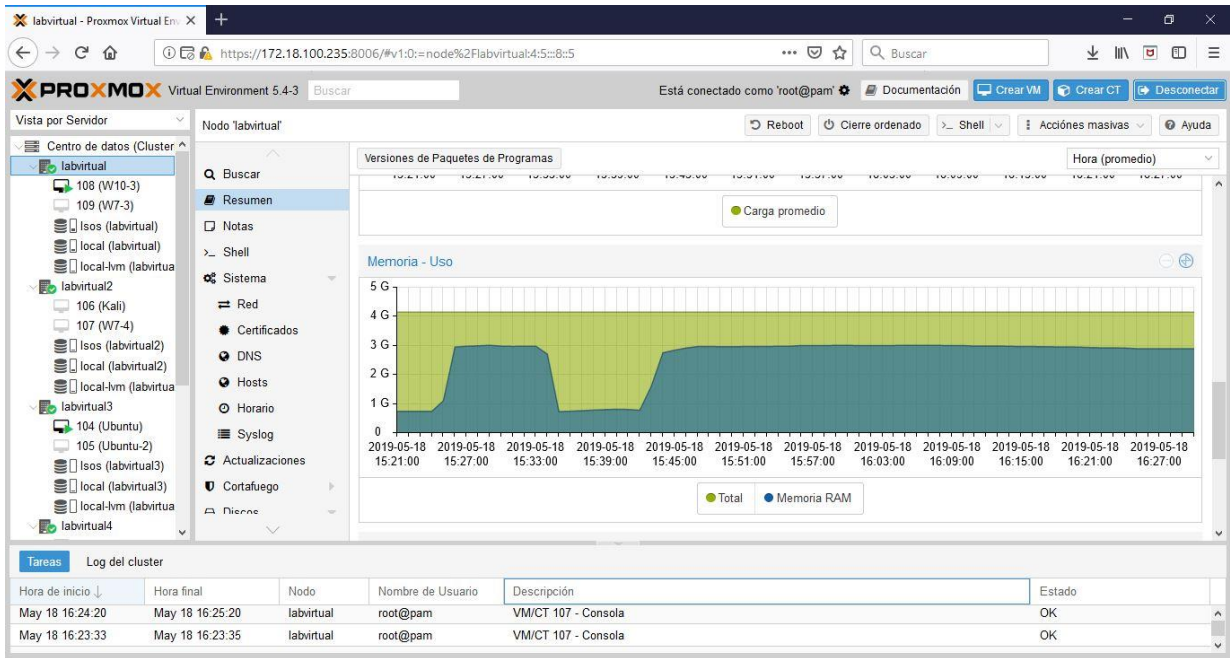


Imagen 62 "Rendimiento de RAM del nodo"

En la imagen 63 se observa la representación gráfica del uso de red de un nodo, mostrando en color azul el tráfico de datos salientes y en color verde el tráfico de los datos entrantes.

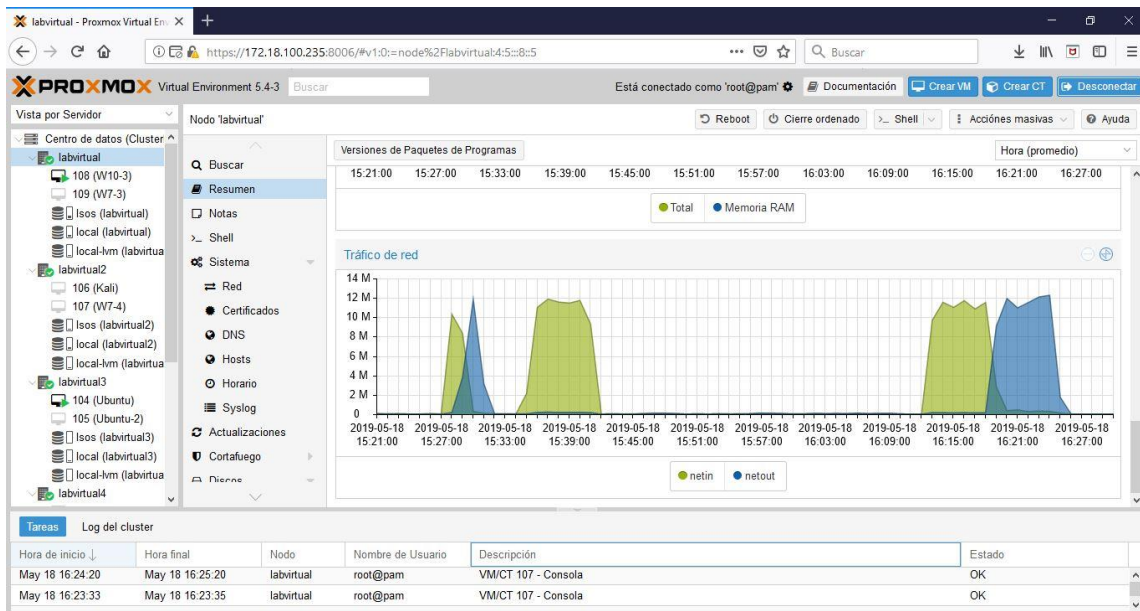


Imagen 63 "Rendimiento de red del nodo"

En la imagen 64, la gráfica representa el uso del CPU de un nodo, mostrando en color verde el uso del CPU y en color azul el retardo de Entrada/Salida de información.

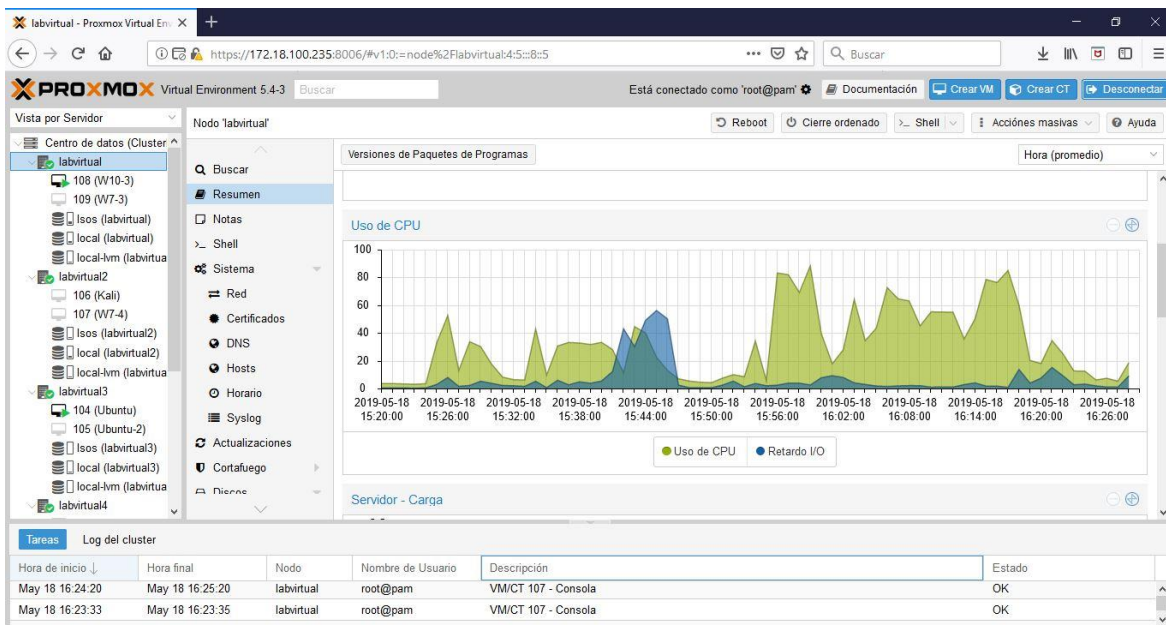


Imagen 64 "Rendimiento de CPU del nodo"

En la imagen 65 se muestra la gráfica de carga promedio del nodo, mostrando la información según los tiempos y el trabajo del nodo.

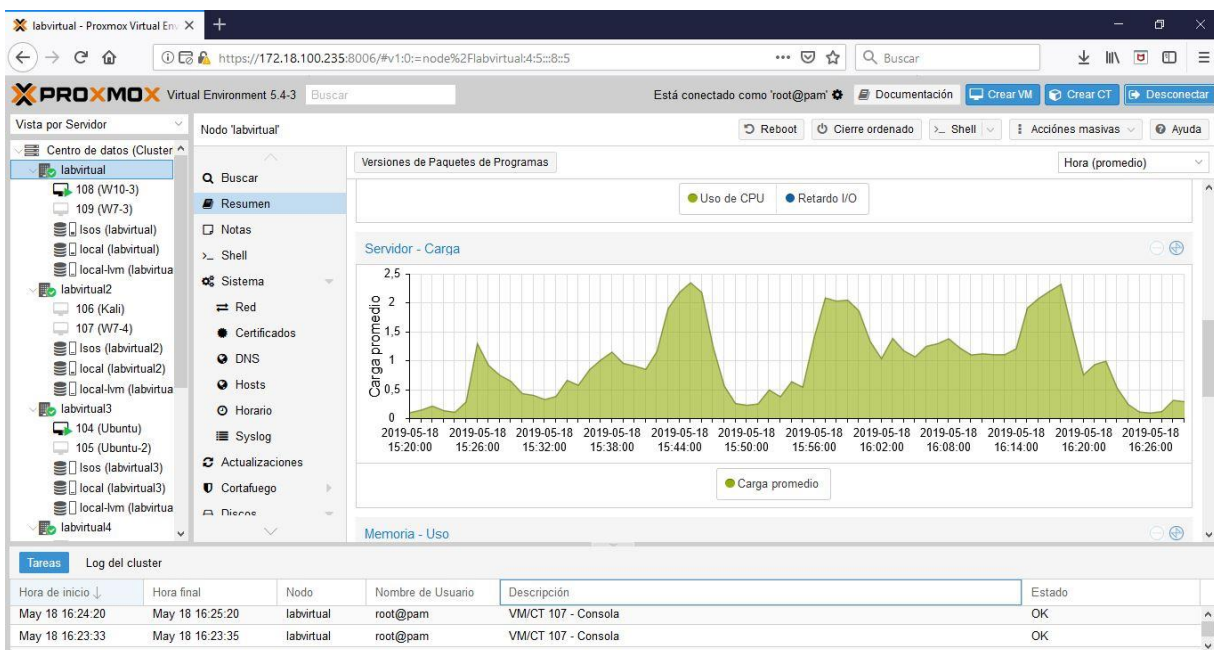


Imagen 65 "Rendimiento de la carga del nodo"

En la imagen 66 se puede observar un breve resumen de características del nodo junto con el uso en tiempo real, llevando un seguimiento de los días y horas desde que se hace uso de él.

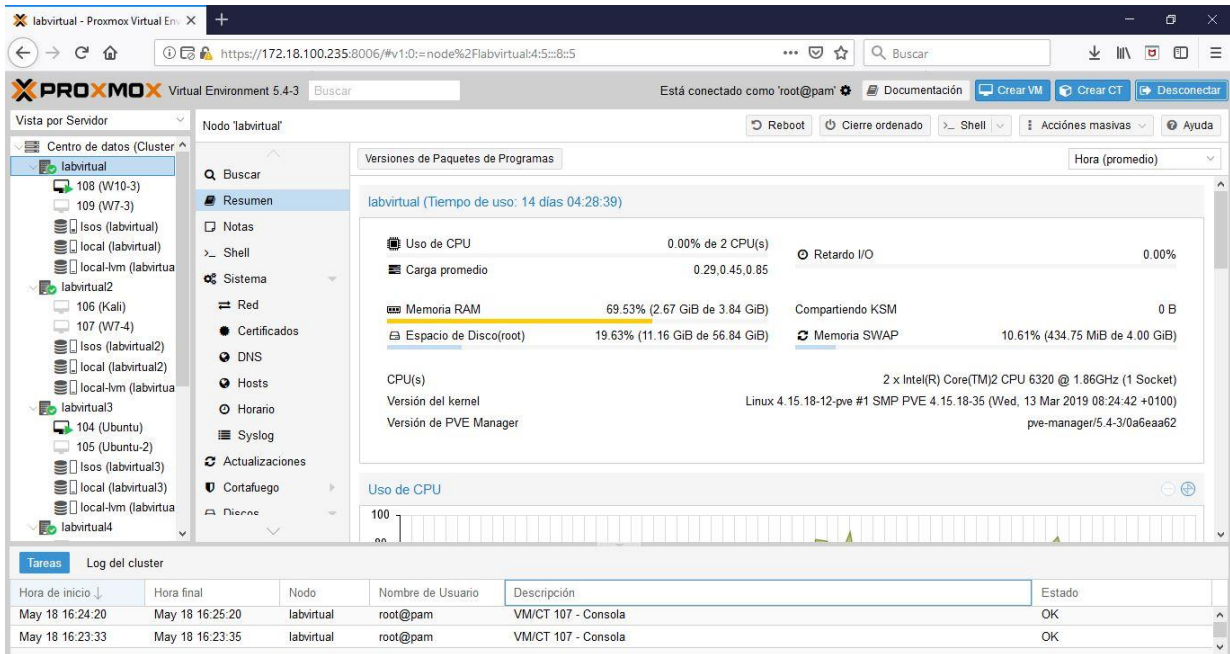


Imagen 66 "Resumen de Información del nodo"

En las siguientes imágenes se muestran algunas capturas de pantalla en donde se visualiza los trabajos realizados por alumnos en prueba piloto de las máquinas virtuales, donde se observa la lista de sesiones de TeamViewer y los equipos utilizados:

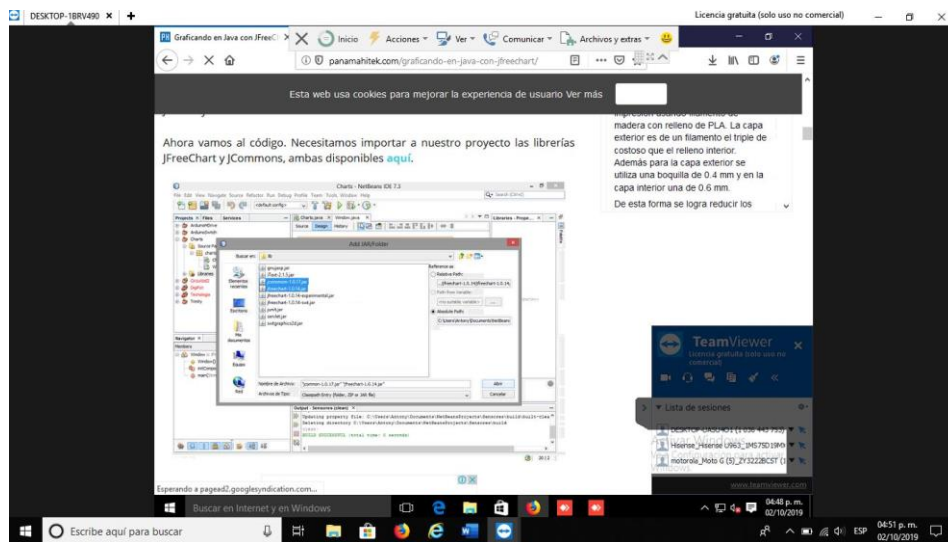


Imagen 67 "Investigación en máquina virtual"

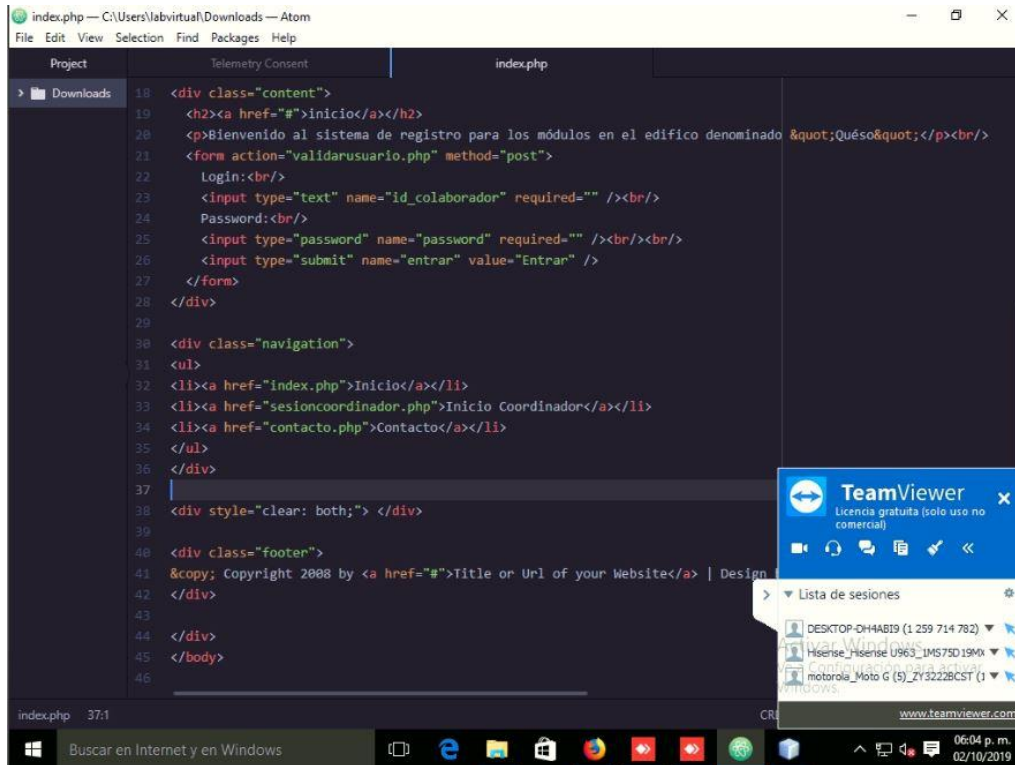


Imagen 68 "Desarrollo web grupal en editor ATOM"

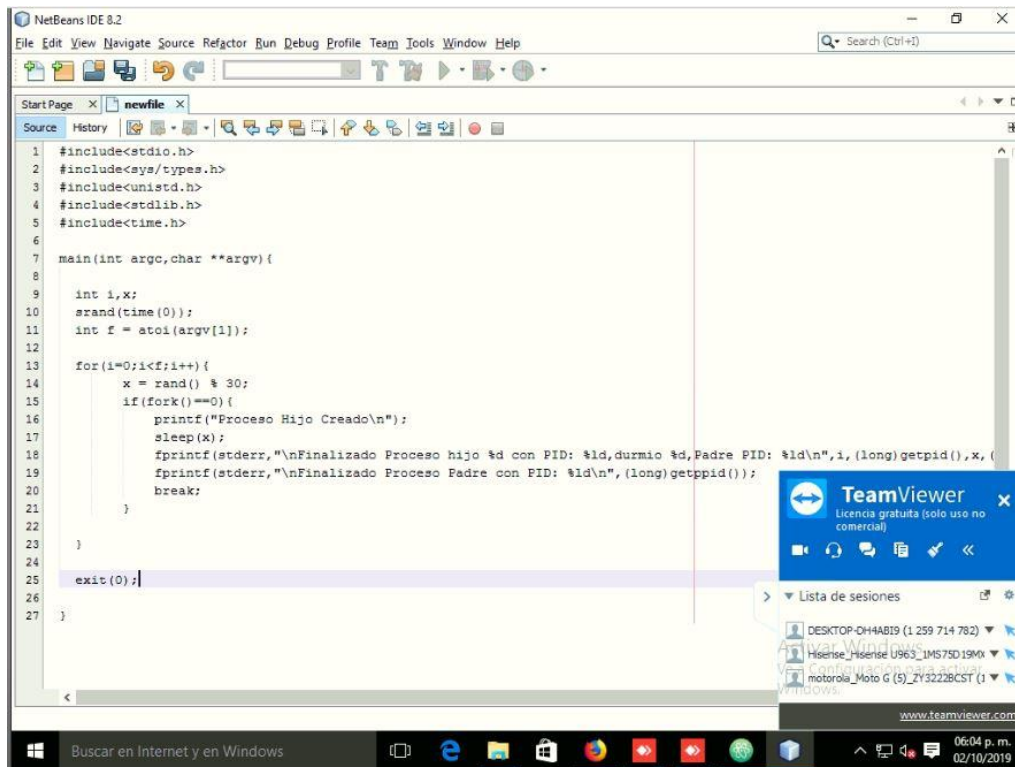


Imagen 69 "Desarrollo grupal en lenguaje C en editor NetBeans"

Capítulo VI: Conclusiones y Trabajo a Futuro

Capítulo 6: Conclusiones y Trabajo a Futuro

6.1 Conclusiones

En la presente tesis, se realizó un proceso de investigación y de pruebas para obtener la implementación de un clúster que alberga máquinas virtuales, durante el proceso se resolvieron problemas físicos con los equipos de cómputo, como la tarjeta de red de un equipo que tuvo que ser reemplazada en el slot disponible de la tarjeta madre y se reemplazaron cables SATA de los discos duros, de igual manera se analizaron los recursos del clúster para considerar las cargas de trabajo de las virtuales y la compatibilidad de la virtualización del nodo.

Al finalizar la implementación se logró comprobar las conexiones remotas desde fuera de Ciudad Universitaria, ejecutando tareas como el desarrollo de software en equipo e investigaciones sobre algunas herramientas, resaltando que las pruebas también se realizaron a través de smartphones y el comportamiento de las máquinas virtuales fue óptimo en rendimiento y descarga de aplicaciones para instalar, cabe mencionar que durante el uso del laboratorio virtual se presentó un poco de intermitencia debido a la transmisión de datos por internet, este resultado demuestra la funcionalidad que tiene el laboratorio para el uso de los alumnos y académicos.

Para una primera fase de un clúster de 5 nodos funciona de manera correcta y estable, permitiendo que crezca el volumen de máquinas virtuales alojadas y se obtengan más variedad de sistemas, la interfaz web para manipular los nodos es amigable por lo cual se es más fácil administrar todo el contenido que nos ofrece Proxmox, al ejecutarse las máquinas virtuales se tuvo un rendimiento óptimo en el cual se pudo hacer uso de los sistemas instalados tal como si fuera una computadora física y no notar diferencia, resaltando que la experiencia dependerá de la velocidad del internet en los equipos remotos por la conexión entre los dispositivos y la transferencia de datos.

6.2 Trabajo a Futuro

Como trabajo a futuro, el clúster tiene gran escalabilidad y puede funcionar como un clúster de alto rendimiento o de alta disponibilidad.

La escalabilidad del clúster se puede realizar tanto en nodos para obtener más recursos de memoria y procesamiento como en almacenamiento, ya que se pueden agregar discos duros dedicados con el fin de almacenar una máquina virtual exclusiva, archivos, Imágenes ISO, etc.

Siendo un punto principal que, al agregar más nodos, más alumnos y profesores se pueden ver beneficiados por la capacidad que tendría el clúster de cubrir más personas trabajando simultáneamente en él, sin representar una inversión mayor ya que pueden ser equipos de uso y de características promedio, para que juntos puedan dar buen rendimiento.

Proxmox cuenta con la opción de realizar en el clúster un comportamiento de alta disponibilidad, en el cual se puede implementar la migración de una máquina virtual de su nodo original que tuvo algún fallo a un nodo funcional, estas características sirven para tener un amplio campo de aplicaciones en el clúster y siga representando una herramienta útil y eficaz, no solo de la Facultad de Ciencias de la Computación si no de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla en general.

Referencias

- [1]Espinosa, Edgar; González, Karen; Hernández, Lizeth. (Enero – Junio 2016), *Las prácticas de laboratorio: Una estrategia didáctica en la construcción de conocimiento científico escolar*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/2654/265447025017.pdf>
- [2]Real Academia Española. (2018), *Definición de laboratorio*. Obtenido de <https://dle.rae.es/?id=MjESnb2>.
- [3]Real Academia Española. (2018), *Definición de virtual*. Obtenido de <https://dle.rae.es/?id=buDJhh3>.
- [4]Joyanes, Luis. (enero-abril 2009), *La Computación en Nube (Cloud Computing): El nuevo paradigma tecnológico para empresas y organizaciones en la Sociedad del Conocimiento*. Obtenido de ICADE, Revista cuatrimestral de las facultades de Derecho y Ciencias Económicas y Empresariales, no 76.
- [5]Dalfaro, Nidia; Maurel, María del Carmen; Soria, Héctor. (s.f), *El laboratorio virtual: una herramienta para afrontar el desgranamiento*. Obtenido de Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Innovación y Educación ISBN: 978-84-7666-210-6 – Artículo 677
- [6]Red Hat Inc. (Septiembre de 2017), *Virtualización*. Obtenido de <https://www.redhat.com/es/topics/virtualization>
- [6]VMware Inc. (s.f), *Virtualización*. Obtenido de <https://www.vmware.com/mx/solutions/virtualization.html>
- [7]Microsoft Azure (mayo de 2018). *What is a virtual machine?* Obtenido de <https://azure.microsoft.com/es-mx/overview/what-is-virtualization/>
- [7]Ramirez, Ivan. (25 de Julio de 2016), *Máquinas Virtuales: ¿Qué son?, ¿Cómo funcionan? Y cómo utilizarlas*. Obtenido de <https://www.xataka.com/especiales/maquinas-virtuales-que-son-como-funcionan-y-como-utilizarlas>
- [8]Pérez Julián, Merino María. (2018), *Definición de Clúster*. Obtenido de <https://definicion.de/cluster/>
- [9]Recuperado de Wikipedia. (s.f), *Definición de Nodos*. Obtenido de [https://es.wikipedia.org/wiki/Cl%C3%BAster_\(inform%C3%A1tica\)#Nodos](https://es.wikipedia.org/wiki/Cl%C3%BAster_(inform%C3%A1tica)#Nodos)
- [10]Raffino María Estela. (13 de Marzo de 2019), *El Sistema Operativo*. Obtenido de <https://concepto.de/sistema-operativo/>
- [11]Recuperado de Wikipedia (s.f), *Definición de Middleware*. Obtenido de [https://es.wikipedia.org/wiki/Cl%C3%BAster_\(inform%C3%A1tica\)#Middleware](https://es.wikipedia.org/wiki/Cl%C3%BAster_(inform%C3%A1tica)#Middleware)
- [12]Proxmox Inc. (s.f), *Proxmox Virtual Enviroment*. Obtenido de <https://www.proxmox.com/en/proxmox-ve/get-started>
- [12]Estuardo, Juan. (4 de diciembre de 2017), *Como funciona Proxmox y cómo usarlo*. Obtenido de http://911-ubuntu.weebly.com/proxmox_como_funciona/conoce-como-funciona-proxmox-y-como-usarlo

[13]Debian. (30 de Marzo de 2019), *Debian*. Obtenido de <https://www.debian.org/index.es.html>

[13]Debian. (13 de Junio de 2019), *Acerca de Debian*. Obtenido de <https://www.debian.org/intro/about.es.html>

[14]Red Hat Inc. (s.f), *What is a Linux Container?* Obtenido de <https://www.redhat.com/es/topics/containers/whats-a-linux-container>

[14]Koutoupis, Petros. (27 de Agosto de 2018), *Everything you need know about Linux Containers Part II: Working with Linux Containers (LXC)*. Obtenido de <https://www.linuxjournal.com/content/everything-you-need-know-about-linux-containers-part-ii-working-linux-containers-lxc>.

[15]Page, M. (7 de noviembre de 2016). *KVM* Obtenido de https://www.linux-kvm.org/page/Main_Page.

[15]Nazareno, G. (s.f). *Virtualización de Servidores*. Obtenido de <https://www.gonzalonazareno.org/cloud/material/KVM.pdf>

[15]Red Hat Inc. (s.f), *¿Qué es KVM?* Obtenido de <https://www.redhat.com/es/topics/virtualization/what-is-KVM>

[15]IBM, Da Shuang He. (5 de Marzo de 2010), *Cree un servidor virtual basado en KVM*. Obtenido de <https://www.ibm.com/developerworks/ssa/linux/library/l-kvm-virtual-server/index.html>

[16]Hiren's Boot CD org. (s.f), *Hiren's BootCD PE*. Obtenido de <https://www.hirensbootcd.org/>

[16]Compuline. (24 de Agosto de 2017), *¿Qué es Hiren's Boot?* Obtenido de <https://compuline.com.mx/blog/que-es-hirens-boot/>

[17]TeamViewer. (s.f), *Características de TeamViewer*. Obtenido de <https://www.teamviewer.com/es-mx/caracteristicas/>

[18]MIT, Red Hat Inc. (s.f), *Protocolo SSH*. Obtenido de <https://web.mit.edu/rhel-doc/4/RH-DOCS/rhel-rg-es-4/ch-ssh.html>

[18]Hostinger, Diana C. (29 de Mayo de 2019), *¿Cómo funciona el SSH?*. Obtenido de <https://www.hostinger.mx/tutoriales/que-es-ssh>

[19]Tecnología Fácil. (Junio de 2018), *¿Qué es la BIOS?*. Obtenido de <https://tecnologia-facil.com/que-es/que-es-la-bios/>

Ciudad Wireless informática y telecomunicaciones, S.L. (s.f), *D-Link DKVM-8E*. Obtenido de http://www.ciudadwireless.com/dkvm-8e_switch_puertos_enracable-p-488.html

Garzón Jónnathan. (Mayo de 2012), *Almacenamiento*. Obtenido de <https://sites.google.com/site/sistemasdistribuidosycluster/almacenamiento>

Anexos

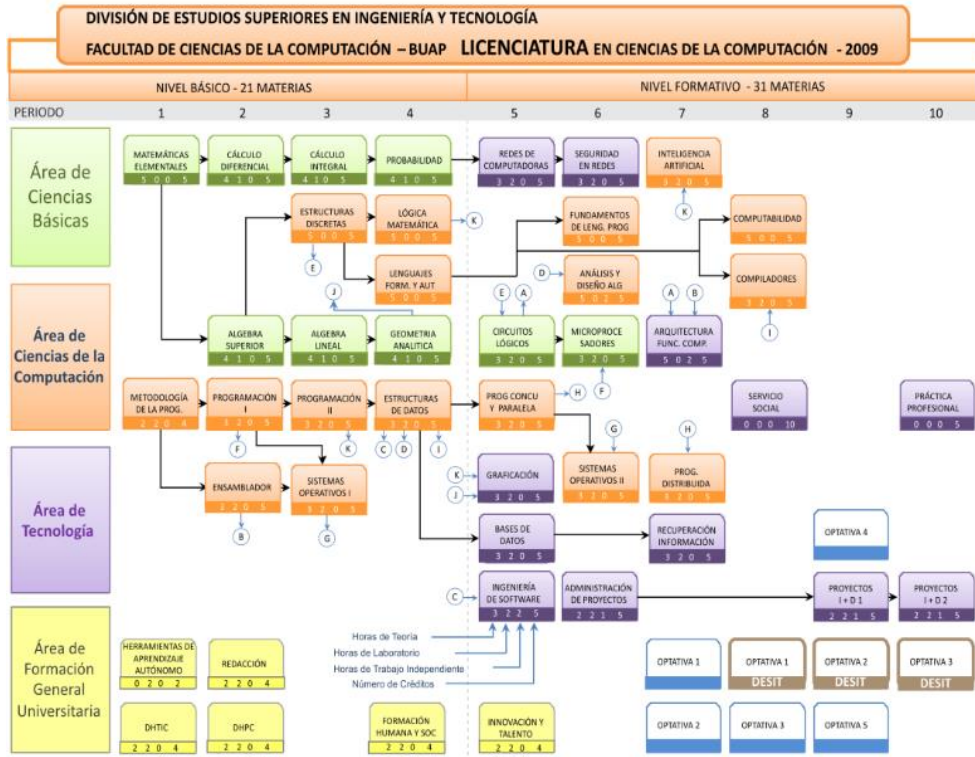


Imagen 70 "Mapa gráfico de materias Licenciatura en Ciencias de la Computación (Cuatrimestral)"

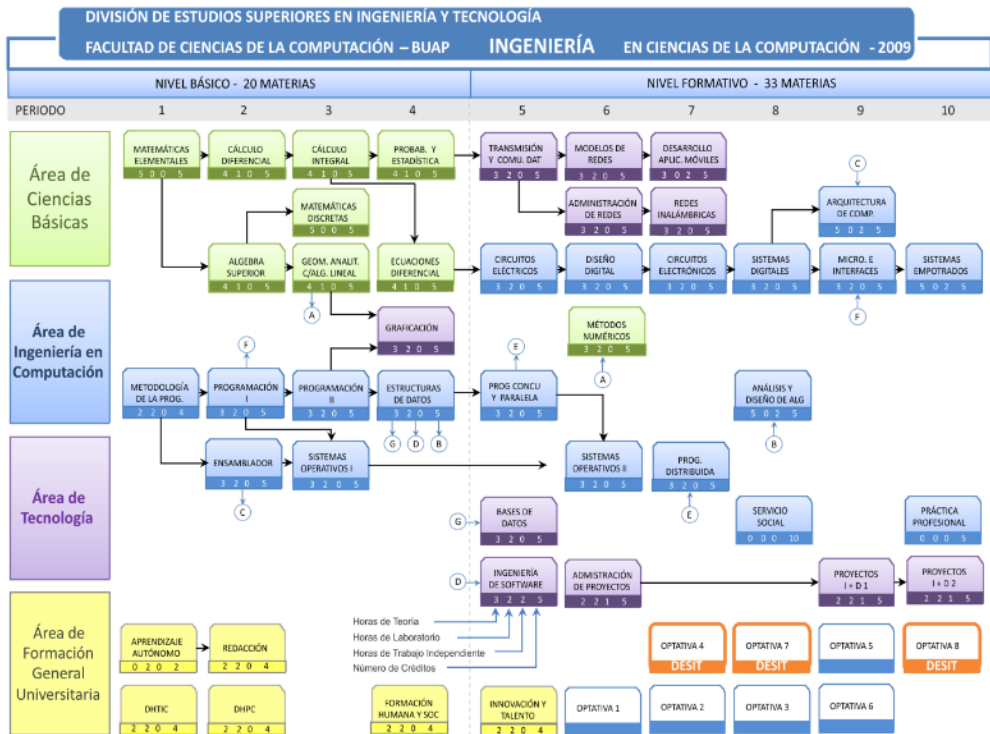


Imagen 71 "Mapa gráfico de materias Ingeniería en Ciencias de la Computación (Cuatrimestre)"

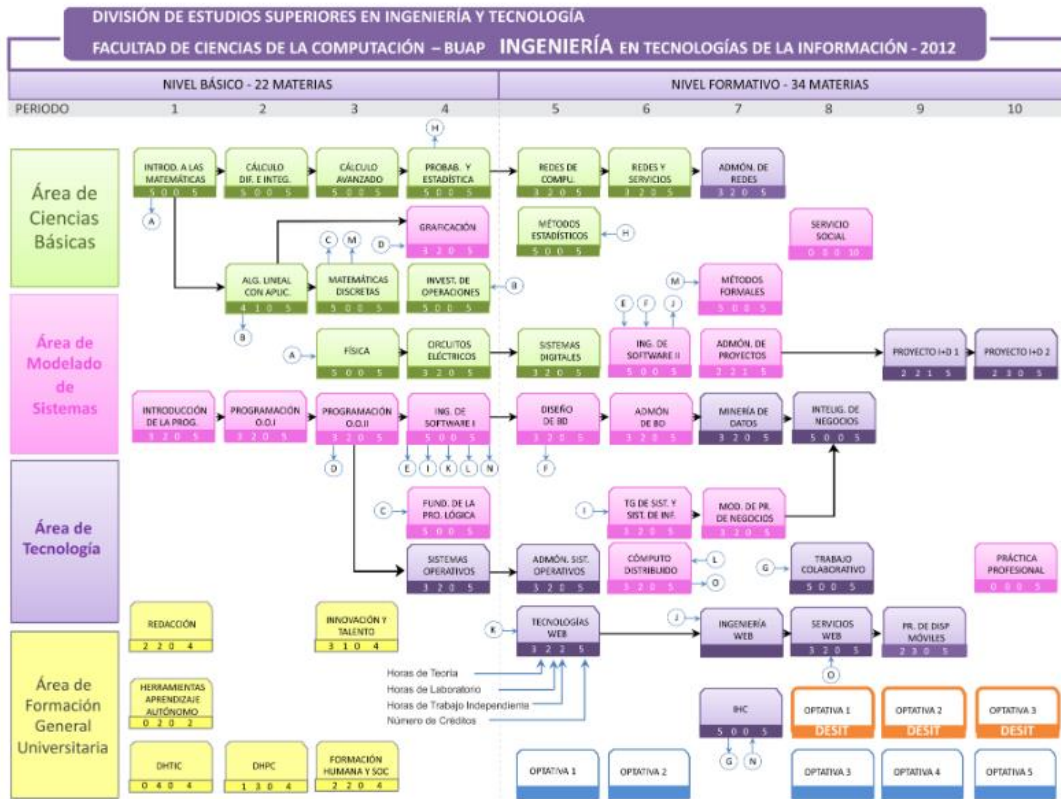


Imagen 72 "Mapa gráfico de materias Ingeniería en Tecnologías de la Información (Cuatrimestre)"

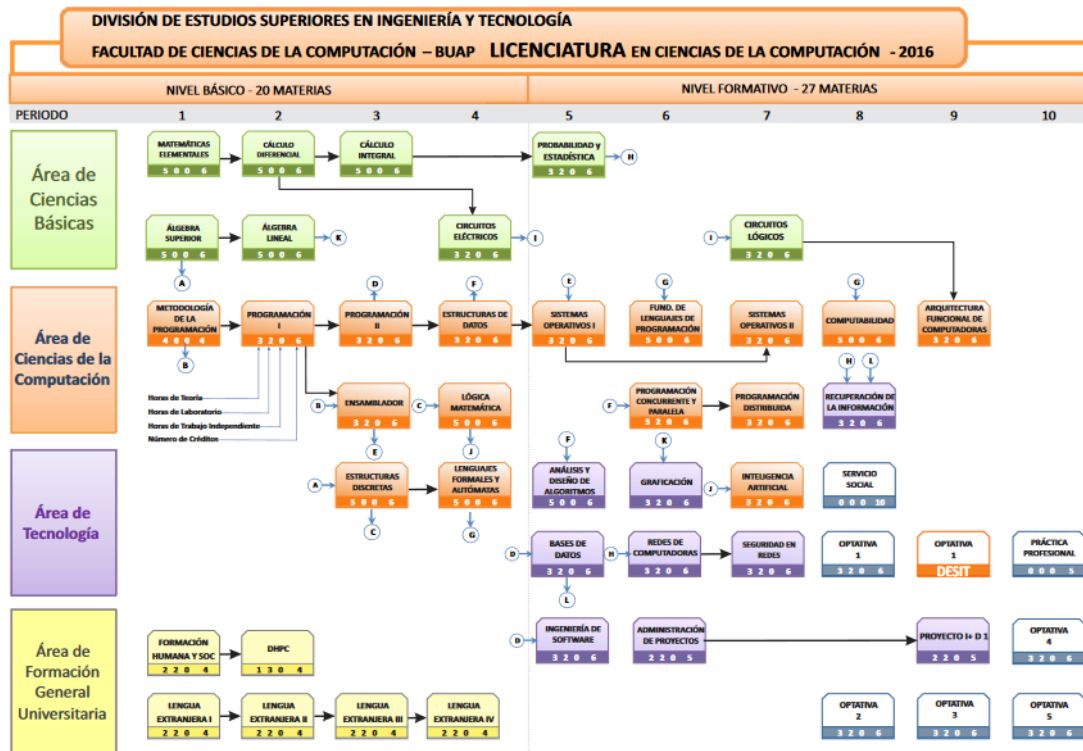


Imagen 73 "Mapa gráfico de materias Licenciatura en Ciencias de la Computación (Semestral)"

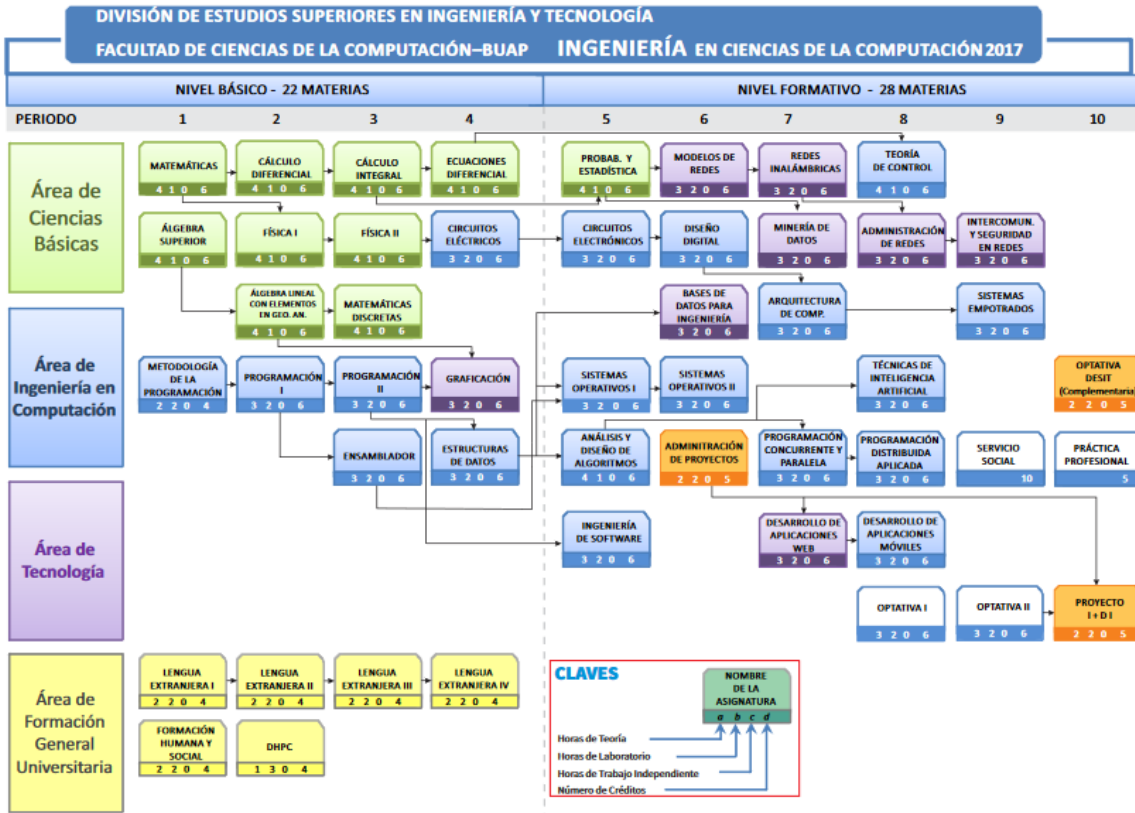


Imagen 74 "Mapa gráfico de materias Ingeniería en Ciencias de la Computación (Semestral)"

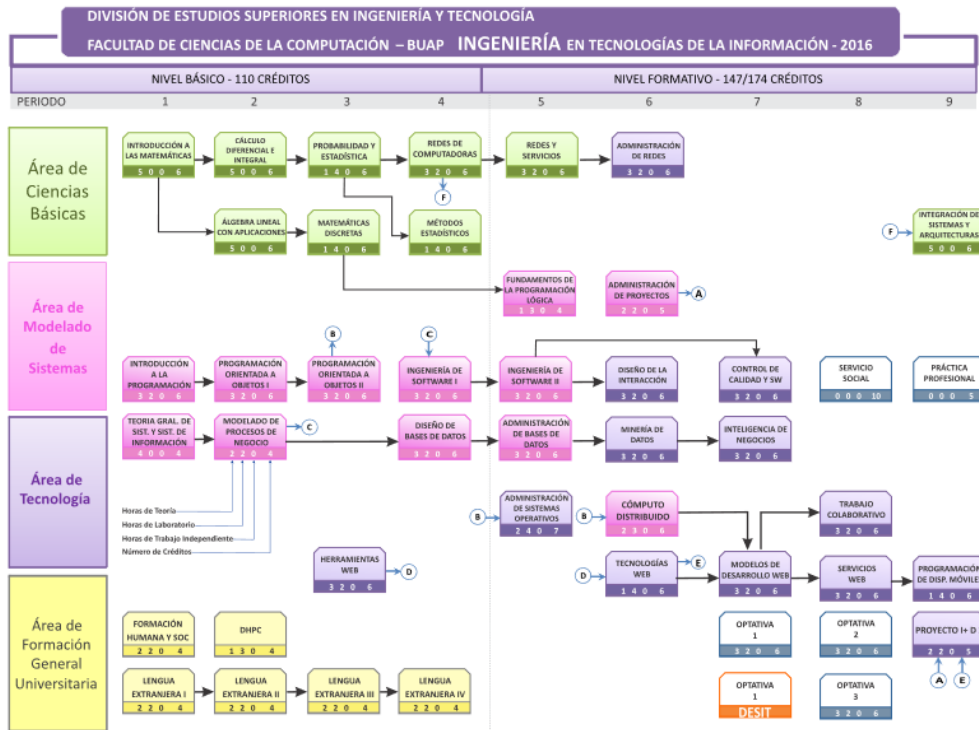


Imagen 75 "Mapa gráfico de materias Ingeniería en Tecnologías de la Información (Semestral)"

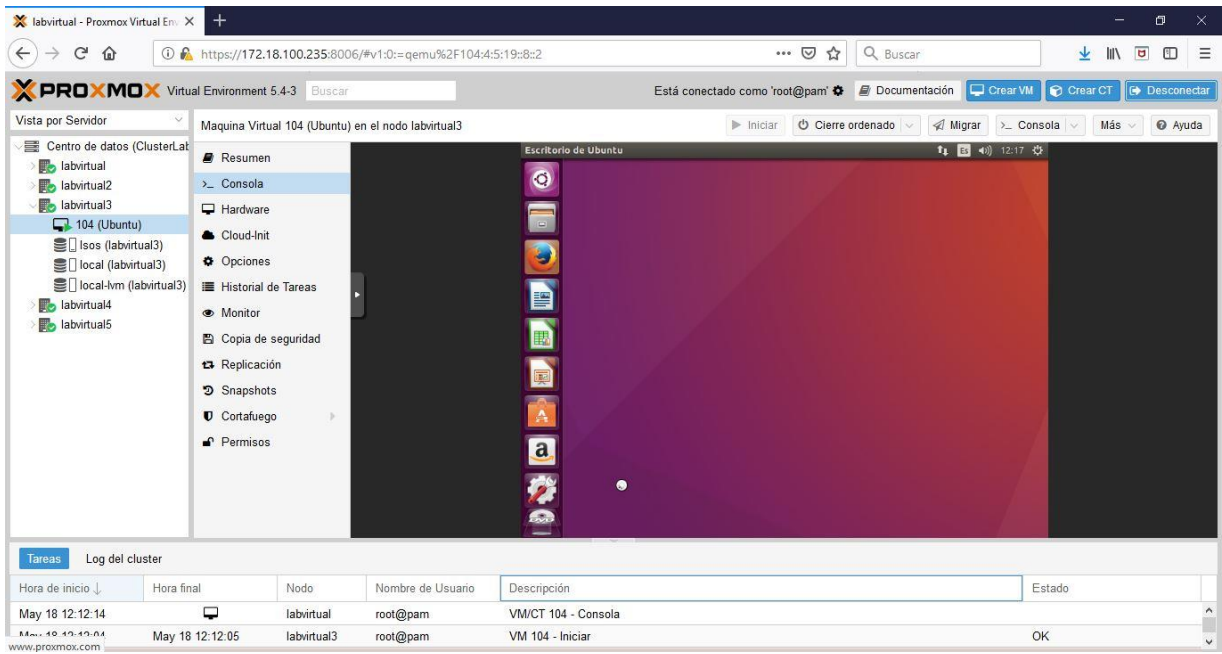


Imagen 76 "MV de Ubuntu Linux"

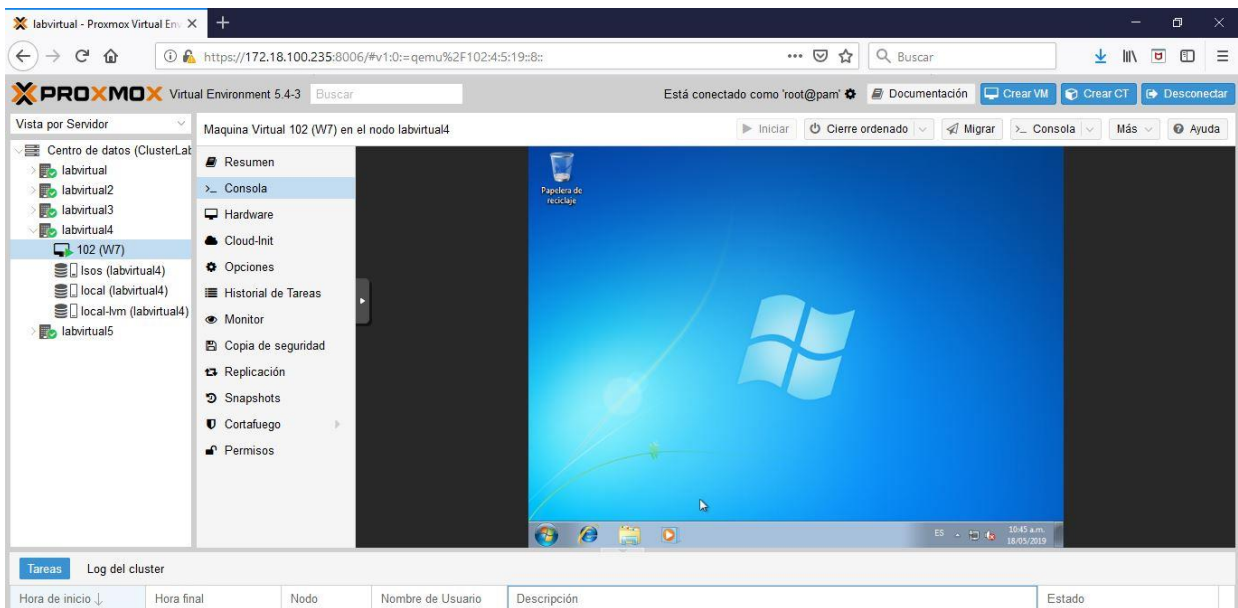


Imagen 77 "MV de Windows 7"

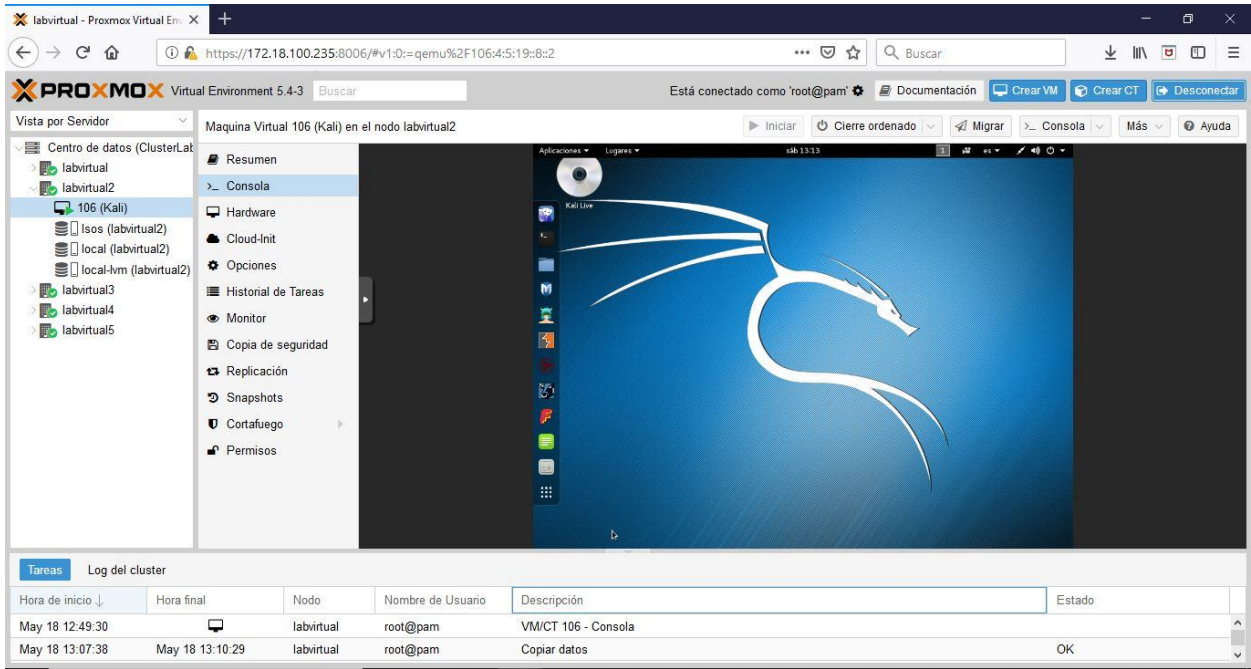


Imagen 78 "MV de Kali Linux"

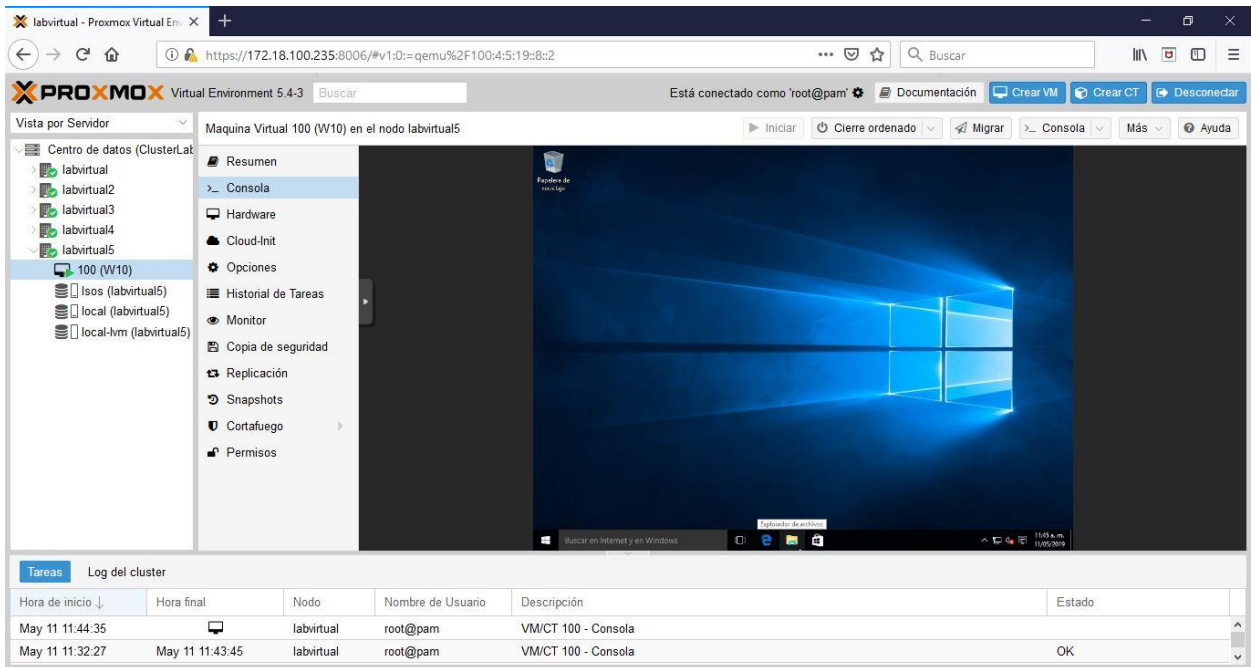


Imagen 79 "MV de Windows 10"