

Un examen a los Centros de Datos y su relación con las TIC

An examination of data centers and their relationships to the ICT

Ing. Yudisleidy Ruiz Ríos¹, Dr.C. Félix Álvarez Paliza², MSc. Arelys Emiliana Ramos Fleites³

Recibido: 03/2021 | Aceptado: 08/2021

Palabras clave

Internet de las cosas
IoT
DC
Centro de Datos
Computación en la Nube
SDDC
Centro de Datos definido por *Software*

Keywords

Internet of Things
IoT
Data Center
Cloud Computing
SDDC
Software Defined
Data Center

Resumen

En la actualidad los Centros de Datos o Data Center (DC) desempeñan un papel importante en la mayoría de los campos de la vida diaria y forman parte esencial del desarrollo tecnológico. En ellos se almacena y procesa de forma centralizada la información que se transmite sobre las redes de datos. Esta investigación centra su objetivo principal en coleccionar y describir de manera resumida su arquitectura interna según los estándares internacionales en cuanto a infraestructura (ANSI/TIA, CENELEC, ISOMEC), y las diferentes tecnologías de operación de acuerdo a sus funciones desde el nuevo concepto de virtualización. Un DC tiene sus propias particularidades en cuanto al *hardware* y las aplicaciones típicas que en ellos pueden coexistir. Asimismo, también puede ser utilizado como un potente centro de procesamiento de datos, la computación en la nube y los más recientes centros de datos en los bordes para soportar el auge de Internet de las cosas y las tecnologías móviles. Se describen además las características de los Centro de Datos Definido por *Software* y la posibilidad de poder virtualizar sobre ellos diferentes funciones de red (NFV).

Abstract

Nowadays, data centers play an important role in most fields of daily life and are an essential part of technological development. In them, information transmitted over data networks is stored and processed in a centralized way. This research focuses its main objective in collecting and describing in a summarized way its internal architecture according to the international standards in terms of infrastructure (ANSI/TIA, CENELEC, ISOMEC), and the different operation technologies according to its functions from the new concept of virtualization. A data center has its own particularities in terms of hardware and the typical applications that can coexist in them. Likewise, it can also be used as a powerful data processing center, cloud computing and the latest edge data centers to support the rise of Internet of Things and mobile technologies. The characteristics of Software Defined Data Centers and the possibility to virtualize different network functions (NFV) on them are also described.

1 Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas. Villa Clara. yrrios@uclv.cu

2 Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas. Villa Clara. fapaliza@uclv.edu.cu

3 Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas. Villa Clara. arelys@uclv.edu.cu

Introducción

Las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) desempeñan un rol importante en la promoción y facilitación del bienestar económico, social y ambiental mundial. Estas no solo contribuyen directamente al PIB (Producto Interno Bruto) a través de la producción de bienes y servicios, sino que también estimulan la innovación de forma tal que los bienes y servicios sean producidos y entregados, dirigidos al incremento del empleo y de la productividad del trabajo. Los centros de datos o Data Center (DC), donde la información es almacenada y procesada, son esenciales para el desarrollo de los ecosistemas de las TIC. La velocidad de las redes, la seguridad de la infraestructura crítica y de la información, la calidad de los servicios públicos, de los datos y sistemas, depende de la disponibilidad y calidad de los DC. Debido a su rol vital, el diseño y desarrollo de estos DC es una prioridad para empresas y gobiernos (García e Iglesias, 2017).

Un DC es una facilidad que centraliza las operaciones y equipos de las Tecnologías de la Información (TI) de una organización, donde se almacenan, gestionan y se distribuyen sus datos. En el mismo típicamente se hospedan sistema de cómputos de alto desempeño —*High Performance Computing*— (HPC), servidores y sus componentes, tales como sistemas de telecomunicaciones y sistemas de almacenamiento. Todos estos sistemas se comunican unos con otros de una manera rápida y ágil, lo que posibilita la eficiencia de las operaciones en red. En los DC se incluyen generalmente fuentes de potencia redundantes, conexiones de comunicaciones redundantes, control ambiental (por ejemplo climatización y supresión de incendios) y dispositivos de seguridad contra desastres naturales, incendios y otros tipos de acciones indeseadas. Los grandes DC son operados a escala industrial, utilizando tanta electricidad como una pequeña ciudad. El auge de los DC vino durante la aparición de los negocios en Internet, cuando las compañías necesitaban de una forma rápida la conexión a la red de telecomunicaciones. Inicialmente muchas compañías comenzaron construyendo facilidades muy grandes llamadas Centros de Datos de Internet o Internet Data Center (IDC). Hoy en día una amplia variedad de servicios son ofrecidos mediante Internet incluyendo el hospedaje de sitios web (*web-hosting*),

comercio electrónico, redes sociales y una variedad de servicios más generales tales como *software* como servicio (SAAS), plataforma como servicios (PAAS) y computación en la nube —*Cloud Computing*—. Por su importancia, en este estudio, se describen las características generales de los DC. Además se realiza un análisis de los distintos tipos de DC como son: los DC en la nube, los DC en los borde —*Edge Data Center*—, los micro centros de datos impulsados por el desarrollo de IoT y los SDDC —*Software-defined Data Center*— vinculados al nuevo paradigma de redes actuales SDN/NFV —*Software-Defined Networking / Network Function Virtualization*—.

Materiales y métodos

El artículo se presenta como una revisión bibliográfica a partir de fuentes de alto valor y actualidad. Se despliega una investigación de tipo descriptiva, empleando el método de análisis documental y así como el analítico sintético, en pos de examinar los DC en el cumplimiento de sus objetivos fundamentales: escalabilidad para soportar el crecimiento de equipos sin dar origen a posibles interrupciones; flexibilidad para ser capaces de sostener servicios existentes y emergentes en un periodo de años; proveer alta disponibilidad y prestar servicios de calidad sin interrupciones que evidencien la confiabilidad del sistema.

Arquitectura de los DC

La arquitectura de un DC (figura 1) (Cisco Systems, 2014), consta de tres niveles primarios con una jerarquía e interdependencia: la instalación del DC, sus servicios y los servicios a los usuarios.

El nivel de constitución del DC ofrece la computación necesaria para apoyar las aplicaciones que procesan



Figura 1. Arquitectura de niveles de un DC

información y facilitan el transporte entre servidores, almacenamiento y los usuarios finales que acceden a las aplicaciones (Cisco Systems, 2014). El nivel de los servicios de los DC incluye los cortafuegos y la detección de intrusos para enriquecer la seguridad de las aplicaciones y el acceso a los datos críticos. Tradicionalmente, hay tres tipos de servicios ofrecidos por los DC, que son: servicios de hospedaje o colocación (*housing*), servicios de ofrecer espacio de almacenamiento a servidores de clientes (*hosting*) y servicios de nube (*cloud*) a los clientes con recursos de cómputo virtuales mediante el acceso por redes de banda ancha.

Los servicios a los usuarios se sitúan en el tope de la pirámide, y se basan en la organización y los servicios para trabajar. Estos servicios son aquellas aplicaciones que permiten a una persona realizar su trabajo e impulsar la productividad de la organización.

Otros autores dividen la arquitectura de los DC tradicionales en otros tres niveles: nivel de infraestructura de red, nivel de servicios y nivel de aplicación. A su vez, el nivel de infraestructura de red del DC lo subdividen en el subnivel de red que proporciona acceso seguro y fiable de los usuarios; el subnivel de computación proporciona los recursos de proceso; y el subnivel de almacenamiento proporciona los servicios de bases de datos. Aunque los DC difieren en tamaño y funcionalidad, los bloques básicos: cómputo, almacenamiento, red y las aplicaciones de *software* permanecen iguales independientemente del tamaño.

Tecnologías de los DC

Un DC se erige en base a una diversidad de tecnologías que definen su operación, entre ellas es necesario mencionar las siguientes:

- eficiencia energética,
- red de interconexión,
- hardware*,
- seguridad,
- servicios de datos,
- monitoreo,
- gestión de recursos y
- modelación y simulación (Khan y Zomaya, 2015).

Eficiencia energética

El control de clima debe mantener parámetros de temperatura y humedad correctos que garanticen el buen funcionamiento y la integridad operativa de los sistemas alojados. Los DC cuentan con sistemas de ali-

mentación eléctrica, alimentación de reserva, refrigeración, cableado, detección y extinción de incendios, detectores de fugas de agua y controles de seguridad. Los métodos para mejorar la eficiencia energética de los DC y el diseño de los mecanismos de organización eficiente de la energía para los ambientes de computación con alto desempeño, son temas de investigación abordados profundamente por disímiles autores en la literatura respecto al tema (Berezovskaya et al., 2020), (Suresh y Murugan, 2018).

Red de interconexión

Las tecnologías de interconexión para los DC han evolucionado de forma acelerada pasando de las redes LAN Ethernet conmutadas, a las redes ópticas y a la virtualización de los servidores, del almacenamiento y de la red. Todo ello unido a las técnicas de enrutamiento, nuevos protocolos de transporte y el control de la congestión en los DC (Montazeri et al., 2018), (Melman et al., 2013). Las condiciones para el servicio de las redes de los DC incluyen alta razón de transferencia, alta confiabilidad, bajos retardos y su adaptación a la virtualización de servidores.

La topología de la red es la base teórica del despliegue con redundancia tolerante a fallos. Algunos autores consideran que la topología de un DC está dividida en tres grandes grupos: centrada en el conmutador (*switch-centric*), centrada en el servidor (*server-centric*) y de árbol grueso (*Fat-Tree*) (He et al., 2018). La virtualización de los DC extendió el concepto de virtualización de servidores para consolidar y maximizar los otros recursos físicos importantes dentro del DC, lo cual incluyó además la virtualización de la red y la virtualización del almacenamiento (Kaviani, 2017).

Hardware

Los modelos convergentes se caracterizan principalmente por presentar la solución en un solo gabinete, o sea, en equipos de “un proveedor específico”. La diferencia radica, en que esta plataforma convergente cuenta con una consola de administración centralizada, desde la cual se pueden gestionar todos los componentes del sistema: físicos y virtuales. En el mercado existen varios fabricantes de sistemas convergentes, entre ellos VCE (sociedad entre los fabricantes VMware, Cisco y EMC) con su producto VBlock; o Flexpod, el cual surge de una integración entre VMware, Cisco y Netapp, entre otros.

Con el crecimiento de los DC y el incremento sin precedente de las demandas de almacenamiento han provocado que las técnicas de control de almacenamiento se han ido adaptando a los nuevos requerimientos (Lowe et al., 2016). La infraestructura hiperconvergente HCI —*Hyper-Converged Infrastructure*— es la integración de diferentes tecnologías tales como: la computación, el almacenamiento y su red de almacenamiento, la virtualización, la red de interconexión y la automatización (figura 2) (Azeem y Sharma, 2017). Aplicando en ella conceptos como redes definidas por software o SDN —*Software Defined Networks*—, almacenamiento definido por software o SDS —*Software Defined Storage*— y SDDC —*Software-Defined Data Center*— (Halabi, 2019).

Servicios de datos y su gestión

Todas estas aplicaciones están siendo virtualizadas para el ahorro de gastos de operación y mantenimiento. Además tienen que soportar todas las aplicaciones emergentes que necesitan ser apoyadas, tales como procesamiento intensivo de datos (*Big Data*), la analítica de negocios, los móviles, los medios sociales y las aplicaciones de soporte de los clientes. La gestión de los DC tiene que conseguir dos objetivos fundamentales los cuales, además, están conectados. De un lado esta tiene que servir las peticiones de los usuarios en el más corto tiempo posible y en el otro lado la misma tiene que minimizar el consumo de energía. La primera constituye un parámetro importante para cuantificar QoS —*Quality of Service*—, por ejemplo tener un alto número de servidores encendidos que excedan la demanda pico es una estrategia óptima desde el punto de vista de calidad de servicio, pero esto consume energía en exceso cuando mucha de ella

no está siendo utilizada. En años recientes se han desarrollado propuestas en el área de gestión de los DC, donde los objetivos de la gestión incluyen minimizar el costo y mejorar la calidad del servicio (Milocco et al., 2020).

Monitoreo de los DC

La tecnología para monitorear y gestionar los DC se basa en soluciones de *hardware* y de *software*, predominando el empleo de redes de sensores inalámbricos con el desarrollo de IoT. También resaltan diferentes trabajos de sistemas integrados, desarrollados para monitorear la infraestructura de los DC basados en sistemas integrados (Raspberry Pi) como controladores y herramientas de visualización de datos basadas en inteligencia artificial (Power-BI). Con ellos se logra fusionar en un solo sistema los diferentes tipos de sistemas tradicionales empleados (Ramphela et al., 2020).

Estándares para DC

Los DC y su contenido tienen que adherirse a un amplio rango de estándares que van desde los locales para los mismos, las condiciones de climatización y exigencias en cuanto a la colocación del equipamiento. También hay un número de estándares relacionados con la infraestructura del cableado estructurado que sirve como plataforma para el equipamiento del DC.

Hay dos tipos de estándares relevantes para la infraestructura del cableado del DC:

- los estándares de aplicaciones
- los estándares de cableado

Los estándares de aplicaciones definen, justamente, las aplicaciones que correrán sobre la infraestructura del cableado. Los más empleados en los DC son tres (CommScope, 2018):

Los estándares para redes Ethernet, los cuales ya soportan aplicaciones con razones de transferencia hasta 400 Gbps y más.

Los estándares de canales de fibra —*Fibre Channel*— que cubren las redes de almacenamiento SAN —*Storage Area Network*—, con razones de transferencia desde 128 Gbps hasta 1 Tbps.

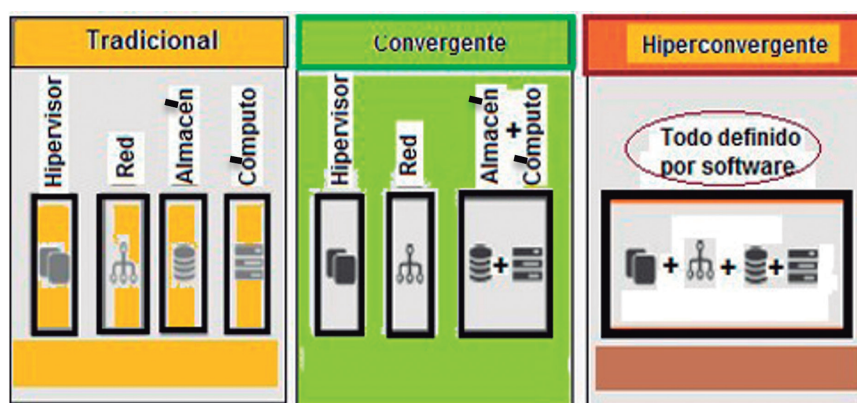


Figura 2. Evolución de la infraestructura de los DC

Los estándares utilizados con las aplicaciones de computación de alto desempeño —*Infiniband Trade Association*— con opciones de transferencia que ya sobrepasan los 600 Gbps.

El estándar ANSI/TIA-942 especifica las exigencias mínimas para la infraestructura de telecomunicaciones y datos de un DC, el cual ha sido actualizado en versiones posteriores (TIA, 2012). De forma general, el estándar relacionado con la infraestructura de un DC ANSI/TIA-942, ofrece información a los diseñadores en lo relacionado a la protección de los DC, bien por medio de su seguridad física o la prevención de incendios. Además, este estándar se complementa con varios estándares similares de otros organismos. El estándar divide a un DC en cuatro subsistemas: Arquitectónico, Eléctrico, Mecánico y de Telecomunicaciones; formulados y organizados para tener un trabajo correlacionado y funcionalidades dependientes. También la norma TIA-942 clasifica a los DC en cuatro niveles (Tier I a Tier IV) de acuerdo a la redundancia y a la disponibilidad, siendo el de grado IV el que presenta un mayor porcentaje de disponibilidad.

Clasificación de los DC

Existe una amplia variedad de tipos de DC y se clasifican bajo diferentes criterios, principalmente en base a su tamaño o área que ocupan, en base a la cantidad de gabinetes, de acuerdo a la potencia de consumo o utilización de la energía (Kw), también en base a su disponibilidad o utilidad, en base al control total o no del DC, y en base a la tecnología. Generalmente los DC grandes y súper grandes son operados por proveedores de servicio de nube CSP —*Cloud Service Provider*—, donde hospedan muchas aplicaciones de *software* que son vendidas como servicios a través de Internet o de líneas privadas. Entre ellos hay que mencionar a los gigantes Amazon, Google y Microsoft (Dutta y Dutta, 2019). La clasificación de los DC más difundida es en base al control total o ubicación física de los mismos véase la figura 3 de elaboración propia.

Los DC propios (*on premise*) son aquellos que tienen todas sus funciones contenidas en un sitio físico dentro del espacio de oficinas de una empresa. Estos centros de datos propios son gestionados por equipos de empleados que son pagados por la Empresa.

Los DC propios (*on-premise*) son a su vez divididos en dos grandes grupos:

DC de óptimo desempeño POD —*Performance Optimization Data Center*—, con servidores redundantes.

DC de nueva generación o virtuales, también designados como vPOD, compuestos de un consorcio de recursos de hardware desagregados (Rosendo et al., 2019).

Los DC en la nube sirven exactamente a los mismos propósitos que un DC tradicional, pero están físicamente localizados en alguna otra parte, muchas veces distribuido en múltiples lugares. Siguen formando la infraestructura medular de una organización, siendo gestionados fuera de la Empresa por una tercera parte o proveedor de servicios. En este caso los empleados y accionistas no ven el *hardware* donde se hospedan sus sistemas o aplicaciones.

Existe una tendencia hacia los DC híbridos a fin de acercar la carga de trabajo más crítica de una empresa, también por problemas de retardo y por razones de seguridad. Los DC híbridos permiten que las empresas mantengan algunas aplicaciones críticas en sus instalaciones mientras colocan otras cargas de trabajo en la nube. La razón para adoptar estas ofertas híbridas es que ofrecen lo mejor de ambos mundos. Las empresas continúan aprovechando la eficiencia de la computación, el ancho de banda y el almacenamiento de la nube pública

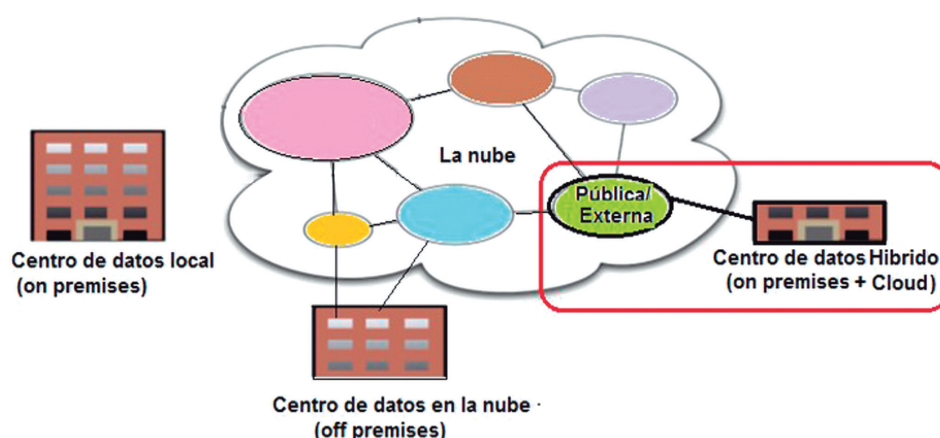


Figura 3. Tipos de DC según el control

mientras mantienen sus datos confidenciales en su DC protegido y controlado.

Tipos o usos de los DC

DC en la nube —*Cloud Data Center*—

Considerando el costo y la complejidad de mantener un DC tradicional, muchas empresas pequeñas han optado por los DC en la nube como una forma de reducir costos, incrementar su eficiencia y construir sus propios negocios. Los DC en la nube generalmente responden a una infraestructura global, con zonas disponibles, donde cada zona tiene otros DC que garantizan que no se pierdan datos. Alrededor de los DC en la nube o CDC —*Cloud Data Center*—, se han buscado diferentes soluciones y técnicas para resolver la problemática de la gestión de los recursos, así como en establecer las futuras demandas y predicción de los recursos con ayuda de la inteligencia artificial y el aprendizaje de máquina (Amiri y Khanli, 2017), (Aslam et al., 2019).

Para simular la nube y los CDC se han desarrollado diferentes herramientas de trabajo, siendo la más conocida CloudSim (Sundas y Panda, 2020), (Amipara, 2015). La herramienta CloudSim se utiliza para investigar temas tales como: optimizar los CDC, desarrollar el balance de carga, predecir fallos de *hardware*, analizar la confiabilidad del servicio ante fallos, ahorro de energía y otras funciones que mejoren el desempeño de los CDC (Kumar et al., 2018), (Davis et al., 2017), (Tong et al., 2018), (Alnazir et al., 2017).

DC en los bordes —*Edge Data Center*—

El advenimiento de IoT y de las tecnologías móviles inteligentes, han provocado la explosión en la aparición de miles de millones de nuevos dispositivos en las redes que generan enorme cantidad de datos que necesitan ser analizados y procesados en tiempo real. En vez de que los servidores en la nube realicen el almacenamiento y la analítica de datos, los DC en los bordes o EDC —*Edge Data Center*—, comparten la carga de los servidores en la nube, permitiendo una mejor eficiencia y sistemas inteligentes para las empresas. Unido a que reducen las amenazas a la seguridad y reducen los costos operacionales de transportación comparados con los CDC (Uddin y Ahmad, 2020).

El Instituto de Estándares de Telecomunicaciones Europeo (ETSI), con el grupo para la especificación de

la tecnología MEC —*Multi-access Edge Computing*—, define el acceso múltiple de computación en los bordes como un sistema que ofrece un servicio de TI con capacidad de computación en la nube en el borde de una red de acceso conteniendo uno o más tipos de tecnologías de acceso y en una forma cercana a sus clientes (ETSI, 2019). Los EDC también son denominados, indistintamente, como DC neblineros o FDC —*Fog Data Center*—, y los mismos pueden ser DC pequeños y muy pequeños, conocidos como *Small Data Center and Micro Data Center*. Otros autores los denominan como femto-nubes (*Femto-Clouds*) que representan una comunidad de dispositivos IoT que están más allá del borde y que tienen capacidad de cómputo competitiva con los DC tradicionales disponibles a bajos costos.

En la figura 4 se puede observar un diagrama en bloques (Puthal et al., 2018) de tres niveles de la arquitectura de computación en los bordes, donde los DC en los bordes juegan un papel destacado con sus limitadas capacidades de procesamiento y almacenamiento.

La gestión de la nube en los bordes requiere construir un sistema de gestión y control unificado para conseguir óptimas trayectorias de conducción en la red (figura 5) (Yuan Zhang, 2019). Por lo que las redes futuras y en especial la virtualización han impactado en la evolución de la arquitectura de la red.

En la figura 5 se observan las diferentes partes componentes:

- Una infraestructura de gestión de los recursos de un DC en los bordes (EDC) y la localización de acceso.
- La orquestación de la red de la nube en el borde
- La gestión de los elementos en el borde de la nube (VM/ contenedor/singularidad)
- La coordinación entre la nube de borde, la nube pública o central y la nube de red y los terminales.

DC definidos por *software* (SDDC)

Tanto los CDC, como los centros de datos en los bordes (EDC) han ido con el tiempo evolucionado a DC virtuales (VDC). La virtualización ha sido desarrollada en áreas tales como: la red, los servidores y el almacenamiento. Con la virtualización de las funciones de red y los nuevos modelos de arquitectura, tales como las SDN, el *software* de cobertura (*overlays*) se ha convertido en una opción adicional en el mercado de los DC.

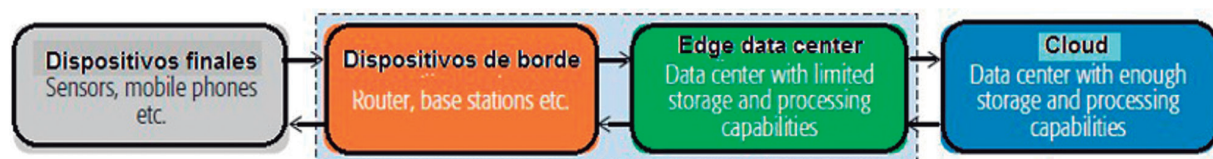


Figura 4. Diagrama en bloques de tres niveles de la arquitectura de computación en los bordes

Un SDDC —*Software-defined Data Center*— es un DC donde toda la infraestructura del núcleo utiliza la virtualización y puede ser desplegada como un modelo de servicio. Un SDDC exhibe automatización dinámica e integración del DC a través de la red, el almacenamiento y el cómputo. Con esta infraestructura flexible e inteligente un SDDC puede rápidamente adaptarse a las demandas de las tecnologías emergentes y ofrecer en tiempo real gestión de extremo a extremo dentro de las actividades del DC. La arquitectura de los SDDC genera una posible nube híbrida mediante la definición de una plataforma común para las nubes públicas y privadas. La gestión del SDDC es automatizada a través de la plataforma de gestión de nube, la cual controla tanto los recursos propios (*on-premises*) y externos (*off-premises*).

Las aplicaciones en los SDDC corren en su totalidad sobre recursos definidos lógicamente para lo cual el *hardware* subyacente es abstraído, dicho en otras palabras la arquitectura de los SDDC es agnóstica del *hardware*, con los requerimientos básicos de servidores, discos y una red troncal de conducción de paquetes. Una infraestructura virtual posibilita a los SDDC una plataforma de gestión de nube para analizar las tendencias y aplicar el aprendizaje de máquinas para ayudar a autorregular el ambiente de las tecnologías de la información. En la figura 6 (VMware Inc., 2019), se muestra un diseño de un

SDDC basado en una arquitectura de tres niveles: nivel físico, nivel de infraestructura virtual y el nivel de gestión de la nube.

El nivel físico, el cual consta de los componentes de cómputo, red y almacenamiento. El nivel de infraestructura virtual está encima de los componentes del nivel físico y el mismo controla el acceso a la infraestructura física subyacente, además controla y asigna recursos para la gestión y carga de trabajo. Ese nivel virtual es el *software* que abstrae cada uno de estos recursos y lo entrega como un servicio. Incluye las máquinas virtuales (VM) o los contenedores (tipo Docker) que son cada vez más comunes. Además, incluye la virtualización para SDS así como también las herramientas para las NFV. El nivel de gestión de la nube se encuentra en la cima de la arquitectura y el consumo de servicios ocurre a este nivel. El mismo solicita los recursos y orquesta las acciones de los niveles inferiores desde una interfaz de usuario o sobre una API —*Application Programming Interface*—. La capa de administración es la que une las dos capas anteriores donde se pueden encontrar herramientas de orquestación, de automatización y otras que hacen posible ejecutar el DC desde una interfaz centralizada. El empleo de las SDN en los DC permite desarrollar y evaluar diferentes esquemas de balance de carga, mejorar las razones de transferencias y reducir la latencia (Liu et al., 2019).

Resultados y discusión

En los últimos años las aplicaciones de transmisión de audio y video de alta definición (HD), y de productividad basadas en la nube son muy dinámicas y necesitan gran ancho de banda, lo que significa que a veces pueden requerir grandes cantidades de

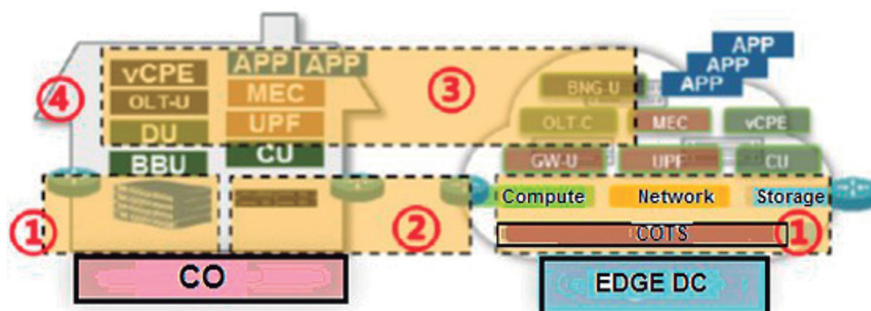


Figura 5. Visión de la gestión y control unificado de la nube, la red, los bordes y los terminales

recursos que las redes estáticas tradicionales no pueden entregar de manera confiable.

Por lo que existen beneficios clave que ofrecen las redes definidas por *software* en el DC.

El manejo de *Big Data* que analiza grandes conjuntos de datos utilizando procesamiento paralelo, que requieren también un gran ancho de banda.

SDN puede ayudar gestionando de forma más eficaz el rendimiento y la conectividad. También puede ser una solución viable para el respaldo del tráfico basado en la nube pues el auge de la nube es una de las mayores tendencias en las TIC.

La nube se basa en la idea de capacidad bajo demanda y autoservicio, que SDN puede ofrecer de forma dinámica en función de la demanda y la disponibilidad de recursos dentro del DC.

Otro de los beneficios es la gestión del tráfico a muchas direcciones IP y máquinas virtuales debido a que SDN permite tablas de enrutamiento dinámico para que la prioridad de enrutamiento se pueda lograr en función de la retroalimentación de la red en tiempo real, haciendo que el control de las máquinas virtuales sea más fácil de administrar. Con esta tecnología SDN, logra hacer que la infraestructura sea escalable y ágil de modo que los dispositivos se pueden agregar más fácilmente a la red, lo que reduce el riesgo de interrupción del servicio.

Al mismo tiempo, SDN se adapta mejor al procesamiento paralelo y al diseño general de las redes

virtualizadas. También permite gestión de políticas y seguridad, pues SDN se puede utilizar para propagar políticas de seguridad de manera más eficiente y efectiva en toda la red, incluidos los dispositivos de *firewall* y otros elementos esenciales.

Es válido mencionar que la virtualización de funciones de red permite reducir también los gastos de capital, al requerir menos equipos físicos para realizar las tareas de manejo del tráfico y poder ser realizadas por instancias virtuales lo cual, en un DC, se traduce en menor demanda de espacio y equipo de enfriamiento, por lo tanto, en menor gasto de energía y respaldo eléctrico.

Otro aspecto que se ve ampliamente beneficiado al llevar SDN al DC es la QoS pues permite a los administradores de TI dar prioridad al tráfico de aplicaciones críticas, por ejemplo, aquellas a las que tienen acceso los clientes y que afectan directamente su experiencia.

Con estos beneficios en mente, tiene sentido que SDN en el DC esté ganando terreno. Estos análisis sobre SDN son útiles a considerar cuando se piensa en una estrategia para diseñar, desarrollar y entregar soluciones de DC que sean ágiles, flexibles y adaptables a la evolución de su estrategia de TI, ya sea que incluya SDN o no.

Conclusiones

Los DC son una parte significativa de las tecnologías de la información de las empresas y su papel continúa adaptándose al mundo de las nuevas tecnologías en evolución.

En los DC en la actualidad hay una gama amplia de aplicaciones que necesitan coexistir: las ya establecidas, web, colaboración, aplicaciones críticas de negocios y todas las nuevas aplicaciones emergentes que necesitan ser apoyadas; tales como el procesamiento intensivo de datos, la analítica de negocios, los móviles, los medios sociales y las aplicaciones de soporte de los clientes.

Un DC se erige en base a una diversidad de tecnologías que definen su operación, como son: eficiencia energética, red de interconexión, *hardware*, segu-

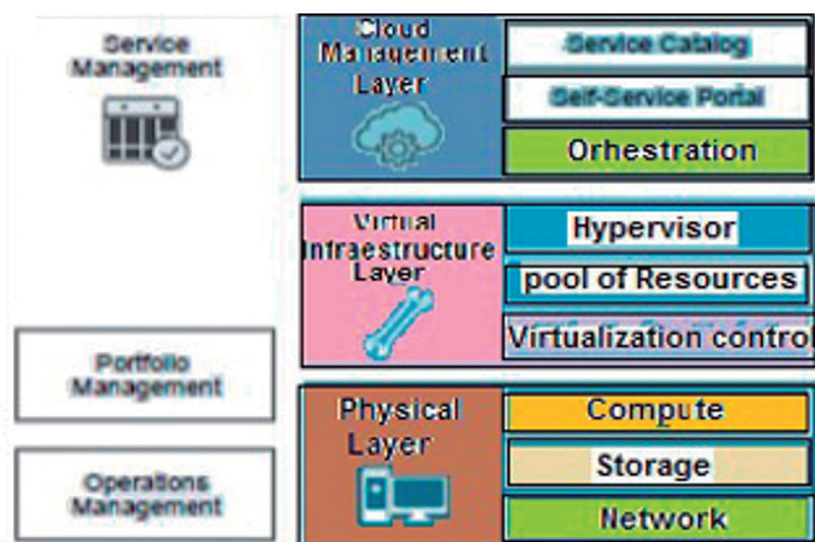


Figura 6. Arquitectura de un SDDC

ridad, servicios de datos, monitoreo, gestión de recursos y la modelación y simulación. Buscando la eficiencia energética, y por ende, la reducción de costos en la operación de los DC, se han desarrollado grandes cambios en cada una de las tecnologías.

Las tecnologías de interconexión para los DC han evolucionado de forma acelerada desde las redes LAN Ethernet conmutadas, a las redes ópticas y a la virtualización de los servidores, del almacenamiento y de la red.

La virtualización de los centros de datos extendió el concepto de virtualización de servidores para consolidar y maximizar los otros recursos físicos importantes dentro del DC. Incluyó posteriormente la virtualiza-

ción de la red y la virtualización del almacenamiento, lo que propició la aparición de las infraestructuras hiperconvergentes (HCI) que se basa en los conceptos de la tecnología de SDS y SDN. Por lo que se han agilizado nuevos cambios en los EDC.

Hoy los DC modernos soportan la carga de trabajo generada por el despliegue de IoT y de las tecnologías móviles inteligentes mediante sus soluciones novedosas, tales como los DC híbridos, los EDC y los SDDC.

La nube y las tecnologías inspiradas en la nube están ahora siendo utilizadas dentro de los DC de las empresas, incluyendo la virtualización y la automatización. De ahí que las empresas estén buscando mejo-

rar la programabilidad, desplazar su carga de trabajo y reducir la latencia mediante la combinación de DC híbridos.

Referencias bibliográficas

- Alnazir, M.; Mustafa, A. y Yousif, A. (2017). Performance analysis of Cloud Computing for distributed data center using cloud-sim. *2017 International Conference on Communication, Control, Computing and Electronics Engineering (ICCCCEE)*, 1-6. <https://doi.org/10.1109/ICCCCEE.2017.7867662>
- Amipara, H. (2015). *A Survey on Cloudsim Toolkit for Implementing Cloud Infrastructure*.
- Amiri, M. y Khanli, L. (2017). Survey on Prediction Models of Applications for Resources Provisioning in Cloud. *Journal of Network and Computer Applications*, 82, 93-113. <https://doi.org/10.1016/j.jnca.2017.01.016>
- Aslam, A.; Chen, H.; Xiao, J. y Jin, H. (2019). Reasoning Based Workload Performance Prediction in Cloud Data Centers. *2019 IEEE International Conference on Cloud Computing Technology and Science (CloudCom)*, 431-438. <https://doi.org/10.1109/CloudCom.2019.00073>
- Azeem, S. y Sharma, S. (2017). *The future of Data Center Consolidation: Superconvergence*.
- Berezovskaya, Y.; Yang, C.W.; Mousavi, A.; Vyatkin, V. y Minde, T. B. (2020). Modular model of a data centre as a tool for improving its energy efficiency. *IEEE Access*, 8, 46559-46573.
- Cisco Systems. (2014). *Data Center Technology Design Guide*.
- CommScope. (2018). *Data Center Best Practices eBook*. CommScope Inc. Obtenido de: <https://www.commscope.com:443/resources/eBooks/Data-Center-eBook/>
- Davis, N.; Rezgui, A.; Soliman, H.; Manzanares, S. y Coates, M. (2017). *FailureSim: A System for Predicting Hardware Failures in Cloud Data Centers Using Neural Networks*. <https://doi.org/10.1109/CLOUD.2017.75>

- Dutta, P. y Dutta, P. (2019). Comparative Study of Cloud Services Offered by Amazon, Microsoft and Google. *International Journal of Trend in Scientific Research and Development*, Volume-3, 981-985. <https://doi.org/10.31142/ijtsrd23170>
- ETSI. (2019). GS MEC 001, *Multi-access Edge Computing (MEC); Terminology*.
- García Zaballos, A. y Iglesias Rodríguez, E. (2017). *Data Centers and Broadband for Sustainable Economic and Social Development: Evidence from Latin America and the Caribbean*. IDB Monograph (Institutions for Development Sector. Connectivity, Markets and Finance Division); IDB-MG-519.
- Halabi, S. (2019). *Hyperconverged Infrastructure Data Centers: Demystifying HCI*. Cisco Press.
- He, X.; He, M. y Han, Z. (2018). *A Survey of Network Topology of Data Center*. 39-41.
- Kaviani, P. (2017). Virtualization with Data Center. *International Journal of Advance Research in Computer Science and Management*.
- Khan, S. U. y Zomaya, A. Y. (2015). *Handbook on data centers*.
- Kumar, R. R.; Jha, S. K.; Garg, D. y Vaishnav, S. (2018). Evaluation of Load Balancing Algorithm Using Cloudsim. *2018 3rd International Conference on Inventive Computation Technologies (ICICT)*, 78-81. <https://doi.org/10.1109/ICICT43934.2018.9034367>
- Liu, L.; Jiang, Y.; Shen, G.; Li, Q.; Lin, D.; Li, L. y Wang, Y. (2019). An SDN-based Hybrid Strategy for Load Balancing in Data Center Networks. *2019 IEEE Symposium on Computers and Communications (ISCC)*, 1-6. <https://doi.org/10.1109/ISCC47284.2019.8969673>
- Lowe, S. D.; Davis, D. M.; Green, J. y Knox, S. (2016). Building a Modern Data Center: Principles and Strategies of Design. *Atlantis Computing*.
- Melman, D.; Mizrahi, T. y Eastlake D. (2013). *Fibre Channel over Ethernet (FCoE) over Transparent Interconnection of Lots of Links (TRILL)* (N.º RFC6847; p. RFC6847). RFC Editor. Obtenido de: <https://www.rfc-editor.org/info/rfc6847>
- Milocco, R.; Minet, P.; Renault, E. y Boumerdassi, S. (2020). Proactive Data Center Management Using Predictive Approaches. *IEEE Access*, 8, 161776-161786.
- Montazeri, B.; Li, Y.; Alizadeh, M. y Ousterhout, J. (2018). *Homa: A receiver-driven low-latency transport protocol using network priorities*. 221-235.
- Puthal, D.; Obaidat, M.; Nanda, P.; Prasad, M.; Mohanty, S. y Zomaya, A. (2018). Secure and Sustainable Load Balancing of Edge Data Centers in Fog Computing. *IEEE Communications Magazine*, 56, 60-65. <https://doi.org/10.1109/MCOM.2018.1700795>
- Ramphela, M. K. J.; Owolawi, P. A.; Mapayi, T. y Aiyetoro, G. (2020). *Internet of Things (IoT) Integrated Data Center Infrastructure Monitoring System*.
- Rosendo, D.; Gomes, D.; Leoni, G.; Gonçalves, G.; Moreira, A.; Ferreira, L.; Endo, P.; Kelner, J.; Sadok, D.; Mehta, A. y Wildeman, M. (2019). A methodology to assess the availability of next-generation data centers. *The Journal of Supercomputing*, 75. <https://doi.org/10.1007/s11227-019-02852-3>
- Sundas, A. y Panda, S. (2020). *An Introduction of CloudSim Simulation tool for Modelling and Scheduling* (p. 268). <https://doi.org/10.1109/ESC148226.2020.9167549>

- Suresh, T., y Murugan, A. (2018). *Strategy for Data Center Optimization: Improve Data Center capability to meet business opportunities*.
- TIA (2012). *ANSI/TIA-942-A: Telecommunications Infrastructure Standard for Data Centers. Standards Informant*. Obtenido de: <https://blog.siemon.com/standards/tia-942-and-tia-942-a-“data-center-infrastructure”-standards>
- Tong, B.; Li, X. y Xiao, L. (2018). Service Reliability Oriented Modeling for the Failure of Cloud Data Center. *2018 IEEE International Conference on Software Quality, Reliability and Security Companion (QRS-C)*, 353-357. <https://doi.org/10.1109/QRS-C.2018.00068>
- Uddin, M. Y. y Ahmad, S. (2020). A Review on Edge to Cloud: Paradigm Shift from Large Data Centers to Small Centers of Data Everywhere. *2020 International Conference on Inventive Computation Technologies (ICICT)*, 318-322. <https://doi.org/10.1109/ICICT48043.2020.9112457>
- VMware Inc. (2019). *Architecture and Design. VMware Validated Design for Software-Defined DataCenter 5.1*.
- Yuan Zhang. (2019). *Edge Cloud Infrastructure for the future network. Chinatelecom*.

