



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD DEL USO DE ESCRITORIOS VIRTUALES EN
LOS LABORATORIOS DE CÓMPUTO DE LA UNIVERSIDAD DE LAS
AMÉRICAS.

AUTOR

Marcelo Alejandro Oñate Larco

AÑO

2018



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD DEL USO DE ESCRITORIOS VIRTUALES EN
LOS LABORATORIOS DE CÓMPUTO DE LA UNIVERSIDAD DE LAS
AMÉRICAS.

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos
establecidos para optar por el título de Ingeniero en Electrónica y Redes de
Información.

Profesor Guía
MSc. Iván Patricio Ortiz Garcés

Autor
Marcelo Alejandro Oñate Larco

Año
2018

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

“Declaro haber dirigido el trabajo, Análisis de factibilidad del uso de escritorios virtuales en los laboratorios de cómputo de la Universidad de las Américas, a través de reuniones periódicas con el estudiante Marcelo Alejandro Oñate Larco, en el semestre 2018-2, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”.

Iván Patricio Ortiz Garcés
Magister en Redes de Comunicaciones
C.I.: 0602356776

DECLARACIÓN DEL PROFESOR CORRECTOR

"Declaro haber revisado este trabajo, Análisis de factibilidad del uso de escritorios virtuales en los laboratorios de cómputo de la Universidad de las Américas, de Marcelo Alejandro Oñate Larco, en el semestre 2018-2, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación".

William Eduardo Villegas Chilibingua
Magister en Redes de Comunicaciones
C.I.: 1715338263

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

“Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes”.

Marcelo Alejandro Oñate Larco

C.I.: 1717485971

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios y a mi familia que me apoyaron en todas las etapas de mi vida, y me dieron la fuerza necesaria para lograr los objetivos que me propuse conseguir.

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo especialmente a mi madre y a mi hermano, ya que ellos fueron la principal motivación para que yo pueda concluir mí carrera profesional

RESUMEN

El presente proyecto tiene como objetivo principal realizar un análisis de factibilidad de la propuesta de implementación de escritorios virtuales en los laboratorios de cómputo de la Universidad de las Américas.

En el proceso se evaluará la infraestructura actual de los laboratorios de la Universidad de las Américas, calculando el total de equipos de cómputo y evaluando las características de hardware (CPU, memoria y almacenamiento) de los computadores. Además, se analizará el rendimiento de las aplicaciones instaladas en los computadores.

En base al dimensionamiento previo, se evaluará la mejor opción según las tecnologías de virtualización de escritorio en el mercado, destacando características de compatibilidad, costo y rendimiento.

Al final se determinará la opción que más se ajuste a los requerimientos propuestos, que genere ahorro en costos y ventajas a largo plazo.

ABSTRACT

The main objective of this project is to carry out a feasibility analysis of the proposed implementation of virtual desktops in the computer labs of the University of the Americas.

In the process, the current infrastructure of the laboratories of the University of the Americas will be evaluated, calculating the total of computer equipment and evaluating the hardware characteristics (CPU, memory and storage) of the computers. In addition, the performance of applications installed on computers will be analyzed.

Based on the previous sizing, the best option will be evaluated according to desktop virtualization technologies in the market, highlighting compatibility, cost and performance characteristics.

In the end, the option that best suits the proposed requirements will be determined, which will generate cost savings and long-term benefits.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Alcance.....	2
1.2. Justificación.....	3
1.3. Objetivo general.....	3
1.4. Objetivos específicos.....	3
2. MARCO TEÓRICO Y LEGAL.....	4
2.1. MARCO TEÓRICO.....	4
2.1.1. Virtualización.....	4
2.1.2. Historia de la virtualización.....	4
2.1.3. Hipervisor.....	5
2.1.3.1. Hipervisores tipo I.....	5
2.1.3.2. Hipervisores tipo II.....	6
2.1.4. Cloud Computing.....	7
2.1.4.1. Nube pública.....	7
2.1.4.2. Nube privada.....	7
2.1.4.3. Nube híbrida.....	8
2.1.5. Software como servicio.....	8
2.1.6. Plataforma como servicio.....	8
2.1.7. Infraestructura como servicio.....	9
2.1.8. Escritorio como servicio.....	10
2.1.9. Infraestructura de virtualización de escritorios.....	10
2.1.10. Protocolos de conexión remota.....	11
2.1.11. Cliente ligero.....	12

2.1.12	Comparación entre computadores tradicionales y escritorios virtuales	12
3.	EVALUACIÓN DE LA ARQUITECTURA DE LOS LABORATORIOS DE CÓMPUTO DE LA UNIVERSIDAD DE LAS AMÉRICAS.....	14
3.1.	Inventario de computadores	14
3.1.1.	Laboratorios sede Granados	14
3.1.2.	Laboratorios sede Queri	15
3.1.3	Laboratorios sede Colón.....	15
3.1.4	Laboratorios sede UdlaPark	16
3.2.	Características de hardware de los computadores.....	16
3.2.1.	Características de disco	17
3.3.	Sistemas Operativos	17
3.4	Periodo de actividad de los laboratorios de cómputo	18
3.5	Monitoreo del rendimiento de recursos de los computadores	19
3.6	Monitoreo del rendimiento de la red.....	20
3.7	Aplicaciones.....	21
3.7.1	Aplicaciones de diseño gráfico	21
3.7.2	Aplicaciones de desarrollo y bases de datos	22
3.7.3	Aplicaciones básicas	23
3.8	Requerimientos de recursos de memoria y disco para la instalación de las aplicaciones.....	24
4	ANÁLISIS DE LOS PROVEEDORES DE VIRTUALIZACIÓN DE ESCRITORIOS.....	25

4.1	Proveedores de soluciones de virtualización de escritorios.....	25
4.2	Citrix XenDesktop.....	26
4.2.1	Componentes de XenDesktop.....	26
4.2.2	Machine Creation Services.....	27
4.2.3	Provisioning Services	28
4.2.4	Personal vDisk.....	29
4.2.5	Costos de licenciamiento XenDesktop	30
4.2.5.1	Licenciamiento perpetuo XenDesktop.....	30
4.2.5.2	Licenciamiento por suscripción	31
4.2.6	Características de las ediciones de XenDesktop.....	31
4.2.7	Cloud Bridge.....	32
4.2.8	Escritorio virtual de alta definición con Citrix HDX.....	32
4.2.9	Priorización de tráfico HDX.....	33
4.3	Microsoft Remote Desktop Service.....	33
4.3.1	Escritorios basados en sesiones y virtual desktop infrastructure (VDI)	33
4.3.2	Arquitectura Microsoft Remote Desktop Services.....	34
4.3.3	Proceso de acceso a los escritorios virtuales	35
4.3.4	Remote Desktop Protocol (RDP).....	35
4.3.5	Licencia de acceso	36
4.4	VMware Horizon 7.....	36
4.4.1	Componentes de Horizon 7	37
4.4.1.1	Servidor de conexión y Unified Access Gateway	37
4.4.1.2	Horizon Client.....	37
4.4.1.3	Horizon Agent	38

4.4.1.4	Blast Extreme.....	38
4.4.2	View Composer	38
4.4.2.1	Clones enlazados.....	39
4.4.2.2	Clones instantáneos.....	40
4.4.3	Licenciamiento perpetuo.....	41
4.4.4	Características de las ediciones de Horizon 7	41
4.5	Parámetros de calificación de los principales proveedores de escritorios virtuales	42
4.6	Compatibilidad de los proveedores de soluciones de escritorios virtuales con distintos hipervisores	43
4.7	Comparación entre protocolos de visualización	43
4.8	Comparación de costos de las soluciones de escritorios virtuales	44
5.	COMPARATIVA DE COSTOS ENTRE EL USO DE ESCRITORIOS VIRTUALES DESDE EL CENTRO DE DATOS DE LA UDLA FRENTE A LA CONTRATACIÓN DE UN PROVEEDOR EN LA NUBE.....	45
5.1	Proveedores de escritorio como servicio (DaaS).....	45
5.2	Amazon WorkSpaces	46
5.2.1	Imágenes personalizadas.....	47
5.2.2	Vinculación de WorkSpaces con Active Directory	47
5.2.3	Facturación.....	48
5.2.4	Paquetes y precios de Amazon WorkSpaces	49
5.2.5	Características de Amazon WorkSpaces	51

5.2.6	Análisis de costo Amazon WorkSpaces	51
5.3	Infraestructura de escritorios virtuales desde un centro de datos	52
5.3.1	Equipamiento de la infraestructura de escritorios virtuales.....	53
5.3.1.1	Cisco IO Modules (Fabric Extenders)	54
5.3.1.2	Cisco Fabric Interconnects.....	55
5.3.1.3	Cisco UCS Chassis	56
5.3.1.4	UCS B200 M3 Blade Servers.....	57
5.3.1.5	Cisco Virtual Interface Card 1240	57
5.3.1.6	NVIDIA vGPU.....	58
5.3.2	UCS	58
5.3.3	Citrix XenDesktop 7	58
5.3.4	VMware vSphere	60
5.3.5	Windows Server 2012.....	60
5.3.6	SQL Server 2012	60
5.3.7	Citrix Provisioning Server 7	61
5.3.8	Citrix XenDesktop Delivery Controller.....	61
5.3.9	Servidor de licencias.....	62
5.3.10	Requerimientos de los componentes de XenDesktop	62
5.4	Ancho de banda.....	63
5.4.1	Ancho de bando por tipo de aplicación	64
5.4.2	Latencia	65
5.5	Almacenamiento	66
5.5.1	Boot Storm.....	66
5.5.2	Tiempo de registro de los escritorios virtuales.....	67
5.5.3	IOPs.....	67

5.5.4	Factores para optimizar el almacenamiento en la virtualización de escritorios.....	68
5.5.5	Modelos EMC VNX.....	69
5.6	Licenciamiento Windows	70
5.7	Fases de planificación del proyecto	70
5.8	Costos de instalación del proyecto.....	72
5.9	Costo total del proyecto	72
5.10	Riesgos del proyecto.....	73
6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	76
6.1	Conclusiones.....	76
6.2	Recomendaciones.....	77

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de virtualización.	4
Figura 2. Hipervisor tipo I.	6
Figura 3. Hipervisor tipo II	6
Figura 4. Software como servicio.	8
Figura 5. Plataforma como servicio	9
Figura 6. Infraestructura como servicio.	9
Figura 7. Escritorio como servicio.	10
Figura 8. Arquitectura de virtualización de escritorios.	11
Figura 9. Cliente Ligero	12
Figura 10. Consumo de memoria de los laboratorios de cómputo sede Queri	20
Figura 11. Monitoreo del rendimiento de red de los laboratorios de cómputo sede Queri.	21
Figura 12. Proveedores líderes en el mercado de escritorios virtuales.	26
Figura 13. Componentes de Xendesktop	27
Figura 14. Modelo de aprovisionamiento de escritorios virtuales “Machine Creation Service”	28
Figura 15. Modelo de aprovisionamiento de escritorios virtuales “Provisioning Services”	29
Figura 16. Arquitectura de Microsoft Remote Desktop Services.	35
Figura 17. Proceso de Remote Desktop Service para la entrega de escritorios virtuales.	35
Figura 18. Arquitectura de Horizon 7.	37
Figura 19. Replicación de escritorios virtuales a través de “Horizon View Composer”	39
Figura 20. Replicación de escritorios virtuales a través de la tecnología clones enlazados.	39
Figura 21. Replicación de escritorios virtuales a través de la tecnología clones instantáneos.	40
Figura 22. Infraestructura de escritorios virtuales en el centro de datos.	53
Figura 23. Distribución del equipamiento físico dentro del rack.	54

Figura 24. Cisco UCS-IOM-2204XP.....	55
Figura 25. UCS 6248UP Fabric Interconnects.	56
Figura 26. UCS 5108.....	56
Figura 27. Cisco UCS B200 M3.	57
Figura 28. Arquitectura Citrix XenDesktop 7.	59
Figura 29. Sistema de licenciamiento de Citrix.....	62
Figura 30. Cantidad de IOPs en un escritorio físico y uno virtual.	68
Figura 31. Modelos EMC VNX	69
Figura 32. Cantidad de escritorios virtuales recomendados según el modelo de almacenamiento EMC - VNX.....	70

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Tabla comparativa entre computadores tradicionales y escritorios virtuales.....	13
Tabla 2 Cantidad de equipos de cómputo en los laboratorios de la Universidad de las Américas.	14
Tabla 3.Cantidad de equipos de cómputo en los laboratorios sede Granados.....	15
Tabla 4.Cantidad de equipos de cómputo en los laboratorios sede Queri.	15
Tabla 5. Cantidad de equipos de cómputo en los laboratorios sede Colón.....	16
Tabla 6.Cantidad de equipos de cómputo en los laboratorios sede UdlaPark.....	16
Tabla 7. Características técnicas de los laboratorios de cómputo.....	17
Tabla 8.Sistemas operativos disponibles en los laboratorios de cómputo.	18
Tabla 9. Promedio del uso de los laboratorios en las jornadas de clases	19
Tabla 10. Listado de aplicaciones de diseño gráfico.	21
Tabla 11.Listado de aplicaciones de desarrollo y bases de datos.....	23
Tabla 12. Listado de aplicaciones de uso general.....	23
Tabla 13 Recursos de memoria y disco requeridos para cada aplicación.	24
Tabla 14. Costo de licenciamiento perpetuo de XenDesktop.....	30
Tabla 15. Costo de licenciamiento por suscripción de XenDesktop.	31
Tabla 16 Características de las ediciones de XenDesktop.	31
Tabla 17.Costo de licenciamiento de las ediciones de XenDesktop.	41
Tabla 18.Características de las ediciones Advanced y Enterprise de Horizon 7.....	41
Tabla 19.Parámetros de calificación de las soluciones de virtualización de escritorios Citrix, Dell, VMware	42

Tabla 20. Hipervisores compatibles con las principales soluciones de escritorios virtuales.....	43
Tabla 21.Comparación entre protocolos de visualización.	44
Tabla 22. Comparación entre costos de licenciamiento de XenDesktop 7, Horizon 7 y Microsoft RDS.....	45
Tabla 23.Características del paquete “Standard” de Amazon WorkSpaces.	49
Tabla 24.Características del paquete “Performance” de Amazon WorkSpaces.	50
Tabla 25.Características del paquete “Power” de Amazon WorkSpaces.	50
Tabla 26. Resumen de las características de Amazon WorkSpaces.	51
Tabla 27.Costo total del servicio de Amazon WorkSpaces.	52
Tabla 28.Recursos de cómputo de los servidores virtuales de la infraestructura de escritorios virtuales XenDesktop.	63
Tabla 29.Requerimientos de ancho de bando por tipo de escritorio virtual.....	64
Tabla 30.Experiencia del usuario según el grado de latencia en el servicio de escritorios virtuales.....	66
Tabla 31.Requerimientos de IOPS según el tipo de usuario.	67
Tabla 32.Factores para optimizar el almacenamiento en la virtualización de escritorios.	68
Tabla 33.Fases de planificación de la infraestructura de escritorios virtuales.	71
Tabla 34. Costo del personal de TI para la instalación de la infraestructura de escritorios virtuales.	72
Tabla 35.Costos de hardware.	72
Tabla 36 Costos de Software.	73
Tabla 37.Costos de Instalación	73
Tabla 38. Costo total del proyecto.....	73

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad el uso de la tecnología resulta una solución viable para dar un valor agregado a un modelo de negocio, con el objetivo de simplificar procesos y ahorrar costos. Los resultados esperados al implementar un proyecto tecnológico dependen de un correcto análisis de costo beneficio y un elaborado plan de diseño; lo que permitirá garantizar los beneficios a corto y largo plazo.

En el caso de la Universidad de las Américas ha implementado proyectos tecnológicos pensados en impulsar el proceso de enseñanza, permitiendo la interacción de los estudiantes con nuevas tecnologías.

El centro de datos académico sede Queri, es uno de los laboratorios experimentales con los que cuenta la Universidad de las Américas, el mismo que ofrece tecnología de punta para que los estudiantes puedan fortalecer sus conocimientos y adquirir destrezas acordes con la demanda tecnológica de la actualidad.

Office 365 es otro de los proyectos que ha tenido la Universidad de las Américas, permitiendo a los estudiantes y docentes compartir y almacenar archivos en la nube, garantizando la seguridad de la información mediante la autenticación de cuentas de usuario. El uso de servicios en la nube como *Office 365* resultan una alternativa viable para acceder a aplicaciones de manera fácil y segura, a través de conexión a internet.

La nube es una plataforma virtual que ofrece servicios de almacenamiento, aplicaciones e infraestructura de manera unificada y de fácil acceso. De acuerdo con el artículo de la revista *El Telégrafo* publicado por Iván Ortiz, docente de la Universidad de las Américas, menciona que: *“La nube o computación en la nube son los recursos tecnológicos (por ejemplo, redes, servidores, almacenamiento, aplicaciones y servicios) alojados en internet, encargados de atender las peticiones en cualquier momento”* (*El Telégrafo*, 2018)

Además, comenta que en el ámbito empresarial la computación en la nube impacta notablemente en la reducción del capital fijo y operacional, brindando una mayor competitividad.

La virtualización de escritorios es un servicio que consiste en una plataforma que permite desplegar y administrar escritorios virtuales alojados en el centro de datos, ahorrando costos en la adquisición de *hardware* de cómputo, optimizando los recursos de los computadores, y facilitando el soporte técnico.

Por otro lado, escritorios como servicio o sus siglas en inglés (DaaS) ofrece el servicio de escritorios virtuales basados en la nube bajo un costo de suscripción. Los escritorios se encuentran hospedados en la plataforma virtual del proveedor de nube, en donde son ejecutados y administrados.

La elección de la mejor solución para el uso de escritorios virtuales dependerá de un análisis de costo beneficio, dependiendo de las necesidades de la organización.

1.1. Alcance

El presente proyecto pretende analizar las ventajas de implementar una infraestructura de escritorios virtuales, frente a la infraestructura actual de los laboratorios de cómputo de la Universidad de las Américas.

En el proceso se evaluará las condiciones técnicas de los laboratorios y las características de las aplicaciones instaladas en los computadores. Por último, se propondrá un análisis de costos de implementación entre las diferentes alternativas de virtualización de escritorios, en base a un dimensionamiento de la infraestructura de los laboratorios y los requerimientos del servicio.

1.2. Justificación

El equipamiento de los laboratorios de cómputo de la Universidad de las Américas es parte fundamental en el proceso de aprendizaje de los estudiantes, ya que brinda los recursos para poner en práctica los conocimientos adquiridos.

Aunque la adquisición de los equipos de cómputo de los laboratorios sea necesario implica un costo considerable de inversión, además de un gasto en el mantenimiento de los computadores.

El uso de una infraestructura de escritorios virtuales resulta una solución para optimizar los recursos de los computadores, ahorrando costos de inversión, y ofreciendo a los usuarios la posibilidad de acceder a su escritorio virtual desde cualquier lugar, usando su propio dispositivo, lo que impulsa la disponibilidad y movilidad del servicio.

1.3. Objetivo general

Analizar la factibilidad de la implementación de una infraestructura de escritorios virtuales en los laboratorios de cómputo de la Universidad de las Américas, evaluando la mejor alternativa de virtualización.

1.4. Objetivos específicos

- Evaluar la infraestructura actual de los laboratorios de cómputo de la Universidad de las Américas y de las aplicaciones instaladas.
- Investigar las tecnologías de escritorios virtuales preponderantes en el mercado de la virtualización.
- Comparar los costos del servicio de escritorios virtuales mediante un proveedor de nube, frente a una nube privada utilizando la infraestructura del centro de datos de la Universidad de las Américas.

2. MARCO TEÓRICO Y LEGAL

2.1. MARCO TEÓRICO

2.1.1. Virtualización

Virtualización es la tecnología que permite simular un equipo de cómputo físico a través de un software de administración, con el objetivo de mantener un control centralizado de procesos y aplicaciones.

Por medio de la virtualización es posible ejecutar varios sistemas operativos a través de un mismo servidor siendo administrados por un hipervisor, tal como se observa en la figura 1 (Datadec, s.f.).



Figura 1. Diagrama de virtualización.

Tomado de (Datadec, s.f.)

2.1.2 Historia de la virtualización

El concepto de virtualización fue planteado en la década del 60 por la empresa tecnológica IBM (*International Business Machines*), como una alternativa para reducir la alta inversión en equipamiento de *hardware*.

En 1964, IBM presenta la arquitectura de virtualización con recursos limitados a través de los servidores *System/360*. Posteriormente ocurre el lanzamiento de IBM (CP-40), una solución más completa de virtualización ofreciendo máquinas y memorias virtuales.

En 1965, aparecen las nuevas versiones de IBM (CP-40) y CMS (*Content Management System*) que soportaban hasta 14 máquinas virtuales con acceso a usuarios conectados simultáneamente. En 1988, se funda una de las empresas líderes de virtualización como VMware y un año después se presenta al mercado la “Plataforma Virtual VMware”, considerada como la precursora de la plataforma de virtualización en la arquitectura x86.

Desde el 2002 en adelante IBM ha presentado mejoras en la serie z/VM una tecnología de virtualización de servidores de la clase empresarial. El mercado de la virtualización ha continuado expandiéndose y la apuesta por soluciones de virtualización es cada vez más cotizada tanto para proveedores como clientes (Río González, 2016).

2.1.3 Hipervisor

El hipervisor permite la ejecución de múltiples sistemas operativos en un mismo servidor físico. Es el encargado de gestionar y asignar recursos de hardware a las máquinas virtuales invitadas.

A pesar de que las máquinas virtuales estén instaladas en un mismo host físico, mantienen una separación lógica entre sí, es decir que si se presentase algún fallo en una de las máquinas no afectará al resto.

2.1.3.1 Hipervisores tipo I

Los hipervisores tipo I o también denominados *bare metal*, son aquellos que se ejecutan directamente en el servidor físico, sin la necesidad de que exista un sistema operativo existente, tal como se observa en la figura 2. Los principales

hipervisores tipo I son: *VMware ESX Server*, *Citrix XenServer*, *Microsoft Hyper-V*, todos ellos gratuitos (Camazón, s.f.).

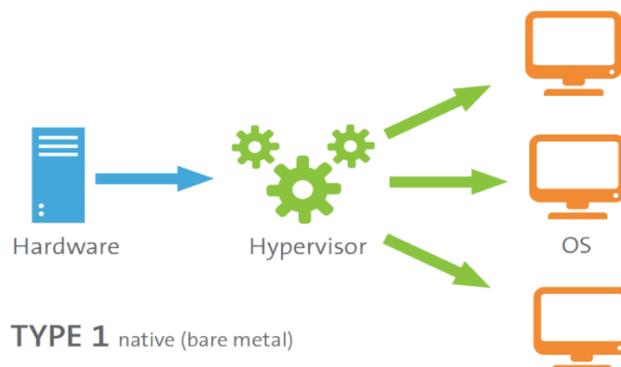


Figura 2. Hipervisor tipo I.

Tomado de (Flexiant, 2014)

2.1.3.2 Hipervisores tipo II

Los hipervisores tipo II o también denominados *hosted*, se ejecutan a partir de un sistema operativo existente, y cada sistema operativo invitado se ejecuta como un proceso dentro del hipervisor, tal como se observa en la figura 3. Los principales hipervisores tipo II son: *VMware Workstation Server*, *Oracle VM VirtualBox*, *Microsoft Virtual PC*, *Parallels Desktop* (Camazón, s.f.).

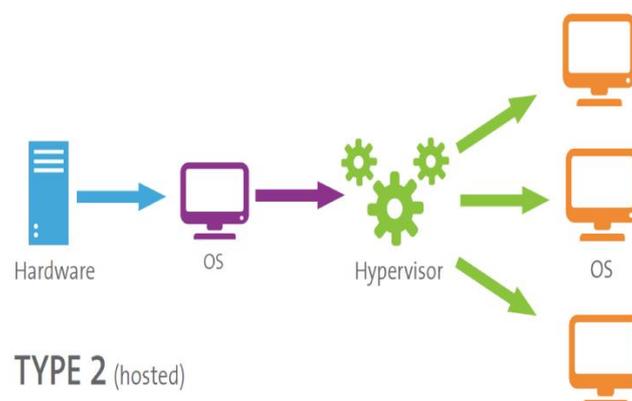


Figura 3. Hipervisor tipo II.

Tomado de (Flexiant, 2014)

2.1.4 Cloud Computing

Es una plataforma tecnológica que ofrece convergencia de servicios y almacenamiento a gran escala. Esta plataforma agrupa un conjunto de recursos informáticos, por ejemplo: redes, software e infraestructura que son accesibles a través de la intervención de un proveedor de servicio.

Uno de los principales beneficios de *cloud computing* está relacionado con la simplicidad en el aprovisionamiento de recursos computacionales, dependiendo de las necesidades del cliente, ofreciendo una solución rentable para servicios escalables y con una alta demanda de disponibilidad.

2.1.4.1 Nube pública

En una nube pública los recursos computacionales como: hardware, almacenamiento, plataformas de desarrollo y aplicaciones, son exclusivamente del proveedor, el mismo que se encarga de gestionar los servicios y ofrecerlos a los clientes a través del acceso a internet.

Los clientes que deseen acceder a los servicios de la nube deben pagar una suscripción mensual o anual (Azure, 2018).

2.1.4.2 Nube privada

Una nube privada se compone de recursos computacionales que pertenecen únicamente a la organización que la implementa. La nube privada puede alojarse físicamente en el centro de datos de la organización o contratando un proveedor externo de hosting.

Una infraestructura de una nube privada mantiene su propia red y los servicios que se proveen son destinados especialmente a los usuarios internos de la organización (Azure, 2018).

2.1.4.3 Nube híbrida

Es una combinación entre la infraestructura de una nube pública y una nube privada, brindando la posibilidad de acceder a dos tipos de soluciones *cloud*.

Una nube híbrida es aplicable cuando los servicios y aplicaciones que se ejecutan en una nube privada requieren mayores recursos computacionales, lo que con lleva a las organizaciones ampliarse a través de una nube pública (Azure, 2018).

2.1.5 Software como servicio

Software como servicio o sus siglas en inglés (SaaS), es una plataforma *cloud* donde residen un conjunto de aplicaciones, que se acceden a través de internet, sin la necesidad instalar la aplicación en el equipo local. Uno de los ejemplos de software como servicio es *Office 365*, el cual provee un servicio en la nube donde los usuarios pueden almacenar, compartir información y acceder a un conjunto de herramientas ofimáticas (IBM, s.f.).

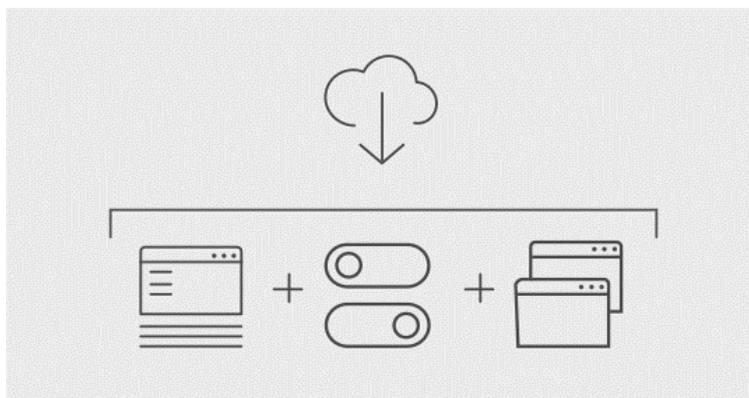


Figura 4. Software como servicio.

Tomado de (IBM, s.f.)

2.1.6 Plataforma como servicio

Plataforma como servicio o sus siglas en inglés (PaaS), proporciona un conjunto de recursos informáticos (infraestructura, almacenamiento y

herramientas de desarrollo) en la nube, que permite al cliente desarrollar y gestionar sus propias aplicaciones. Los clientes que utilicen plataforma como servicio tendrán a disposición el software necesario para implementar aplicaciones bajo sus propios criterios de diseño (IBM, s.f.).

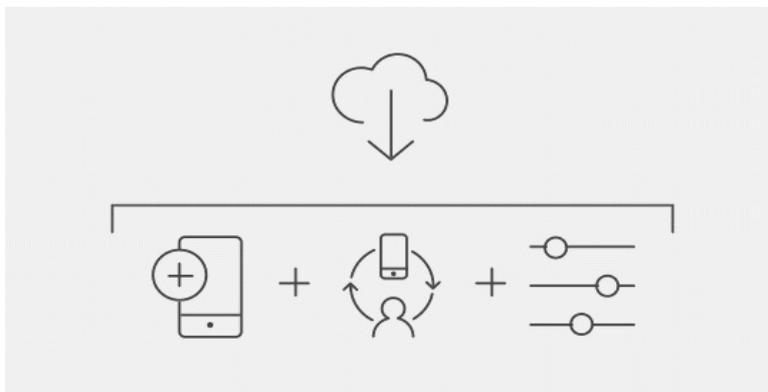


Figura 5. Plataforma como servicio.

Tomado de (IBM, s.f.)

2.1.7 Infraestructura como servicio

Infraestructura como servicio o sus siglas en inglés (IaaS), es una solución convergente de servidores, red y almacenamiento, que son alojados en la arquitectura del proveedor *cloud*, y vinculados con la empresa u organización adquirente del servicio. IaaS permite un ahorro en el equipamiento de hardware, además que mantiene un control centralizado de la infraestructura computacional. (IBM, s.f.)

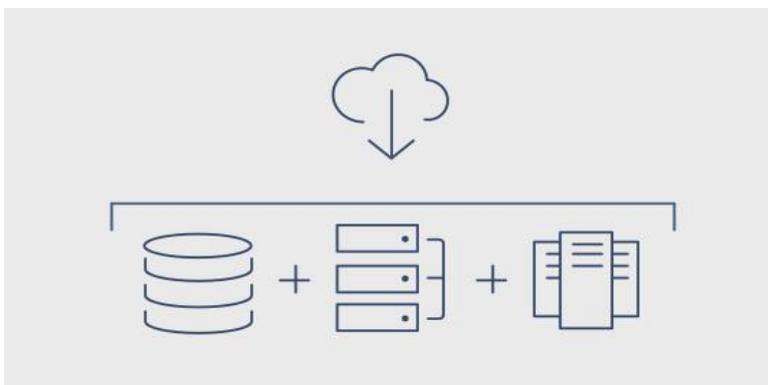


Figura 6. Infraestructura como servicio.

Tomado de (IBM, s.f.)

2.1.8 Escritorio como servicio

Escritorio como servicio o sus siglas en inglés (DaaS), se basa en un modelo de aprovisionamiento de escritorios y aplicaciones virtuales alojados en una infraestructura *cloud*. El proveedor es el encargado de administrar los recursos necesarios para la creación y distribución de los escritorios virtuales a los usuarios designados, facilitándoles el acceso al entorno de virtualización desde cualquier dispositivo electrónico que posea conexión a internet (UDS, 2018).

DaaS es una alternativa para organizaciones que prefieren contratar un servicio de escritorios virtuales basado en suscripción, en lugar de implementar una propia infraestructura en sus centros de datos.

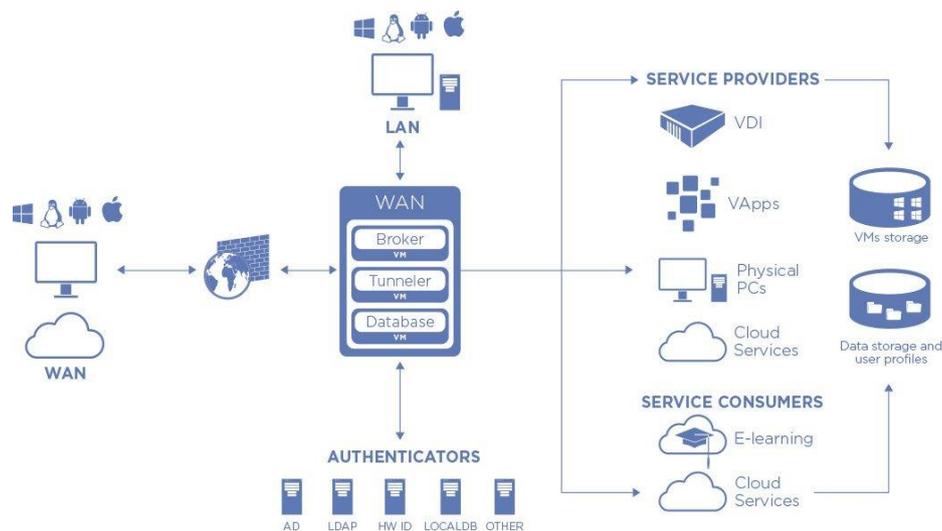


Figura 7. Escritorio como servicio.

Tomado de (UDS, 2018)

2.1.9 Infraestructura de virtualización de escritorios

Es la definición de un entorno de escritorios virtuales alojados en el centro de datos de la organización que utiliza el servicio, donde la plataforma de virtualización se ejecuta de manera centralizada en los servidores de la empresa.

Una plataforma de virtualización de escritorios es capaz de administrar cientos y miles de escritorios virtuales que se ejecutan en el hipervisor. Los usuarios acceden de manera remota a los escritorios virtuales a través de protocolos de conexión y un *broker* que controla la conexión de los usuarios con los escritorios designados (Cisco, 2013).

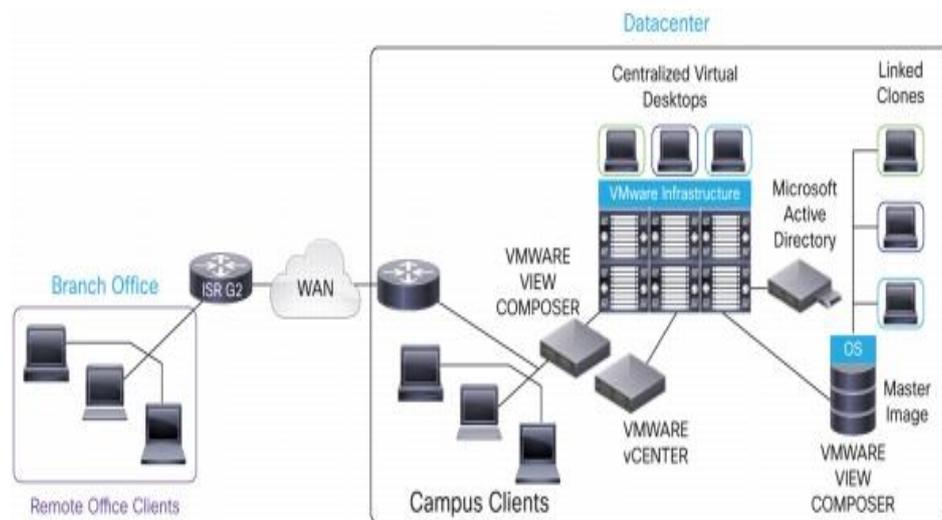


Figura 8. Arquitectura de virtualización de escritorios.

Tomado de (Cisco, 2013)

2.1.10 Protocolos de conexión remota

Los protocolos de conexión remota o también conocidos como protocolos de visualización, permiten que las imágenes codificadas de los escritorios virtuales lleguen desde el servidor hasta el dispositivo final del usuario.

El rendimiento y las características del protocolo de conexión remota deben ser capaces de adaptarse a redes de gran escala, optimizar el tráfico y asegurar la calidad en la distribución de escritorios y aplicaciones virtuales que demanden gran capacidad de cómputo. Por tal motivo, el protocolo de conexión remota es uno de los factores determinantes para una óptima interacción entre el usuario y el entorno de virtualización de escritorios (VMware, 2017).

Entre los principales protocolos de visualización se encuentran: *PCoIP* y *Blast Extreme* de *VMware*, *Microsoft RDP*, *HDX* de *Citrix*.

2.1.11 Cliente ligero

Es un terminal que no posee sistema operativo ni disco duro, solo actúa como como dispositivo final en una infraestructura donde los escritorios y aplicaciones virtuales se ejecutan directamente en el servidor. Los clientes ligeros acceden a los escritorios virtuales a través de la red utilizando el protocolo de conexión remota.

La implementación de clientes ligeros resulta una solución más económica que adquirir un computador tradicional con altas capacidades de cómputo, además que el ciclo de vida de los clientes ligeros es mucho más prolongado que un computador tradicional (HP, s.f.).



Figura 9. Cliente Ligero.

Tomado de (HP, s.f.).

2.1.12 Comparación entre computadores tradicionales y escritorios virtuales

En la tabla 1 se detallan las principales ventajas de los escritorios virtuales frente a los escritorios tradicionales, considerando factores como: seguridad, aprovisionamiento, costos y mantenimiento.

Tabla 1.

Tabla comparativa entre computadores tradicionales y escritorios virtuales.

Característica	Computador tradicional	Escritorio virtual
Aprovisionamiento	La instalación del sistema operativo y aplicaciones demandan mayor cantidad de tiempo.	El tiempo empleado es menor ya que se replica varios escritorios virtuales a partir de una misma imagen maestra.
Seguridad	Existe un menor control en la detección de programas maliciosos, dejando propenso al computador a la infección de virus informáticos.	Permiten definir mayores políticas de seguridad y controlar el acceso de los usuarios hacia determinadas aplicaciones.
Monitoreo	Se brinda soporte técnico a cada computador lo implica tiempo y gasto en personal.	El monitoreo es centralizado, se administra y actualiza múltiples escritorios a la vez.
Costo	Alta inversión en equipamiento, licencias.	Alta inversión en equipamiento de servidores, licencias y software de administración.

3. EVALUACIÓN DE LA ARQUITECTURA DE LOS LABORATORIOS DE CÓMPUTO DE LA UNIVERSIDAD DE LAS AMÉRICAS.

Para el estudio de la arquitectura de los laboratorios de cómputo se realizó un levantamiento de información para determinar la cantidad de computadores en los laboratorios de las cuatro sedes de la Universidad de las Américas.

Se analizaron los componentes físicos de los computadores según el modelo, capacidad de recursos cómputo y otras características de hardware.

Además, se realizaron pruebas de rendimiento de los computadores y se evaluaron un conjunto de aplicaciones instaladas.

3.1. Inventario de computadores

Según la información recolectada la Universidad de las Américas cuenta con 34 laboratorios de cómputo con un total de 881 equipos distribuidos en cuatro campus: Granados, Queri, Colón y UdlaPark.

Tabla 2.

Cantidad de equipos de cómputo en los laboratorios de la Universidad de las Américas.

Sede	Cantidad de laboratorios	Cantidad de computadores
Granados	6	156
Queri	15	388
UdlaPark	11	283
Colón	2	54
TOTAL	34	881

3.1.1. Laboratorios sede Granados

La sede Granados cuenta con 6 laboratorios de cómputo con un total de 156 computadores, tan solo un laboratorio posee computadores modelo iMAC.

Tabla 3.

Cantidad de equipos de cómputo en los laboratorios sede Granados.

Aula	Marca	Cantidad de computadores
164	DELL	25
165	DELL	31
166	DELL	25
167	DELL	25
169	DELL	25
TM1	iMAC	25

3.1.2. Laboratorios sede Queri

La sede Granados cuenta con 15 laboratorios de cómputo con un total de 388 computadores, dos laboratorios poseen computadores modelo iMAC.

Tabla 4.

Cantidad de equipos de cómputo en los laboratorios sede Queri.

Aula	Marca	Cantidad de computadores
430	DELL	25
431	DELL	31
432	DELL	25
433	DELL	25
434	DELL	25
435	DELL	25
436	DELL	25
439	iMAC	31
440	iMAC	31
460	DELL	25
461	DELL	25
462	DELL	24
464	DELL	20
466	DELL	21
476	DELL	30

3.1.3 Laboratorios sede Colón

La sede Colón cuenta con dos laboratorios de cómputo con un total de 54 computadores.

Tabla 5.

Cantidad de equipos de cómputo en los laboratorios sede Colón.

Aula	Marca	Cantidad de computadores
526	DELL	30
531	DELL	24

3.1.4 Laboratorios sede UdlaPark

La sede UdlaPark cuenta con 11 laboratorios de cómputo con un total de 283 computadores, seis de los laboratorios poseen computadores modelo iMAC

Tabla 6.

Cantidad de equipos de cómputo en los laboratorios sede UdlaPark.

Aula	Marca	Cantidad de computadores
911	DELL	33
912	iMAC	24
913	iMAC	24
914	iMAC	24
915	DELL	33
916	iMAC	24
917	DELL	24
918	DELL	24
919	DELL	25
920	iMAC	24
921	iMAC	24

3.2. Características de hardware de los computadores

Los equipos de cómputo cuentan con procesadores Intel Core i7 – 4770, memoria RAM de 6 GB a 16GB y discos de almacenamiento de 500 GB a 1TB. El mayor porcentaje de computadores son marca DELL modelo OPTIPLEX 330 y VOSTRO 220 S, con un pequeño porcentaje de computares modelo iMAC.

Tabla 7.

Características técnicas de los laboratorios de cómputo.

Modelo	Procesador	Memoria	Disco Duro	Modelo de Disco
<ul style="list-style-type: none"> • OPTIPLEX 330 • VOSTRO 220 S 	<ul style="list-style-type: none"> • Intel Core™ i7 -4770 	<ul style="list-style-type: none"> • 6 GB • 8 GB • 16 GB 	<ul style="list-style-type: none"> • 500 GB • 1TB 	<ul style="list-style-type: none"> • ST500DM002
<ul style="list-style-type: none"> • Apple iMac - 21.5" 	<ul style="list-style-type: none"> • Intel Core™ i7 -4770 	<ul style="list-style-type: none"> • 8 GB • 16 GB 	<ul style="list-style-type: none"> • 1TB 	<ul style="list-style-type: none"> • SATA Fusion Drive

3.2.1. Características de disco

Los laboratorios de cómputo cuentan con equipos con altos recursos de disco, capaces de gestionar aplicaciones que requieran gran capacidad de almacenamiento y una alta velocidad de lectura y escritura en el disco duro.

Los computadores poseen discos duros de estado sólido modelo *SATA Fusion Drive* para macOS y ST500DM002 para los modelos DELL, con capacidad de almacenamiento entre 500 GB a 1 TB.

3.3. Sistemas Operativos

Actualmente los computadores cuentan con sistemas operativos macOS y Windows en sus versiones 7 Professional y 10 Pro.

Los computadores de la sede Colón solo cuentan con sistema operativo Windows 7 Professional, mientras que en las sedes UdlaPark y Granados los computadores poseen los sistemas operativos: Windows 7 Professional y macOS High Sierra. Los computadores de la sede Queri poseen los 3 sistemas operativos: Windows 10 Pro, Windows 7 y macOS.

De acuerdo con el personal de soporte de laboratorios de cómputo de la Universidad de las Américas, se planea instalar Windows 10 Pro en todos los computadores reemplazando Windows 7 Professional.

Tabla 8.

Sistemas operativos disponibles en los laboratorios de cómputo.

Sede	Sistema Operativo
Granados	<ul style="list-style-type: none"> • Windows 7 Professional • macOS High Sierra
Queri	<ul style="list-style-type: none"> • Windows 7 Professional • Windows 10 Pro • macOS High Sierra
UdlaPark	<ul style="list-style-type: none"> • Windows 7 Professional • macOS High Sierra
Colón	<ul style="list-style-type: none"> • Windows 7 Professional

3.4 Periodo de actividad de los laboratorios de cómputo

Los laboratorios de cómputo de la Universidad de las Américas funcionan por un periodo de 15 horas en el horario de 7:00 am hasta 21:50 pm de lunes a viernes.

En el inicio de la jornada entre 7:00 am hasta 13:00 pm existe una alta demanda de los laboratorios, con una gran cantidad de computadores ejecutándose simultáneamente y permaneciendo activos por un tiempo prolongado. Por otro lado, en el periodo de 13:00 pm hasta 16:00 pm se presenta una demanda moderada de los laboratorios, mientras que la mayor demanda de los laboratorios ocurre en la jornada nocturna entre 18:00 pm hasta 21:50 pm.

Con respecto a los sábados los laboratorios de cómputo funcionan en un periodo de 8 horas de 7:00 am hasta 16:00 pm, con una muy baja demanda de los laboratorios.

Tabla 9.

Promedio del uso de los laboratorios en las jornadas de clases.

Horario lunes a viernes	Grado de uso
7:00 am a 13: 00 pm	Alto
13:00 pm a 15: 00 pm	Medio – Alto
15:00 pm a 18:00 pm	Medio – Alto
18:00 pm a 22:00 pm	Muy Alto
Horario sábado	
8:00 am a 16:00 pm	Bajo

3.5 Monitoreo del rendimiento de recursos de los computadores

En la figura 10 se muestra el consumo de memoria al descargar un archivo de 2.5 GB del internet, abrir un archivo de Word de 6.319KB y ejecutar un archivo con extensión .iso de Windows Server. Como se puede observar en la figura 10, existe un gran consumo de memoria cerca del 83% y alcanzando el 24% de uso del CPU.

El objetivo fue probar los recursos de los computadores frente a escenarios que exijan gran capacidad de cómputo. Los resultados de la prueba de rendimiento se evidenciaron en el tiempo de respuesta de la ejecución de un archivo de texto, el mismo que tardaba en responder y se cerraba constantemente. La máquina virtual también presentó una demora en la ejecución, incluso tuvo que ser reiniciada por un fallo en el arranque.

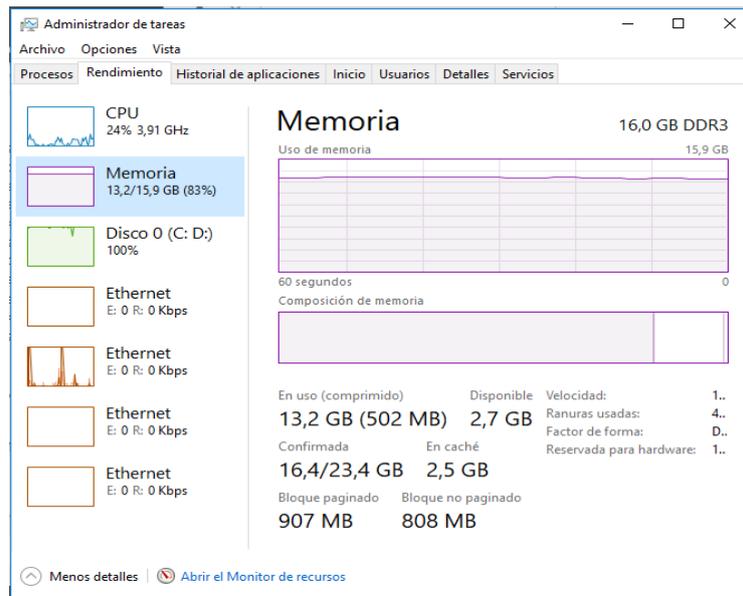


Figura 10. Consumo de memoria de los laboratorios de cómputo sede Queri.

3.6 Monitoreo del rendimiento de la red

Para medir el rendimiento de la red se utilizó la versión de prueba del software libre *PRTG Network Monitor*.

Durante el periodo de monitoreo entre 15:30 pm hasta 15:35 pm se navegó por internet a través del explorador Google Chrome con seis ventanas abiertas accediendo a contenido multimedia, correo office 365 y navegando por páginas web.

Entre 13:40 pm hasta 13:45 pm se proyectó un video con alta definición en YouTube, lo que incremento el consumo de red cerca de los 700 kbits/s. Por último, entre 16:25 pm a 16:40 pm se descargó un archivo de un tamaño aproximado a 2.5 GB, produciendo un pico en el consumo de red de 21.943 kbits/s.

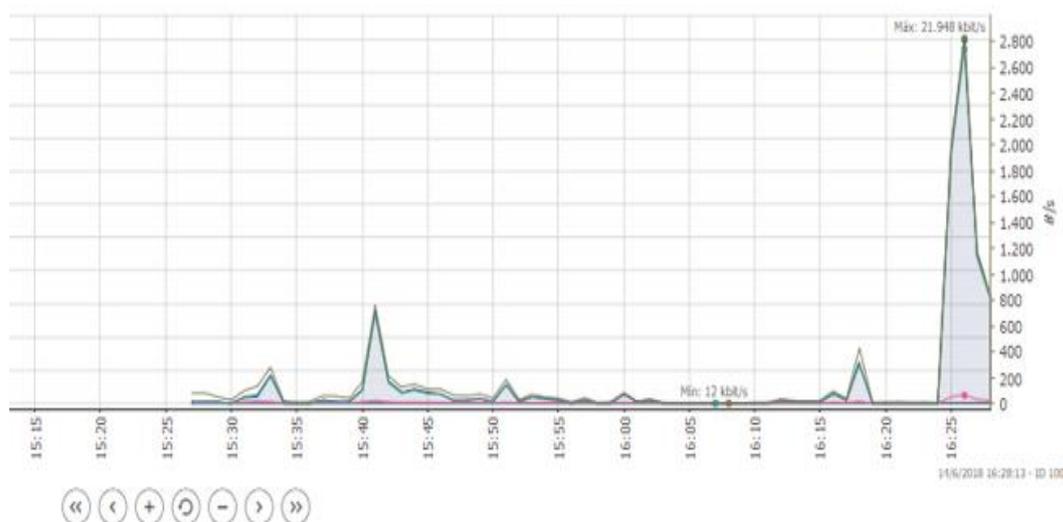


Figura 11. Monitoreo del rendimiento de red de los laboratorios de cómputo sede Queri.

3.7 Aplicaciones

La Universidad de las Américas dispone del software necesario para que los estudiantes puedan interactuar con plataformas que incrementen su nivel de aprendizaje a través de la práctica. Entre las principales aplicaciones instaladas en los computadores se encuentran software de diseño gráfico, aplicaciones de desarrollo, herramientas ofimáticas, entre otras.

Las aplicaciones de diseño gráfico, al igual que el software de desarrollo e incluso las aplicaciones que ejecutan máquinas virtuales, demandan una gran cantidad de memoria y mayores recursos de cómputo.

3.7.1 Aplicaciones de diseño gráfico

Tabla 10.

Listado de aplicaciones de diseño gráfico.

Aplicaciones Autodesk	
Inventor Professional 2018 – English	ReCap 2016
Alias Design 2016 64-bit	SketchBook Pro 2016

Civil View 3ds Max 2016 64-bit	Autodesk123D Make 1.6.0
3ds Max 2016 Populate Data	VRED Design 2017
Storm and Sanitary Analysis	
Adobe	
Adobe Acrobat DC	Adobe Dreamweaver CC 2017
Adobe Fuse CC (Beta)	Adobe Gaming SDK 1.4
Adobe Animate CC 2018	Adobe SpeedGrade CC 2015
Adobe After Effects CC 2017	Adobe Fireworks CS6
Adobe Premiere Pro CC 2018	Adobe Audition CC 2017
Adobe Flash Builder 4.7 (64 Bit)	Adobe Bridge CC 2017
Adobe Photoshop CC 2017	Adobe Acrobat Reader DC – español
Adobe Media Encoder CC 2018	Adobe Creative Cloud
Adobe Lightroom	Adobe Edge Animate CC 2015
Otras Aplicaciones	
Rhinoceros 5 (64bit)	Dynamo 0.9.1
SketchUp 2016	Mypaint
GIMP 2.8.14	

Las aplicaciones que se muestran en la tabla 10, se encuentren instaladas en un alto porcentaje de los laboratorios de cómputo de los cuatro campus, siendo utilizados principalmente por las carreras de arquitectura, multimedia, diseño de interiores, entre otros,

Los computadores con sistema operativo Windows 10 Pro ubicadas en la sede Queri poseen aplicaciones de diseño gráfico con versiones actualizadas del año 2018, mientras que en el resto de los computadores las versiones de las aplicaciones son del año 2017.

3.7.2 Aplicaciones de desarrollo y bases de datos

Los equipos de cómputo también cuentan con software de desarrollo, base de datos, programación de microprocesadores, minería de datos, entre otros.

Muchas de las aplicaciones de desarrollo ocupan un alto porcentaje de los recursos de los computadores, consumiendo una gran cantidad de memoria RAM en la compilación de programas y en la ejecución de base de datos de gran tamaño.

Tabla 11.

Listado de aplicaciones de desarrollo y bases de datos.

Software IDE	
Arduino	Python 3.6.3 (64-bit)
Netbeans	Microsoft Visual Studio Enterprise 2015
Atmel Studio 7.0	Android Studio
Microsoft SQL Server 2016	Oracle Database 11g Express Edition
MySQL Workbench 6.3 CE	XAMPP

3.7.3 Aplicaciones básicas

Los computadores cuentan con aplicaciones estándar como: reproductores de videos, herramientas ofimáticas, videoconferencia, analizadores de tráfico de red, aplicaciones de virtualización, entre otros. También se encuentran instalados programas para el control del proyector del laboratorio y registro de asistencia de los estudiantes.

Tabla 12.

Listado de aplicaciones de uso general.

Aplicaciones básicas	
VLC Media Player	VMware Player
WireShark 2.4.5 64bit	Oracle VM VirtualBox 5.1.2
Visio Professional 2016	Microsoft Office
Mozilla Firefox	Bizagi Studio 64-Bit
Google Earth Pro	Kaspersky
Skype 7.0	Cisco Packet Tracer 7.1 64 bit
Google Chrome	

3.8 Requerimientos de recursos de memoria y disco para la instalación de las aplicaciones

En la tabla 13 se detalla la capacidad de memoria y espacio en disco requerido para la instalación de las principales aplicaciones de los laboratorios de cómputo de la Universidad de las Américas.

En base a esta información se puede estimar el posible consumo de recursos de los escritorios virtuales y así dimensionar la capacidad de cómputo necesario para ejecutar las aplicaciones mencionadas.

Tabla 13.

Recursos de memoria y disco requeridos para cada aplicación.

Aplicación	Espacio en disco duro	Memoria RAM
VMware Player	300 MB	2GB
WireShark 2.4.5 64bit	300 MB	1 Gb de
VLC Media Player	500 MB	1 Gb de
Rhinoceros 5 (64bit)	600 MB	8 GB
Cisco Packet Tracer 7.1 64 bit	700 MB	2GB
Netbeans	1 GB	2 GB
Atmel Studio 7.0	2 GB	1 GB
Android Studio	2 GB	8 GB
Adobe Dreamweaver CC 2017	2 GB	2 GB
Adobe Edge Animate CC 2015	2 GB	4 GB
Adobe Photoshop CC 2017	2.6GB	2 GB (8 GB recomendado)
Visio Professional 2016	3.0 GB	2 GB
Microsoft Office	3.0 GB	2 GB RAM
Microsoft Visual Studio Enterprise 2015	4 GB	1 GB de RAM
Adobe Animate CC 2018	4 GB	2 GB (8 GB recomendado)
Adobe Acrobat DC	4,5 GB	1 GB
Autodesk Alias Design 2016 64-bit	5 GB	4 GB
Adobe Fuse CC (Beta)	5.5 GB	4 GB (8 GB recomendado)

Microsoft SQL Server 2016	6 GB	2 GB
Autodesk Civil View 3ds Max 2016	6 GB	8 GB
Adobe Premiere Pro CC 2018	8 GB	8 GB
Bizagi Studio 64-Bit	10 GB	6 GB (8 GB recomendado)
Autodesk ReCap 2016	20GB	8 GB
Autodesk Inventor Professional 2018	40 GB	8 GB

4 ANÁLISIS DE LOS PROVEEDORES DE VIRTUALIZACIÓN DE ESCRITORIOS.

4.1 Proveedores de soluciones de virtualización de escritorios

Forrester es una consultora de investigación de tendencias tecnológicas que se enfoca en analizar las fortalezas y debilidades de los principales proveedores de tecnologías y de los de los productos que ofrecen a sus clientes.

De acuerdo con el artículo sobre las tendencias de la virtualización de escritorios realizado por la consultora Forrester manifiesta que: *“lo que hace que los proveedores sean líderes es su capacidad de proporcionar al usuario una superior experiencia en una gama más amplia de casos de uso”* (Citrix, 2015).

El estudio realizado por la consultora Forrester sobre los principales competidores de soluciones de escritorios virtuales en el mercado, posiciona a Citrix y VMware como líderes en soluciones de entornos de escritorios virtuales, seguido por sus competidores Dell y Microsoft.

Citrix y VMware son vendedores especializados en ofrecer entornos de escritorios virtuales a nivel empresarial, a diferencia de sus competidores Dell y Microsoft que proyectan la virtualización de escritorios como una oferta adicional a su negocio con el objetivo de crecer a largo plazo.

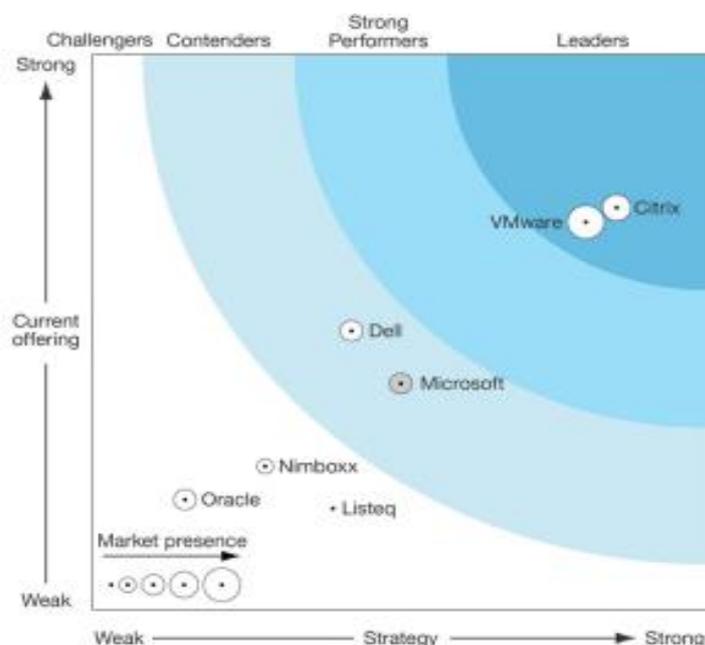


Figura 12. Proveedores líderes en el mercado de escritorios virtuales.

Tomado de (Citrix, 2015)

4.2 Citrix XenDesktop

Citrix es una de las soluciones de virtualización que más posicionamiento ha tenido en el mercado los últimos años a la par de su competidor VMware. Citrix brinda plataformas para entornos de escritorios virtuales basadas en la nube con Citrix Cloud o soluciones desde el centro de datos de lado del cliente “*on premise*” con las plataformas XenDesktop y XenApp.

XenDesktop ofrece los componentes necesarios para implementar infraestructuras basadas en escritorios virtuales a gran escala, bajo el protocolo HDX y técnicas de aprovisionamiento de escritorios que optimizan el almacenamiento y los recursos de cómputo (Citrix, 2016).

4.2.1 Componentes de XenDesktop

- **Delivery Controller:** es el componente de administración centralizado del entorno de escritorios virtuales. Es el encargado de autenticar y administrar la conexión entre los usuarios y los escritorios virtuales.

- **Citrix Studio:** se encarga de la configuración y control de escritorios virtuales a través de la consola de administración de XenDesktop.
- **Citrix Receiver:** es el software instalado en el dispositivo de usuario final que permite el acceso a los escritorios virtuales a través de la aplicación Citrix Receiver. En el caso de que no se pueda instalar Citrix Receiver en el dispositivo final, Citrix HTML5 ofrece una conexión a través de un explorador Web.
- **Citrix Director:** es el elemento de XenDesktop que permite la monitorización del entorno de escritorios virtuales. Detecta problemas y ofrece asistencia técnica a los usuarios finales.
- **Citrix StoreFront:** es el almacén donde se encuentran las aplicaciones empresariales. También realiza un seguimiento de las suscripciones de los usuarios (Citrix, 2016).

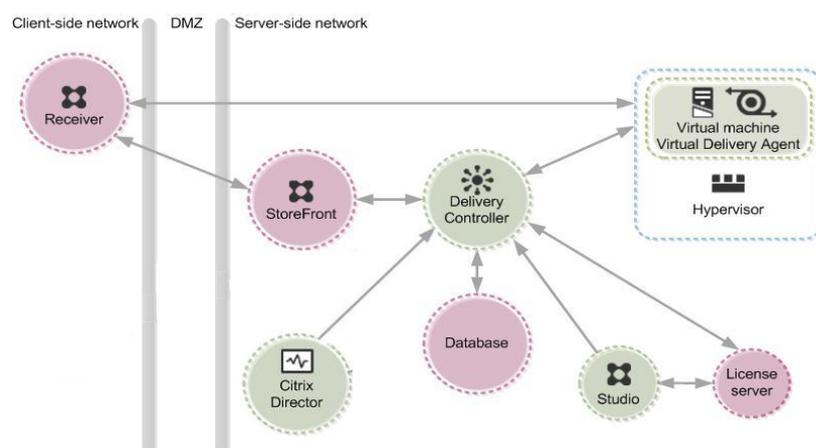


Figura 13. Componentes de XenDesktop.

Tomado de (Citrix, 2016)

4.2.2 Machine Creation Services

MCS (*Machine Creation Services*) es la tecnología encargada de la creación y despliegue de escritorios virtuales a partir de una imagen maestra. Se integra con la consola de administración de XenDesktop Studio para controlar el ciclo de vida de los escritorios virtuales.

MCS proporciona tres tipos de aprovisionamiento de escritorios virtuales.

- **Pooled - Random:** los escritorios son asignados aleatoriamente. Cuando el usuario cierra su sesión, los cambios o información son eliminados y el escritorio pasa a estar en estado libre, disponible para ser usado por otro usuario.
- **Pooled statics:** son escritorios personalizados para usuarios que necesiten mantener su información en todo momento. Los cambios realizados en el escritorio no se eliminan cuando el usuario cierra su sesión.
- **Personal desktop:** son escritorios dedicados que poseen aplicaciones destinados a un único usuario. Cuando el usuario cierra su sesión la información en el escritorio se conserva y el escritorio no puede ser accedido por otro usuario (Citrix , 2018).

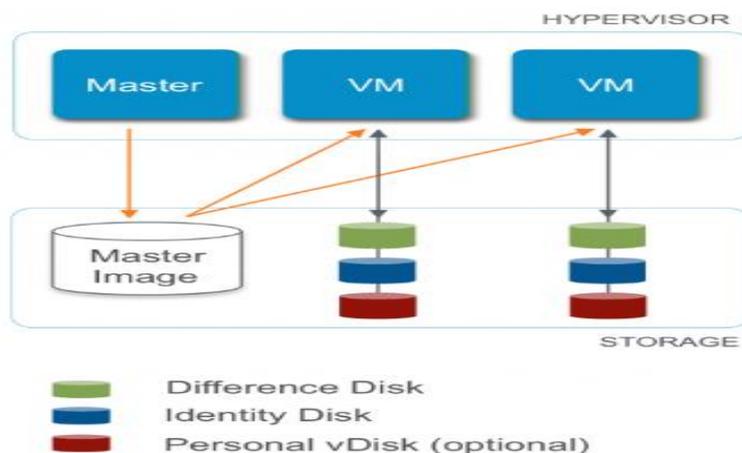


Figura 14. Modelo de aprovisionamiento de escritorios virtuales "Machine Creation Service".

Tomado de (Citrix, 2014)

4.2.3 Provisioning Services

Utiliza la transmisión de escritorios virtuales a partir de una única imagen maestra, permitiendo administrar entornos de escritorio virtuales usando menos imágenes de disco.

El escritorio virtual utiliza el servidor TFTP para arrancar desde la red y descargar el archivo “*bootstrap*”. El archivo “*bootstrap*” tiene la información para acceder el servidor de aprovisionamiento y transmitir la imagen de escritorio adecuada. El servidor de aprovisionamiento tiene una ubicación de almacenamiento especial llamada “*vDisk*” en el cual se encuentran las imágenes de los escritorios que van a ser transmitidas. El servidor de aprovisionamiento extrae la imagen maestra y crea una imagen base en el “*vdisk datastore*”. La imagen base se transmite a los escritorios virtuales y se configura en modo de solo lectura.

La imagen base se transmite a los escritorios virtuales creando un disco de caché de escritura para cada virtual escritorio. El disco cache de escritura permite capturar los cambios realizados en el sistema operativo del escritorio virtual (Citrix, 2009).

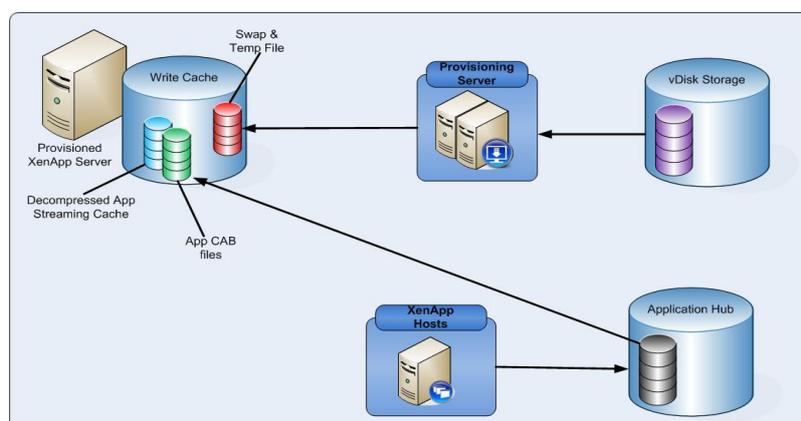


Figura 15. Modelo de aprovisionamiento de escritorios virtuales “*Provisioning Services*”.

Tomado de (Citrix, 2009)

4.2.4 Personal vDisk

Es una de las características de las ediciones de XenDesktop que permite a los usuarios conservar las configuraciones y aplicaciones instaladas, redirigiendo los cambios realizados a discos separados denominados “*Personal vDisk*”.

Los datos personales de los usuarios son visibles para el usuario final como unidad de disco P. Durante la sesión con el escritorio virtual en el caso de “*Provisioning Services*” los datos de la aplicación “*vDisk*” se combinan con la imagen base y el disco de caché de escritura para proporcionar una experiencia unificada para el usuario final como unidad C (Citrix, 2009).

4.2.5 Costos de licenciamiento XenDesktop

Las licencias de XenDesktop se basan en la cantidad de usuarios o dispositivos que requieren acceder a los escritorios virtuales. Existen distintas ediciones de XenDesktop con licenciamiento según el tipo de usuario.

- **Nombrados:** se asigna a un usuario específico.
- **Concurrentes:** se licencia de acuerdo con la cantidad sesiones activas.
- **Dispositivo:** se licencia al dispositivo, independiente si la cuenta de usuario esta autenticada para el producto (Citrix, s.f.).

4.2.5.1 Licenciamiento perpetuo XenDesktop

Este tipo de licenciamiento no tiene una fecha de caducidad y deben ser adquiridas a través del plan de suscripción de Citrix denominado “*Subscription Advantage*”, por un mínimo de un año. Concluido el periodo de suscripción se deberá cancelar la renovación para acceder a las actualizaciones de XenDesktop.

Tabla 14.

Costo de licenciamiento perpetuo de XenDesktop.

Edición XenDesktop	Costo por usuarios concurrentes	Costo por usuario o dispositivo nombrado
XenDesktop VDI	\$ 210.00	\$ 102.00
XenDesktop Enterprise Edition	\$ 35.00	\$ 240.00

Tomado de (Citrix, s.f.)

4.2.5.2 Licenciamiento por suscripción

La tarifa de suscripción para XenDesktop en la nube es de \$ 22.50 por mes, con una versión de prueba gratuita de 90 días en las ediciones XenApp y XenDesktop con soporte para hasta 99 usuarios (Citrix, s.f.).

Tabla 15.

Costo de licenciamiento por suscripción de XenDesktop.

Licenciamiento	Costo por mes	Periodo de prueba
Por suscripción	\$ 22.50	1 año

Tomado de (Citrix, s.f.).

4.2.6 Características de las ediciones de XenDesktop

Citrix ofrece distintas ediciones de XenDesktop dependiendo de tamaño del proyecto y de los requerimientos que se desea implementar. La edición XenDesktop Standard es una solución de escritorios virtuales a baja escala, no admite autenticación de seguridad “RADIUS” y no permite la integración con proveedores *cloud*.

XenDesktop Enterprise ofrece características para el despliegue de escritorios virtuales a gran escala, con mayor seguridad, compatibilidad con múltiples sistemas operativos y alta disponibilidad de servicio.

Tabla 16.

Características de las ediciones de XenDesktop.

Descripción	XenDesktop VDI	XenDesktop Enterprise
Despliegue de escritorios virtuales desde el centro de datos de forma agrupada o personalizada	X	X
Entrega de escritorios virtuales basados en un servidor desde la nube a los usuarios individuales.		X
Acceso remoto a aplicaciones Linux		X

DesktopPlayer (Add-on*) ejecución de escritorios virtuales, ya sea que el dispositivo esté en línea o fuera de línea.		X
Soluciones de autenticación SecurID, servidor RADIUS.	X	X
SSL VPN acceso remoto seguro desde cualquier dispositivo a todos los recursos corporativos ubicados en la red interna.		X
Alta definición de gráficos, a través de cualquier red		X
HDX ofrece una experiencia de usuario de alta definición, en cualquier dispositivo, a través de cualquier red.	X	X
Integración con Microsoft Azure, Amazon Web Services, Microsoft App-V		X

Adaptado de (Citrix, s.f.)

4.2.7 Cloud Bridge

Citrix CloudBridge es una alternativa para mejorar el rendimiento en la entrega de escritorios virtuales, aplicaciones y servicios de TI a los usuarios en sucursales remotas junto con la tecnología HDX (*High Definition Experience*) proporciona compresión y deduplicación de datos, reduciendo considerablemente la cantidad de datos que pasan por la WAN (*Wide Area Network*) y optimizando en gran medida los requisitos de ancho de banda (Citrix, 2018).

4.2.8 Escritorio virtual de alta definición con Citrix HDX

Los usuarios esperan interactuar con sus aplicaciones en tiempo real, a través de una conexión rápida y confiable independientemente que se encuentren en una red corporativa LAN (*Local Area Network*) o red de área amplia WAN. Citrix HDX cuenta con tecnologías que ofrecen una experiencia de alta definición de aplicaciones y escritorios virtuales soportando gráficos 3D y múltiples pantallas 4K.

Citrix HDX brinda un rendimiento avanzado de audio y video, independientemente de la capacidad del dispositivo cliente y del tipo de red en la que se encuentre (Citrix, 2018).

4.2.9 Priorización de tráfico HDX

HDX prioriza el tráfico del escritorio virtual segmentando el canal en cinco flujos independientes y a través de técnicas estándar de calidad de servicio.

El tráfico de escritorio virtual se puede segmentar en canales dedicados: tiempo real, interactivos, de fondo, masivos y de voz RTP/UDP (Citrix, 2018).

4.3 Microsoft Remote Desktop Service

Microsoft ofrece una infraestructura de servidores y clientes virtualizados a través de Hyper-V y Windows Server, permitiendo que los usuarios accedan a aplicaciones o escritorios alojados en servidores remotos usando la tecnología de RDS (*Remote Desktop Service*).

RDS es un conjunto de servicios de otorgan acceso remoto a aplicaciones y escritorios virtuales a través del protocolo RDP (*Remote Desktop Protocol*).

4.3.1 Escritorios basados en sesiones y virtual desktop infrastructure (VDI)

Microsoft RDS ofrece dos escenarios de implementación para la virtualización de escritorios.

- **Basados en sesiones:** en esta implementación múltiples usuarios simultáneamente se conectan a través de sesiones a los escritorios alojados en un host de virtualización. Los escritorios basados en sesiones generalmente suelen ser la opción más viable para usuarios concurrentes que no necesiten acceder a escritorios personalizados.
- **VDI:** El despliegue de Microsoft VDI (*Virtual Desktop Infrastructure*) para la entrega de escritorios virtuales paso a estar disponible con el lanzamiento de Windows Server 2008 R2. VDI permite entregar pools de

escritorios virtuales o personalizados para usuarios que deseen acceder a sus propias aplicaciones (Microsoft, 2018).

4.3.2 Arquitectura Microsoft Remote Desktop Services

- **Administrador de licencias de escritorio remoto (*Remote Desktop Licensing*):** en este rol se instalan y controlan la disponibilidad de las licencias necesarias para conectarse a un servidor host de sesiones de escritorio remoto. El licenciamiento del servidor tiene un periodo de gratuidad de 120 días.
- **Acceso web a escritorio remoto (*Remote Desktop Web Access*):** permite a los usuarios acceder a los programas RemoteApp y los servicios de escritorio remoto a través de un navegador web.
- **Host de virtualización de escritorio remoto (*Remote Desktop Virtualization Host*):** se encarga de poner a disposición los escritorios virtuales según las solicitudes de los usuarios. El bróker de conexión se comunica con el host de virtualización para solicitar el escritorio correspondiente y asignarlo al usuario.
- **Puerta de enlace de Escritorio remoto (*Remote Desktop Gateway*):** permite el control y cifrado de la conexión entre los usuarios externos y los recursos internos de la red, empleando el protocolo RDP sobre HTTPS.
- **Agente de conexión a Escritorio remoto (*Remote Desktop Connection Broker*):** es el rol que provee conectividad entre los usuarios finales y escritorios virtuales. También es el encargado de repartir la carga entre las conexiones entre los usuarios con la infraestructura RDS (Microsoft, 2018).

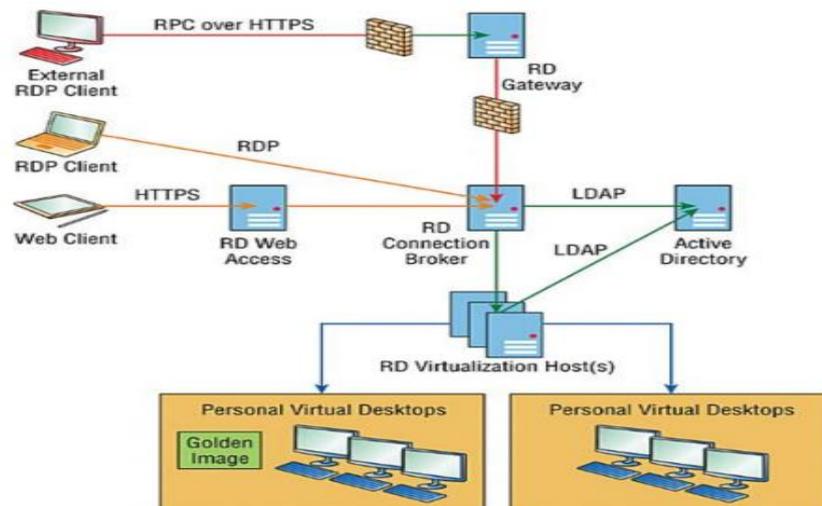


Figura 16. Arquitectura de Microsoft Remote Desktop Services.

Tomado de (Microsoft, 2018)

4.3.3 Proceso de acceso a los escritorios virtuales

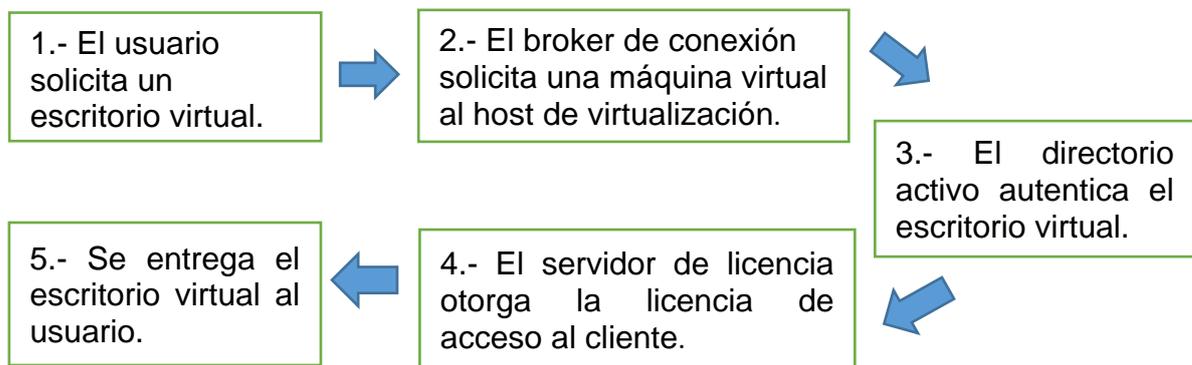


Figura 17. Proceso de Remote Desktop Service para la entrega de escritorios virtuales.

4.3.4 Remote Desktop Protocol (RDP)

El protocolo RDP (*Remote Desktop Protocol*) de Microsoft proporciona visualización remota de aplicaciones y escritorios basados en Windows que se encuentran en un servidor. RDP ofrece la capacidad transmitir los datos entre el dispositivo del usuario y el servidor a través de múltiples canales de hasta 64,000 canales.

Utiliza la compresión de datos y el almacenamiento en memoria caché persistente de mapas de bits lo que mejora considerablemente el rendimiento especialmente en conexiones de bajo ancho de banda (Microsoft, 2018).

4.3.5 Licencia de acceso

Cuando un usuario o un dispositivo acceden a un escritorio virtual, el servidor host de sesión de escritorio remoto determina si el usuario necesita una licencia de acceso a través del servidor de licencias de escritorio. Si el servidor de licencias proporciona la licencia de acceso apropiada al cliente, el cliente puede conectarse al servidor de sesión de escritorio remoto.

Aunque hay un período de gracia durante el cual no se requiere servidor de licencia, una vez que finalice el período de gracia, los clientes deberán obtener una licencia válida para poder utilizar el servicio (Cervigon, 2009).

4.4 VMware Horizon 7

Horizon 7 es una solución de escritorios virtuales alojados en el servidor ya sea en el centro de datos “*on-premise*” o en la nube. Horizon 7 facilita la gestión y proporciona a los usuarios finales una experiencia de escritorio virtual similar al escritorio de un computador tradicional.

Horizon 7 utiliza protocolos de visualización como “*PcoIP*” o “*Blast Extreme*” que se adaptan a redes de alta latencia, también cuenta con distintas técnicas de aprovisionamiento de escritorios virtuales, compatibles con cualquier tipo de infraestructura existente. Horizon 7 junto con Citrix XenDesktop lideran el mercado de virtualización de escritorios virtuales, aunque VMware ha tratado de tomar ventaja a través de sus constantes actualizaciones de las versiones de sus productos (VMware, 2018).

4.4.1 Componentes de Horizon 7

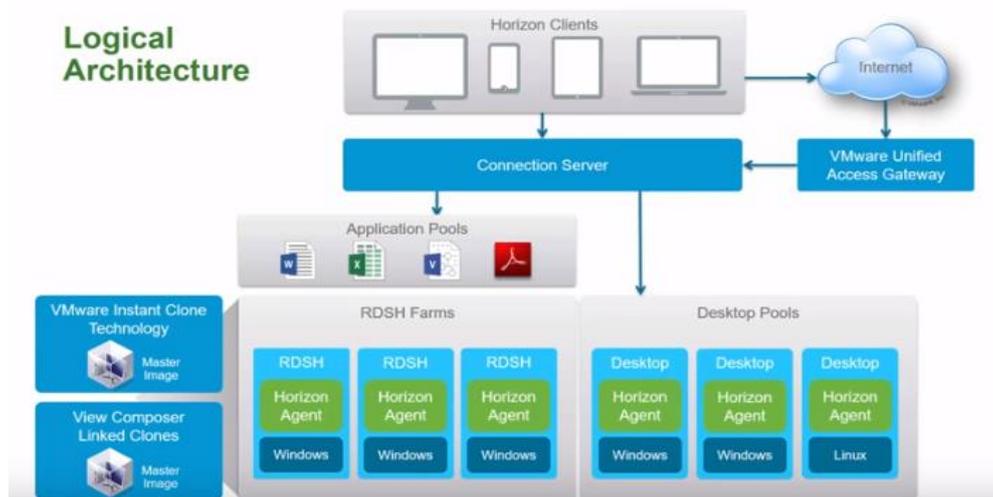


Figura 18. Arquitectura de Horizon 7.

Tomado de (VMware, 2018)

4.4.1.1 Servidor de conexión y Unified Access Gateway

Es el software encargado de controlar el acceso hacia los escritorios virtuales, mediante la autenticación de los usuarios a través de un directorio activo.

Una vez que se autentica al usuario, el servidor de conexiones envía la solicitud al servidor correspondiente para la asignación del escritorio virtual.

Cuando usuarios externos intenten conectarse con los escritorios virtuales de la organización, el servidor de conexión se comunicará con el servidor de seguridad (*Unified Access Gateway*) para autenticar a los usuarios y controlar el tráfico de que ingrese al centro de datos corporativo (VMware, 2018).

4.4.1.2 Horizon Client

Es el software de lado del cliente para el acceso a aplicaciones y escritorios remotos a través de dispositivos finales como smartphones, computadores personales o clientes ligeros. Una vez que el usuario inicie sesión y se autentique en el directorio activo, podrá acceder a una lista de escritorios remotos y aplicaciones dependiendo de la política de autorización designada (VMware, 2018).

4.4.1.3 Horizon Agent

El agente se comunica con “*Horizon Client*” para proporcionar funciones, como: supervisión de la conexión, la impresión virtual, acceso a dispositivos USB conectados de forma local. El agente se puede instalar en modo “*single sign-on*”, es decir que los usuarios solo deben iniciar sesión al conectarse al servidor de conexión de Horizon 7 y no se les solicita que lo hagan de nuevo para conectarse a una aplicación o escritorio remotos (VMware, 2018).

4.4.1.4 Blast Extreme

Es un protocolo de visualización para el acceso a aplicaciones y escritorios remotos, con bajo consumo de CPU y adaptable a redes con poco ancho de banda y un alto grado de latencia, además puede trabajar con protocolos de transporte como TCP (*Transport Control Protocol*) o UDP (*User Datagram Protocol*).

Entre otras características se destacan su rendimiento con gráfico 2D y 3D, soporte de monitores con alta resolución, adaptabilidad de conexión con diferentes tipos de dispositivo final, y compatibilidad con equipos con códec de video H.264 (VMware, 2018).

4.4.2 View Composer

Horizon View Composer permite la creación de múltiples réplicas a partir de una imagen base, asegurando que cada *datastore* tenga su propia réplica. Al seleccionar una réplica de *datastore* separado, se crea una réplica por cada uno de los escritorios virtuales y después de crear la réplica, se crean clones vinculados para cada máquina virtual.

En el caso de que los escritorios virtuales se creen con la opción dedicada “*View Composer*”, se crea un disco persistente separado para cada escritorio virtual. En disco persistente almacena todo el perfil de usuario e información de datos de usuario para los escritorios virtuales. Durante la creación de la

máquina virtual, se asigna un disco interno para cada escritorio virtual. El disco interno almacena información personalizada del escritorio virtual como: nombre de la computadora, nombre de dominio, nombre de usuario y contraseña. Cuando el escritorio virtual es reiniciado, los datos en el disco interno se conservan (EMC, 2014).

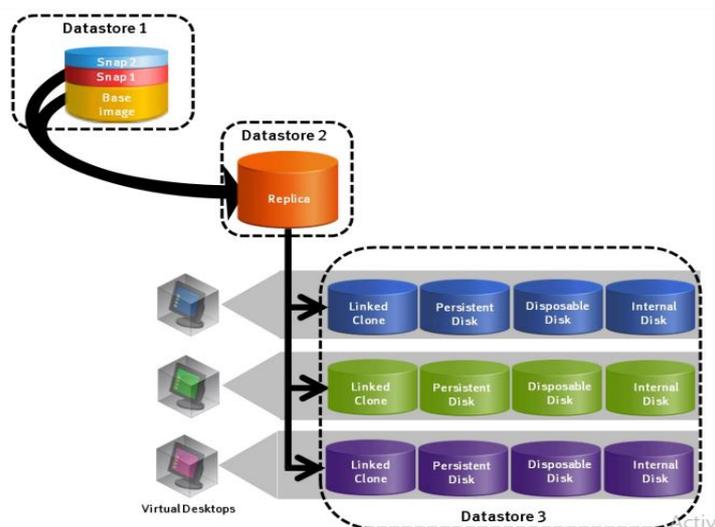


Figura 19. Replicación de escritorios virtuales a través de “Horizon View Composer”.

Tomado de (EMC, 2014)

4.4.2.1 Clones enlazados

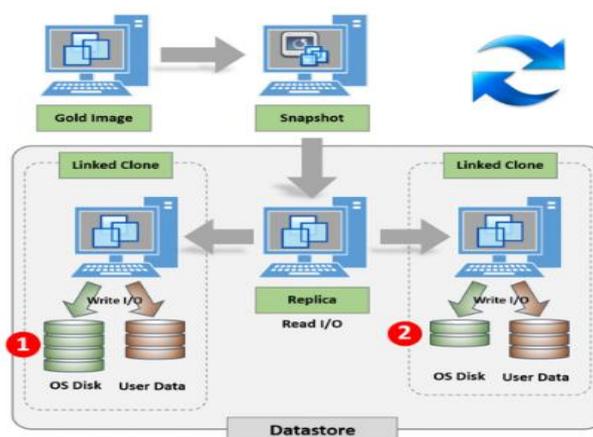


Figura 20. Replicación de escritorios virtuales a través de la tecnología clones enlazados.

Tomado de (von Oven & Coombs, 2016)

Los clones instantáneos “*linked clones*”, son creados a partir de una réplica de una máquina virtual maestra, ocupando muy poco espacio en el disco de almacenamiento. A diferencia de los escritorios full clone no crean una copia completa del disco, tan solo utilizan un disco virtual denominado delta, en el cual el escritorio virtual almacena información.

A pesar de que los clones instantáneos reducen los requerimientos de almacenamiento, en términos de rendimiento no es nada óptimo ya que los escritorios al ser creados a partir de una réplica generan un alto número de IOPS (von Oven & Coombs, 2016).

4.4.2.2 Clones instantáneos

Los clones instantáneos son creados a partir de una máquina virtual maestro, compartiendo memoria y disco. Se crean y ejecutan rápidamente comparado con los clones enlazados. Un clon instantáneo existe hasta que el usuario cierra sesión, una vez que el usuario inicie sesión, un nuevo clon instantáneo se crea a partir de la última imagen maestra (von Oven & Coombs, 2016).

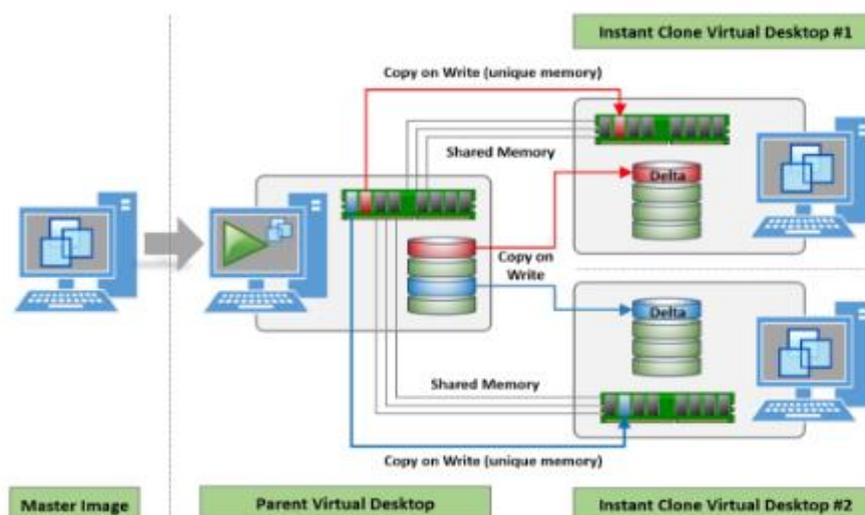


Figura 21. Replicación de escritorios virtuales a través de la tecnología clones instantáneos.

Tomado de (von Oven & Coombs, 2016)

4.4.3 Licenciamiento perpetuo

Horizon 7 ofrece licenciamiento perpetuo según el tipo de usuario ya sea concurrente o nombrado. El nivel de soporte puede ser básico de 12 horas al día o soporte en producción de 24 horas al día por un periodo de 1 a 3 años.

Los precios de licenciamiento de VMware Horizon 7 que se especifican en la tabla 17, tienen soporte de 1 año (VMware, s.f.).

Tabla 17.

Costo de licenciamiento de las ediciones de XenDesktop.

Precios con soporte a 1 año	Usuario concurrente	Usuario nombrado
VMware Horizon Advanced	\$ 653.44	\$ 408.26
VMware Horizon Enterprise	\$ 941.29	\$ 571.80

Tomado de (VMware, s.f.)

4.4.4 Características de las ediciones de Horizon 7

VMware Horizon 7 al igual Citrix XenDesktop ofrece distintas ediciones dependiendo de tamaño del proyecto y de los requerimientos que se desea implementar. Entre las características de Horizon 7 Enterprise se destacan la administración de políticas de seguridad, rendimiento de la conexión de los escritorios virtuales y la tecnología “*Instant Clone*” para el aprovisionamiento de escritorios virtuales basados en imágenes maestras (VMware, s.f.).

Tabla 18.

Características de las ediciones Advanced y Enterprise de Horizon 7.

Descripción	Horizon Advanced	Horizon Enterprise
Escritorios virtuales Windows.	X	X
Escritorios virtuales Linux.		X
Protocolo Blast Extreme.	X	X

Escritorios basados en sesiones.	X	X
Almacenamiento virtual VSAN	X	X
Tecnología Instant Clone		X
Administración de políticas y perfiles de usuario.		X

Tomado de (VMware, s.f.)

4.5 Parámetros de calificación de los principales proveedores de escritorios virtuales

De acuerdo con la consultora Forrester, Citrix presenta mayores puntuaciones en parámetros de experiencia de usuario, soporte con respecto a la plataforma de hipervisor y optimización en el rendimiento de escritorios virtuales. Mientras que, VMware se destaca en temas relacionados a la seguridad y administración. (Forrester, 2015)

Tabla 19.

Parámetros de calificación de las soluciones de virtualización de escritorios Citrix, Dell, VMware

Parámetro	Citrix	Dell	VMware
Experiencia de usuario.	4.55	2.51	3.49
Seguridad y conformidad.	3.85	1.32	4.15
Soporte de la plataforma del hipervisor.	3.00	2.00	1.00
Optimización y rendimiento.	3.60	3.50	3.50
Administración de consola.	2.00	3.00	4.00

Nota: los parámetros fueron basados en una escala de 0 (débil) a 5 (fuerte).

Tomado de (Forrester, 2015)

4.6 Compatibilidad de los proveedores de soluciones de escritorios virtuales con distintos hipervisores

Citrix permite la interoperabilidad de sus productos entre distintos hipervisores, en el caso de XenDesktop es compatible con 3 tipos de hipervisores como: Citrix XenServer, Microsoft Hyper-V y VMware ESX y vSphere. Por el contrario, VMware y Microsoft solo son compatible con sus propios hipervisores VMware ESX y Microsoft Hyper-V respectivamente.

Tabla 20.

Hipervisores compatibles con las principales soluciones de escritorios virtuales.

	Citrix XenDesktop	VMware Horizon 7	Microsoft Remote Desktop
Compatibilidad con hipervisores	vSphere, Microsoft's Hyper-V, Xen Server	Vsphere - ESXi	Hyper-V.

4.7 Comparación entre protocolos de visualización

RemoteFX, HDX y PCoIP son protocolos de capa 7, basados en los protocolos de capa transporte como TCP y UDP. TCP se asegura que se establezca una conexión antes del envío de paquetes, en el caso de ocurra un error TCP envía los paquetes faltantes, mientras que UDP, no asegura que todos los paquetes lleguen a su destino.

HDX ofrece un mayor rendimiento en la WAN comparado con PCoIP y RemoteFX. Además, HDX cuenta con tecnología “WAN Acceleration” para optimizar el consumo de ancho.

Una de las ventajas de los protocolos de transmisión bitmap como RDP y RemoteFX, es que manejan bien los gráficos multimedia con muy pocos requisitos de hardware del lado del cliente. La desventaja de los protocolos RemoteFX es que utilizan una mayor carga de procesamiento en el host remoto, mientras que HDX y PCoIP utilizan todo el procesamiento en el servidor (Provazza, 2013)

Tabla 21.

Comparación entre protocolos de visualización.

Parámetro	RemoteFX(Microsoft)	HDX (Citrix)	Blast Extreme / PCoIP (VMware)
Rendimiento en la WAN.	Regular	Muy bueno	Bueno
Protocolo de transporte.	TCP/IP	EDT/UDP	TCP /UDP
Códec de vídeo de alta compresión H.264	SI	SI	SI
Consumo de ancho de banda.	Bajo	Medio	Medio
Clientes OS	Windows, Linux, Mac.	Windows, Mac, Android, Linux.	Windows and Mac, Android, Linux.
Procesamiento de gráficos.	Requiere que el host remoto use una unidad de procesamiento de gráficos (GPU) para realizar toda la codificación de mapa de bits.	Codificación a través del CPU del servidor.	Codificación a través del CPU del servidor.

4.8 Comparación de costos de las soluciones de escritorios virtuales

En la tabla 22 se resume el costo de licenciamiento de los 3 proveedores de virtualización de escritorios analizados. XenDesktop como Horizon 7 ofrecen opciones de licenciamiento ya sea perpetuo o basado en suscripción, sin embargo, XenDesktop ofrece un menor costo de licenciamiento. Con respecto a *Microsoft Remote Service* el costo del proyecto se basa en el licenciamiento de los servidores y dispositivos de acceso (VDA).

Tabla 22.

Comparación entre costos de licenciamiento de XenDesktop 7, Horizon 7 y Microsoft RDS

	XenDesktop 7 Enterprise	Horizon 7 Enterprise	Microsoft RDS
Tipo de Usuario	<ul style="list-style-type: none"> Nombrado Concurrente Por dispositivo 	<ul style="list-style-type: none"> Nombrado Concurrente 	<ul style="list-style-type: none"> Concurrente
Costo por suscripción	\$22.50 por usuario.	\$28,30 por usuario	No posee costo por suscripción.
Licenciamiento Perpetuo	\$535 por usuario	\$941,29 por usuario	Licenciamiento VDA, 100 por usuario.

5. COMPARATIVA DE COSTOS ENTRE EL USO DE ESCRITORIOS VIRTUALES DESDE EL CENTRO DE DATOS DE LA UDLA FRENTE A LA CONTRATACIÓN DE UN PROVEEDOR EN LA NUBE.

En el presente capítulo se analizará los costos, características y ventajas de implementar dos tipos de soluciones para un entorno de escritorios virtuales, ya sea a través de la suscripción a un servicio en la nube o la implementación de una arquitectura de virtualización de escritorios utilizando el centro de datos de la Universidad de las Américas.

5.1 Proveedores de escritorio como servicio (DaaS)

Las soluciones de escritorio como servicio en la nube presentan un exponencial crecimiento en el mercado tecnológico a partir de los beneficios que ofrecen en cuanto a simplicidad en la administración de escritorios virtuales y ahorro en gastos en inversión de infraestructura física. Los clientes acceden al servicio de escritorios virtuales en la nube mediante un plan de suscripción ofrecido por un proveedor de servicios *cloud*.

Entre los principales proveedores de escritorio como servicio se encuentran: Amazon con AWS (*Amazon WorkSpaces*), Citrix con XenDesktop, Microsoft con Azure, VMware con Horizon.

XenDesktop es un servicio de Citrix Cloud que no posee una nube pública como *Amazon WorkSpaces*. Los servicios de XenDesktop tienen que operar con la infraestructura de otros socios como Microsoft Azure para entregar escritorios como servicio (DaaS) a los usuarios finales. *Amazon WorkSpaces* ofrecen soluciones de escritorios en la nube a través de la de Amazon Web Services.

Actualmente *Horizon Cloud*, la solución de escritorios como servicio (DaaS) de VMware, está disponible solo en EE. UU., Japón, Reino Unido y Alemania. *Amazon WorkSpaces* es uno de los principales proveedores de escritorios como servicio con gran crecimiento en los últimos años, posicionándose a la par de Microsoft, Citrix y VMware.

Amazon WorkSpaces ofrece facilidad en el aprovisionamiento de escritorios virtuales, con un conjunto de paquetes con altas características de cómputo según las necesidades del cliente. Además, ofrece una guía completa de implementación del servicio y descuentos para sectores educativos (Amazon Web Services, 2018).

5.2 Amazon WorkSpaces

Amazon WorkSpaces es una solución de escritorios como servicio (DaaS) administrado, y ejecutado a través de la nube pública *Amazon Web Services*, la cual incluye cómputo, almacenamiento y aplicaciones. Mediante *Amazon WorkSpaces*, los usuarios acceden fácilmente a escritorios virtuales basados en la nube, desde cualquier lugar y usando cualquier dispositivo que tenga conexión a internet.

Amazon WorkSpaces utiliza un directorio, ya sea *Amazon Web Services Directory Service* o *Microsoft Active Directory*, para autenticar a los usuarios. Los usuarios tienen acceso a los escritorios de “*WorkSpaces*” desde una aplicación instalada en el dispositivo del usuario o a través de un navegador web compatible. Una vez que el usuario inicia sesión, se envía el tráfico de *streaming* a través del *gateway* de transmisión (Amazon Web Services, 2018).

5.2.1 Imágenes personalizadas

El administrador es capaz de crear una imagen personalizada desde un escritorio *Amazon WorkSpaces* en ejecución. Desde la consola de administración de *Amazon WorkSpaces* el administrador puede realizar configuraciones y asignar aplicaciones a los escritorios virtuales.

Una vez configurada la imagen personalizada se debe emparejar el *Amazon WorkSpaces* con el tipo de hardware que requiera utilizar, generando un paquete, el cual contiene la imagen y el hardware a partir del que se ejecuta un escritorio de “*WorkSpaces*”.

Amazon WorkSpaces permite crear tantas imágenes de escritorios virtuales como se requiera, además se pueden actualizar los paquetes con nuevas imágenes personalizadas (Amazon Web Services, 2018).

5.2.2 Vinculación de WorkSpaces con Active Directory

Cada usuario que desee acceder a un escritorio de “*WorkSpaces*” tiene que estar registrado en un directorio activo. “*WorkSpaces*” provee de un directorio activo en el caso de que no se cuenten con uno.

Por otro lado, se puede vincular los escritorios “*WorkSpaces*” con el directorio activo existente de la organización, con el fin de que los usuarios continúen utilizando sus credenciales para el inicio de sesión.

Se puede integrar los escritorios “WorkSpaces” con el directorio activo de la organización a través de un “*Conector Active Directory*” o una relación de confianza entre bosques del directorio activo. Un conector AD (*Active Directory*) es una puerta de enlace para redirigir las solicitudes de directorio de *Amazon WorkSpaces* al directorio activo local de la organización. El uso de un conector AD funciona para directorios con un único dominio.

Cuando se utiliza una relación de confianza entre bosques, solo establece una única relación de confianza entre el directorio activo de la organización con el controlador de dominio de *Microsoft Active Directory*. Esta opción es usada en entornos conformados por varios dominios del directorio activo (*Amazon Web Services*, 2018).

5.2.3 Facturación

Amazon WorkSpaces factura en base al tipo de paquete y a la cantidad de escritorios. El pago puede ser una cuota mensual fija por para cada escritorio virtual con acceso ilimitado o la facturación por cada hora de uso, es decir que solo se factura durante el periodo de actividad del escritorio virtual.

Para el pago por hora se deberá habilitar la opción “*AutoStop*” en la consola de administración de *Amazon WorkSpaces*, por el otro lado para el pago por mes se habilitará la opción “*AlwaysOn*”.

Amazon WorkSpaces proporciona una capa gratuita con dos paquetes “*WorkSpaces*” Standard para máximo 40 horas de uso combinado durante dos meses. En el caso de que el usuario exceda las horas de gratuidad se cobra por los recursos adicionales. Una vez expirada la gratuidad se factura de manera normal.

Para usuarios de Microsoft que pertenezcan a sectores educativos y cumplan con determinados requisitos pueden disponer del servicio de *Amazon*

WorkSpaces ahorrando \$ 3,52 por usuario al mes o \$ 0,03 por hora mediante los descuentos para licencias de Microsoft (Amazon Web Services, 2018).

5.2.4 Paquetes y precios de Amazon WorkSpaces

Amazon WorkSpaces ofrece cuatro tipos de paquetes de hardware para los escritorios virtuales en sus versiones: *Value*, *Standar*, *Performance*, *Power*, con capacidad de almacenamiento de 10 GB, 50 GB, 100 GB. Además, se puede elegir recursos de procesamiento entre 2 GB, 4 GB, 7.5 GB y 16 GB.

El precio de cada paquete depende de las características de los recursos requeridos, en donde se puede elegir pago por mes o por hora. En cada escritorio vienen instaladas aplicaciones Internet Explorer 11, Firefox, 7-Zip. *Amazon WorkSpaces*, también ofrecen el paquete de aplicaciones plus con un costo 15 USD adicionales por un mes, que incluyen aplicaciones Microsoft Office Professional, Internet Explorer 11, Firefox y WinZip. (Amazon Web Services, 2018)

Tabla 23.

Características del paquete "Standard" de Amazon WorkSpaces.

Standard	Volumen de Usuario	Precio por mes	Precio por hora
2 vCPU, 4 GiB de memoria	10 GB	\$ 51	\$ 10/mes + \$ 0.50 /hora
2 vCPU, 4 GiB de memoria	50 GB	\$ 56	\$ 14/mes + \$ 0.50/hora
2 vCPU, 4 GiB de memoria	100 GB	\$ 62	\$ 21/mes + \$ 0.50/hora
2 vCPU, 4 GiB de memoria	100 GB	\$ 74	\$ 31/mes + \$ 0.50/hora

Adaptado de (Amazon Web Services, 2018)

Tabla 24.

Características del paquete “Performance” de Amazon WorkSpaces.

Performance	Volumen de usuario	Precio por mes	Precio por hora
2 vCPU, 7.5 GiB de memoria	10 GB	\$ 97	\$ 10/mes + \$ 0.95 /hora
2 vCPU, 7.5 GiB de memoria	50 GB	\$ 100	\$ 14/mes + \$ 0.95/hora
2 vCPU, 7.5 GiB de memoria	100 GB	\$ 104	\$ 21/mes + \$ 0.95/hora
2 vCPU, 7.5 GiB de memoria	100 GB	\$ 114	\$ 31/mes + \$ 0.95 /hora

Adaptado de (Amazon Web Services, 2018)

Tabla 25.

Características del paquete “Power” de Amazon WorkSpaces.

Power	Volumen de usuario	Precio por mes	Precio por hora
4 vCPU, 16 GiB de memoria	10 GB	\$ 131	\$ 10/mes + \$ 1,30/hora
4 vCPU, 16 GiB de memoria	50 GB	\$ 134	\$ 14/mes + \$ 1,30/hora
4 vCPU, 16 GiB de memoria	100 GB	\$ 140	\$ 21/mes + \$ 1,30/hora
4 vCPU, 16 GiB de memoria	100 GB	\$ 148	\$ 31/mes + \$ 1,30/hora

Adaptado de (Amazon Web Services, 2018)

5.2.5 Características de Amazon WorkSpaces

Tabla 26.

Resumen de las características de Amazon WorkSpaces.

Características	Descripción
Tiempo de ejecución del escritorio virtual desde el inicio de sesión.	Una vez iniciada sesión el escritorio estará disponible entre sesenta y noventa segundos.
Uso de Periféricos	Los escritorios soportan teclado, mouse, salida de audio, auriculares USB.
Sistemas operativos disponibles	Windows 7, Windows 10, MacOS
Número de monitores soportados	Amazon WorkSpaces admite hasta cuatro monitores desde equipos Windows o MacOS
Puertos de conexión	TCP 443 y 4172 y el puerto UDP 4172
Restricción de aplicaciones instaladas	Los administradores de WorkSpaces pueden restringir que los usuarios instalen aplicaciones con una tecnología como la directiva de grupo.
Protocolo de visualización	PCoIP

Tomado de (Amazon Web Services, s.f.)

5.2.6 Análisis de costo Amazon WorkSpaces

Para la elección del paquete de *Amazon WorkSpaces* se consideraron los recursos que necesitan las aplicaciones instaladas en los equipos de cómputo de la Universidad de las Américas con el propósito de que puedan ejecutarse con normalidad sin algún tipo de interrupción. Por tal motivo, se estima que el modelo del paquete “*Power*” de *Amazon WorkSpaces* con 4vCPU, 16 GB de memoria y almacenamiento de 100 GB, garantizará el máximo rendimiento de las aplicaciones y de los escritorios virtuales.

Considerando el total de 881 computadores en todos los laboratorios de cómputo de la Universidad de las Américas, y el costo del paquete “Power” *Amazon WorkSpaces* el cual tiene un valor de \$ 148, se obtendrá un costo total de \$ 130.388.

Tabla 27.

Costo total del servicio de Amazon WorkSpaces.

Descripción	Cantidad
Cantidad de computadores	881
Precio	\$ 148 por mes
Total	\$ 130.388

5.3 Infraestructura de escritorios virtuales desde un centro de datos

La implementación de un entorno de virtualización de escritorios a través del centro de datos propio de la organización permite una administración personalizada del servicio, sin requerir la contratación de un proveedor en la nube.

En esta sección se analizará la implementación del servicio de escritorios virtuales para los laboratorios de cómputo de la Universidad de las Américas, determinando el costo total del proyecto. Para la propuesta de virtualización de escritorios es necesario dimensionar los requerimientos del servicio con el objetivo de definir las características de los servidores y del software de gestión que se implementará.

En base a un estudio previo, determinando la cantidad de dispositivos y el tipo de aplicaciones instaladas, es posible dimensionar los recursos de almacenamiento y cómputo de la infraestructura.

Una solución de escritorios virtuales bien diseñada puede mejorar significativamente la eficiencia de los recursos del centro de datos y reducir significativamente el tiempo de inactividad. El no conseguir los objetivos

mencionados puede aumentar el costo del proyecto y afectar la satisfacción del usuario.

Las pruebas del rendimiento también deben considerarse dentro del plan de diseño del proyecto, con el objetivo de observar el comportamiento y la tasa de utilización de los recursos de la infraestructura, lo que permitirá determinar la disponibilidad y la calidad del servicio.

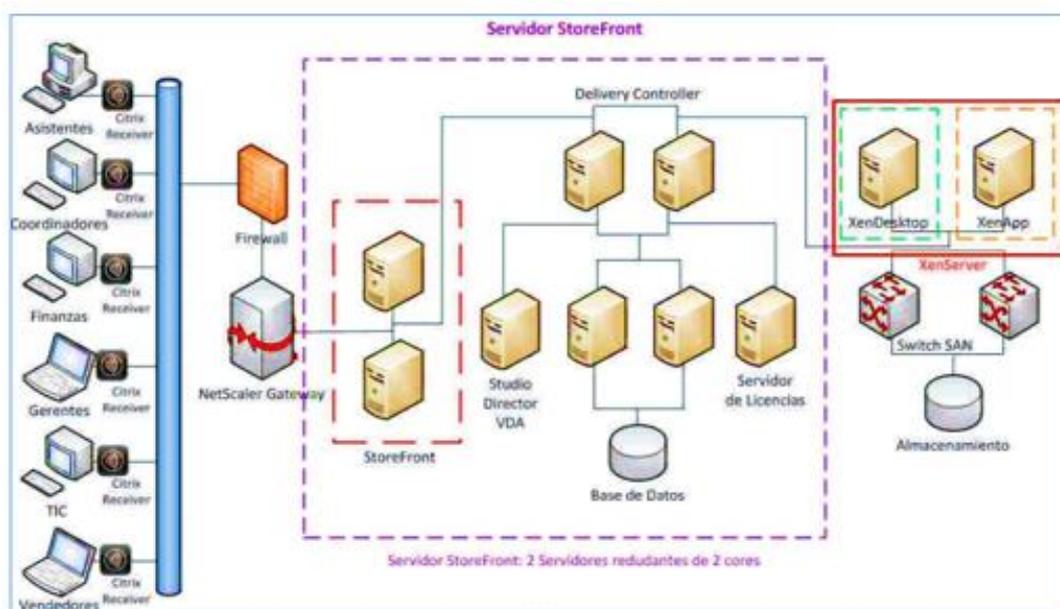


Figura 22. Infraestructura de escritorios virtuales en el centro de datos.

Adaptado de (Gaibor Flor, 2016)

5.3.1 Equipamiento de la infraestructura de escritorios virtuales

Se propone una solución basada en la plataforma XenDesktop para el despliegue de 881 escritorios virtuales en los cuatro campus de la Universidad de las Américas, con la posibilidad de escalar hasta 1000 escritorios a medida que cambian los requisitos y la demanda del servicio. La infraestructura incluirá servidores Cisco, software de cómputo UCS (*Unified Computing Systems*) y almacenamiento EMC VNXe. Para la conexión entre diferentes campus se implementarán *gateways* de acceso remoto “*Citrix Netscaler*”.

Los equipos implementados en el rack están repartidos de la siguiente manera:

- Para el diseño de 881 escritorios se utilizará dos chasis UCS 5108 con capacidad de 500 usuarios por chasis.
- Dos módulos 2204XP IO por chasis UCS 5108.
- El espacio requerido en rack para los 881 escritorios en una configuración completamente redundante es de 28 RU.
- Se implementarán 7 UCS B200 M3 Blades con procesadores Intel E5-2697v2, 384GB RAM y tarjetas VIC1240. 5 servidores para la carga de trabajo de escritorios virtualizados y dos servidores para la carga de trabajo de la infraestructura virtualizada (servidores).
- Un equipo EMC VNX 5400 con 44 discos SAS.
- 2 UCS 6248UP Series Fabric Interconnects (Cisco, 2013)

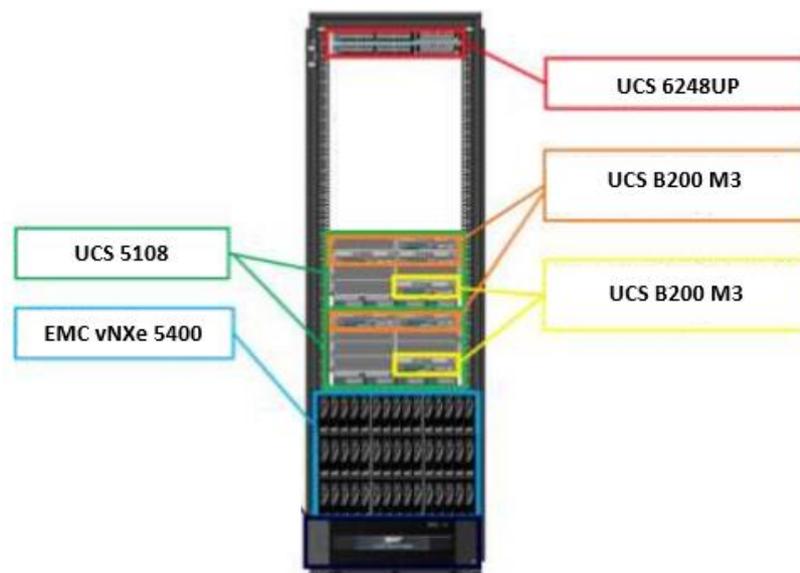


Figura 23. Distribución del equipamiento físico dentro del rack.
Adaptado de (Cisco , 2013)

5.3.1.1 Cisco IO Modules (Fabric Extenders)

UCS serie 2200 proporcionan múltiples conexiones y envío de tráfico Ethernet de 10 Gigabits entre los servidores Blade y la interconexión *Cisco Fabric Interconnects*, simplificando el cableado y la administración. La serie UCS 2200

también gestiona el entorno del chasis, la fuente de alimentación y los ventiladores, junto con la interconexión de la estructura (Cisco, 2018).



Figura 24. Cisco UCS-IOM-2204XP.

Tomado de (Bechtle, s.f)

5.3.1.2 Cisco Fabric Interconnects

Cisco UCS 6200 Series Fabric Interconnects es la parte central del sistema de computación unificado de Cisco, proporciona conectividad y capacidad de gestión de la red. *Cisco Fabric Interconnects* proporciona una comunicación entre los chasis Cisco UCS 5100 y los servidores Blade serie B de UCS, administrándolos como un solo componente bajo un mismo dominio altamente disponible.

Las series UCS 6200 proporcionan acceso uniforme de los servidores a las redes LAN y las redes de almacenamiento, soportan baja latencia y velocidad de línea de 10 Gigabit en todos los puertos, capacidad de conmutación de 2 terabits (Tb) y ancho de banda de 320 Gbps por chasis, independientemente del tamaño del paquete y los servicios habilitados.

UCS 6248UP ofrece interconexión a través de 48 puertos con un rendimiento de baja latencia de 1Tbps en una sola unidad de rack (1 RU). Posee 32 puertos fijos de canal de fibra, 10 Gigabit Ethernet, Cisco Data Center Ethernet y FCoE

SFP +, además de un módulo de expansión slot con capacidad de dieciséis puertos adicionales (Cisco, s.f.).



Figura 25. UCS 6248UP Fabric Interconnects.

Tomado de (Cisco, s.f.)

5.3.1.3 Cisco UCS Chassis

UCS 5108 Blade Server posee seis unidades de rack de alto, admitiendo hasta ocho servidores *UCS B-Series Blade* de ancho medio o cuatro *UCS B-Series Blade* de ancho completo. Puede montarse en un bastidor estándar de 19 pulgadas, y utiliza refrigeración adelante hacia atrás.

UCS 5108 puede aceptar cuatro fuentes redundantes de alimentación con carga compartida y dos UCS (2100 o 2200). El chasis y sus componentes son administrados por *UCS Chassis Management Controllers* juntamente con *UCS Manager*. Un único dominio de UCS puede administrar hasta 40 chasis individuales y 320 servidores Blade (Cisco, 2018).



Figura 26. UCS 5108.

Tomado de (Cisco, 2018)

5.3.1.4 UCS B200 M3 Blade Servers

El UCS B200 M3 Blade Server se adapta a un conjunto amplio de cargas de trabajo para ofrecer servicios, bases de datos y aplicaciones de gran demanda. El servidor UCS B200 M3 utiliza los productos del procesador Intel Xeon E5-2600 y E5-2600 v2, hasta 768 GB de RAM para ofrecer gran capacidad de rendimiento, expansión de memoria y rendimiento de I/O para casi todas las aplicaciones.

El servidor UCS B200 M3 se adapta a infraestructuras de escritorios virtuales entre 500 a 1000 usuarios concurrentes, soportando los picos de las cargas de procesamiento y brindando el máximo rendimiento en el despliegue de los escritorios virtuales (Cisco, 2018).



Figura 27. Cisco UCS B200 M3.

Tomado de (Cisco, s.f.)

5.3.1.5 Cisco Virtual Interface Card 1240

VIC (*Virtual Interface Card*) 1280 es un adaptador de red convergente de alto rendimiento. Este adaptador proporciona rapidez en los procesos y funcionamiento de los servidores de virtualización.

La tarjeta de interfaz virtual VIC 1240 de UCS está diseñada exclusivamente para los modelos M3 o M4 de UCS B-Series Blade. Posee 4 puertos 10 Gigabit Ethernet y fibra sobre Ethernet, pudiendo implementar un puerto de expansión opcional para ampliar a 8 puertos 10 Gigabit Ethernet (Cisco, 2018).

5.3.1.6 NVIDIA vGPU

Una unidad de procesamiento gráfico virtual “vGPU” permite que varias máquinas virtuales accedan simultáneamente a una sola GPU (*Graphics Processing Unit*) física.

“vGPU” proporciona un alto rendimiento de gráficos garantizando la calidad en la transmisión de aplicaciones virtuales a usuarios remotos.

Mediante NVIDIA Virtual GPU Manager que se ejecuta bajo el hipervisor, las GPU físicas son capaces de admitir múltiples dispositivos de GPU virtuales “vGPU” que se asignan directamente a las máquinas virtuales invitadas (Cisco, s.f.).

5.3.2 UCS

UCS es una plataforma para la administración de centro de datos de próxima generación. A través de una consola de control, Cisco USC supervisa y modifica los parámetros de red, almacenamiento y virtualización de los servidores, simplificando la operación de la infraestructura del centro de datos.

UCS permite simplificar y acelerar el despliegue de aplicaciones y servicios de clase empresarial que se ejecutan en servidores virtuales y entornos de computación en la nube.

UCS está diseñado para reducir costos y aumentar la agilidad del negocio. Los sistemas integran una red de 10 Gigabit Ethernet con poca latencia y casi pérdidas, con servidores de clase empresarial, arquitectura x86. Además, cuenta con un sistema integrado, escalable plataforma multichasis en la que todos los componentes participan en una gestión unificada bajo un mismo dominio (Cisco, 2010).

5.3.3 Citrix XenDesktop 7

Citrix XenDesktop 7 es la plataforma escritorios virtuales elegida para la propuesta de implementación del presente proyecto. Citrix XenDesktop permite

el despliegue de aplicaciones y escritorios Microsoft Windows y Mac OS a cientos y miles de usuarios, impulsando la tendencia de “*Bring Your Own Device*” en donde los usuarios pueden conectarse a los escritorios desde su propio dispositivo y desde el lugar en donde se encuentren.

Citrix XenDesktop cuenta con paquetes de escritorios virtuales con recursos de procesamiento, memoria y almacenamiento dependiendo de las necesidades de los usuarios y de las aplicaciones. Los paquetes XenDesktop se adquieren mediante una suscripción mensual o una permanente a través de opciones de licenciamiento para usuarios concurrentes y persistentes.

El protocolo HDX de Citrix asegura la calidad del servicio especialmente con escritorios de con alta resolución de gráficos y multimedia, además se adapta a redes con latencia alta y poco ancho de banda.

A través de la consola de administración de XenDesktop se puede crear grupos y catálogos de escritorios virtuales. Citrix ofrece la posibilidad de conectar a usuarios externos a través de “*Netscaler*” que filtra el tráfico y valida la conexión de los usuarios con la red interna corporativa (EMC, 2014).

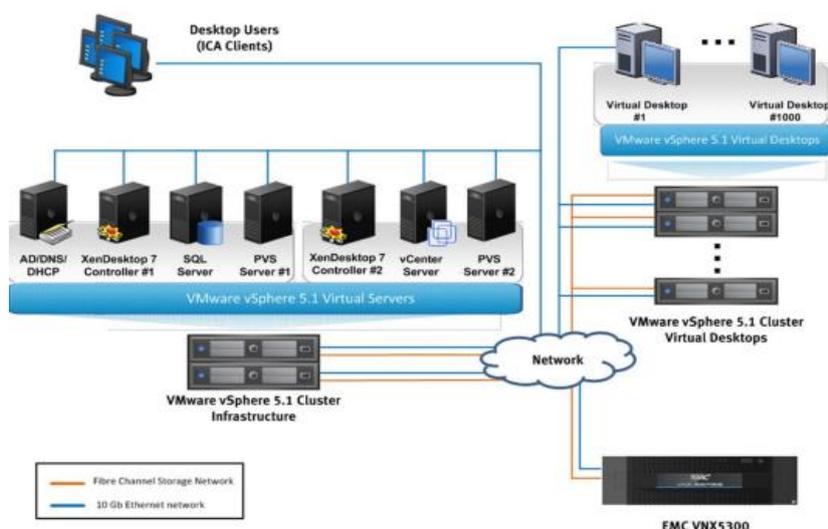


Figura 28. Arquitectura Citrix XenDesktop 7.

Tomado de (EMC, 2014)

5.3.4 VMware vSphere

VMware vSphere es la plataforma de virtualización líder en infraestructuras basadas en la nube, permite ejecutar y mantener un control centralizado de los servidores con aplicaciones críticas para el negocio.

Para el presente proyecto se utilizará el hipervisor VMware vSphere en conjunto con UCS los cuales se encargarán de la ejecución y control del hardware y de los servidores virtualizados, habilitando una rápida implementación de infraestructura con mayor disponibilidad, seguridad y rendimiento (VMware vSphere, 2011).

5.3.5 Windows Server 2012

Windows Server 2012 permite la ejecución de servidores y aplicaciones dentro de su sistema operativo Microsoft. En la propuesta de infraestructura de escritorios virtuales se utilizará el sistema operativo Windows Server 2012 para ejecutar los componentes de XenDesktop, bases de datos y directorios activos (Microsoft, 2018).

5.3.6 SQL Server 2012

Para la autenticación de los escritorios Windows es necesaria una autenticación entre cada "*Delivery Controller*" y la base de datos del sitio. La duplicación de la base de datos de SQL Server garantiza que, si se ocurre algún daño en el servidor de base de datos activo, se produzca un proceso de conmutación por error de modo que no afecte a los usuarios.

La tecnología de clúster de Microsoft SQL permite automáticamente que un servidor asuma las tareas del servidor fallido. Aunque la configuración de clúster de Microsoft SQL es más complicada, y el proceso es más lento (Citrix, 2016).

5.3.7 Citrix Provisioning Server 7

Para el aprovisionamiento de los escritorios virtuales se utilizará PVS (*Provisioning Virtual Server*), el cual se basa en la transmisión de una sola imagen de disco virtual compartido “*vDisk*” para distribuir múltiples escritorios virtuales.

Al utilizar una sola imagen compartida en lugar de imágenes de escritorio persistentes se reduce el almacenamiento y se simplifica la imagen de administración. Además, al tener una sola imagen maestra, la implementación de parches es simple, ya que todos los parches se realizan en la imagen base y luego se transmite según al resto de réplicas.

Después de configurar los componentes de PVS, se crea un disco virtual tomando una instantánea del sistema operativo y la imagen de la aplicación del disco duro, para posteriormente almacenar esa imagen en un archivo “*vDisk*”. El disco virtual se lleva a través de la red en tiempo real al escritorio destino, mejorando la experiencia del usuario ya que se minimiza el tiempo de inicio del escritorio.

Para asegurar la disponibilidad en el aprovisionamiento se configurarán 2 Provisioning Server 7 redundantes. (Citrix, 2014)

5.3.8 Citrix XenDesktop Delivery Controller

Se utilizarán dos *Citrix XenDesktop Delivery Controller* para proveer el despliegue de escritorios virtuales, conexión con el directorio activo, para la autenticación de usuarios, administración del entorno de Xendestop y como bróker de conexiones entre los usuarios con los escritorios virtuales.

Los “*Delivery Controller*” estarán instalados en Windows Server 2008 R2 hospedados en el hipervisor VMware vSphere (Citrix, 2016).

5.3.9 Servidor de licencias

Para administrar el licenciamiento de los componentes del entorno de escritorios virtuales, se deberá crear al menos un servidor de licencias. Las licencias pueden controlarse por usuario, sesión, dispositivo o servidor. Cuando un servidor o usuario inician una actividad, se comunican con el servidor de licencias a través de la red para validar el licenciamiento. Si la licencia está disponible, se la asocia según corresponda.

En el caso en que un producto deje de establecer una conexión con el servidor de licencias, el producto seguirá funcionando a través del período de gracia de licencias por un tiempo determinado. Una vez adquirido el producto de Citrix, el cliente deberá dirigirse a su correo electrónico para validar la concesión de la licencia (Citrix, s.f.).



Figura 29. Sistema de licenciamiento de Citrix.

Tomado de (Citrix, s.f.)

5.3.10 Requerimientos de los componentes de XenDesktop

En la tabla 28, se detallan las características de los recursos de cómputo requeridas para cada componente de la infraestructura de escritorios virtuales. Todos los servidores y bases de datos ejecutarán a través del hipervisor ESXi VM y el sistema operativo Windows Server 2012. El número de servidores virtualizados dependerá de la cantidad de escritorios que se pretenda virtualizar y del nivel de redundancia que se desee asignar al servicio.

Tabla 28.

Recursos de cómputo de los servidores virtuales de la infraestructura de escritorios virtuales XenDesktop.

Componente	Delivery Controller	Provisioning Server	Servidor de Licencia	Citrix StoreFront Server	SQL 2012 Server
Hipervisor	ESXi VM	ESXi VM	ESXi VM	ESXi VM	ESXi VM
Número de vCPUs	4	4	2	2	4
Número de Core	1	1	1	1	1
Memoria	5GB	16GB	2GB	2GB	16GB
Disco duro	60GB	50GB	60GB	60GB	120 GB para la base de datos.
Software	Windows Server 2012	Windows Server 2012	Windows Server 2012	Windows Server 2012	Windows Server 2012

Adaptado de (Cisco , 2013)

5.4 Ancho de banda

Un entorno de virtualización de escritorios genera una gran cantidad de tráfico en la red siendo necesario un incremento en el ancho de banda para garantizar la calidad en la experiencia del usuario con el escritorio virtual alojado en el centro de datos.

Si el ancho de banda es limitado o existe un alto grado de latencia, las acciones que se ejecuten en el escritorio virtual como el despliegue de archivos, movimiento del cursor o ejecución de aplicaciones se verán ralentizadas, imposibilitando a los usuarios acceder la materia del estudio que se encuentra en el escritorio virtual.

Garantizar el ancho de banda adecuado para el despliegue de escritorios virtuales puede afectar al resto de aplicaciones de la organización, siendo

necesario aplicar técnicas de calidad de servicio, de este modo los servicios no se verán afectados y funcionarán con normalidad.

5.4.1 Ancho de bando por tipo de aplicación

De acuerdo con la figura los escritorios de las características requeridas ocupan entre 600 kbps y se desea calcular el ancho de banda total requerido.

Tabla 29.

Requerimientos de ancho de bando por tipo de escritorio virtual.

Ancho de banda recomendado	Tipo de escritorio virtual
50 kbps a 150 kbps	Aplicaciones típicas de oficina sin vídeo, sin gráficos 3D y con la configuración predeterminada de Windows.
400 kbps a 1Mbps	Escritorios virtuales utilizando varios monitores, 3D, Aero y Microsoft Office.
2 Mbps	2 Mbps Usuario simultáneo corriendo video 480p.

Tomado de (VMware, 2017)

Escenario: Se requiere proveer escritorios virtuales a 881 computadores a los laboratorios de la Universidad de las Américas, los escritorios cuentan con aplicaciones office, tráfico de mouse y USB, con aplicaciones con gráficos 3D.

Datos:

- Ancho de banda requerido promedio: 600 kbps
- Porcentaje de uso del ancho de banda total= 80% (el porcentaje cambia según el valor deseado)

Total ancho de banda = (Ancho de banda requerido * total de computadores) /

Porcentaje de uso del ancho de banda total

Total ancho de banda = (600 kbps * 881) *0.8

= 422.880 kbps

Escenario 2: Se requiere proveer escritorios virtuales a 224 computadores iMAC de los laboratorios de la Universidad de las Américas, los escritorios cuentan con aplicaciones office, tráfico de mouse y USB, y aplicaciones de diseño gráfico. De acuerdo con la figura los escritorios de las características requeridas ocupan entre 600 kbps y se desea calcular el ancho de banda total requerido

Datos:

- Ancho de banda requerido promedio: 600 kbps
- Porcentaje de uso del ancho de banda total= 80% (el porcentaje cambia según el valor deseado)

Total ancho de banda = (Ancho de banda requerido * total de computadores) /

Porcentaje de uso del ancho de banda total

Total ancho de banda = (600 kbps * 224) *0.8

= 107.520 kbps

Para un usuario que utiliza gráficos 3D, la latencia de la red WAN debe promediar entre 100 ms a 150 ms, si latencia es mayor, los usuarios probablemente no estarán satisfechos con el rendimiento de la aplicación

5.4.2 Latencia

El factor de latencia en un entorno de virtualización de escritorios determinará el nivel de retardo en la transmisión de imágenes de los escritorios desde el centro de datos hasta el dispositivo final. Una excesiva demora en dicha transmisión degradara la calidad de imágenes, dificultando la interacción del usuario con las aplicaciones.

De acuerdo con Citrix, el grado de latencia tolerable para un entorno de virtualización de escritorios es de 100 ms a 150 ms. A partir de un retardo mayor a 150 ms el usuario experimentará una mala experiencia con el servicio (Contreras, 2017).

Tabla 30.

Experiencia del usuario según el grado de latencia en el servicio de escritorios virtuales.

Latencia	Grado de calidad del servicio
100 ms -150 ms	Alto
150 ms - 300 ms	Medio
>300 ms	Baja

Tomado de (Contreras, 2017)

5.5 Almacenamiento

Una solución VDI debe ser capaz de gestionar la máxima capacidad del servicio asegurando la mejor experiencia del usuario, por tal motivo el almacenamiento es uno de los factores con mayor impacto.

El almacenamiento debe soportar arranques de múltiples escritorios virtuales, gestionar picos de lectura/escritura del sistema operativo, aplicaciones de parches, actualizaciones de antivirus. Todo esto sin repercutir en el rendimiento de la red y asegurando la continuidad del servicio.

Aunque lo más acertado resulte implementar una infraestructura VDI en donde el hipervisor y el almacenamiento sean capaces de soportar la carga esperada, una vez que ocurran los máximos picos de arranque el hardware quedará infrutilizado la mayor parte del tiempo. Por tal motivo, se deben considerar factores en el diseño del entorno VDI que permitan equilibrar la carga de la fase de arranque de los escritorios virtuales y así evitar sobredimensionar el almacenamiento que implicaría gastos adicionales (EMC, 2014).

5.5.1 Boot Storm

Las tormentas de arranque se producen cuando múltiples escritorios virtuales intentan aprovisionarse al mismo tiempo, generando un alto consumo de recursos del sistema debido a la gran carga de operaciones de lectura y escritura realizadas por el sistema operativo. El rendimiento de la red también

se ve afectado por este proceso de arranque, ralentizando el acceso a los servicios por parte de los usuarios. Para minimizar la carga en el sistema de almacenamiento, no es recomendable arrancar los escritorios virtuales durante la hora pico de uso (EMC, 2014).

5.5.2 Tiempo de registro de los escritorios virtuales

Cada escritorio virtual o también denominado VDA según Citrix, requiere un periodo de 3 minutos de arranque y registro, pasado tal periodo XenDesktop asumirá que el VDA tuvo un problema de iniciación y encenderá otra VDA en su reemplazo.

En el proceso de registro y expiración de los VDA se producen las denominadas “tormentas de arranque”, las cuales pueden generar que el entorno de escritorios virtuales se vuelva inutilizable si es que la infraestructura no es capaz de soportar la carga de arranque (EMC, 2014).

5.5.3 IOPs

Para la planificación del almacenamiento en un entorno de escritorios virtuales se deben tomar en cuenta dos consideraciones principales: el número de IOPS y la cantidad de espacio de disco en los escritorios. El rendimiento del escritorio virtual dependerá de la capacidad de almacenamiento para manejar operaciones de lectura y escritura en un tiempo razonable (EMC, 2014).

Tabla 31.

Requerimientos de IOPS según el tipo de usuario.

Tipo de usuario	vCPU por usuario	RAM por escritorios (GB)	IOPs por escritorio	Usuarios por core (CPU)	Almacenamiento (GB)
Light	1	1	3-7	12	25
Normal	2	2	8-16	8	40
Power	2	4	17-25	6	40
Pesado	2 - 4	4	26-50	4	50

Adaptado de (Nutanix, 2011)

- **Light user:** usuarios con aplicaciones que no requieren de gran cantidad de procesamiento.
- **Normal user:** usuarios con acceso a internet, e-mail, aplicaciones ofimáticas.
- **Power user:** usuarios con aplicaciones de desarrollo y diseño gráfico.
- **Heavy user:** usuarios con aplicaciones de video de alta resolución

En la figura 31, se muestra la cantidad de IOPS (*Input/Output Operations Per Second*) requerido durante el tiempo de inicio de sesión de un escritorio físico vs uno virtual. Como se puede observar, existe un mayor número de IOPs en un escritorio virtual con respecto a un escritorio físico, aunque no difieren en gran cantidad.

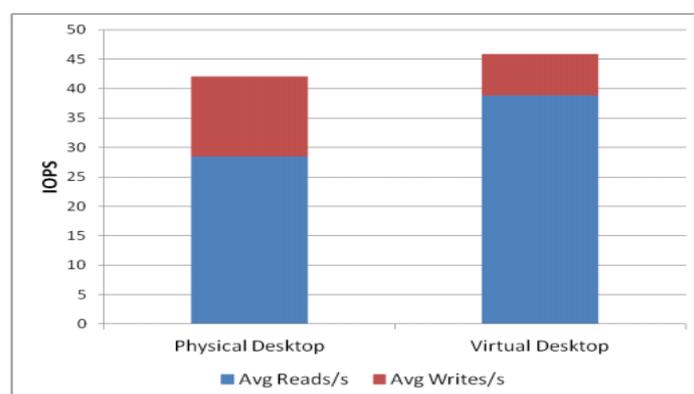


Figura 30. Cantidad de IOPs en un escritorio físico y uno virtual.

Tomado de (EMC, 2014)

5.5.4 Factores para optimizar el almacenamiento en la virtualización de escritorios

Tabla 32.

Factores para optimizar el almacenamiento en la virtualización de escritorios.

Solución	Descripción
Links clones	Al crear una imagen maestra, los usuarios leen la misma imagen en lugar de tener una propia.

Arranque de escritorios virtuales escalonados.	Iniciar el registro de escritorios virtuales en varios grupos y en diferentes periodos de tiempo, manteniéndolos en receso hasta que sean utilizados.
Actualizaciones en periodos de moderada actividad	Las actualizaciones se las debe realizar en periodos de actividad bajo o modera en distintos periodos del día.

5.5.5 Modelos EMC VNX

Las series VNX permiten definir redes de almacenamiento con características de simplicidad y eficiencia en el aprovisionamiento de escritorios virtuales, ideal para satisfacer las necesidades de las organizaciones con requisitos de almacenamiento cada vez más complejos.

VNX proporciona gran capacidad almacenamiento para la virtualización de servidores, incrementado el rendimiento y ofreciendo una administración sin interrupciones. VNX permiten escalar en recurso de disco dependiendo de la demanda del servicio al tiempo que garantiza la integridad y seguridad de los datos. (EMC, 2014).



Figura 31. Modelos EMC VNX

Tomado de (EMC, 2014)

La elección del equipo de almacenamiento VNX dependerá del número de escritorios virtualizados y la cantidad de almacenamiento requeridos. EMC recomienda utilizar equipos VNX5400 para aprovisionar entre 1000 o menos escritorios virtuales.

Backend Array	Maximum Recommended Virtual Desktops
VNX5200	500
VNX5400	1,000
VNX5600	2,000
VNX5800	3,000
VNX7600	5,000
VNX8000	10,000

Figura 32. Cantidad de escritorios virtuales recomendados según el modelo de almacenamiento EMC - VNX.

Tomado de (EMC, 2014)

5.6 Licenciamiento Windows

Los usuarios que requieran acceder a escritorios virtuales Windows deberán adquirir licenciamiento VDA (*Microsoft Virtual Desktop*) o “*Software Assurance*”. VDA es una suscripción anual por dispositivos de acceso, para clientes que no cuentan con “*Software Assurance*”. Las licencias VDA están disponibles por \$ 100 por cada dispositivo a través del programa de licencias por volumen de Microsoft.

Los dispositivos que cuenten con los beneficios de “*Software Assurance*” podrán acceder a escritorios virtuales sin necesidad de licencias VDA o costos adicionales (Cervigon, 2009)

5.7 Fases de planificación del proyecto

En esta categoría se detalla el tiempo de planificación de la infraestructura de escritorios virtuales para los laboratorios de la Universidad de las Américas.

Se estima como tiempo aproximado 10 días para la fase de implementación de bastidores, servidores, equipos de acceso, equipos de almacenamiento y *gateway* de acceso remoto. También se considera el tiempo de conexión entre los equipos y el levantamiento de información de puertos.

Para la fase de configuración se establece un tiempo de 75 días para definir los parámetros de administración de UCS y de los componentes de hardware Cisco UCS. Además, se considera la configuración de los requisitos de almacenamiento y la habilitación de los puertos de conexión entre los equipos Cisco USC y el equipo EMC VNX.

Dentro de la fase de configuración también se considera la instalación de los componentes de XenDesktop, creación de servidores virtuales, asignación de recursos a los escritorios virtuales y la instalación de licenciamiento.

Por último, se considera un tiempo de 10 días para la configuración de parámetros de red y aplicación de calidad de servicios. Para la fase de pruebas se considera un periodo de 5 días con el objetivo de analizar los recursos consumidos, tiempo de aprovisionamiento y evaluación de parámetros de calidad del servicio.

Tabla 33.

Fases de planificación de la infraestructura de escritorios virtuales.

Fase de Planificación	Tiempo (días laborables)
Instalación de hardware en el centro de datos.	10
Configuración de Cisco USC, EMC VNX y XenDesktop	75
Configuración de la red y aplicación de QoS	10
Pruebas	5
TOTAL	100

5.8 Costos de instalación del proyecto

En esta categoría se define el costo del servicio de los profesionales de TI para la implementación del proyecto. El equipo estará encargado de implementar, configurar y administrar los componentes de la infraestructura de escritorios virtuales. El sueldo para cada profesional se establece a partir de \$ 1000 mensual por 5 meses.

Tabla 34.

Costo del personal de TI para la instalación de la infraestructura de escritorios virtuales.

Métrica	Cantidad
Cantidad de personal TI	4
Tiempo de instalación, configuración y pruebas.	5 meses o 100 días laborables
Sueldo	\$ 1000
TOTAL	\$ 20.000

5.9 Costo total del proyecto

Tabla 35.

Costos de hardware.

Hardware			
Cantidad	Descripción	Precio Unitario	Precio Total
1	Rack 28u	\$670	\$670
2	Cisco UCS 5108	\$2.528,64	\$5.528,64
2	2204XP IO	\$ 3.821,61	\$7.643,62
7	Blades Cisco UCS B200 M3	\$ 2.795,00	\$19.565,00
1	EMC VNX 5400	\$ 24.561,00	\$ 24.561,00
2	Netscaler MPX-10500	\$11.062,80	\$22.125,60
TOTAL			\$ 80.093,26

Adaptado de (Itprice, 2018)

Tabla 36.

Costos de Software.

Software			
Cantidad	Descripción	Precio Unitario	Precio Total
881	Licencias de <i>XenDesktop Enterprise – Perpetual</i>	\$234	\$206.154,00
881	Licencias VDA	\$100	\$88.100,00
TOTAL			\$ 294.254,00

Adaptado de (VMware, s.f.)

Tabla 37. *Costos de Instalación*

Instalación				
Descripción	Tiempo	Total de personal	Costo	Total
Capacitación	30 días	4	\$ 500	\$2.000,00
Instalación y configuración de hardware	100 días	4	\$1000	\$20.000,00
TOTAL				\$22.000,00

Tabla 38.

Costo total del proyecto.

Descripción	Total
Costos de Hardware	\$ 80.093,26
Costos de Software	\$ 294.254,00
Costos de Implementación	\$ 22.000,00
TOTAL	\$ 396.347,26

5.10 Riesgos del proyecto

Un análisis de riesgos propone las desventajas a corto y largo plazo en la implementación de un proyecto, considerando posibles factores que afecten al desarrollo y la ejecución del proyecto.

Tomando en cuenta los riesgos en una propuesta tecnológica, la empresa u organización podrá tomar decisiones que permitan alcanzar el máximo

potencial del servicio de virtualización y cumplir con las estimaciones presupuestarias.

De acuerdo con la consultora Forrester define dos tipos de riesgos relacionados a un proyecto de virtualización de escritorios: el riesgo de implementación y el riesgo de impacto.

El riesgo de implementación tiene que ver con la variación que pueda presentarse en la inversión inicial del proyecto, producto de factores como la falta de recursos técnicos, cambios en los requisitos esperados o inexperiencia con el tipo de tecnología a utilizar.

Como parte del análisis, se mencionan los siguientes riesgos de implementación:

- Los requerimientos durante las fases de planificación e implementación pueden variar en relación con la estimación de la cantidad de nuevos usuarios o un incremento de recursos de los escritorios para nuevas aplicaciones.
- Puede presentarse tanto una sobreestimación o desestimación con respecto a la capacidad proyecto debido a un incorrecto planteamiento en el proceso de diseño.
- Las etapas de implementación pueden tardarse debido a la falta de experiencia por parte del personal de TI, considerando el periodo de capacitación.
- Puede existir una incompatibilidad del proyecto con ciertos elementos que forman parte de la infraestructura o tecnología del centro de datos de la organización.

El riesgo de impacto se refiere al no cumplir con los requerimientos del servicio, según la propuesta inicial planteada. Este tipo de riesgo podría reducir los beneficios de la implementación del proyecto, afectando la experiencia del

usuario e incurriendo a un replanteo en el diseño con un mayor gasto de inversión.

Se pueden identificar los siguientes riesgos de impacto como parte del análisis:

- Se puede presentar escritorios virtuales con baja calidad de imagen, movimientos del cursor excesivamente lentos, y una demora en la ejecución de las aplicaciones.
- En el caso de que se presente algún inconveniente que imposibilite el acceso de los escritorios virtuales, tanto los docentes y los estudiantes no podrán hacer uso de los programas y material de estudio.
- Los usuarios pueden tener acceso a recursos limitados de almacenamiento e incluso pueden presentarse incompatibilidad con ciertas aplicaciones.

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

Contratar un proveedor de servicios para acceder a escritorios virtuales en la nube resulta una alternativa más económica a corto plazo. Sin embargo, implementar una infraestructura propia para la virtualización de escritorios en el centro de datos de la Universidad de las Américas resulta una solución mucho más rentable a largo plazo, a pesar de su alto costo en la inversión inicial.

Implementar una infraestructura de virtualización de escritorios en el centro de datos de la Universidad de las Américas requiere un previo conocimiento sobre la plataforma de virtualización de escritorios y los parámetros de configuración del hardware y software de control. Esto con lleva a un gasto adicional en cursos de capacitación o en la contratación de especialistas en virtualización de escritorios.

La virtualización de escritorios en la nube brinda ventajas con respecto a la escalabilidad del servicio, ya que a medida que aumente el número de laboratorios de cómputo, se puede solicitar al proveedor mayor capacidad de procesamiento o almacenamiento, simplificando la administración de recursos y sin la necesidad de invertir en hardware adicional.

La plataforma de virtualización de escritorios fue elegida considerando factores como: proveedores líderes en tecnologías de virtualización, rendimiento de los protocolos de visualización, costos de licenciamiento, facilidad de implementación, optimización de recursos de procesamiento y almacenamiento y diferentes modelos de aprovisionamiento de escritorios virtuales para usuarios persistentes y concurrentes. Con esto se concluyó que Citrix XenDesktop es la solución más rentable para entornos de virtualización, ya que cuenta con protocolos que optimizan el ancho de banda, además garantizan la calidad en la experiencia del usuario con aplicaciones de diseño gráfico e imágenes de alta resolución, simplicidad en su infraestructura y compatibilidad

con tecnologías como *Microsoft Azure*, *Amazon WorkSpaces*, *DELL* y *EMC* entre otros.

La virtualización de escritorios permite la creación de múltiples réplicas a partir de la imagen de un escritorio maestro, orientado a usuarios concurrentes que requieran acceder a un mismo grupo de escritorios y no necesiten conservar sus configuraciones al cerrar la sesión. Por otro lado, también permite la creación de escritorios personalizados para usuarios persistentes que requieran mantener su información cada vez que inician sesión.

Al Implementar una infraestructura de escritorios virtuales se tiene un control centralizado de las aplicaciones, permitiendo la instalación de actualizaciones en múltiples escritorios a la vez, ahorrando tiempo y costo en soporte técnico.

Una de las desventajas de la virtualización de escritorios es que, al presentarse algún tipo de fallo o indisponibilidad del servicio, podrían imposibilitar el acceso a múltiples grupos de escritorios, generando malestar por parte de los usuarios, tanto para los estudiantes como para los docentes, ya que no podrán acceder al material de estudio requerido por para impartir la clase.

Una de las características más predominantes de una infraestructura de escritorios virtuales es la movilidad del servicio. Los usuarios podrán acceder a sus escritorios virtuales y aplicaciones desde cualquier lugar y a través de cualquier dispositivo que tengan conectividad a internet. Permitiendo que los estudiantes y docentes puedan continuar utilizando sus escritorios y aplicaciones aun cuando no tengan acceso a los laboratorios de cómputo o no puedan asistir a clases.

6.2 Recomendaciones

Aunque se utilizará los equipos de cómputo existentes como dispositivos de acceso final, se debe considerar invertir en clientes ligeros para el equipamiento de futuros laboratorios, ya que un cliente ligero ofrece un mayor

ciclo de vida comparado con un computador de escritorio, además que es menos costoso y reduce significativamente los recursos de cómputo.

Tener redundancia en la infraestructura de escritorios virtuales permitirá aumentar la tolerancia a fallos y obtener una mayor disponibilidad del servicio, permitiendo a los usuarios acceder a sus escritorios virtuales en el tiempo que ellos dispongan.

La virtualización de escritorios genera una gran cantidad de tráfico en la red, siendo necesario asignar un ancho de banda considerable para una buena interacción entre el usuario y el escritorio virtual, además una baja latencia garantizará aún más la calidad del servicio.

Un previo dimensionamiento del servicio permitirá determinar los requerimientos necesarios para la implementación de la infraestructura de escritorios virtuales evitando sobredimensionar los recursos de hardware.

Es necesario aplicar calidad de servicio y clasificar el tráfico de los escritorios virtuales dando la respectiva prioridad de acuerdo con la importancia y criticidad del servicio.

REFERENCIAS

- Amazon Web Services. (s.f.). Amazon WorkSpaces. Recuperado el 29 de abril de 2018 de <https://aws.amazon.com/es/WorkSpaces/faqs/>
- Amazon Web Services. (2018). Precios de Amazon WorkSpaces. Recuperado el 30 de abril de 2018 de <https://aws.amazon.com/es/workspaces/pricing/>
- Amazon Web Services. (2018). Preguntas frecuentes sobre Amazon WorkSpaces. Recuperado el 29 de abril de 2018 de <https://docs.aws.amazon.com/WorkSpaces/latest/adminguide/amazon-WorkSpaces.html>
- Azure. (2018). ¿Qué es la nube pública, privada e híbrida?. Recuperado el 10 de marzo de 2018 de <https://azure.microsoft.com/es-es/overview/what-are-private-public-hybrid-clouds/>
- Bechtle. (s.f.). Cisco UCS-IOM-2204XP Fabric Ext. Module. Recuperado el 15 de mayo de 2018 de <https://www.bechtle.com/gb/shop/cisco-ucs-iom-2204xp-fabric-ext-module--766653-01--p>
- Cervigon, D. (2009). Licenciamiento en entornos virtualizados: VDI. Recuperado el 22 de abril de 2018 de <https://blogs.technet.microsoft.com/davidcervigon/2009/11/15/licenciamiento-en-entornos-virtualizados-vdi/>
- Cisco. (2013). Reference architecture for 500-seat and 1000 seat virtual desktop infrastructure. Recuperado el 10 de mayo de 2018 de https://www.cisco.com/c/dam/en/us/td/docs/unified_computing/ucs/UCS_CVDs/citrix_emc_msft_XDXA smb.pdf.
- Cisco. (2010). Delivering on Cisco's Unified Computing Vision. Recuperado el 19 de mayo de 2018 de https://www.cisco.com/c/dam/en/us/solutions/collateral/data-center-virtualization/unified-computing/at_a_glance_c45-523181.pdf
- Cisco. (2013). Cisco Office in a Box: Virtual Desktop Infrastructure for Superior User Experience at the Branch. Recuperado el 16 de marzo de 2018

- de https://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/servers-unified-computing/ucs-e-series-servers/solution_overview_c22-726883.html
- Cisco. (2018). Cisco UCS 2200 Series Fabric Extenders Data Sheet. Recuperado el 10 de mayo de 2018 de https://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/servers-unified-computing/ucs-6300-series-fabric-interconnects/data_sheet_c78-675243.html
- Cisco. (s.f.). Cisco UCS B200 M3 Blade Server. Recuperado el 11 de mayo de 2018 de <https://www.cisco.com/c/en/us/products/servers-unified-computing/ucs-b200-m3-blade-server/index.html>
- Cisco. (s.f.). UCS 6300 Series Fabric Interconnects. Recuperado el 14 de mayo de 2018 de <https://www.cisco.com/c/en/us/products/servers-unified-computing/ucs-6300-series-fabric-interconnects/index.html>
- Citrix. (s.f.). Virtual Apps and Desktops. Recuperado el 06 de abril de 2018 de http://store.citrix.com/store/citrix/en_US/pd/ThemeID.37713000/productID.315219300
- Citrix. (s.f.). Citrix Virtual Apps and Desktops Features. Recuperado el 10 de abril de 2018 de <https://lac.citrix.com/products/citrix-virtual-apps-and-desktops/feature-matrix.html>
- Citrix. (s.f.). El sistema de licencias de Citrix. Recuperado el 13 de abril de 2018 de <https://lac.citrix.com/buy/licensing/overview.html>
- Citrix . (2018). VDI desktops. Recuperado el 19 de abril de 2018 de <https://docs.citrix.com/en-us/xenapp-and-xendesktop/7-15-ltsr/technical-overview/delivery-methods/vdi-desktops.html>.
- Citrix. (2009). Provisioning Services for XenApp. Recuperado el 20 de abril de 2018 de <https://www.citrix.com/blogs/2009/04/09/provisioning-services-for-xenapp-best-practice-5-application-streaming-cache/>
- Citrix. (2014). XenDesktop MCS vs View Composer. Recuperado el 21 de abril de 2018 de <https://www.citrix.com/blogs/2014/03/10/xendesktop-mcs-vs-view-composer/>
- Citrix. (2015). Server-Hosted Citrix Virtual Apps and Desktops (VDI), Q3 2015. Recuperado el 27 de abril de 2018

- de<https://www.citrix.com/products/xenapp-XenDesktop/form/forrester-wave-report-vdi/>
- Citrix. (2016). Conceptos y componentes Xendesktop. Recuperado el 12 de abril de 2018 de <https://docs.citrix.com/es-es/xenapp-and-XenDesktop/7-6/xad-architecture-article/xad-core-concepts.html>
- Citrix. (2017). El sistema de licencias de Citrix. Recuperado el 08 de abril de 2018 de <https://lac.citrix.com/buy/licensing/overview.html>
- Citrix. (2018). Citrix Virtual Apps and Desktops. Recuperado el 17 de abril de 2018 de <https://lac.citrix.com/virtualization/hdx/>
- Contreras, M. (2017). How Network Latency Impacts User Experience. Recuperado el 15 de mayo de 2018 de <https://www.citrix.com/blogs/2017/09/25/how-network-latency-impacts-user-experience/>
- Dakel. (s.f.). Thin Client. Recuperado el 03 de marzo de 2018 de <http://www.dakel.com/thin-client/>
- Datadec. (s.f.). Virtualización de máquinas. Recuperado el 26 de febrero de 2018 de <https://www.datadec.es/virtualizacion/>
- El Telégrafo. (2018). La nube, una opción de gestión empresarial con gran potencial. Recuperado el 20 de febrero de 2018 de <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/desde/1/la-nube-una-opcion-de-gestion-empresarial-con-gran-potencial>
- EMC. (2014). Sizing EMC VNX Unified Storage Arrays for VDI Workload. Recuperado el 18 de mayo de 2018 de <https://www.emc.com/collateral/software/white-papers/h11096-vdi-sizing-wp.pdf>
- Flexiant. (2014). What Does a Hypervisor Do?. Recuperado el 05 de marzo de 2018 de <https://www.flexiant.com/2014/02/05/what-does-a-hypervisor-do/>
- Gaibor, G. (2016). Estudio y diseño de una solución de virtualización de escritorios para la empresa Fibrán. Recuperado el 07 de mayo de 2018 de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/16298/1/CD-7130.pdf>

- HP. (s.f.). Flexible Clients HP t510. Recuperado el 17 de abril de 2018 de <http://www8.hp.com/us/en/campaigns/thin-client-solutions/t510.html>
- IBM. (s.f.). IaaS, PaaS and SaaS – IBM Cloud service models. Recuperado el 13 de marzo de 2018 de <https://www.ibm.com/cloud/learn/iaas-paas-saas>
- Itprice. (2018). CISCO GPL 2018. Recuperado el 22 de mayo de 2018 de <http://itprice.com>
- Microsoft. (2018). Welcome to Remote Desktop Services. Recuperado el 14 de abril de 2018 de <https://docs.microsoft.com/en-us/windows-server/remote/remote-desktop-services/welcome-to-rds>
- Microsoft. (2018). Understanding the Remote Desktop Protocol (RDP) . Recuperado el 14 de abril de 2018 de <https://support.microsoft.com/ro-ro/help/186607/understanding-the-remote-desktop-protocol-rdp>
- Microsoft. (s.f.). Licencias de acceso de cliente y licencias de administración. Recuperado el 16 de abril de 2018 de <https://www.microsoft.com/es-xl/licensing/product-licensing/client-access-license.aspx>
- Camazón, J. (s.f.). Monopuesto, Sistema Operativos. Editorial: Editex.
- Nutanix. (2011). VDI Series: Part 2 – Addressing Performance. Recuperado el 22 de mayo de 2018 de <https://www.nutanix.com/2011/10/10/vdi-series-part-2-addressing-performance/>
- Provazza, A. (2013). Comparing remote display protocols: RemoteFX vs. HDX vs. PCoIP. Recuperado el 17 de abril de 2018 de <https://searchvirtualdesktop.techtarget.com/feature/Comparing-remote-display-protocols-RemoteFX-vs-HDX-vs-PCoIP>
- González, M. (2016). Tecnologías de Virtualización. Editorial: IT Campus Academy.
- UDS. (2018). Virtual Cable - UDS Enterprise. Recuperado el 05 de marzo de 2018 de <http://www.virtualcable.net/vdi-architecture-with-uds-enterprise/>
- VMware. (s.f.). Horizon 7. Recuperado el 11 de abril de 2018 de <https://www.vmware.com/latam/products/horizon.html>

- VMware. (2017). Blast Extreme Display Protocol. Recuperado el 18 de abril de 2018 de <https://techzone.VMware.com/sites/default/files/VMware-horizon-7-view-blast-extreme-display-protocol.pdf>
- VMware. (2018). VMware Workspace ONE and VMware Horizon 7 Enterprise Edition On-premises Reference Architecture. Recuperado el 26 de abril de 2018 de <https://techzone.vmware.com/resource/vmware-workspace-one-and-vmware-horizon-7-enterprise-edition-premises-reference#design-component-unified-access>
- VMware. (s.f.). VMware Store. Recuperado el 18 de abril de 2018 de https://store.vmware.com/store/vmware/en_US/cat/categoryID.67797800
- VMware vSphere. (2011). VMware vSphere ediciones de Enterprise y Enterprise Plus. Recuperado el 26 de mayo de 2018 de <https://www.vmware.com/files/es/pdf/VMware-vSphere-Enterprise-Edition-Datasheet.pdf>
- von Oven, P., & Coombs, B. (2016). Mastering VMware Horizon 7. Editorial: Packt Publishing Ltd.

