

TIES Revista de Tecnología e Innovación en Educación Superior

Publicación Semestral • Abril de 2021 • ISSN 2683-2968

Editorial

Héctor Benítez Pérez

■
Universidad de Guadalajara: un referente tecnológico en el uso y la aplicación
de tecnología vanguardista para respaldos de información

Joaquin Jair Foullon Inzunza

■
Monitorización de infraestructura tecnológica como
mejora en centros de datos

Manuel Ignacio Quintero-Martinez y Sergio Anduin Tovar Balderas

■
Gestión de la Infraestructura de TI

Margarita González Trejo

■
La importancia de las Tecnologías de Información y Comunicación en tiempos de COVID-19

Alfredo J. Santillán González y Lilitana Hernández Cervantes

■
Importancia de la Seguridad Física en la Infraestructura de Redes, Centros de Datos
y Telecomunicaciones de las Instituciones de Educación Superior

Carmen H. de Jesús Díaz Novelo y Jaime Olmos de la Cruz

■
Computación sin servidor

Javier Salazar Argonza



TIES, REVISTA DE TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN EN EDUCACIÓN SUPERIOR (www.ties.unam.mx) 2021, Año 2, No. 3, abril 2021, es una publicación semestral editada por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Ciudad Universitaria, Alcaldía Coyoacán, C.P. 04510, Ciudad de México, a través de la Dirección General de Cómputo y de Tecnologías de Información y Comunicación, (DGTIC), Circuito Exterior s/n, Ciudad Universitaria, Alcaldía Coyoacán, C.P. 04510, Ciudad de México, Teléfono: (55) 56228166, <https://www.ties.unam.mx>, revista.ties@unam.mx. Editor responsable: Lic. Lizbeth Luna González. Número de reserva de Derechos de Autor otorgado por INDAUTOR: 04-2019-011816190900-203 ISSN: 2683-2968, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número, Dirección General de Cómputo y de Tecnologías de Información y Comunicación, (DGTIC). Circuito Exterior s/n, Ciudad Universitaria, Alcaldía Coyoacán, C.P. 04510, Ciudad de México, fecha de la última modificación, abril de 2021. El contenido de los artículos es responsabilidad de los autores y no refleja el punto de vista de los árbitros, del Editor o de la UNAM. Se autoriza la reproducción total o parcial de los textos aquí publicados siempre y cuando se cite la fuente completa y la dirección electrónica de la publicación. La revista se ha desarrollado sin fines de lucro, con finalidades de diseminación del conocimiento, bajo licencia Creative Commons Atribución-No Comercial 4.0 Internacional (CC BY-NC 4.0). Hecho en México, 2021.



DIRECTORIO

Universidad Nacional Autónoma de México

Dr. Enrique Luis Graue Wiechers

Rector

Dr. Leonardo Lomelí Vanegas

Secretario General

**Dirección General de Cómputo y de
Tecnologías de Información y Comunicación**

Dr. Héctor Benítez Pérez

Director de la DGTIC

José Fabián Romo Zamudio

Director de Sistemas y Servicios

Institucionales

M.A.O. Miguel Ángel Mejía Argueta

Responsable de Acervos Digitales

Lic. Lizbeth Luna González

Directora Editorial de la Revista

DIRECTORIO HISTÓRICO

Dr. Felipe Bracho Carpizo

Director fundador de la revista (2018-2020)

Dr. Luis Alberto Gutiérrez Díaz de León

(Q.E.P.D)

Director General de la revista (2018-2020)

CRÉDITOS

Dr. Héctor Benítez Pérez

Director General de la Revista

Lic. Lizbeth Luna González

Directora Editorial de la Revista

Luis Ángel Rodríguez Martínez (Becario)

Apoyo Editorial de la Revista

José Fabián Romo Zamudio

Lic. Lizbeth Luna González

Liliana Minerva Mendoza Castillo

Diseño de Contenidos

Lic. Lizbeth Luna González

Arquitectura de la información

Mtro. Rodolfo Cano Ramírez

Formación PDF

Lic. Adrián Estrada Corona

Corrección de Estilo

Daniel Méndez (Becario)

Estructura HTML

Abigail Sánchez Gálvez

Luis Ángel Rodríguez Martínez (Becario)

Formación HTML

Lic. Lizbeth Luna González

MAO. Miguel Ángel Mejía Argueta

Administrador del OJS

COMITÉ EDITORIAL

Dr. Héctor Benítez Pérez, Presidente, Universidad
Nacional Autónoma de México. MÉXICO

María de Lourdes Velázquez Pastrana, Encargada del
Despacho, Universidad Nacional Autónoma de México.
MÉXICO

Alonso Castro Mattei, Universidad de Costa Rica.
COSTA RICA

Ernesto Chinkes, Universidad de Buenos Aires.
ARGENTINA

Carmen Humberta de Jesús Díaz Novelo, Universidad
Autónoma de Yucatán. MÉXICO

Salma Jalife Villalón, Corporación Universitaria para el
Desarrollo de Internet. MÉXICO

Lizbeth Luna González, Universidad Nacional
Autónoma de México. MÉXICO

José Luis Ponce López, Asociación Nacional de
Universidades e Instituciones de Educación Superior.
MÉXICO

Raúl Rivera Rodríguez, Centro de Investigación
Científica y Educación Superior de Ensenada. MÉXICO

José Fabián Romo Zamudio, Universidad Nacional
Autónoma de México. MÉXICO

Luis Alberto Gutiérrez Díaz de León (Q.E.P.D.),
Secretario, Universidad de Guadalajara. MÉXICO

Felipe Bracho Carpizo, Presidente, Universidad
Nacional Autónoma de México. MÉXICO (2018-2020)

ÍNDICE

Editorial	5
Héctor Benítez Pérez	
Universidad de Guadalajara: un referente tecnológico en el uso y la aplicación de tecnología vanguardista para respaldos de información	8
Joaquin Jair Foullon Inzunza	
Monitorización de infraestructura tecnológica como mejora en centros de datos	21
Manuel Ignacio Quintero-Martinez y Sergio Anduin Tovar Balderas	
Gestión de la Infraestructura de TI	32
Margarita González Trejo	
La importancia de las Tecnologías de Información y Comunicación en tiempos de COVID-19	41
Alfredo J. Santillán González y Liliana Hernández Cervantes	
Importancia de la Seguridad Física en la Infraestructura de Redes, Centros de Datos y Telecomunicaciones de las Instituciones de Educación Superior	57
Carmen H. de Jesús Díaz Novelo y Jaime Olmos de la Cruz	
Computación sin servidor	69
Javier Salazar Argonza	

EDITORIAL

La pandemia derivada consecuencia del virus SARS-CoV2 que ha mantenido a la mayoría de los sectores productivos del país y el mundo a un ritmo de trabajo distinto al acostumbrado, nos ha enseñado múltiples lecciones de cómo la tecnología usada con ingenio y visión puede incidir profundamente en la continuidad de operaciones de organismos tan completos como las instituciones de educación superior, instancias que sin lugar a duda tienen procesos muy bien definidos, a la vez que basados en tecnologías o recursos denominados “tradicionales”, como lo son la documentación impresa, la mensajería, los archivos físicos, entre otros.

Este último año representó la entrada en escena de nuevas y no tan recientes tecnologías, pero sí de innovadoras formas de usarlas en beneficio de las comunidades de profesores y estudiantes que ya tienen como actividad normal hoy en día el conectarse a una sesión remota, interactuar por medio de cámaras y micrófonos incorporados en sus computadoras, tomar notas directamente en el equipo o grabar las sesiones con las respuestas que les dan sus profesores, intercambiar por mensajería instantánea los detalles de una tarea con sus demás compañeros o presentar exámenes dentro de plataformas educativas. Todo ello acciones que veríamos tradicionales en los modelos educativos a distancia o semi presenciales, pero que difícilmente imaginábamos como la norma para cualquier nivel académico, desde la educación básica hasta el posgrado.

Todo lo anterior depende de que la infraestructura central que poseen tanto las instancias educativas como empresas que les proveen de servicios en la denominada “Nube pública” esté activa, disponible y en óptimas con-

diciones de operación. Es por lo que en este número de la revista TIES nuestros autores hacen especial énfasis en las características operativas de esos servicios. Nos explican cómo se han diseñado soluciones para el respaldo de la información en Centros de Datos, acciones que son indispensables para garantizar la continuidad y facilitar a profesores y alumnos el disponer de su información de forma inmediata, previniendo cualquier suceso que pudiera afectar la consistencia e integridad de los datos de las comunidades académicas. De igual forma, otro de los autores de este ejemplar nos explica la tendencia tecnológica de la computación sin servidor, un concepto que ha transformado la visión tradicional sobre el hardware y el software.

También podremos conocer en esta edición algunas de las principales recomendaciones para el monitoreo de la infraestructura, tanto de los Centros de Datos como de los equipos que componen laboratorios, aulas y centros de acceso que facilitan el uso de tecnologías de información a estudiantes que no poseen equipos de cómputo en sus domicilios. El tener información a tiempo del estado operativo de sistemas y componentes principales o periféricos resulta, hoy más que nunca, de trascendental importancia para garantizar la continuidad de las instituciones, al haberse volcado casi al 100% todas sus actividades al modelo en línea.

Precisamente sobre la relevancia de las Tecnologías de la Información y Comunicación durante la fase más crítica de la pandemia, dos de nuestros autores en este número nos llevan por un recorrido de los elementos más significativos, haciendo una reflexión del impacto que tendrá esta

innegable transformación digital en el futuro inmediato de la educación y la investigación. Sin menos importancia, en otra de las contribuciones podremos identificar el enorme impacto que tiene la seguridad física de toda la infraestructura informática que requieren las IES para cumplir con sus objetivos institucionales.

Todo lo anterior nos debe llevar a reflexionar sobre el papel que actualmente tienen estas tecnologías en nuestros métodos, procesos, objetivos, acciones y planes de desarrollo en el corto, mediano y largo plazo. Si consideramos otras tecnologías emergentes, como la Inteligencia Artificial, el Aprendizaje Profundo, los Escritorios y Laboratorios Virtuales, nos daremos cuenta de que estamos en el dintel de una nueva etapa revolucionaria de la educación en todos sus niveles, pero especialmente en el superior. Debemos prepararnos de manera multidisciplinaria para afrontar el reto de nuevas generaciones que verán en el trabajo a distancia, en los asistentes educativos personales y en la ubicuidad del cómputo solo algunas de las múltiples herramientas para su formación profesional. Es menester de los especialistas en tecnología de información divulgar estos avances y, más aún, explicarlos de manera accesible para toda la planta docente, de tal forma que su incorporación en los procesos educativos sea lo más benéfica y rápida posible.

Dr. Héctor Benítez Pérez
Director General
DGTIC UNAM

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA: UN REFERENTE TECNOLÓGICO EN EL USO Y LA APLICACIÓN DE TECNOLOGÍA VANGUARDISTA PARA RESPALDOS DE INFORMACIÓN

Joaquin Jair Foullon Inzunza

<https://www.ties.unam.mx/>

Fecha de recepción: 20 de septiembre de 2019 • Fecha de publicación: abril 2021

Abril 2021 | número de revista 3 • ISSN 2683-2968



Acervos Digitales, Dirección General de Cómputo y de Tecnologías de Información y Comunicación, UNAM

Esta obra está bajo licencia de Creative Commons
Atribución-No Comercial 4.0 Internacional (CC BY-NC 4.0)

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA: UN REFERENTE TECNOLÓGICO EN EL USO Y LA APLICACIÓN DE TECNOLOGÍA VANGUARDISTA PARA RESPALDOS DE INFORMACIÓN

Resumen

Hoy en día el respaldo de información es una tarea prioritaria. Es primordial concientizar a las instituciones en el uso de herramientas tecnológicas que permitan llevar a cabo esta actividad de manera transparente y con ello asegurar que el activo más importante de su organización está resguardado. La Universidad de Guadalajara cuenta con tecnología que permite ejecutar de manera eficiente, rápida y óptima las tareas de respaldo de información, ya que en el ámbito tecnológico esta casa de estudios no está exenta de sufrir fallas. Éstas pueden ser resultado de contingencias de índole físico y lógico, lo que ocasionaría un problema no cuantificable si no se cuenta con una solución que contemple un respaldo acorde a las necesidades de la Institución.

En el presente artículo se exponen las bondades que brinda el actual sistema de almacenamiento, en comparación con el anterior, en concordancia con el Sistema de Gestión de Seguridad de la Información (SGSI). Para dar cumplimiento a la confidencialidad, la integridad y la disponibilidad de los datos, se aplica la matriz de análisis FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades, Amenazas), para tener un panorama de las fortalezas de las nuevas tecnologías, en comparación con las obsoletas tecnologías de respaldo. Este conjunto de directrices, procedimientos y diagramas de flujo, referidos en torno al proceso global que maneja esta casa de estudios con respecto a la utilización, la administración y el uso de esta tecnología de respaldo, la convierten en un referente tecnológico para las organizaciones que no cuentan con procesos definidos y un sistema de respaldo consolidado.

Palabras clave:

Respaldo de información, Sistema de Gestión de Seguridad de la Información, herramientas tecnológicas para respaldo de información, sistemas de vanguardia en respaldos.

UNIVERSITY OF GUADALAJARA: A TECHNOLOGICAL BENCHMARK IN THE USE AND APPLICATION OF CUTTING-EDGE TECHNOLOGY FOR INFORMATION BACKUPS

Abstract

Backing up information today is a priority task, making institutions aware of the use of technological tools that allow them to carry out this activity in a transparent manner and thereby ensure that the most important asset of their organization is protected; It's essential. The University of Guadalajara joins this imperative work of having technology that allows executing information backup tasks efficiently, quickly and optimally, since in the technological field, this university is not exempt from failure, which may be the result of both physical and logical contingencies, which would cause a problem that cannot be quantified if there is no backup solution according to the needs of the Institution.

This article sets out the benefits of the storage system currently used in comparison with the one that previously operated and which is aligned to the Information Security Management System (ISMS), to comply with three points such as Confidentiality, integrity and availability of data, the SWOT analysis matrix (Strengths, Opportunities, Weaknesses, Threats) is applied to have an overview of the strengths offered by new technologies vs. obsolete backup technologies. This set of guidelines, procedures and flow diagrams related to the global process managed by this house of studies regarding the use, administration and commissioning of this backup technology; They make it a technological benchmark for those organizations that do not have defined processes and a consolidated support system.

Keywords:

Information backup, backups, computer backups Information Security Management System, information backup, data backup technology tools for information backup, state-of-the-art backup systems.

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA: UN REFERENTE TECNOLÓGICO EN EL USO Y LA APLICACIÓN DE TECNOLOGÍA VANGUARDISTA PARA RESPALDOS DE INFORMACIÓN

Introducción

Aplicación de la Tecnología para el respaldo de datos

En un mundo cada vez más globalizado, en que las tecnologías superan las barreras físicas y las personas utilizan con mayor frecuencia dispositivos para realizar tareas como el almacenamiento de grandes cantidades de información, se vuelve fundamental contar con uno o más respaldos de ella [1].

El respaldo de información es la copia de los datos importantes de un dispositivo primario en uno o varios dispositivos secundarios, ello para que en caso de que el primer dispositivo sufra una avería electromecánica o un error en su estructura lógica, sea posible contar con la mayor parte de la información necesaria para continuar con las actividades rutinarias y evitar pérdida generalizada de datos [2].

La Universidad de Guadalajara está obligada a observar la Ley de información Pública del Estado de Jalisco y sus Municipios (LIPEJM), que en su artículo 24, apartado XV, señala como obligación: “Proteger la información pública en su poder contra acceso, utilización, sustracción, modificación, destrucción, eliminación no autorizados”. En el apartado XVII del mismo artículo, la Universidad se obliga a “Utilizar adecuada y responsablemente la información pública reservada y confidencial” [3].

Actualmente existen tres tipos de almacenamiento: el primero es el físico, cuya información es accesible y la posee el usuario sin necesidad de que haya red externa [8]; el segundo es el alojamiento en la nube, que permite que la información sea consultada desde cualquier lugar del mundo [9], y el tercero es el híbrido en la nube. Este último es utilizado en servicios privados, que implican las operaciones más críticas. Ejemplo de ello es el almacenamiento de información confidencial y los servicios públicos, cuando la privacidad no es necesaria, como al compartir documentos en red, entre otras aplicaciones [10].

Herramienta de respaldo VERITAS, almacenamiento físico

El cúmulo de información que genera la Universidad de Guadalajara a través de diversas plataformas digitales, ha crecido con el paso del tiempo. VERITAS NetBackup es la herramienta que operaba con anterioridad, misma que con los años se volvió obsoleta, debido al creciente uso de las TIC (Tecnologías de la Información y la Comunicación) y la incursión de la sociedad en el mundo informático. Es por ello que la Universidad de Guadalajara se vio obligada a investigar, comparar y adquirir una nueva solución tecnológica, que se denominaría **EMC Data Domain**, que garantiza el cumplimiento de los estándares de seguridad expuestos con anterioridad, lo que la convierte en vanguardista.

Problemas que denotó la herramienta VERITAS Netbackup

Veritas Netbackup ya presentaba carencias, como:

- Ser una tecnología insuficiente para la cantidad de equipos e información que se almacenaba.
- Tiempo prolongado al realizar el respaldo de los datos, ya que aproximadamente tardaba 8 horas en respaldar 920 gigabytes.
- No existía documentación de procesos.
- Las cintas se dañaban al momento de respaldar, debido a que se reciclaban y reutilizaban.
- No existía documentación acerca del proceso de respaldo. Al no existir un orden, era latente la posibilidad de duplicar o borrar la información.

El equipo utilizaba una librería física modelo L700 de Sun Microsystems (Figura 1), con capacidad para albergar 330 cintas y 5 dispositivos de escritura. Primero se tenía que respaldar a disco local y posteriormente se enviaba a la librería [4]. La conectividad LAN era a 1gb, 6 interfaces de fibra de canal conectadas a la red de almacenamiento, capaz de tener comunicación a los espacios asignados en los 31 servidores críticos que se respaldaban.

En el reporte estadístico (Tabla 1) se puede observar la cantidad de información a respaldar, la versión del sistema operativo, el crecimiento anual, el tiempo de retención, el tipo de respaldo y el tiempo para guardar los datos.

La gráfica correspondiente a la figura 2, fue obtenida del software VERITAS Netbackup. En ella se observa la cantidad máxima de información almacenada, que fue de 180 terabytes.

Análisis FODA utilizado en la comparativa de tecnologías de respaldo EMC Data Domain vs HP StoreOnce

Debido a los cambios tecnológicos y la implementación de sistemas para dar solución a las constantes demandas de la transformación digital, la información se ha incrementado de manera exponencial. Para esta casa de estudios resulta imperante la actualización y la adquisición de nueva tecnología de respaldo, que permita responder a esos requerimientos de forma expedita y preventiva, además de dar cumplimiento a los acuerdos de nivel de servicio establecidos por la Institución y con ello mantenerse a la vanguardia en este tipo de soluciones. Es con este fin que se utilizó la matriz FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas), para recabar información tanto del entorno (externo) como de la propia Universidad (interno). Es así como se definieron las fortalezas y las oportunidades inherentes al tipo de área y al personal que la conforma (tabla 2). De igual forma, se identificaron las debilidades y las amenazas para evitar que la implementación del proyecto no fracasara.

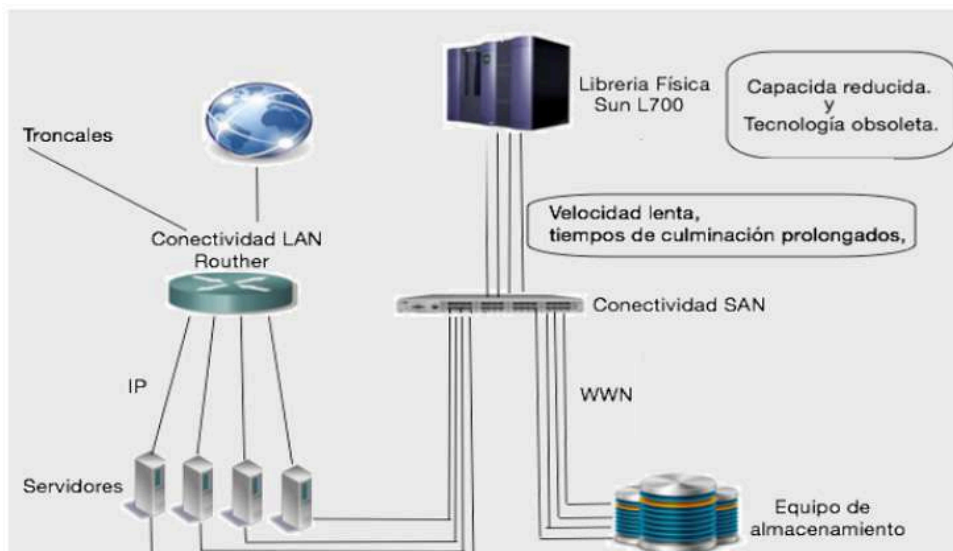


Figura 1.
Esquema de la infraestructura veritas. [Consultado julio 18, 2020].

	Sistema Operativo (Versión, Release)	Máquina Virtual	Volumen de Información	Crecimiento anual estimado	Respaldo Semanal (Full, Incremental, Diferencial)							Políticas de retención del respaldo semanal	Respaldo Mensual	Políticas de retención del respaldo mensual	Tipo de conexión e almacenamiento LAN/SAN/Otro	Ventana de respaldos
					D	L	M	M	J	V	S					
servidor 1	Solaris 9	no	TOTAL A RESPALDAR 5G	10%	F	F	F	F	F	F	F	2 semanas	1	1 año	LAN	4 horas
servidor2	windows 2000	no	TOTAL A RESPALDAR 12 GB	15%	F	F	F	F	F	F	F	3 semanas	no	no	LAN	2 horas
servidor3	windows 2000	no	TOTAL A RESPALDAR 220B	10%	F	F	F	F	F	F	F	1 mes	no	no	LAN	3 horas
servidor4	windows 2000	no	TOTAL A RESPALDAR 32 GB	10%	F	F	F	F	F	F	F	1 mes	NO	NO	LAN	3 horas
servidor5																
servidor6	windows 2000	no	TOTAL A RESPALDAR 32 GB	10%	F	F	F	F	F	F	F	1 mes	no	no	LAN	3 horas
servidor7	windows 2000	no	TOTAL A RESPALDAR 32 GB	10%						F		1 mes	no	no	LAN	3 horas
servidor8	windows 2000	no	TOTAL A RESPALDAR 529 GB	25%						F		2 semanas	no	no	LAN	8 horas
servidor9	windows 2000	no	TOTAL A RESPALDAR 424 GB	25%						F		2 semanas	no	no	LAN	3 horas
servidor10																
servidor11	windows 2000	no	TOTAL A RESPALDAR 350GB	20%		F	I	I	I	F		2 semanas	no	no	LAN	3 horas
servidor12	windows server 2008	no	TOTAL A RESPALDAR 300GB	20%		F	I	I	I	F		1 semana	no	no	LAN	3 horas
servidor13	Solaris 10	no	TOTAL A RESPALDAR 30GB	10%	F							3 semanas	no	no	LAN	4 horas
servidor14	Debian 4.0	no	TOTAL A RESPALDAR 2.5G	5%	F	I	I	I	I	I	I	3 semanas	NO	NO	LAN	3 horas
servidor15	Debian 4.0	no	TOTAL A RESPALDAR 5.5G	10%						F		1 mes	NO	NO	LAN	3 horas
servidor 28	windows 2000	no	TOTAL A RESPALDAR 15GB			F				I		3 semanas	NO	NO	LAN	3 horas
servidor 29	Windows 2003	no	TOTAL A RESPALDAR 16GB	10%		F				I		3 semanas	NO	NO	LAN	3 horas
servidor 30	Solaris 10	no	TOTAL A RESPALDAR 2.5G	10%	F	F	F	F	F	F	F		si	1 año	LAN	3 horas
servidor 31	Solaris 10	no	TOTAL A RESPALDAR 20Mb	10%	F	F	F	F	F	F	F	3 semanas	NO	NO	LAN	3 horas
servidor 32	Debian 4.0	no	TOTAL A RESPALDAR 148Mb	10%	F					I			SI	1= 1MES, F= 2procesos	LAN	3 horas

Tabla 1. Información de esquema de respaldos. Fuente: elaboración propia.

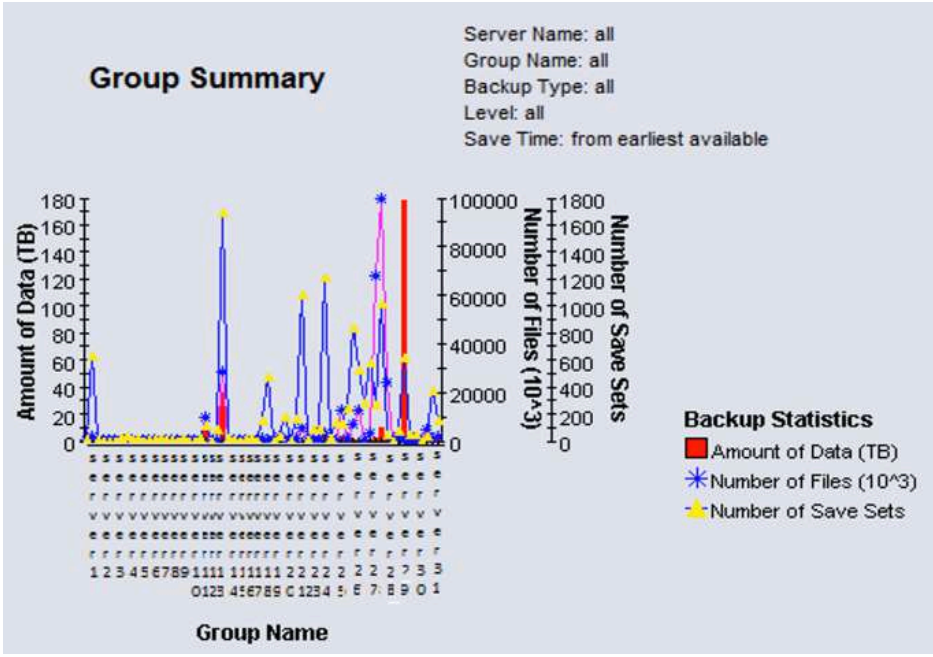


Figura 2. Gráfica de capacidad de almacenamiento. [Consultado julio 18, 2020].

Oportunidades	Amenazas	Fortalezas	Debilidades
<p>01- Mejorar los tiempos de respaldos.</p> <p>02- Mejorar la infraestructura física con la que se cuenta.</p> <p>03- Nuevas Tecnologías en sistemas de respaldos</p> <p>04- Abrir nuevos procesos y procedimientos</p> <p>05- Crecimiento en la institución a corto plazo</p> <p>06- Tener mayor capacidad de almacenar información digital.</p> <p>07- Contar con una bitácora de respaldos</p> <p>08- Tener soporte por parte del proveedor</p>	<p>A1- Pérdida de información en el proceso de respaldo</p> <p>A2- Daño físico de las cintas magnéticas que contienen información crítica</p> <p>A3- Que el equipo tenga pérdida de conectividad y sea imposible acceder a él.</p> <p>A4- No contar con el espacio suficiente para la implementación</p>	<p>F1- Posibilidad de obtener recursos económicos para la adquisición de hardware.</p> <p>F2- Se cuenta con recursos destinados al mantenimiento de la infraestructura tecnológica.</p> <p>F3- Eficiencia en los procesos del sistema</p> <p>F4- Existe una iniciativa del personal para aprender y emprender.</p> <p>F5- contar con las condiciones físicas necesarias para la correcta operación del equipo</p>	<p>D1- Algunos elementos son de recién ingreso por lo que no están familiarizados con los procesos de trabajo cotidianos.</p> <p>D2- La falta de personal se combina con exceso de tareas repetitivas y tediosas que quitan tiempo para otras actividades preventivas.</p> <p>D3- Tecnología escasa</p> <p>D4- No se tiene la infraestructura eléctrica adecuada para la implementación</p> <p>D5- No se cuenta con puertos de conectividad a nivel red para la implementación</p>

Tabla 2.
Análisis FODA. Fuente: elaboración propia.

Con base en el diagnóstico realizado, se procedió a elaborar una licitación, en la que participaron solo dos proveedores EMC y HP.

A continuación, se especifican las características de las dos soluciones.

Solución 1

HP StoreOnce 2900

1. Ofrece escalabilidad de 2U de 15.5 a 31.5 terabytes de capacidad utilizable (24 a 48 terabytes en bruto), con velocidad de hasta 5.8 terabytes/h con *HP StoreOnce Catalyst*.
2. *Federated Catalyst* permite a los almacenes *Catalyst* extender nodos, lo que implica la gestión de copias de seguridad y la optimización del sistema de almacenamiento disponible en entornos más grandes.
3. *Catalyst* sobre FC proporciona todo el control de los proveedores del servicio de Internet y los beneficios de deduplicación de StoreOnce Catalyst, su estructura Fiber Channel [5].

Solución 2

EMC Data Domain DD640

1. Es el modelo de introducción de la serie DD600, especializada en soluciones de archivo, respaldo y recuperación.
2. Capaz de albergar más de 400 petabytes de datos a una tasa de rendimiento de más de 5 terabytes por hora a tasas agregadas.
3. Ayuda a reducir el tamaño del almacenamiento central entre 10 y 30 veces.
4. Asegura la calidad de los datos y la partición adecuada, todo dentro de una sola unidad.
5. Green-amigable para las empresas con conciencia ambiental.
6. Priorización de almacenamiento para una mejor gestión [6].

Con base en la tabla 3, “Comparativa de infraestructura de almacenamientos”, se visualiza que los parámetros de la solución HP StoreOnce 2900 son menores en desempeño de escritura máxima, expansión, Opciones

Tabla comparativa de equipos propuestos		
Características	EMC Data Domain DD640	HP StoreOnce 2900
Capacidad usable de datos en Terabytes		
Brutos	40	24
Utilizables	30	15
Ampliable	60	48
Interfaz de host	4 puertos de 1Gb por tipo de interfaz de host y número de puertos por computadora 2 puertos de 10Gb por controladora	2 puertos de 10Gb por controladora 4 puertos de 1 Gb por tipo de interfaz de host y número de puertos por controlador
Desempeño de escritura máxima	4.9 Terabytes /hora	4.6 Terabytes /hora
Catalyst performance máxima	5.6 Terabytes/hora	5.8 Terabytes/hora
Cintas máximas	29897	24576
Máxima fan-in/backup targets	64	24
Deduplicación	si	si
VTL (Virtual Tape Library)	si	Si
Compatibilidad con RAID 6	si	si
Soporte de réplicas	Si (mas licenciamiento)	Si (mas licenciamiento)
Unidades de rack		
Controladora	2 U	2 U
Expansión	8 máxima	5 máxima
Requerimientos de energía	100-120/200-240 V~, 50-60 Hz	100-120/200-240 V~, 50-60 Hz
Opciones de I/O	Dual-port 1 GbE (copper and optical)	Dual-port 1 GbE (copper and optical)
	Quad-port 1 GbE copper	Quad-port 1 GbE copper
	Dual-port 10 GbE (copper and optical)	
	Dual-port 8Gbs Fibre Channel HBA for Data Domain Virtual Tape Library (DD VTL)	Dual-port 4Gbs Fibre Channel HBA for DD VTL
Conectividad externa de almacenamiento	Two quad-port SAS HBA	No soporta
Garantía	3 años	3 años
Costo *	195,547.00	189,500.00
*El costo está en dólares y este puede variar si el pago se hace en pesos debido al tipo de cambio		

Tabla 3.
Comparativa de infraestructura de almacenamiento. Fuente: elaboración propia.

de I/O y *no cumple* en conectividad externa de almacenamiento, por lo que la Institución optó por la solución EMC Data Domain DD640.

Características de EMC Data Domain

El sistema de respaldo *EMC Data Domain* ostenta un almacenamiento físico de 70 terabytes, lo que permite acumular lógicamente más de 1.5 petabytes. Esto es posible debido a que cuenta con tecnología de deduplicación de datos en línea, es decir, que los datos son deduplicados

antes de ser almacenados en el disco físico del sistema. Los tipos de respaldos que se manejan son completos (full), diferencial e incremental.

Este software permite realizar verificaciones automáticas de los datos respaldados, para garantizar la integridad de los mismos al momento de las restauraciones. Además, posee una funcionalidad para el envío de alertas a través del correo electrónico. Se debe contar con una alternativa de respaldo en cinta, el cual es utilizado para almacenar la información histórica, que por ley es necesario resguardarla por 10 años [4] [7].

Beneficios del sistema de respaldo EMC Data Domain vs VERITAS Netbackup

Las mejoras otorgadas por la solución de respaldo EMC Data Domain, en comparación con VERITAS Netbackup, superaron y duplicaron los tiempos de respuesta en procesamiento y conectividad.

A continuación, se anexa la tabla 4, en la cual se comparan ambas tecnologías.

En la figura 3 se graficaron los niveles de almacenamiento de la herramienta EMC Data Domain.

Acciones implementadas por la Universidad de Guadalajara para garantizar la seguridad y disponibilidad de la información

Para garantizar la seguridad y la disponibilidad de la información en la Universidad de Guadalajara, se pusieron en marcha las siguientes acciones:

- Acceso a servidores de información solo a través de IP o nombre de dominio.
- Limitar roles y responsabilidades, es decir, que sólo personal autorizado administre la información.

CARACTERÍSTICAS	VERITAS Netbackup	EMC Data Domain
Respaldo y recuperación de datos	8 horas	4 horas
Redundancia y deduplicación	No cuenta con esta característica	✓
Ahorro de recursos	Requiere espacio para la consola y la librería física	Es una sola caja
Optimización de equipos	Conexiones más lentas y mayor consumo de recursos, por ser una tecnología obsoleta	La respuesta es más rápida por la tecnología que utiliza en procesamiento y por la velocidad que opera el puerto de red
Costos reducidos	Consumo de cintas magnéticas	Ya no se requiere la compra de este suministro
Estadísticas de desempeño	No cuenta con esta característica de monitoreo a nivel granular	Sí cuenta con la característica de monitoreo a un nivel granular
Alertas a través del correo electrónico	✓	✓
Arreglo de discos	Se cuenta con 10 terabytes de almacenamiento, en el cual se repite información y se manejan respaldos completos.	Arreglo de discos SATA con capacidad de 30 terabytes usables como mínimo para almacenar información deduplicada, esto es, se eliminan los datos redundantes almacenados
Gráfica de Almacenamiento	Se representa en la figura 2 de este documento	Se representa en la figura 4 de este documento

Tabla 4. Comparativa de soluciones de respaldo. Fuente: elaboración propia.

Gráfica de almacenamiento de información actual y pronóstico a 3 años

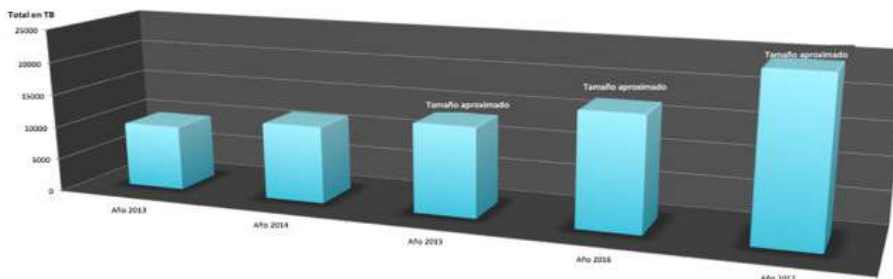


Figura 3. Gráfica de almacenamiento actual. [Consultado julio 18, 2020].

- Contar con un firewall habilitado y llevar un control del tipo de privilegio que se le otorga al usuario final.
- Manejo de administración de usuarios autorizados.
- Bloqueo de las IP a nivel host [7].

En el diagrama contenido en la figura 4 se visualiza el esquema de la infraestructura actual:



Figura 4.
Diagrama de respaldo actual. [Consultado julio 18, 2020].

Procedimiento de solicitud de respaldos y recuperación de datos definidos al interior de la Coordinación de Operaciones

Para dar continuidad a la operación de servicios y cumplir con los niveles de seguridad, los altos mandos definieron los procesos y lineamientos aplicados en la Coordinación de Operaciones y con ello ofrecer una mejor calidad de servicio. La puesta en producción del sistema de respaldo EMC Data Domain, evolucionó los tiempos de conectividad y respuesta en un 100%, debido a la conexión a los equipos y canales dedicados para este fin.

Políticas de operación

- El medio oficial para recibir solicitudes de respaldo y recuperación de información, es el Service Desk (mesa de servicio).
- Es responsabilidad del cliente proporcionar en su solicitud la información necesaria para respaldar o recuperar datos.
- Si al analizar los recursos de almacenamiento disponibles no es posible cubrir la petición, ésta se cancelará o se pospondrá hasta reunir los requerimientos y se notificará al cliente.

- Los dispositivos de almacenamiento son de uso exclusivo para albergar la información crítica de la Institución. Esta política es definida por la Coordinación de Operaciones con el cliente y queda prohibido su uso para otras actividades que no contribuyan a este propósito.

Es importante señalar que solo se respaldan equipos productivos y se ejecuta el proceso cuando la actividad de éstos es menor y el tráfico de la red es mínimo. El objetivo principal es garantizar la operación óptima del servicio, en cuanto a respaldo de información se refiere.

Flujo de actividades

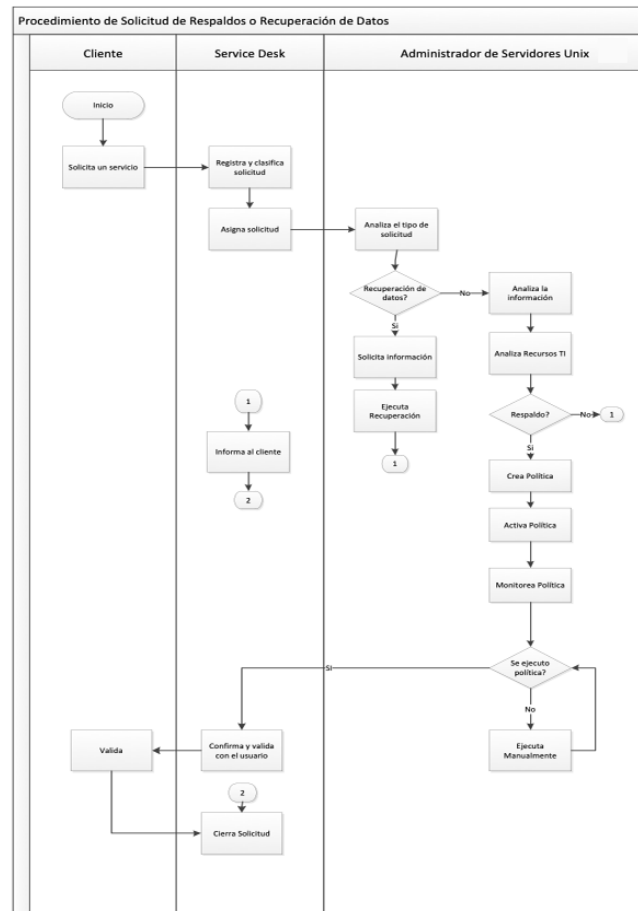


Figura 5.
Procedimiento de solicitud de respaldo o recuperación de datos. [Consultado julio 18, 2020].

Formato de solicitud de respaldos de información

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA		Red Universitaria de Jalisco		CGTI																																																																																																																																					
<table border="1"> <tr> <td colspan="6">Información del usuario</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Apellido Paterno</td> <td colspan="2">Apellido Materno</td> <td colspan="2">Nombre</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Función / Cargo</td> <td colspan="2">Teléfono</td> <td colspan="2">Extensión</td> </tr> <tr> <td colspan="2">e-mail</td> <td colspan="2">Unidad o Dependencia</td> <td colspan="2"></td> </tr> </table>						Información del usuario						Apellido Paterno		Apellido Materno		Nombre		Función / Cargo		Teléfono		Extensión		e-mail		Unidad o Dependencia																																																																																																															
Información del usuario																																																																																																																																									
Apellido Paterno		Apellido Materno		Nombre																																																																																																																																					
Función / Cargo		Teléfono		Extensión																																																																																																																																					
e-mail		Unidad o Dependencia																																																																																																																																							
<table border="1"> <tr> <td colspan="6">Ubicación e información de servidor a respaldar</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Centro de Datos</td> <td colspan="2">Nombre del Servidor</td> <td colspan="2">Sistema operativo</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Dirección Ip</td> <td colspan="2">Versión de Sistema Operativo</td> <td colspan="2">Horario sugerido</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Tipo de Procesador</td> <td colspan="2">Frecuencia</td> <td colspan="2">Periodo de retención</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Nombre de Carpetas a respaldar</td> <td colspan="3">Ruta de las carpetas</td> <td>Tamaño (MB)</td> </tr> <tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>7</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>9</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>10</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>11</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>12</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>13</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>14</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>15</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td colspan="6">Ejemplo:</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>Pruebas</td> <td colspan="3">C:\Exámenes\2013\</td> <td>152 MB</td> </tr> </table>						Ubicación e información de servidor a respaldar						Centro de Datos		Nombre del Servidor		Sistema operativo		Dirección Ip		Versión de Sistema Operativo		Horario sugerido		Tipo de Procesador		Frecuencia		Periodo de retención		Nombre de Carpetas a respaldar		Ruta de las carpetas			Tamaño (MB)	1						2						3						4						5						6						7						8						9						10						11						12						13						14						15						Ejemplo:						1	Pruebas	C:\Exámenes\2013\			152 MB
Ubicación e información de servidor a respaldar																																																																																																																																									
Centro de Datos		Nombre del Servidor		Sistema operativo																																																																																																																																					
Dirección Ip		Versión de Sistema Operativo		Horario sugerido																																																																																																																																					
Tipo de Procesador		Frecuencia		Periodo de retención																																																																																																																																					
Nombre de Carpetas a respaldar		Ruta de las carpetas			Tamaño (MB)																																																																																																																																				
1																																																																																																																																									
2																																																																																																																																									
3																																																																																																																																									
4																																																																																																																																									
5																																																																																																																																									
6																																																																																																																																									
7																																																																																																																																									
8																																																																																																																																									
9																																																																																																																																									
10																																																																																																																																									
11																																																																																																																																									
12																																																																																																																																									
13																																																																																																																																									
14																																																																																																																																									
15																																																																																																																																									
Ejemplo:																																																																																																																																									
1	Pruebas	C:\Exámenes\2013\			152 MB																																																																																																																																				

Figura 6. Formato de solicitud de respaldo de información. [Consultado julio 18, 2020].

Tendencias

El 77% de los usuarios ha perdido información por no realizar respaldos, por lo que difundir este tema a través de las redes sociales o plataformas digitales, contribuiría a disminuir en gran medida esta cifra. Es importante mencionar que las copias de seguridad deben ser guardadas en un lugar distinto al equipo de donde

proviene los datos [11]. Las soluciones de *respaldo* en la nube están cambiando la falta de dinamismo y dispersión, con que se habían percibido tradicionalmente los sistemas de respaldo de almacenamiento físico sobre demanda. El *respaldo en la nube* se está convirtiendo en un nuevo modo de solucionar las necesidades y los desafíos que presenta el respaldo de todo tipo de información (tanto la data actual como la más

antigua). Incluso va más allá, porque aporta soluciones que agregan agilidad, economía y flexibilidad a las antiguas operaciones basadas en disco o en cinta física. Son tecnologías cada vez más ágiles y eficientes [12].

Conclusión

Actualmente la globalización tecnológica permite que diversas empresas ofrezcan servicios de respaldos locales, híbridos o en la nube. Lo destacable es crear conciencia para que disminuya el porcentaje de empresas que pierden su información por no contar con equipos especializados para este fin o por el desconocimiento de cómo, para qué o cuál es la importancia de realizar copias periódicas.

No se recomienda el uso de herramientas gratuitas, que proliferan en la red como apoyo para los respaldos, porque posiblemente no cuentan con un contrato de confidencialidad, lo que puede llevar al uso de la información con fines de explotación y venta. Asimismo, se sugiere incluir el día mundial del backup como fecha importante.

Es trascendental iniciar con paso firme, así como analizar y concientizar en el uso de herramientas para respaldar la información. Debemos cambiar la tendencia. Es mejor asegurar nuestra información en dispositivos ajenos a nuestra institución y acceder a ella en caso de un desastre no previsto o una eventualidad que lamentemos por no contar con una copia de seguridad. Esto se traduciría en afectaciones económicas, laborales, emocionales y personales. No obstante, es recomendable realizar respaldos de manera local, cuando, por políticas de la empresa, no sea posible que la información sea alojada en un sitio alternativo (nube) o cuando la mayor parte de tus servicios críticos están alojados de forma nativa en alguna nube pública.

Es primordial la utilización de un sistema de gestión de respaldos, aunado a una infraestructura que cumpla y se adapte a las necesidades propias de una institución, para garantizar que la información está protegida.

A través de su personal altamente calificado, la Universidad de Guadalajara y la Coordinación General de Tecnologías, sugieren el modelo híbrido en la nube, por su adaptación a la constante demanda tecnológica, el ahorro en recursos, el manejo de datos sensibles a nivel

local y la flexibilidad al contar con una mayor gama de opciones al momento de seleccionar qué servicio es mejor para cada necesidad, considerando que la solución sea compatible con el sector público o privado, los lineamientos con los que éstos cuentan e, incluso, el capital asignado para este rubro.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Welivesecurity, “31 de marzo: Día Mundial del Respaldo,” *Welivesecurity by eset*, marzo 31, 2012. [En línea]. Disponible en: <https://www.welivesecurity.com/la-es/2012/03/31/31-marzo-dia-mundial-respaldo/> [Consultado en julio 17, 2020].
- [2] Multicomp, “Respaldo de Información,” *Multicomp*, 1998-2020. [En línea]. Disponible en: <https://multicomp.com.mx/seguridad-informatica/respaldo-de-informacion/> [Consultado en julio 11, 2020].
- [3] Gobierno del Estado de Jalisco, *Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública del Estado de Jalisco y sus Municipios*. 2013. [En línea]. Disponible en: https://transparencia.info.jalisco.gob.mx/sites/default/files/Ley%20de%20Transparencia%20y%20Acceso%20a%20la%20Informaci%C3%B3n%20P%C3%ABlica%20del%20Estado%20de%20Jalisco%20y%20sus%20Municipios_15.pdf [Consultado en julio 17, 2020].
- [4] Universidad de Guadalajara, “Evolución en respaldos de información,” *Gaceta UdeG*, febrero 04, 2019. [En línea]. Disponible en: <http://www.gaceta.udg.mx/Evolucion-en-respaldos-de-informacion/> [Consultado en julio 12, 2020].
- [5] Hewlett Packard Enterprise Centro de Soporte, “HP StoreOnce 2900 Backup - Overview,” *Hewlett Packard Enterprise Centro de Soporte*, febrero, 2015. [En línea]. Disponible en: https://support.hpe.com/hpesc/public/docDisplay?docId=emr_na-c04622672 [Consultado en julio 17, 2020].
- [6] Dell EMC, “Data Domain Operating System 6.2 Guía de administración,” *Dell EMC*, diciembre, 2018. [En línea]. Disponible en: <https://www.delltechnologies.com/es-mx/collaterals/unauth/technical-guides-support-information/products/data-protection/docu91804.pdf> [Consultado en julio 17, 2020].
- [7] Universidad de Guadalajara, “La importancia del respaldo de información,” *Gaceta UdeG*, septiembre 10, 2018. [En línea]. Disponible en: <http://www.gaceta.udg.mx/La-importancia-del-respaldo-de-informacion/> [Consultado en julio 17, 2020].
- [8] I. Aparicio, “¿Almacenamiento on-line o físico? Decisión de futuro,” *Noticias 3D*, agosto 19, 2010. [En línea]. Disponible en: <https://www.noticias3d.com/articulo.asp?idarticulo=1315&pag=5> [Consultado en julio 18, 2020].
- [9] OK Diario, “Pros y contras de guardar tus archivos en la nube,” *OK Diario*, enero 05, 2018. [En línea]. Disponible en: <https://okdiario.com/tecnologia/guardar-archivos-nube-ventajas-desventajas-70643> [Consultado en julio 18, 2020].
- [10] MEDIACLOUD, “Nube híbrida o cloud híbrida: Descubre cuáles son las ventajas de la,” *MEDIACLOUD*, 2018. [En línea]. Disponible en: <https://blog.mdcloud.es/descubre-las-ventajas-la-nube-hibrida/> [Consultado en julio 18, 2020].

- [11] Welivesecurity, “El 77% de los usuarios ha perdido información por no realizar respaldos,” *Welivesecurity by eset*, noviembre 09, 2012. [En línea]. Disponible en: <https://www.welivesecurity.com/la-es/2012/11/09/77-usuarios-perdido-informacion-no-realizar-respaldos/> [Consultado en julio 18, 2020].
- [12] ISC, “Cloud y Archivado de datos en la Nube: Últimas tendencias de backup,” *ISC Ingeniería, Servicios y Comunicaciones S.A.*, mayo 30, 2018 [En línea]. Disponible en: <https://www.isc.cl/cloud-y-archivado-de-datos-en-la-nube-ultimas-tendencias-de-backup/> [Consultado en julio 18, 2020].

Cómo se cita:

J. F. Inzunza, “Universidad de Guadalajara: un referente tecnológico en el uso y la aplicación de tecnología vanguardista para respaldos de información,” *TIES, Revista de Tecnología e Innovación en Educación Superior*, n. o. 3, abril, 2021. [En línea]. Disponible en: <https://www.ties.unam.mx/> [Consultado en mes día, año]

MONITORIZACIÓN DE INFRAESTRUCTURA TECNOLÓGICA COMO MEJORA EN CENTROS DE DATOS

Manuel Ignacio Quintero Martínez

Sergio Anduin Tovar Balderas

<https://www.ties.unam.mx/>

Fecha de recepción: septiembre 23 de 2019 • Fecha de publicación: abril de 2021

Abril 2021 | número de revista 3 • ISSN 2683-2968



Acervos Digitales, Dirección General de Cómputo y de Tecnologías de Información y Comunicación, UNAM

Esta obra está bajo licencia de Creative Commons
Atribución-No Comercial 4.0 Internacional (CC BY-NC 4.0)

MONITORIZACIÓN DE INFRAESTRUCTURA TECNOLÓGICA COMO MEJORA EN CENTROS DE DATOS

Resumen

La infraestructura tecnológica en los centros de datos es una parte vital y debe estar disponible la mayor parte del tiempo para sus usuarios. Para ello muchas actividades se involucran. Una de ellas es la monitorización, que se vuelve crítica tanto en la prevención como en la atención a incidencias de cómputo. En este artículo se presentan algunos elementos a considerar para la incorporación de sistemas de monitorización, así como una breve descripción de Nagios, una de las opciones de licencia libre más populares.

Palabras clave:

Monitorización, infraestructura tecnológica, disponibilidad, Nagios.

AVAILABILITY IMPROVEMENT IN DATA CENTERS USING TECHNOLOGICAL INFRASTRUCTURE MONITORING

Abstract

Technological infrastructure in data centers is a vital part and should be available most of the time for its users, and it involves many activities, one of them is monitoring, which becomes critical, both in prevention and in the attention to computer incidents. This article presents some elements to be considered to incorporate monitoring systems, as well as a brief description of Nagios and some of its capabilities, one of the most popular free license monitoring systems.

Keywords:

Monitoring, technological infrastructure, availability, Nagios.

MONITORIZACIÓN DE INFRAESTRUCTURA TECNOLÓGICA COMO MEJORA EN CENTROS DE DATOS

Introducción

La infraestructura tecnológica en un centro de datos involucra muchos elementos, como: sistemas (eléctrico, aire acondicionado), seguridad (física y lógica), equipos (servidores, telecomunicaciones) y su ubicación, estantes, organizadores, etcétera.

Uno de los objetivos de un centro de datos es ofrecer servicios con el empleo de infraestructura tecnológica. La disponibilidad de los servicios es uno de los principales requisitos y preocupaciones, ya que deben estar a la mano la mayor parte del tiempo o cuando son requeridos. Por ello es importante identificar cambios en los servicios que se ofrecen en el centro de datos y en la infraestructura tecnológica asociada a los mismos, para atender de una manera más precisa los eventos que puedan presentarse. Aquí toma relevancia la implementación de al menos un sistema de monitorización.

Un sistema de monitorización puede entenderse como uno o más sistemas que de manera conjunta, dentro de la infraestructura tecnológica, tienen la función de vigilar la presencia de fallas en otros sistemas [1].

Los sistemas de monitorización pueden ayudar a detectar y solucionar problemas en la infraestructura y los servicios que soportan, antes de que se produzca una crisis. Esto se logra cuando el sistema de monitorización envía una alerta de patrones establecidos, como posibles desencadenantes o causantes de problemas [1].

Así, se puede establecer que la monitorización de la infraestructura tecnológica busca, en forma general, tener un medio de vigilancia constante que indique la disponibilidad y la utilización de recursos, haciendo posible la identificación de variaciones no deseadas y posibles errores en el futuro, o bien, que podrían estar en proceso y requieren atención.

Sin embargo, esta no es la única función que cumplen los sistemas de monitorización. Entre sus bondades está la realización de análisis de datos históricos o mostrar tendencias de los elementos que se monitorizan. Es significa que cuando se presentan problemas a lo largo del tiempo, se emplean los datos recabados del equipo, servicio y recursos utilizados, para la proyección, la renovación o la actualización de la infraestructura en un futuro. Además, el análisis de problemas recurrentes permite encontrar su causa para resolverlos. Todo esto, en conjunto con planes de acción, permite mejorar los niveles de servicio de un centro de datos.

Desarrollo

Factores para la implementación de un sistema de monitorización

Los administradores de TI que cuentan con un sistema para monitorizar la infraestructura tecnológica en un centro de datos, tienen muchas ventajas: desde identifi-

car cuando un equipo pierde conectividad o un servicio se detiene, hasta tener datos sobre la utilización de recursos en una fecha y hora específicos. Todo dependerá de la granularidad con la que se estén revisando los equipos. En general, no existe una implementación estándar que solucione todas las necesidades en diversas organizaciones (por ejemplo, las instituciones de educación superior), esto debido a sus características particulares y la adecuación específica para cada una. Por tal motivo, a continuación se plantearán algunos elementos importantes para evaluar y diseñar su implementación.

Monitorización por orden de importancia

David Josephsen menciona que “sin un entendimiento claro de los sistemas considerados críticos, cualquier iniciativa de monitorización estará condenada al fracaso” [1]. Por ello se vuelve importante identificar cuáles son los activos que sería interesante monitorear antes de evaluar, instalar y configurar cualquier herramienta que ayude a revisar el estado de los equipos, debido a que no todos tienen la misma relevancia dentro de la organización. Por lo tanto, priorizar y ordenar los activos (equipos y servicios) es el primer paso. De esta manera se podrán establecer objetivos, debido a que es imposible vigilar todos los puntos de todos los recursos tecnológicos. Al menos en un principio, serán los de mayor criticidad los que deberían ser monitorizados constantemente.

Generación de información, no de datos

Se debe establecer una diferencia entre dos términos usados comúnmente: *datos e información*. Un *dato* es un valor que representa algo, mientras que *información* es un conjunto de datos que tienen un proceso y significado para su destinatario [2]. Es importante mencionar que un sistema de monitorización puede generar una gran cantidad de datos. Por tal motivo, se vuelve esencial establecer cuáles serán realmente información en términos de disponibilidad. No todos son realmente útiles e, incluso, pueden generar falsos positivos.

Como ejemplo, se puede pensar que, si el procesamiento de un servidor se encuentra por encima del 80%, podría generar una alerta a los administradores para que tomen acciones, incluso más si se da a las 03:00 a.m. de un lunes. Sin embargo, esto podría ser diferente si este servidor procesa calificaciones o estados de cuenta ban-

carios, y son los lunes a esa hora cuando se realizan procesos de consolidación o respaldo. Ese sería seguramente un parámetro normal y esperado. Esto deja ver como la información del sistema de monitoreo y adecuarlos a los sistemas en que son implementados permite identificar estos casos para saber si se trata de un proceso normal o es una desviación que se necesita revisar.

Depuración de la información

Los sistemas de monitorización buscan generar información, no sólo datos. Sin embargo, es importante que los administradores la analicen para mejorar la disponibilidad, contextualizándola y ajustándola a la realidad y el contexto de la organización.

Retomando el caso anterior, los administradores no configuran sus alertas de forma granular, estableciendo un día y hora para recibir notificaciones, a pesar de saber, de antemano, que sus equipos realizarán un proceso que incrementará el uso de CPU en el equipo a las 03:00. Por lo tanto, recibirán alertas cuando se sobrepase el valor establecido en la configuración. Esto les permitirá, en cualquier otro momento, saber si existe una sobrecarga anormal en los equipos. Seguramente se acostumbrarán a tener demasiadas alertas, y como podría llegar a ser entendible desde su perspectiva, las silencian o las borran en automático. Esto puede ser un problema en este periodo de tiempo, porque si en ese momento hay una falla eléctrica que apague de forma no planeada el servidor, no se darán cuenta de ello hasta que los usuarios comiencen a tener problemas al acceder al servicio.

Una mala implementación conllevará a una saturación de alertas, de tal forma que se dejará de tomar acciones cuando suceda un evento. El exceso de notificaciones es tan poco útil, como su inexistencia, ya que después de algún tiempo todas las alertas comenzarán a ser ignoradas, se dejarán de tomar acciones (si es que alguna vez se comenzaron a realizar) y de forma regular se tratarán como falsos positivos [1].

Algunos sistemas de monitoreo permiten programar los días y los horarios de revisión, así como especificar ventanas de mantenimiento para evitar la generación de alertas, como notificaciones por correo electrónico.

Implementación desde el ser y no el deber ser

Sabemos que cada organización cuenta con su propia infraestructura y que cada una de ellas se adapta, crece y se modifica a partir de las necesidades, eventos y cambios. Por esta razón, al implementar un sistema de monitorización, se debe comenzar a partir de los elementos conocidos de la infraestructura, para familiarizarse con éste y saber el significado de las alertas emitidas, esto para conocer el comportamiento normal de los sistemas a monitorizar. Hacerlo en forma inversa, informará que los sistemas no se adaptan a lo deseado, teniendo métricas y parámetros que, en el mejor de los casos, mostrarán una falla constante, cuando en realidad es su comportamiento normal. En esto Josephsen menciona que “toda herramienta de monitorización requiere una fuerte inversión de tiempo en la personalización, antes de que comience a solucionar problemas” [1].

Diseñar conforme a la arquitectura existente y futura

Uno de los puntos más importantes al diseñar una estrategia de revisión de los equipos, se encuentra en posicionar el sistema de monitoreo, y si el procesamiento será centralizado (ejecutado por quien monitoriza) o descentralizado (realizado por quienes son monitorizados).

En la figura 1 se aprecia un sistema de monitoreo que es capaz de revisar los servidores ubicados en la locación A y B. La locación B puede ser un cuarto de telecomunicaciones alterno, con una ubicación geográfica distinta a la primera.

El mejor lugar para posicionar un sistema de monitorización dependerá de diversas características, que podrían depender de los siguientes puntos:

- **Activos identificados como críticos.** Sin duda, deben ser identificados aquellos equipos que soportan las operaciones de la organización, por lo que deben tener mayor prioridad para ser monitorizados. Así, si los equipos o servicios más importantes se ubican en sólo una locación, podría pensarse en poner en este lugar el sistema de monitorización.
- **Ancho de banda entre locaciones.** Si la conectividad es limitada, sería poco viable establecer el monitoreo desde un solo punto, por lo que debe de ponderarse el ancho de banda utilizado para monitorizar, de tal forma que éste no interfiera en las operaciones regulares de la organización.
- **Resultados de monitoreo en tiempo real.** Si ambas locaciones dependen de equipos diferentes, es probable que se pueda establecer la revisión de equipos desde cada locación, sólo para quienes solucionarán los problemas locales.
- **Enlace de conexión deja de funcionar.** En ocasiones es preferible tener planes de contingencia. Por ejemplo, tener una estructura jerárquica, donde los

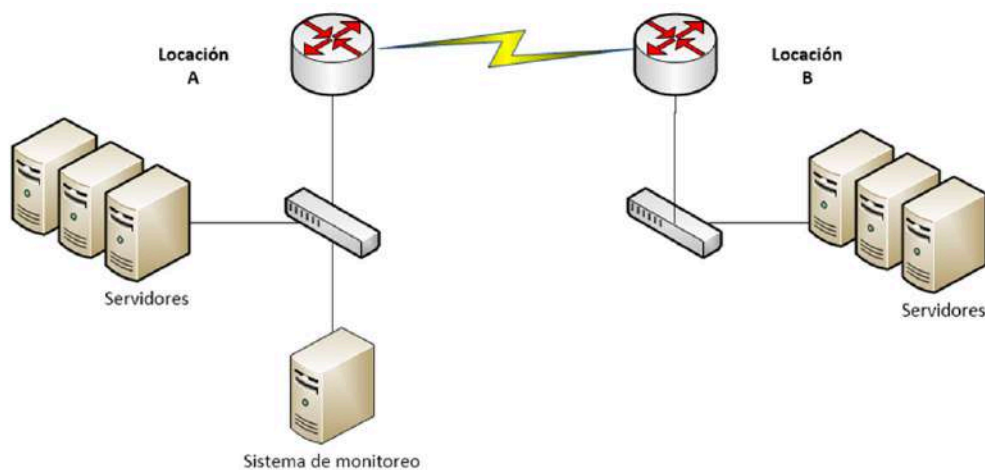


Figura 1.
Locaciones remotas. 2019. Fuente: elaboración propia.

equipos de monitorización locales reporten a uno de consolidación, de tal manera que permita una visualización de la mayor parte de la infraestructura, para que en caso de que algún enlace falle, se pueda notificar por otro medio (por ejemplo, por una llamada telefónica).

- **Crecimiento del sistema de monitorización.** Uno de los grandes problemas que hemos visto en la implementación de sistemas de monitorización, es que comienza como un proyecto pequeño, crece de forma exponencial y los recursos actuales se vuelven insuficientes, o bien, el diseño no permite que se escale, teniendo que implementarse más de un sistema no coordinado, viéndose dificultada la unificación de la información. Puede incluso, pensarse en un sistema distribuido desde el primer nodo.
- **Recursos destinados a la monitorización.** Si se tienen recursos limitados para la monitorización, se asumirá que habrá posibles puntos de fallos. Asimismo, se debe diseñar una estrategia, teniendo como parámetro de decisión qué tendría menor impacto.
- **Administrador del sistema de monitorización.** Si se cuenta con personal dedicado a la monitorización, se puede establecer un monitoreo más detallado para cada equipo y servicio. En algunas organizaciones educativas sucede que esta tarea se agrega a un equipo de soporte ya existente, que deberá optimizar y afinar el sistema de monitoreo para requerir el mínimo de su intervención, ya que cuando se produzca alguna alerta se tendrá la certeza de que algo sucedió y necesita atención.

Los puntos anteriores permitirán considerar diferentes implementaciones basadas en la red de datos, recursos y activos de la organización, así como determinar si se utilizará una base de datos centralizada o distribuida, ya que dependerá de si habrá uno o más sistemas de monitoreo.

Algunos aspectos de seguridad

Finalmente, hay que tomar en cuenta que la información reportada, o que generan estos sistemas, describe el comportamiento de la infraestructura. Por ello es importante protegerla. Algunas recomendaciones específicas de seguridad para los sistemas de monitoreo en general, son:

- Cifrar la información entre el sistema de monitorización y el equipo que reporta.
- Los clientes de monitoreo o agentes se instalan en los equipos que van a ser revisados. Procesan bitácoras y obtienen información del equipo donde se instaló, misma que es enviada al sistema de monitoreo. Cuando se usan clientes en los equipos, se recomienda asignar los permisos necesarios para su funcionamiento, de tal manera que solo puedan realizar las tareas para las que están diseñados. Con ello se reduce la superficie de ataque.
- En caso de realizar el monitoreo en forma centralizada, en la medida de lo posible debe hacerse al menor número de puertos o servicios posibles. Algunos sistemas, como Nagios, permiten establecer revisiones que simulen ser la acción de un usuario. Por ejemplo, puede inspeccionar el comportamiento de un sitio web, y con ello vigilar el sistema web, la base de datos de la que hace uso y el sistema de autenticación en un solo paso, obteniendo de cada equipo el uso de la memoria, el procesador y el número de conexiones [3].
- Es posible que existan alertas que requieran información complementaria a la reportada por el sistema de monitorización. Se puede vincular con otras herramientas, como un SIEM (*Security Information and Event Management*, por sus siglas en inglés). Estos sistemas permiten recopilar y correlacionar eventos e incidentes de diversas fuentes, para poder realizar predicciones.

Nagios como herramienta de monitorización

Nagios es un sistema de licencia libre, modular y escalable, que permite personalizar el tipo de datos que se desea revisar. Su elemento primario es Nagios Core, que puede entenderse como el sistema base. Permite a su vez realizar la monitorización, tanto por plugins como por módulos [4].

Un *plugin* es un archivo ejecutable o programa, que hace una tarea de revisión o reporte específico en los equipos remotos, que reportan hacia el sistema de monitorización, siendo ejecutado por un componente llamado NRPE (*Nagios Remote Plug-in Executor*). Un tipo de *plugin* que merece una mención especial es *End-to-End* (E2E), que hace posible la realización de acciones automatizadas y actuar como lo haría un usuario normal, ampliando las capacidades de monitorización desde Nagios mismo [3].

Por otro lado, los módulos dependen de NEB (*Nagios Event Broker*), un *API* (Interfaz de Programación de Aplicaciones, por sus siglas en inglés) que permite modificar, complementar o crear flujos de trabajo a partir de los resultados de los diferentes plugins implementados. Ambos suelen ser desarrollados por la comunidad de Nagios, pero la flexibilidad y la escalabilidad de este sistema permite crear uno ajustado a las necesidades específicas de cada organización [5].

La configuración de Nagios suele ser muy moldeable y, en principio, sencilla en su estructura. Depende de archivos de texto, modificables desde cualquier herramienta básica de edición, sin embargo, éstos pueden volverse más complejos conforme se agregan especificaciones o arquitecturas de red al mismo sistema [4]. La puesta a punto de los mismos archivos puede ser una tarea lenta, que requiere de una buena cantidad de ensayos para ser exitoso. Por otra parte, es importante respaldar la configuración y la información recabada por el sistema de monitoreo.

como NagiosPHP, que permite ampliar y modificar la original, extendiendo las capacidades de visualización de Nagios [4].

Por defecto, Nagios cuenta con un mapa de infraestructura (el cual debe personalizarse como se muestra en la figura 3), en el que pueden visualizarse los hosts y los servicios monitoreados, grupos de host (*hostgroups*), grupos de servicios (*servicegroups*), reportes de disponibilidad, alertas, notificaciones y bitácoras de eventos [6]. En la figura 3 se muestra un ejemplo de personalización en la visualización de recursos en un sistema Nagios. Las imágenes permiten identificar diversos equipos, como sensores de red que utilizan Snort [19] y equipos de red (conmutadores y puntos de acceso inalámbrico, entre otros).

La implementación de este sistema suele ser sencilla, una vez que se ha diseñado una estrategia y se tiene claro qué es lo que se desea monitorizar [11].

Algunas de las características adicionales en la infraestructura de Nagios, son [3]:



Figura 2.

Nagios Core, "Personalización de nagios cores," 2019. [Fotografía]. Disponible en: Sistema Nagios [Consultado en septiembre 20, 2019].

Un último elemento se encuentra en la interfaz web de visualización. Esta interfaz se basa en tecnología *CGI* (Interfaz de Entrada Común, por sus siglas en inglés), método por el cual un servidor web puede interactuar con programas externos de generación de contenido [16]. En algunos aspectos es posible personalizar la página web a las necesidades de cada organización [6], pero cuenta con limitaciones. Por ejemplo, en la figura 2 se muestra una personalización realizada en un sistema Nagios, para la monitorización de los recursos del Capítulo UNAM del HoneyNet Project. Sin embargo, existen alternativas

- Nagios generalmente opera a través de un cliente en los dispositivos que monitoriza, lo que le permite realizar comprobaciones sobre controles específicos, aunque puede hacer una revisión externa, como conexión a un equipo o puerto, o bien, interacciones E2E.
- Las revisiones se realizan de forma programada.
- Las configuraciones se realizan en archivos de texto, lo que simplifica su uso.
- Permite el envío de alertas por diversos medios, como SMS, mensajería instantánea, redes sociales y correo electrónico, entre otros [7].

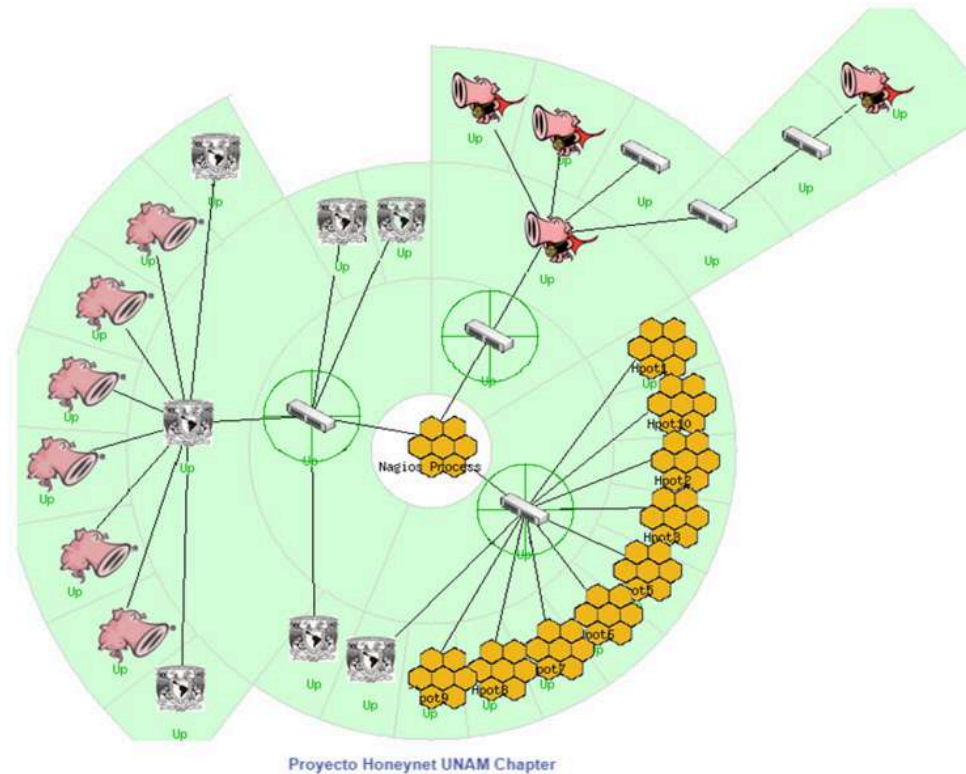


Figura 3.
Proyecto Honeynet UNAM, “Mapa de nagios core,” 2019. Fuente: elaboración propia.

- Está diseñado para funcionar de forma óptima en sistemas basados en GNU/Linux y UNIX.
Por otro lado, es importante también establecer algunas limitaciones de este sistema, como [3]:
 - Cuenta con una interfaz base simple y poco amigable.
 - La configuración puede ser compleja al inicio, y en caso de requerir un módulo muy específico.
 - No cuenta con una herramienta de descubrimiento automatizado de dispositivos.
 - Por sí mismo, no diferencia entre tipos de dispositivos, aunque esto puede especificarse.
 - Sin importar su naturaleza, Nagios trata a cualquier dispositivo como un *host*.
- A continuación, se mencionan cinco ejemplos de implementación para diferentes propósitos:
- Es usado en la Universidad de Extremadura (UEX) para el control de disponibilidad del entorno del Campus Virtual y situaciones que deben ser atendidas por el personal técnico [8].
 - Sirve en la Universidad de Granma, como en el Instituto Tecnológico Superior “Portoviejo”, para el monitoreo del desempeño de la red, donde se establecieron parámetros específicos para revisar, en función de los servicios que tiene cada equipo [7].
 - En una implementación en Cuba se utilizó para la monitorización de un servidor revisado por Nagios y, en general, un procedimiento para el despliegue seguro de aplicaciones basado en buenas prácticas, estándares y elementos tradicionales de desarrollo de software [8].
 - En el Proyecto Honeynet UNAM (<https://www.honeynet.unam.mx>) se utiliza para la monitorización de los servicios y el estado de los sensores de monitoreo, incluyendo la honeynet.
 - En el UNAM-CERT se usa para monitorizar los servicios públicos y privados en tiempo real, con el fin de prevenir y responder ante incidentes de infraestructura tecnológica.

Por ejemplo, el Proyecto Honeynet UNAM-Chapter utiliza Nagios para monitorear los servidores, la infraestructura de red (conmutadores), los servicios y los equipos que son utilizados como sensores de monitoreo y honeypots, por medio de *plugins* personalizados, desarrollados en el lenguaje Perl y Shell Script, que permiten obtener el estado y la respuesta de cada uno para así poder mostrarlo en la interfaz web. Así se aprovechan las ventajas de tener un sistema de monitoreo, debido a que se mantiene un registro y se reciben alertas por correo electrónico cuando se detecta algún cambio. Esto permite atender de manera oportuna los diversos eventos que se presentan. Además, es posible identificar fechas y horarios específicos en los registros que ayudan a identificar la causa del problema y proporcionan información útil para ajustar las notificaciones, los intentos e intervalos de sondeo.

Finalmente, algunos otros productos de monitorización que existen en el mercado, son [9]:

- Icinga
- ZENOSS
- HP BTO
- CiscoWorks LAN Management Solutions
- NAGIOS XI (Versión comercial de Nagios Core)
- PANDORA FMS
- Munin
- Cacti
- Zabbix

Conclusión

La monitorización de servicios, equipos o redes, permite establecer mejores niveles de disponibilidad. No solo sirve para alertar sobre un problema actual, sino también para informar sobre los parámetros que permitan predecir o prevenir una crisis dentro de la infraestructura del centro de datos.

Sin embargo, la implementación de un sistema de monitoreo requiere que se adapte a la naturaleza y las necesidades de la organización donde será instalado. También requiere el conocimiento de la organización y el tiempo de aprendizaje sobre la misma herramienta y los sistemas o servicios que monitorizará. Así, la información generada deberá ser suficiente para responder ante eventualidades, no excesivas, para que éstas no sean ignoradas por el personal que atenderá las incidencias.

Una opción para la implementación de un sistema de monitorización es Nagios Core, una herramienta eficaz y flexible, que permite establecer una monitorización específica para cada dispositivo o tipo de dispositivo, siendo escalable y adaptativo a las necesidades actuales y futuras de cada organización.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] D. Josephsen, *Building a Monitoring Infrastructure with Nagios*, Boston: Prentice Hall, 2007.
- [2] L. de Haan y T. Koppelaars, *Applied Mathematics for Database Professionals*, Estados Unidos: Apress, 2007.
- [3] S. Mongkolluksamee, P. Pongpaibool y C. Issariyapat, "Strengths and Limitations of Nagios as a Network Monitoring Solution," *DOCPLAYER*, [En línea]. Disponible en: <https://docplayer.net/1264602-Strengths-and-limitations-of-nagios-as-a-network-monitoring-solution.html> [Consultado en septiembre 20, 2019].
- [4] C. Issariyapat, P. Pongpaibool, S. Mongkolluksamee *et al.*, "Using Nagios as a Groundwork for Developing a Better Network Monitoring System, 2012 Proceedings of PICMET '12" Vancouver: IEEE 2012, pp. 2771-2777.
- [5] Nagios, "What can Nagios Help You Do?," *nagios.org*, 2019. [En línea]. Disponible en: <https://www.nagios.org/> [Consultado en septiembre 20, 2019].
- [6] A. A. Cevallos, *Análisis, diseño e implementación de una herramienta de monitoreo y control de Data Center basada en herramientas Open Source. Aplicado al Banco de Guayaquil*, Universidad Politécnica Salesiana, Colombia, 2015.
- [7] M. L. Alvaro, L. S. Parrales y K. M. Parrales, "Capítulo IX: Implementación de los sistemas de gestión de la red en dos universidades americanas" en *Investigaciones Cualitativas en Ciencia y Tecnología*. 2017: VI Congreso Internacional de Investigación Cualitativa en Ciencia y Tecnología, España: 3Ciencias, 2017, pp. 101-114.
- [8] A. D. Domínguez, J. G. Pulido y J. R. Guerrero, "Metodología previa a la aplicación de sistemas analíticos sobre entornos virtuales de aprendizaje," en *I Congreso Internacional de Campus Digitales en Educación Superior*, España: Extremadura, 2018, pp. 79-82.
- [9] A. H. Yeja y J. P. Rubier, "Procedimiento para la seguridad del proceso de despliegue de aplicaciones web," *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, junio, 2016. [En línea]. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2227-18992016000200004&script=sci_arttext&tlng=en [Consultado en septiembre 20, 2019].
- [10] R. O. Prada, "Fator de eficácia na implementação de Marketing Digital em negócios de Varejo," *Revista EAN*, 2016. [En línea]. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-81602016000100008&script=sci_abstract&tlng=pt [Consultado en septiembre 20, 2019].
- [11] E. Imamagic y D. Dobrenic, "Grid Infrastructure Monitoring System Based on Nagios," *Proceedings of the 2007 workshop on Grid monitoring*, Estados Unidos: California, 2007, pp. 23-28.
- [12] Icinga, "Monitor Your Entire Infrastructure," *Icinga*, 2009. [En línea]. Disponible en: <https://icinga.com/> [Consultado en septiembre 20, 2019].

- [13] Munin, “Munin is a Networked Resource Monitoring Tool that can Help Analyze Resource Trends and “What Just Happened to Kill our Performance?” Problems. It is Designed To Be Very Plug and Play. A default Installation Provides a lot of Graphs with Almost no Work,” *Munin*, 2003. [En línea]. Disponible en: <http://munin-monitoring.org/> [Consultado en septiembre 20, 2019].
- [14] Cacti, “The Complete RRDTool-Based Graphing Solution,” *Cacti*, 2004. [En línea]. Disponible en: <https://www.cacti.net/> [Consultado en septiembre 20, 2019].
- [15] Zabbix, “Deploy Zabbix in the Cloud,” *Zabbix*, 2001. [En línea]. Disponible en: <https://www.zabbix.com/> [Consultado en septiembre 20, 2019].
- [16] Apache, “Tutorial de apache: contenido dinámico con CGI,” *Apache*, 2019. [En línea]. Disponible en: <https://httpd.apache.org/docs/trunk/es/howto/cgi.html> [Consultado en septiembre 20, 2019].
- [17] Zenoss, “Zenoss Recognized in Gartner Market Guide for AIOps Platforms,” *Zennos Own It*, 2005. [En línea]. Disponible en: <https://www.zenoss.com/> [Consultado en septiembre 20, 2019].
- [18] Nagios, “Nagios Core is the Monitoring and Alerting Engine that Serves as the Primary Application Around which Hundreds of Nagios Projects are Built,” *nagios.org*, <https://www.nagios.org/projects/nagios-core/> [Consultado en septiembre 20, 2019].
- [19] Snort, “Network Intrusion Detection & Prevention System,” *Snort*, 2020. [En línea]. Disponible en: <https://snort.org/> [Consultado en noviembre 16, 2020].

Cómo se cita

M. I. Quintero Martínez y S. A. Tovar Balderas, “Monitorización de infraestructura tecnológica como mejora en centros de datos,” *TIES, Revista de Tecnología e Innovación en Educación Superior*, n.o. 3, abril, 2021. [En línea]. Disponible en: <https://www.ties.unam.mx/> [Consultado en mes día, año].

GESTIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DE TI

Margarita González Trejo

<https://www.ties.unam.mx/>

Fecha de recepción: : junio 17, 2020 • Fecha de publicación: abril de 2021

Abril 2021 | número de revista 3 • ISSN 2683-2968



Acervos Digitales, Dirección General de Cómputo y de Tecnologías de Información y Comunicación, UNAM

Esta obra está bajo licencia de Creative Commons
Atribución-No Comercial 4.0 Internacional (CC BY-NC 4.0)

GESTIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DE TI

Resumen

Las empresas y las instituciones basan, hasta cierto punto, el desarrollo y la entrega de sus productos y/o servicios en las Tecnologías de la Información (TI), por lo que elegir la infraestructura de TI adecuada, para mantener un nivel de servicio apropiado, forma parte muy importante de su estrategia de desarrollo.

Gestionar los dispositivos que forman parte de la infraestructura de TI es una tarea que puede resultar muy complicada, sobre todo cuando se trata de un gran número de dispositivos y, además, éstos se encuentran dispersos geográficamente. Sin embargo, existen herramientas basadas en protocolos de red, que pueden implementarse para mejorar la administración en su conjunto y obtener información precisa, que aporte a la toma de decisiones de los responsables de TI.

En este artículo se analiza la importancia de la incorporación de herramientas para la gestión de la infraestructura de TI y la forma en la que operan los protocolos de descubrimiento de los dispositivos en la red. Además, se muestran algunos ejemplos de la forma en que las aplicaciones que hacen uso de estos protocolos, presentan la información para apoyar las decisiones de los responsables de las áreas de TI.

Palabras clave:

Gestión, infraestructura, TI, protocolos, redes, optimización.

IT INFRASTRUCTURE MANAGEMENT

Abstract

Companies and institutions base, to some extent, the development and delivery of their products and/or services on information technology, so choosing the right IT infrastructure to maintain an appropriate level of service is very much a part important to their development strategy.

Being able to manage the devices that are part of the IT infrastructure is a task that can be very complicated, especially when it comes to a large number of devices and they are also geographically dispersed. However, there are tools based on network protocols, which can be implemented to improve management as a whole and obtain accurate information that contributes to the decision-making of IT managers.

This article discusses the importance of incorporating tools for managing IT infrastructure, the way in which device discovery protocols operate on the network, and shows some examples of how applications, that make use of these protocols, present the information to support the decisions of those responsible for IT areas.

Keywords:

Management, infrastructure, IT, protocols, networks, optimization.

GESTIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DE TI

Introducción

Las Tecnologías de la Información (TI) están asociadas a todos los sectores productivos de la sociedad, y de manera muy especial al de la Educación. Un ejemplo de ello ha sido la implementación que las entidades educativas han hecho de diversas herramientas tecnológicas para dar continuidad a sus programas académicos, transformándolos del modelo presencial a las modalidades en línea y a distancia, después de verse interrumpidos a consecuencia del confinamiento debido a la pandemia del COVID-19.

De manera particular la UNAM, a través de su Campus Virtual en la Coordinación de Universidad Abierta, Innovación Educativa y Educación a Distancia (CUAIEED) [1] y la Dirección General de Cómputo y de Tecnologías de Información y Comunicación (DGTIC) [2], ha puesto a disposición de profesores y alumnos un conjunto de tecnologías para la gestión educativa: plataformas para la gestión del aprendizaje (LMS), espacios virtuales integradores, suites colaborativas, redes sociales, web conference y correo electrónico, además de guías prácticas y recomendaciones para que la transición a esta nueva forma de educación sea lo más sencilla y exitosa posible.

Detrás de estas herramientas tecnológicas se encuentra una infraestructura de TI que da soporte a esta nueva manera de enseñar, es decir, hace posible la exis-

tencia, la disponibilidad, la seguridad y la calidad de los servicios educativos que se ofrecen. Por ello la infraestructura de TI continúa siendo una de las prioridades estratégicas de empresas e instituciones a nivel global. Adquiere relevancia la incorporación de mecanismos que permiten identificar los dispositivos que la integran y conocer su estado, características, configuración y software instalado, para realizar una gestión adecuada.

¿Qué es la infraestructura de TI?

La Biblioteca de Infraestructura de Tecnologías de Información (ITIL, Information Technology Infrastructure Library, por sus siglas en inglés) define la infraestructura de TI como: *Todo el hardware, software, redes, instalaciones, etc., requeridas para desarrollar, probar, proveer, monitorizar, controlar o soportar aplicaciones y servicios de TI* [3]. Algunos de los elementos que la integran, son: centros de datos, servidores, sistemas de almacenamiento, computadoras personales, sistemas operativos, software de aplicación, enrutadores y conmutadores (figura 1).

A medida que las organizaciones crecen, resulta más complejo administrar y mantener su infraestructura, haciéndose necesaria la búsqueda de herramientas para facilitar y fortalecer la aplicación de medidas preventivas y correctivas, con el objetivo de reducir al mínimo los incidentes y mantener el nivel de operación esperado.



Figura 1.
Veritis, "It Infrastructure Managed Services," 2020. [Fotografía].
Disponible en: <https://www.veritis.com/solutions/it-infrastructure-services/> [Consultado en junio 13, 2020].

Monitoreo de la infraestructura de TI: Protocolo SNMP

Monitorear, gestionar y mantener la infraestructura, son algunas de las tareas que más esfuerzo y tiempo demandan de los responsables de TI, sobre todo cuando esa infraestructura se encuentra geográficamente dispersa, como suele ocurrir en las empresas e instituciones.

Dentro del modelo de protocolos TCP/IP (Transfer Control Protocol/Internet Protocol, por sus siglas en Inglés), se encuentra el Protocolo Sencillo de Administración de Redes (SNMP, *Simple Network Management Protocol*, por sus siglas en Inglés) [4], un protocolo estándar utilizado principalmente para monitorear y controlar el

estado de los recursos conectados a redes IP, en especial equipos de comunicación (enrutadores y conmutadores) y cualquier tipo de equipo que permita ejecutar un agente SNMP (servidores, computadoras personales e impresoras).

El SNMP opera en el nivel de aplicación y utiliza el protocolo de transporte TCP/IP. Está compuesto por dos elementos: el Sistema de Administración de Red (NMS, *Network Management System*, por sus siglas en inglés) y el agente. El NMS es el *software* que se ejecuta en el servidor, encargado de hacer requerimientos periódicos a los agentes para obtener información. Desde su origen ha tenido algunas modificaciones y actualmente existen tres versiones: SNMP v1, SNMP v2 y SNMP v3 (tabla 1).

El agente es un programa que debe ejecutarse en cada dispositivo de la infraestructura que se desea gestionar. Permite la comunicación con el NMS, empleando el protocolo PDU (Protocol Data Unit), y ofrece una interfaz de la estructura de datos, llamada Base de Información de Gestión (MIB, *Management Information Base*, por sus siglas en inglés) [5].

Versión SNMP	Características
SNMP v1 (RFC 1157)	Versión original del protocolo. La seguridad de las transacciones está basada en <i>community strings</i> , ¹ se envían en texto plano.
SNMP v2 (RFC 3416, 3417 y 3418)	Amplia la gama de objetos gestionados y las operaciones permitidas entre el servidor y el agente. No utiliza cifrado en las transacciones.
SNMP v3 (RFC 3410 al 3418)	Brinda seguridad en las transacciones a través de mecanismos que garantizan la integridad de los mensajes. Introduce técnicas para la autenticación y la encriptación en el intercambio de mensajes.

Tabla 1.
Características de las versiones de SNMP. Fuente: elaboración propia.



Figura 2.
Paessler, "¿Qué es SNMP?," 2020. [Fotografía]. Disponible en:
<https://www.es.paessler.com/it-explained/snmp> [Consultado en agosto 19, 2020].

La MIB está compuesta por una serie de objetos con identificador único, que representan a los dispositivos en la red. Contiene una serie de variables organizadas jerárquicamente y estructuradas en forma de árbol (figura 3), en donde se almacena la información de los parámetros gestionables en cada dispositivo.

Para conocer el valor de una variable en un equipo, el servidor (NMS) le envía una solicitud a través de un PDU. El agente del equipo busca en su MIB el valor de la variable y utiliza otro PDU para entregarlo al servidor (figura 4).

¹ Medio para acceder a las estadísticas de un dispositivo, a través de un usuario y contraseña.

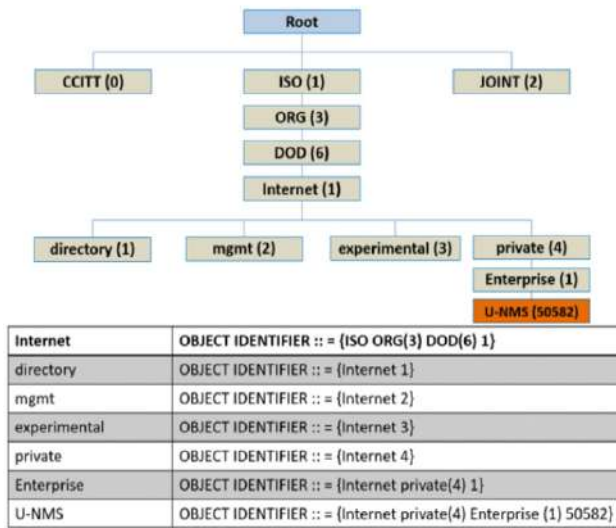


Figura 3.
H. Urunov, "Management Information Base Structure," 2020. [Fotografía]. Disponible en: https://www.researchgate.net/figure/Management-Information-Base-structure_fig3_327063347 [Consultado en septiembre 28, 2020].

Si se genera un trap (un trap es una notificación que genera el agente, cuando ocurre algún cambio en alguno de los parámetros de los dispositivos monitoreados), el NMS lo analiza y ejecuta alguna acción asociada al tipo de trap (encender una alarma en pantalla o enviar un correo de notificación a un interesado).

De esta manera, la información de los dispositivos en la red puede ser identificada y almacenada en el NMS, para posteriormente ser procesada a través de diversas aplicaciones de *software*. Con estas aplicaciones los responsables de TI pueden llevar a cabo la gestión de la infraestructura de una manera más eficiente, a partir de información precisa y en tiempo real.

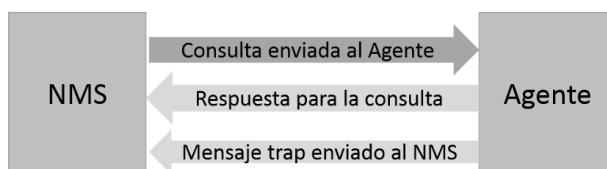


Figura 4.
M. G. Trejo, "Interacción NMS-Agente," [Fotografía]. Fuente: elaboración propia.

Aplicaciones para la gestión de la infraestructura de TI

Existe una serie de aplicaciones para la gestión de la infraestructura, algunas propietarias y otras de código abierto, que basan su funcionamiento en el SNMP y cuya implementación aporta beneficios como la mejora en la operación, la disminución de costos de operación y el incremento de la productividad, principalmente porque los responsables de las áreas de TI no necesitan estar físicamente donde está ubicada la infraestructura para gestionarla. Pueden lograrlo conectándose mediante una interfaz desde, por ejemplo, un teléfono inteligente o una computadora.

En términos generales, la forma en que operan estas aplicaciones es la siguiente:

1. Realizan el inventario de los dispositivos en la red y su estado a través de la funcionalidad de descubrimiento de elementos y por medio del agente.
2. Transfieren la información al NMS y la almacenan en una base de datos.
3. Procesan la información para presentarla en formatos apropiados.
4. Analizan los parámetros y actúan para generar acciones rápidas y automáticas, en respuesta a alguna desviación o señal de alarma definida por el usuario.

Las aplicaciones de gestión de infraestructura de código abierto funcionan mejor en los sistemas operativos de código abierto [6]. Algunos ejemplos, son:

- Nagios [7]. Permite el monitoreo de los componentes de infraestructura de misión crítica: aplicaciones, servicios, sistemas operativos, protocolos de red, métricas de sistemas e infraestructura de red.
- OCS Inventory (*Open Computers and Software Inventory*, por sus siglas en inglés) [8]. Obtiene el inventario de hardware y software de la infraestructura en red, a través de la instalación de agentes, gestionándolo desde el servidor.
- GLPI Project (*Gestionnaire Libre de Parc Informatique*, por sus siglas en francés) [9]. Permite realizar la gestión de la infraestructura de TI, segmentándola en entidades, y de las incidencias y solicitudes de atención por parte del usuario, a través de un sistema de *tickets*.

- OpenDCIM [10]. Es una solución desarrollada para la gestión de la infraestructura de centros de datos (DCIM, *Data Center Infrastructure Management* por sus siglas en inglés). Permite tener un inventario físico completo del centro de datos y gestionar sus elementos básicos: espacio, energía, refrigeración y seguimiento de tolerancia a fallas.

Para instalar estas aplicaciones es necesario cumplir con ciertos requerimientos, entre los que se encuentran:

- Un servidor de alguna distribución Linux actualizado. Las diferentes aplicaciones brindan versiones específicas, asociadas a las diferentes distribuciones de Linux existentes.
- Un entorno LAMP (servidor Web con PHP y servidor de bases de datos MariaDB / MySQL) [11].
- Acceso a línea de comandos con usuario root o con un usuario que pueda ejecutar comandos de administrador.
- Conexión a Internet.

Cuando se ha instalado el NMS, se procede a instalar el agente en los equipos que se quiere gestionar, para que el sistema inicie el levantamiento del inventario y se pueda proceder a administrar la infraestructura de TI. En el caso de los equipos de cómputo, existen versiones de agentes para los diferentes sistemas operativos: Microsoft Windows, MacOS y Linux.

En las figuras 5, 6 y 7 se observan imágenes de muestra, de la forma en que estas aplicaciones presentan la información de los dispositivos gestionados.

También se encuentran otras funcionalidades, que incorporan algunas de las aplicaciones para la gestión de la infraestructura de TI. Por ejemplo, el escritorio de ayuda (figura 8) facilita la automatización del servicio de soporte al usuario, a través de la configuración de perfiles de usuario, notificaciones por correo electrónico, categorización de solicitudes e incidentes, así como de la urgencia, impacto y prioridad de las aplicaciones.

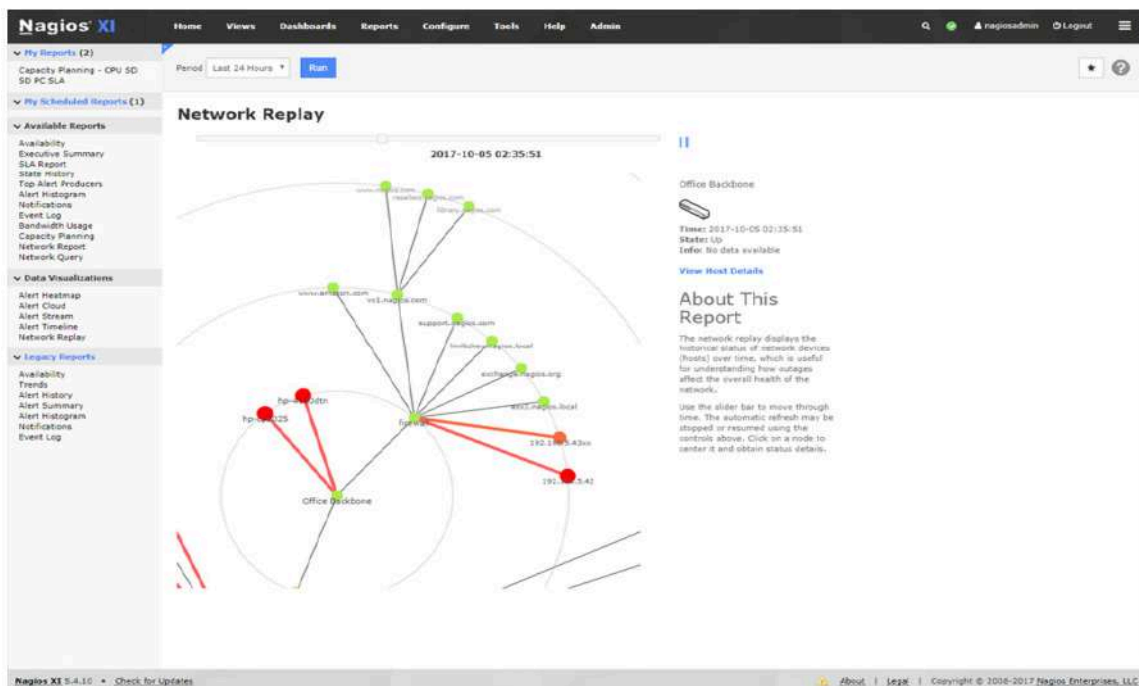


Figura 5. Nagios XI, "Infrastructure Management," 2020. [Fotografía]. Disponible en: <https://www.nagios.com/products/nagios-xi/> [Consulta en agosto 19, 2020].

21-30 Resultado(s) (Descargar)
248 Resultado(s) (Descargar)
Restablecer columnas de tabla

Mostrando 10 entradas

Editor	Nombre	Versión	Comentarios	Idioma	Fecha Instalación
Google Inc.	Android Studio	1.0			0000-00-00 00:00:00
Google LLC	Google Chrome	83.0.4103.106			2020-06-16 00:00:00
Google LLC	Google Update Helper	1.3.35.451		Inglés (Estados Unidos)	2020-05-07 00:00:00
gputils.sourceforge.net	gputils				0000-00-00 00:00:00
Hewlett-Packard	hppP1100P1560P1600SeriesLaserJetService	001.001.0.0		Inglés (Estados Unidos)	2014-10-29 00:00:00
Hewlett-Packard	MarketResearch	130.0.374.000		Inglés (Estados Unidos)	2014-10-29 00:00:00
Hewlett-Packard	hppusgP1100P1560P1600Series	1.0.0.1		Inglés (Estados Unidos)	2014-10-29 00:00:00
Hewlett-Packard	hppLaserJetService	001.001.0.0		Inglés (Estados Unidos)	2014-10-29 00:00:00
IDRIX	VaraCrypt	1.21			0000-00-00 00:00:00
Intel Corporation	Intel(R) Management Engine Components	9.5.15.1730			0000-00-00 00:00:00

Mostrando de 21 a 30 de un total de 248 entradas

Figura 6.
M. G. Trejo, "Inventario de software de un equipo personal en OCS-NG," [Fotografía]. Fuente: elaboración propia.

openDCIM Computer Facilities
Data Center Operations Metrics

Language: en_US dcim/4.2

Search by Name:

[Advanced]

- Reports
- Rack Request Form
- User Administration >
- Issue Escalation >
- Template Management >
- Infrastructure Management >
- Supplies Management >
- Power Management >
- Path Connections >
- Edit Configuration
- Logout

Home

- United States
 - DC1
 - Customer ABC
 - Customer XYZ
 - Demarcation
 - Internal Systems
 - Lisbon
 - Storage Room
 - DC2
 - General Storage Room

Pending Rack Requests

Submit Time	Requestor	System Name	Department	Due By
Mar 31 2016 18:27:31	DCIM Administrator	PRUEBA	CustomerABC	Apr 1 2016 18:27:31
Apr 1 2016 12:29:07	Customer ABC	DC1	CustomerABC	Apr 2 2016 12:29:07

Data Center Inventory (Export Inventory)

Hosted Systems	
DC Count	2
Server Count	11
Other Device Count	15
Space (1U=1.75")	40 U
Power Consumption	3.92 kW
Heat Produced	1.11 Tons
Virtual Machines	0

Figura 7.
D. Chernicoff, "Enough for Small Sites?," 2020. [Fotografía]. Disponible en: <https://www.datacenterdynamics.com/en/analysis/could-open-source-unlock-dcim/> [Consultado en agosto 19, 2020].



Figura 8.

M. G. Trejo, "Gestión de reportes en el escritorio de ayuda en GLPI," [Fotografía]. Fuente: elaboración propia.

Conclusiones

La tecnología avanza constantemente. Seguir su ritmo representa uno de los mayores retos y, en ocasiones, son las circunstancias externas las que nos obligan a acelerar el paso para no quedar rezagados.

Incorporar nuevas formas de trabajo también es otro reto, pero, sin duda, ser parte de estos cambios siempre significará un paso más hacia la mejora.

Algunos de los puntos interesantes, que se han observado al hacer uso de herramientas para la gestión de la infraestructura de TI, son:

- Gestión centralizada.
- Inventario de dispositivos en tiempo real.
- Monitorización del estado de los dispositivos.
- Implementación de funcionalidades adicionales, como el escritorio de ayuda y el despliegue de software.
- Diagnóstico y resolución de problemas no intrusivos, para incrementar la productividad.
- Reducción en tiempos de inactividad y soporte.
- Detección del hardware o software problemático.
- Control de cambios en el hardware y software instalado.

En resumen, de acuerdo con las características que se han descrito, la implementación de aplicaciones de gestión de infraestructura agrega valor a las actividades de las áreas de TI y contribuye a disponer de tiempo para realizar más investigación que impulse nuevos proyectos, propiciando la entrega de mejores resultados.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] CUAED-UNAM, “Tecnologías para la educación,” *CUAED-UNAM*, 1972. [En línea]. Disponible en: <https://distancia.cuaed.unam.mx/campusvirtual.html#tecnologias> [Consultado en junio 14, 2020].
- [2] DGTIC-UNAM, “Servicio de aulas virtuales en Moodle para la extensión del quehacer docente en la UNAM,” *Dirección General de Cómputo y de Tecnologías de Información y Comunicación*, septiembre 27, 2010. [En línea]. Disponible en: <https://educatic.unam.mx/tu-aula-virtual/profesor-solicita-aula.html> [Consultado en mayo 31, 2020].
- [3] Academia, “ITIL ® V3 Glosario v2.1, 30 de mayo del 2007,” *Academia*, noviembre 25, 2009. [En línea]. Disponible en: https://www.academia.edu/36543475/ITIL_V3_Glosario_v2_1_30_de_mayo_del_2007 [Consultado en mayo 27, 2020].
- [4] J. Caso, M. Fedor, M. Schoffstall *et al.*, “A Simple Network Management Protocol (SNMP),” *Tools.ietf*, mayo, 1990. [En línea]. Disponible en: <https://tools.ietf.org/html/rfc1157> [Consultado en mayo 28, 2020].
- [5] Network Encyclopedia, “Management Information Base (MIB),” *Network Encyclopedia*. [En línea]. Disponible en: <https://networkencyclopedia.com/management-information-base-mib/> [Consultado en mayo 28, 2020].
- [6] N, Heath, “What Are Open-Source Operating Systems?,” *ZDNet*, septiembre 6, 2019. [En línea]. Disponible en: <https://www.zdnet.com/article/what-are-open-source-operating-systems-everything-you-need-to-know/> [Consultado en mayo 14, 2020].
- [7] Nagios, “What Can Nagios Help You Do?,” *Nagios*, 2009-2020. [En línea]. Disponible en: <https://www.nagios.org/> [Consultado en mayo 2, 2020].
- [8] OCS Inventory, “Open Computers and Software Inventory is an assets management solution,” *OCS Inventory*. [En línea]. Disponible en: <https://www.ocsinventory-ng.org/> [Consultado en abril 12, 2020].
- [9] GLPI, “It Management with The Power of Freedom,” *GLPI*, 2018. [En línea]. Disponible en: <https://glpi-project.org/> [Consultado en mayo 11, 2020].
- [10] OpenDCIM, “Objetivos para opendcim,” *OpenDCIM*, 2018. [En línea]. Disponible en: <https://www.opendcim.org/> [Consultado en agosto 19 2020].
- [11] J. Wallen, “Easy LAMP Server Installation,” *Linux.com*, febrero 23, 2010 [En línea]. Disponible en: <https://www.linux.com/training-tutorials/easy-lamp-server-installation/> [Consultado en mayo 28, 2020].

Cómo se cita

M. G. Trejo, “Gestión de la infraestructura de TI,” *TIES, Revista de Tecnología e Innovación en Educación Superior*, n.o. 3, abril, 2021. [En línea]. Disponible en: <https://www.ties.unam.mx/> [Consultado en octubre, 2019].

LA IMPORTANCIA DE LAS TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN EN TIEMPOS DE COVID-19

Alfredo J. Santillán

Liliana Hernández Cervantes

<https://www.ties.unam.mx/>

Fecha de recepción: 22 de junio de 2020 • Fecha de publicación: abril de
2021 | Abril 2021 | número de revista 3 • ISSN 2683-2968



LA IMPORTANCIA DE LAS TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN EN TIEMPOS DE COVID-19

Resumen

Para enfrentar la pandemia vinculada a la COVID-19, ha sido necesaria una sinergia entre ciencia, tecnología e innovación. En particular, las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) han estado presentes desde la detección del primer caso de SARS-CoV-2 en humanos y en la evolución de la pandemia. En este trabajo presentamos algunas de las aportaciones más relevantes de las TIC, para enfrentar esta adversa situación que ha producido dolorosos decesos, contagios desenfrenados y problemas económicos en todo el mundo.

Palabras clave:

TIC, COVID-19, Big Data, Inteligencia Artificial, Supercomputo. Aplicaciones móviles, IOT.

THE IMPORTANCE OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES IN TIMES OF COVID-19

Abstract

The COVID-19 pandemic that we are currently experiencing has required the synergy of Science, Technology and Innovation (STI) to face this serious problem. In particular, Information and Communication Technologies (ICT) have been present since the detection of the first case of SARS-CoV-2 in humans and in the evolution of the pandemic. In this work we present some of the most relevant contributions of ICT to face this adverse situation that has produced painful deaths, rampant contagions and economic problems around the world.

Keywords:

ICT, COVID-19, Big Data, Artificial intelligence, High Performance Computing, mobile applications, IOT.

LA IMPORTANCIA DE LAS TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN EN TIEMPOS DE COVID-19

Introducción

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS) [1], podemos definir una pandemia como la propagación mundial de una nueva enfermedad. El 10 de abril de 2020, fue declarada como tal la COVID-19 (acrónimo de *Coronavirus Disease 2019*) [2] [3], enfermedad infecciosa causada por el virus SARS-COV-2 (*Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2*) [4], que ha puesto en alerta a todos los países del mundo. Pero como indicó el director general de la OMS, “nunca antes había existido una pandemia provocada por un coronavirus” [5], y, al mismo tiempo, nunca se había seguido una con tanto detalle.

Esta contingencia no solo ha implicado grandes retos para todas las áreas de conocimiento, sino también oportunidades para la investigación y el desarrollo, además ha puesto a prueba la relevancia de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) [6], que podemos definir como el conjunto de tecnologías desarrolladas para gestionar la información, es decir, que nos permiten acceder, producir, almacenar, difundir y transferir información. Durante las últimas décadas han impactado prácticamente en diversos ámbitos del quehacer humano, como la ciencia, la tecnología, la educación, la salud, la seguridad, el entretenimiento, la publicidad, el hogar y las relaciones humanas, entre otros. Por ello en esta pandemia se han convertido en una de las principales herramientas.

Áreas de impacto de las TIC en la pandemia de la COVID-19

Como se señaló anteriormente, las TIC se han utilizado siempre, pero en las circunstancias actuales son un elemento clave. En la figura 1 podemos ver un diagrama de las TIC con algunos de los usos que tienen. Si hacemos una revisión de cómo se están empleando, podemos ver que la mayoría de los países y ciudades han adoptado todas, algunas de ellas e incluso otras. De tal suerte, podemos ver que los sitios Web, las aplicaciones móviles, la robótica y los drones, el supercómputo [7] y el cómputo de alto rendimiento en general (en inglés *HPC, High Performance Computing*) [8], la inteligencia artificial [9] (*AI, Artificial Intelligence*) [10] o el aprendizaje automático (*ML, Machine Learning*) [11], el análisis de datos, la tecnología portátil o de sensores, las redes sociales y las herramientas de aprendizaje y respuesta de voz interactiva (*IVR, Interactive Voice Response,*) [12], se utilizan principalmente, en todo el mundo, para combatir la propagación pandémica del COVID-19 y proporcionar servicios de salud durante este periodo de vulnerabilidad. A continuación haremos una breve mención sobre algunos ejemplos de estas TIC.

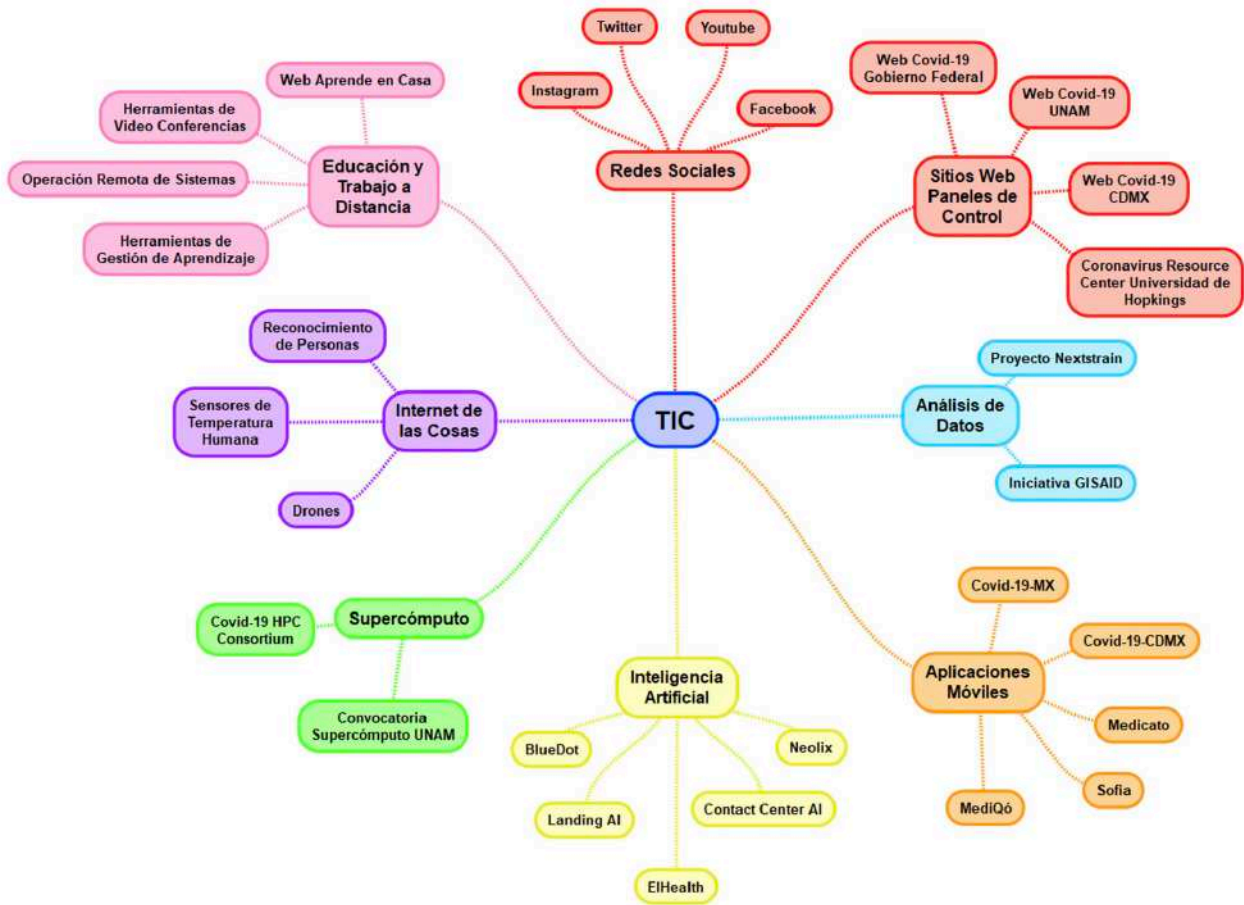


Figura 1. Tipos de TIC que se están utilizando para enfrentar a la pandemia de la COVID-19.

Sitios Web y Paneles de Control

Muchos países han desarrollado sitios Web y portales nacionales para el monitoreo y el control de la COVID-19. A través de ellos se proporcionan, principalmente, estadísticas, información preventiva y de control, declaraciones gubernamentales sobre la situación en que se encuentran los países (estados y provincias), información médica, sitios a dónde acudir en caso de una emergencia, monitoreo de los sistemas de salud, información asociada a la salud mental, ligas a sistemas o aplicaciones para llevar a cabo una primera autoevaluación e informes sobre los síntomas causados por la enfermedad, entre otros.

En México existen portales COVID-19 del Gobierno Federal [13], el Gobierno de la Ciudad de México [14] y la Universidad Nacional Autónoma de México [15], entre otros. A nivel internacional, la OMS colaboró en la aplicación del chat *WhatsApp* [16], con la finalidad de proporcionar información sobre el coronavirus a través de mensajes de texto (en español e inglés) [17].

Otro ejemplo son los Centros de Control de Enfermedades (CDC, *Centers for Disease Control and Prevention*) [18] con *Apple Symptom Checker* [19]. Hasta la fecha, todos los casos son un esfuerzo por crear conciencia y proporcionar estadísticas sobre la COVID-19. Finalmente, como podemos observar en la figura 2, a través de su portal (*Coronavirus Resource Center*) la

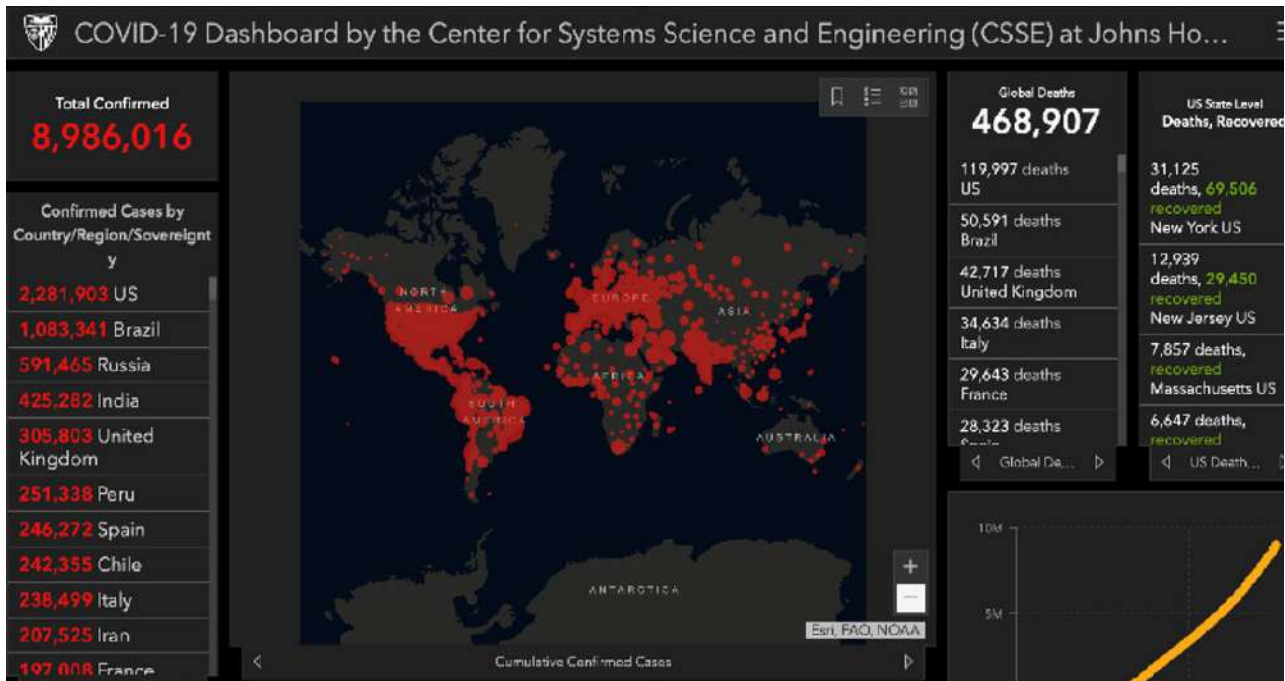


Figura 2.

Panel de control de la Universidad John Hopkins, donde se pueden ver los casos de la COVID-19 en el mundo. Fuente: tomada de [21].

Universidad John Hopkins [20] ha utilizado las técnicas de visualización de datos para dar una visión global del estado que guarda la pandemia [21].

Big Data, Análisis de datos

En lo que respecta a los grandes volúmenes de información, desde el inicio de la pandemia los datos asociados a la COVID-19 han crecido de manera vertiginosa y están cambiando en tiempo real. Esta información ha sido vital para que científicos, epidemiólogos, trabajadores de la salud y responsables de las políticas públicas de salud de los países, puedan agregar y sintetizar datos de incidentes epidemiológicos a nivel mundial. Por otra parte, utilizando *Big Data* [22], es posible rastrear, predecir, controlar y combatir la propagación de la pandemia.

Se han desarrollado proyectos de código abierto como *Nextstrain* [23] y *GISAID* [24]. En el primero se lleva a cabo un seguimiento en tiempo real sobre la evolución de diversos patógenos, mientras que el segundo promueve el intercambio rápido de datos de todos los virus de influenza y el coronavirus que causa la COVID-19, los cuales incluyen la secuencia genética y los datos clínicos y epidemiológicos relacionados con virus

humanos, así como datos geográficos y específicos de especies asociadas con el virus de aves y otros animales (ver figura 3). Ambas iniciativas son sin duda herramientas clave para comprender cómo evolucionan y se propagan los virus durante las epidemias y las pandemias [25].

Aplicaciones móviles

Si hablamos de aplicaciones móviles, podemos advertir que se han desarrollado en diversas formas en casi todo el mundo, debido a la afectación de la COVID-19. Tienen como objetivo principal proporcionar información general sobre la pandemia, además de realizar monitoreos remotos para dar asistencia a pacientes infectados, al mismo tiempo recaban estadísticas para la toma de decisiones.

Algunas aplicaciones incluyen chats o videollamadas para realizar consultas médicas y, en casos graves, activar el sistema de geolocalización (*GPS, Global Positioning System*) [27], para que los servicios de salud acudan rápidamente ante una emergencia. En México se desarrollaron las aplicaciones COVID-19MX [28] a nivel nacional y COVID-19-CDMX [29] (ver figura 4), entre otras.

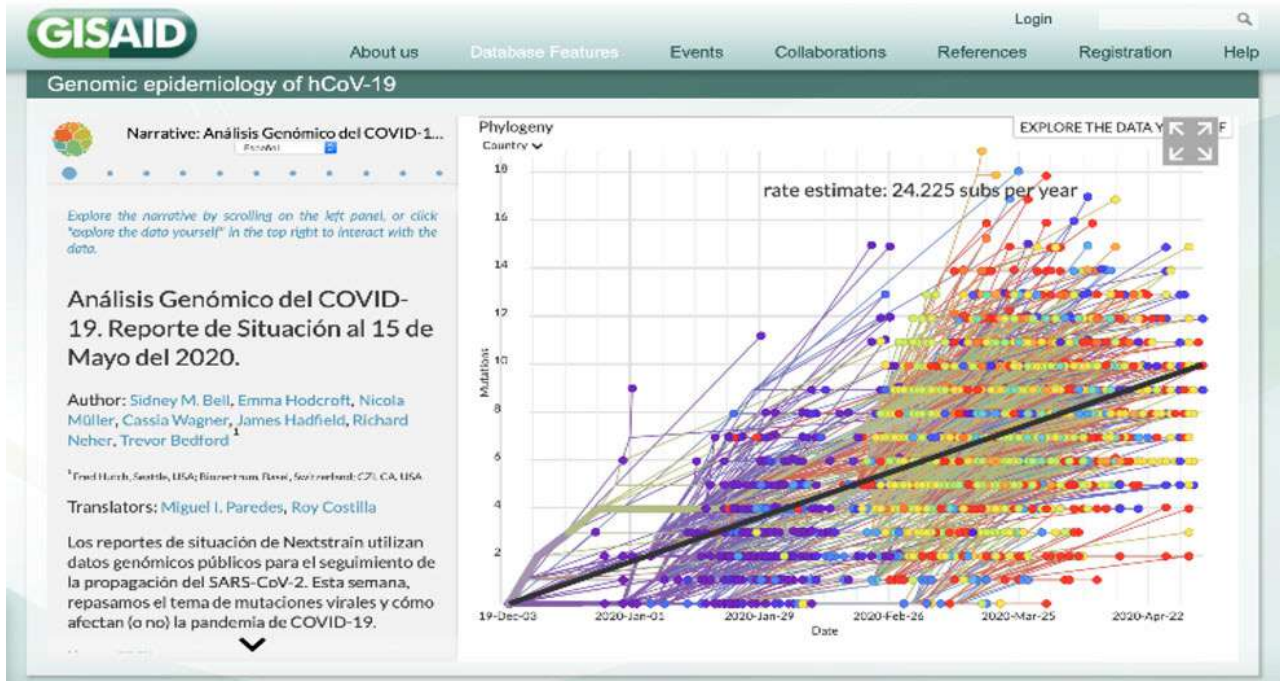


Figura 3.

Captura de pantalla del sitio web GISAID, donde se ve un ejemplo del análisis genómico de la COVID-19. Fuente: tomada de [26].

También se han popularizado aplicaciones para realizar consultas médicas virtuales, como Medicato [30], MediQó [31] y Sofía [32], que reducen el contacto entre médicos y pacientes, al mismo tiempo que contribuyen a que los sistemas de salud no colapsen [33]. En China se desarrollaron aplicaciones como *AliPay Health Code*, que asigna un código QR [34] a cada ciudadano, con un semáforo de 3 colores (verde, amarillo y rojo), en función del grado de riesgo de infección, compartiendo la información a las autoridades del país [35].

Inteligencia Artificial

La Inteligencia Artificial (AI) está convirtiéndose en una gran aliada en la lucha contra el nuevo coronavirus. Se está aprovechando ampliamente en servicios de vigilancia, diagnóstico y seguimiento de pacientes; análisis de datos; verificación de información en redes sociales e incluso, para controlar el distanciamiento social, entre otros. *BlueDot* [37] desarrolló un programa de AI que alertó sobre el coronavirus, tras la detección del primer caso en China el 31 de diciembre de 2019. Éste funciona con la combinación de capacidades de

AI y el conocimiento de datos epidemiológicos. Analiza más de 100,000 informes al día, en diversos idiomas, para enviar alarmas sobre brotes detectados y los riesgos que entrañan [38].

Cabe señalar que otros países utilizan software para analizar miles de radiografías de tórax [39]. También se han implementado algoritmos de AI en aplicaciones para móviles, capaces de identificar el riesgo de infección cruzada y alertar a los usuarios. Otro ejemplo son los sistemas de vigilancia, capaces de identificar personas en confinamiento o enfermas, aunque utilicen gorras y lentes. La empresa *Landing AI* [40] creó un detector de distanciamiento social, basado en aprendizaje automático [41]. Por su parte, *Huawei CLOUD* lanzó servicios gratuitos de AI y nube, para combatir la pandemia. Su aplicación *EIHealth* [42] proporciona una plataforma profesional de Investigación y Desarrollo (I+D) de AI, para acelerar las investigaciones y las aplicaciones de AI en las áreas genómicas, el desarrollo de fármacos y el análisis de imágenes médicas [43].

Los robots y drones han jugado un papel relevante en diversos países. En China han sido utilizados para desinfectar [44], transportar y entregar suministros médicos [45]; detectar síntomas [46], y monitorear la movilidad

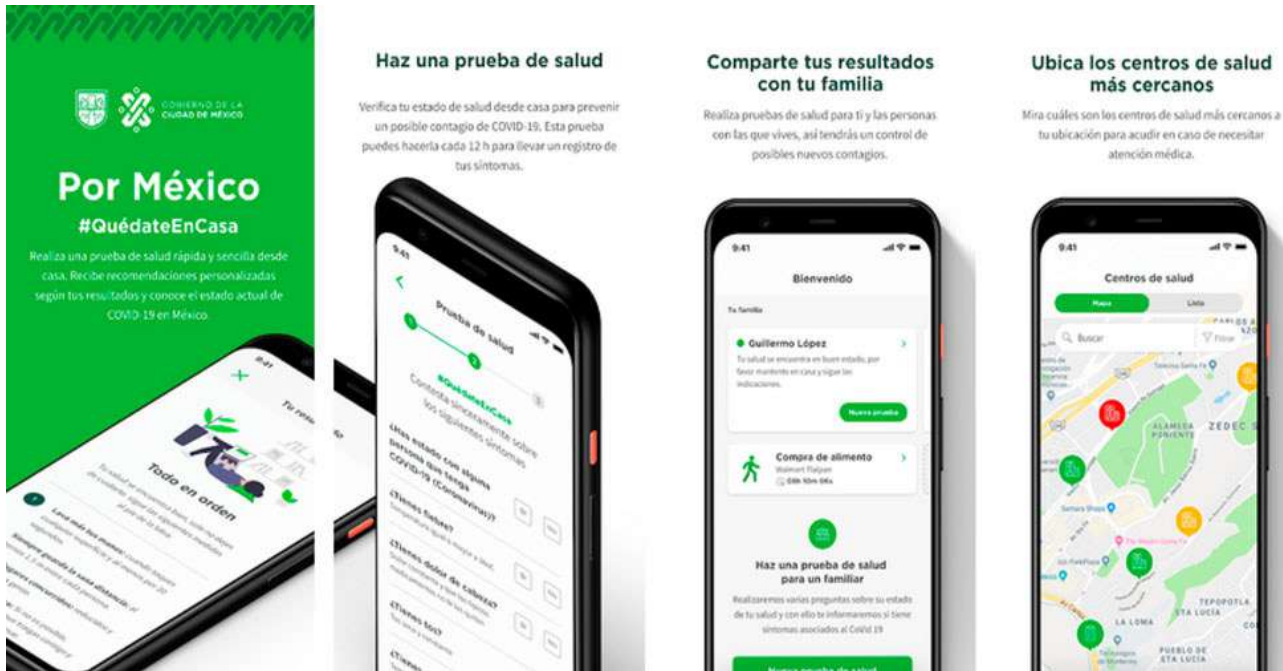


Figura 4.

Detalles de las diferentes funcionalidades de la 'app' desarrollada por BBVA y Santander. Fuente: tomada de [36].

de la población, entre otras aplicaciones [47]. Con ello se ha aminorado el contacto entre personas, para minimizar el riesgo de contagio. Al mismo tiempo, los robots y drones recaban y envían información útil para el monitoreo de la evolución de la COVID-19 [48].

En México, el Instituto Politécnico Nacional (IPN) [49] desarrolla un robot para la sanitización de hospitales [50], en tanto que la empresa China *Neolix* [51] anunció la producción masiva de vehículos autónomos para la entrega de mercancías, evitando así el contacto humano. Las furgonetas son utilizadas especialmente para transportar material sanitario y desinfectar las calles de zonas infectadas.

Finalmente, los servicios de respuestas de voz interactiva (IVR, *Interactive Voice Responses*) están siendo utilizadas a nivel mundial para ayudar al Sistema de Salud, esto cuando hay consultas masivas vía telefónica. Emplea respuestas automatizadas para resolver las preguntas más comunes de los usuarios, liberando así tiempo para que médicos y/o especialistas puedan centrarse en la atención de casos más complicados.

Por su parte, *Google* lanzó el agente virtual de respuesta rápida (*Rapid Response*). Es un agente virtual personalizado, que usa inteligencia artificial para mantener

el contacto con los clientes o usuarios de una compañía (*Contact Center AI*) [52]. Con él se pueden resolver dudas particulares sobre la COVID-19, recibiendo respuesta a través del chat, por voz o mediante las redes sociales.

Cómputo de Alto rendimiento

Actualmente las mejores supercomputadoras del planeta (Top500) [53] ponen a disposición su compleja infraestructura computacional a diferentes proyectos científicos, que van desde entender el comportamiento del virus [54], el estudio de su genética [55], la generación de modelos predictivos de su evolución [56] y el desarrollo de tecnología médica [57], hasta encontrar posibles fármacos y vacunas [58] que ayuden a controlar la pandemia.

En México, podemos mencionar la convocatoria extraordinaria que lanzó la Dirección General de Cómputo y de Tecnologías de Información y Comunicación (DGTIC) [59] de la UNAM [60] en abril de este año, con el objetivo de apoyar proyectos de investigación que requieren una gran capacidad de procesamiento numérico y de datos, que contribuyan a analizar y combatir al virus SARS-CoV-2 y la enfermedad COVID-19,

en áreas diversas, como bioinformática, farmacología, epidemiología y modelado molecular [61] [62].

A nivel internacional se han creado varios consorcios, como el “COVID-19 High Performance Computing (HPC)” [63], en Estados Unidos. Es un esfuerzo de instituciones públicas y privadas, encabezadas por la Oficina de Política de Ciencia y Tecnología de la Casa Blanca [64], el Departamento de Energía [65] e IBM [66], para proporcionar al gobierno federal, la industria y la academia, tiempo de cómputo en las mejores supercomputadoras del país. Actualmente están activos 66 proyectos, utilizándose 5 millones de procesadores (CPU cores) [67], distribuidos en 136 mil nodos, así como 50 mil GPU [68], que han utilizado 483 PetaFLOPS [69] de procesamiento [70].

Tecnología informática portátil (IOT)

No podemos dejar de mencionar lo relacionado con la tecnología informática portátil o de sensores. Ésta es una de las muchas aplicaciones de la Internet de las Cosas (IOT, *Internet of Things*) [71], que también está siendo utilizada. Un ejemplo de ello, son los cascos en red inteligentes, que utilizan los agentes de policía en China, para detectar pacientes con coronavirus en espacios públicos. Este casco está provisto de un detector de temperatura infrarrojo y cámaras de lectura de códigos, para identificar personas contagiadas. Son utilizados para detectar con precisión personas con temperaturas anormales en multitudes, en poco tiempo [72], controlar drones para monitoreo y entregar artículos [73].

Educación y trabajo a distancia

Mención aparte merece lo que está sucediendo en el ámbito educativo y el trabajo a distancia. En este rubro las TIC han sido cruciales para mantener contacto con los estudiantes y los trabajadores de varios sectores económicos. Es por ello que se han utilizado diversas herramientas de conectividad y servicios de la nube (*Cloud*) [74]. Según la UNESCO [75], más de mil millones de niños y jóvenes en 144 países, se han visto afectados [76].

En México, la Coordinación de Universidad Abierta, Innovación Educativa y Educación a Distancia (CUAIEED) [77] de la UNAM, ofreció a la comunidad universitaria el nuevo sistema de aulas virtuales y ambientes educativos [78], con que se fomentó la actividad

docente a distancia, a partir del uso de herramientas de videoconferencia (*Web Conference*) [79] y gestión del aprendizaje (*Learning Management*) [80]. Por otro lado, la Secretaría de Educación Pública (SEP) [81] proporcionó, a través del programa Aprende en Casa [82], numerosos materiales educativos a través de la radio, la televisión e Internet.

Cabe mencionar que, actualmente, las universidades y las empresas continúan trabajando en línea, utilizando diversas herramientas tecnológicas para videoconferencias, como *Zoom* [83], *Google Meet* [84], *Microsoft Teams* [85] y *Webex* [86]. En cuanto a las Instituciones de Educación Superior en México, se utilizan diversos sistemas de gestión del aprendizaje en línea o LMS (*Learning Management System*), como *Moodle* [87] y *Classroom* [88]. Esto ha implicado sin duda un gran reto para las redes de telecomunicaciones, ya que el uso de Internet en los hogares ha tenido un incremento significativo.

Por otro lado, vale la pena mencionar que la brecha digital ha quedado al descubierto. En México, el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) [89], en colaboración con la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) [90] y el Instituto Federal de Telecomunicaciones (IFT) [91], publicó los resultados de la Encuesta Nacional sobre Disponibilidad y Uso de Tecnologías de la Información en los Hogares (ENDUTIH) 2019 [92] [93]. Los resultados muestran que hay 80.6 millones de usuarios de Internet y 86.5 millones de usuarios de teléfonos celulares, y que el 76.6% de la población urbana es usuaria de Internet, en contraste con el 47.7 % en zonas rurales.

Redes Sociales

Finalmente y no menos importante, las redes sociales han sido grandes aliadas. Sus plataformas y servicios como *Facebook* [94], *Twitter* [95], *Instagram* [96], *Telegram* [97] y *YouTube* [98], entre otras, han desempeñado un papel muy efectivo para crear conciencia y difundir medidas preventivas, así como mantener contacto con otras personas. El tiempo que se destina a estas plataformas ha aumentado significativamente durante el confinamiento. En México, las redes sociales más utilizadas son *WhatsApp*, *YouTube*, *Twitter*, *Instagram* y *Facebook*. Esta última tiene más de 82 millones de usuarios [99]. Cuenta con un apartado llamado Centro de Información sobre COVID-19 [100], en donde se puede encontrar una serie de recursos oficiales, nacionales e

internacionales. También está provista de una sección de ayuda a la comunidad, en donde se puede solicitar y ofrecer ayuda.

CONCLUSIONES

En este artículo se presentó un panorama general de la importancia de las TIC en el combate a los descomunales y desastrosos daños que se están sufriendo en muchos países del mundo. Sin las TIC, muchas de las actividades científicas, académicas, tecnológicas, médicas y de relaciones humanas, entre otras, serían muy complicadas o incluso imposibles de llevar a cabo en algunos casos. Con ello ha quedado demostrado que la investigación y la tecnología, son la mancuerna perfecta para mitigar y resolver problemas de gran envergadura, como el asociado a la pandemia de la COVID-19 y que la solución estará íntimamente ligada al desarrollo de las TIC, en el corto, mediano y largo plazos.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] OMS, “Enfermedad por coronavirus (COVID-19),” *Organización Mundial de la Salud*, 2020. [En Línea]. Disponible en: <https://www.who.int/es> [Consultado en junio 20, 2020].
- [2] J. Ducharme, “La Organización Mundial de la Salud declara al COVID-19 una pandemia Esto es lo que eso significa,” *Time*, marzo 11, 2020. [En Línea]. Disponible en: <https://time.com/5791661/who-coronavirus-pandemic-declaration/> [Consultado en junio 20, 2020].
- [3] World Health Organization, *Coronavirus Disease (COVID-19)*, World Health Organization (WHO), Junio 15, 2020. [Other]. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=i0ZabxXmH4Y> [Consultado en junio 20, 2020].
- [4] Elara Systems, *Coronavirus – COVID-19*, Elara Systems, marzo 18, 2020. [Other]. Disponible en: https://www.youtube.com/watch?v=hwVI_-lnoys [Consultado en junio 20, 2020].
- [5] OPS, “La OMS caracteriza a COVID-19 como una epidemia,” *Organización Panamericana de la Salud*, enero 30, 2020. [En Línea]. Disponible en: https://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=15756:who-characterizes-covid-19-as-a-pandemic&Itemid=1926&lang=es [Consultado en junio 20, 2020].
- [6] IL. Zapien, “Tecnologías de información y competitividad: Presente y futuro,” *Revista Digital Universitaria*, vol. 14, no 2, febrero 1, 2013. [En Línea]. Disponible en: <http://www.revista.unam.mx/vol.14/num2/art10/> [Consultado en junio 20, 2020].
- [7] DGTIC, “¿Qué es supercómputo?” *Supercómputo en la UNAM*, 2020. [En Línea]. Disponible en: <https://www.super.unam.mx/> [Consultado en junio 20, 2020].
- [8] The National Institute for Computational Sciences, “What is HPC?,” *The University of Tennessee*. [En Línea]. Disponible en: <https://www.nics.tennessee.edu/computing-resources/what-is-hpc> [Consultado en junio 20, 2020].
- [9] F. Méndez y D. Mendoza, “Inteligencia artificial y la UNAM,” *UNAM Global*, septiembre 30, 2019. [En Línea]. Disponible en: <http://www.unamglobal.unam.mx/?p=73930> [Consultado en junio 20, 2020].
- [10] B. J. Copeland, “Artificial Intelligence,” *Britanica*, marzo, 2020. [En Línea]. Disponible en: <https://www.britannica.com/technology/artificial-intelligence> [Consultado en junio 20, 2020].
- [11] W. L. Hosch, “Machine Learning,” *Britanica*, junio, 2020. [En Línea]. Disponible en: <https://www.britannica.com/science/learning> [Consultado en junio 20, 2020].
- [12] Tecnologías Información, “IVR: Sistemas de respuesta de voz interactiva,” *Tecnologías Información*, 2018. [En Línea]. Disponible en: <https://www.tecnologias-informacion.com/ivrsistemavoz.html> [Consultado en junio 20, 2020].

- [13] COVID-19, “¿Qué es el coronavirus?,” *Gobierno de México*, 2020. [En Línea]. Disponible en: <https://coronavirus.gob.mx/covid-19/> [Consultado en junio 20, 2020].
- [14] Covid19, “Últimas acciones,” *Gobierno de la Ciudad de México*, 2020. [En Línea]. Disponible en: <https://covid19.cdmx.gob.mx/> [Consultado en junio 20, 2020].
- [15] UNAM Global, “Comisión Universitaria para la Atención de la Emergencia Coronavirus,” *UNAM Global*, enero 30, 2020. [En Línea]. Disponible en: https://covid19comisionunam.unamglobal.com/?page_id=294 [Consultado en junio 20, 2020].
- [16] WhatsApp, “Mensajería confiable. Simple. Segura,” *WhatsApp*, 2020. [En Línea]. Disponible en: <https://www.whatsapp.com/> [Consultado en junio 20, 2020].
- [17] OPS, “La OMS lleva la información de la COVID-19 a millones a través de WhatsApp, ahora en español,” *Organización Panamericana de la Salud*, marzo 27, 2020. [En Línea]. Disponible en: https://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=15761:la-oms-lleva-la-informacion-de-la-covid-19-a-millones-a-traves-de-whatsapp-ahora-en-espanol&Itemid=1926&lang=es [Consultado en junio 20, 2020].
- [18] CDC, “Coronavirus Disease 2019,” *Centers for Disease Control and Prevention*, 2020. [En Línea]. Disponible en: <https://www.cdc.gov/> [Consultado en junio 20, 2020].
- [19] Apple, “Herramienta de la evaluación de la COVID-19,” *Apple*, 2020. [En Línea]. Disponible en: <https://www.apple.com/covid19> [Consultado en junio 20, 2020].
- [20] Johns Hopkins University and Medicine, “Coronavirus Resource Center,” *Johns Hopkins University and Medicine*, 2020. [En Línea]. Disponible en: <https://coronavirus.jhu.edu/map.html> [Consultado en junio 20, 2020].
- [21] Johns Hopkins University, “Coronavirus Resource Center,” 2020. [Fotografía]. Disponible en: <https://coronavirus.jhu.edu/map.html> [Consultado en junio 20, 2020].
- [22] Big Data, “What is Big Data,” *Oracle*, 2020. [En Línea]. Disponible en: <https://www.oracle.com/big-data/what-is-big-data.html> [Consultado en junio 20, 2020].
- [23] Nextstrain, “Real-Time Tracking of Pathogen Evolution,” *Nextstrain*, 2020. [En Línea]. Disponible en: <https://nextstrain.org/> [Consultado en junio 20, 2020].
- [24] GISAID, “GISAID Resources,” *GISAID*, 2020. [En Línea]. Disponible en: <https://www.gisaid.org/> [Consultado en junio 20, 2020].
- [25] GISAID, “About us,” *GISAID*, 2020. [En Línea]. Disponible en: <https://www.gisaid.org/about-us/mission/> [Consultado en junio 20, 2020].
- [26] GISAID, “About us,” 2020. [Fotografía]. Disponible en: <https://www.gisaid.org/about-us/mission/> [Consultado en junio 20, 2020].
- [27] Wikipedia, “Global Positioning System,” *Wikipedia The Free Encyclopedia*, [En Línea]. Disponible en: https://en.wikipedia.org/wiki/Global_Positioning_System. [Consultado en junio 20, 2020].
- [28] O. Steve, “COVID-19MX: la app oficial para autodiagnóstico de COVID-19 en México ya está disponible para Android y iOS y así funciona,” *Xakata México*, abril 1, 2020. [En Línea]. Disponible en: <https://www.xakata.com.mx/medicina-y-salud/covid-19mx-esta-app-oficial-para-autodiagnostico-covid-19-mexico-asi-funciona> [Consultado en junio 20, 2020].

- [29] ADIP, “Santander y BBVA México entregan una aplicación a la ciudad de México para hacer frente al COVID-19,” *Gobierno de la Ciudad de México*, mayo 6, 2020. [En Línea]. Disponible en: <https://adip.cdmx.gob.mx/comunicacion/nota/santander-y-bbva-mexico-entregan-una-aplicacion-la-ciudad-de-mexico-para-hacer-frente-al-covid-19> [Consultado en junio 20, 2020].
- [30] Medicato, “Conectando a pacientes con doctores al instante,” *Medicato*, 2020. [En Línea]. Disponible en: <https://www.medicato.com/> [Consultado en junio 20, 2020].
- [31] MediQó, “Médico a domicilio,” *MediQó*, 2020 [En Línea]. Disponible en: <https://mediqo.mx/> [Consultado en junio 20, 2020].
- [32] Sofía, “Cuidar tu salud nunca había sido tan fácil,” *Sofía*, 2020. [En Línea]. Disponible en: <https://www.sofiasalud.com/> [Consultado en junio 20, 2020].
- [33] A. L. Gutiérrez, “Apps de consultas médicas virtuales buscan mitigar el COVID-19 en el país,” *El Financiero*, abril 24, 2020. [En Línea]. Disponible en: <https://www.elfinanciero.com.mx/empresas/apps-de-consultas-medicas-virtuales-buscan-mitigar-el-covid-19-en-el-pais> [Consultado en junio 20, 2020].
- [34] Wikipedia, “Código QR,” *Wikipedia la enciclopedia libre*, 2020. [En Línea]. Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/C%C3%B3digo_QR [Consultado en junio 20, 2020].
- [35] Phone House, “Alipay Health Code: La nueva aplicación para luchar contra el Coronavirus en China,” *Phone House Blog oficial*, marzo 5, 2020 [En Línea]. Disponible en: <https://blog.phonehouse.es/2020/03/05/app-coronavirus-china/> [Consultado en junio 20, 2020].
- [36] BBVA, “BBVA y Santander entregan una ‘app’ a la Ciudad de México para hacer frente al COVID-19,” mayo 07, 2020. [Fotografía]. Disponible en: <https://www.bbva.com/es/mx/bbva-mexico-y-santander-entregan-una-app-a-la-cdmx-para-hacer-frente-al-covid-19/> [Consultado en junio 20, 2020].
- [37] Bluedot, “Anticipate Outbreaks. Mitigate Risk. Build Resilience,” *Bluedot*, [En Línea]. Disponible en: <https://bluedot.global/> [Consultado en junio 20, 2020].
- [38] OpenMind BBVA, “Cómo está ayudando la inteligencia artificial a contener la pandemia de COVID-19,” *Open Mind BBVA*, mayo 22, 2020. [En Línea]. Disponible en: <https://www.bbvaopenmind.com/tecnologia/inteligencia-artificial/esta-ayudando-la-inteligencia-artificial-contener-la-pandemia-covid-19/> [Consultado en junio 20, 2020].
- [39] R. Peco, “La inteligencia artificial detecta la COVID-19 con una radiografía,” *La Vanguardia*, mayo 25, 2020. [En Línea]. Disponible en: <https://www.lavanguardia.com/tecnologia/20200525/481373081626/covid-19-coronavirus-inteligencia-artificial-hospital-del-mar-de-barcelona-tomografias.html> [Consultado en junio 20, 2020].
- [40] Landing AI, “Empowering Companies to Jumpstart AI and Generate Real-World Value,” *Landing AI*, 2020. [En Línea]. Disponible en: <https://landing.ai/> [Consultado en junio 20, 2020].
- [41] Landing AI, “Landing AI Creates an AI Tool to Help Customers Monitor Social Distancing in the Workplace,” *Landing AI*, abril 16, 2020. [En Línea]. Disponible en: <https://landing.ai/landing-ai-creates-an-ai-tool-to-help-customers-monitor-social-distancing-in-the-workplace/> [Consultado en junio 20, 2020].
- [42] HUAWEI CLOUD, “EIHealth,” *HUAWEI CLOUD*, mayo 1, 2020. [En Línea]. Disponible en: <https://www.huaweicloud.com/intl/en-us/product/eihealth.html> [Consultado en junio 20, 2020].

- [43] Comunidad HUAWEI Enterprise, “HUAWEI CLOUD: Combatiendo COVID-19 con Tecnología,” *HUAWEI*, abril 15, 2020. [En Línea]. Disponible en: <https://forum.huawei.com/enterprise/es/huawei-cloud-combatiendo-covid-19-con-tecnolog%C3%ADa/thread/614602-100323> [Consultado en junio 20, 2020].
- [44] RTVE Noticias, *Robots para desinfectar el metro de Hong Kong*, RTVE Noticias, marzo 24, 2020. [Other]. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=vEopD13ds0I> [Consultado en junio 20, 2020].
- [45] C. Arthur y R. Shuhui, “In China, Robot Delivery Vehicles Deployed to Help with COVID-19 emergency,” *UNIDO*, abril 1, 2020. [En Línea]. Disponible en: <https://www.unido.org/stories/china-robot-delivery-vehicles-deployed-help-covid-19-emergency#story-start>. [Consultado en junio 20, 2020].
- [46] Agencia EFE, *Los robots también se adaptan al mundo COVID-19*, Agencia EFE, junio 2, 2020. [Other]. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=xLm7YrdvdoY> [Consultado en junio 20, 2020].
- [47] C. Mejía, “Perros robots vigilan las calles de Singapur en cuarentena,” *El Universal*, mayo 12, 2020. [En Línea]. Disponible en: <https://de10.com.mx/cultura-digital/perros-robots-vigilan-las-calles-de-singapur-en-cuarentena> [Consultado en junio 20, 2020].
- [48] P. Jakhar, “Coronavirus: China’s Tech Fights Back,” *BBC News*, marzo 3, 2020. [En Línea]. Disponible en: <https://www.bbc.com/news/technology-51717164> [Consultado en junio 20, 2020].
- [49] IPN, “Menú principal,” *Instituto Politécnico Nacional*, 2019. [En Línea]. Disponible en: <https://www.ipn.mx/> [Consultado en junio 20, 2020].
- [50] IPN, “IPN desarrolla robot para sanitizar hospitales COVID-19,” *Instituto Politécnico Nacional*, 2020. [En Línea]. Disponible en: <https://www.ipn.mx/imageninstitucional/comunicados/ver-comunicado.html?y=2020&n=95> [Consultado en junio 20, 2020].
- [51] Neolix, “Neolix Autonomous Driving Vehicles The Future on Wheels,” *Neolix*, 2020. [En Línea]. Disponible en: <http://www.neolix.cn/> [Consultado en junio 20, 2020].
- [52] Google Cloud, “Reduce los tiempos de espera y aligera la carga de trabajo de tu centro de contacto,” *Google Cloud*, 2020. [En Línea]. Disponible en: <https://cloud.google.com/solutions/contact-center/covid19-rapid-response?hl=es> [Consultado en junio 20, 2020].
- [53] Top500 The List, “Top500 News,” *Top500 The List*, junio, 2020. [En Línea]. Disponible en: <https://www.top500.org/> [Consultado en junio 20, 2020].
- [54] J. Crain, “COVID-19 -Potential Therapeutics from Under-Explored Targets,” *COVID-19 HPC Consortium*, 2020. [En Línea]. Disponible en: <https://covid19-hpc-consortium.org/projects/5eb5c8a44c0571007b307656> [Consultado en junio 20, 2020].
- [55] W. Y. Ching, “Structural Refinement and Intramolecular Binding in SARS-CoV-2 Spike Protein,” *COVID-19 HPC Consortium*, 2020. [En Línea]. Disponible en: <https://covid19-hpc-consortium.org/projects/5ee821818d5e6f0083eed3a> [Consultado en junio 20, 2020].
- [56] S. Ou, “The Evolutionary History of SARS-CoV-2,” *COVID-19 HPC Consortium*, 2020. [En Línea]. Disponible en: <https://covid19-hpc-consortium.org/projects/5e98d07dc59aba00857a40d0> [Consultado en junio 20, 2020].
- [57] K. Moskvitch, “Duke University Team Designs Multi-Splitting Device for Ventilators to Help with COVID-19,” *COVID-19 HPC Consortium*, junio 11, 2020. [En Línea]. Disponible en: <https://covid19-hpc-consortium.org/blog/duke-university-team-designs-multi-splitting-device-for-ventilators-to-help-with-covid-19> [Consultado en junio 20, 2020].

- [58] G. Wei, "AI-Based Repositioning of Existing Drugs for COVID-19," *COVID-19 HPC Consortium*, junio, 2020. [En Línea]. Disponible en: <https://covid19-hpc-consortium.org/projects/5e86fdf444c9d8007ff92163> [Consultado en junio 20, 2020].
- [59] DGTIC, "Menú principal," *Dirección General de Cómputo y Tecnologías de Información y Comunicación*, 2019. [En Línea]. Disponible en: <https://www.tic.unam.mx/> [Consultado en junio 20, 2020].
- [60] UNAM, "Toda la UNAM en línea," *Universidad Nacional Autónoma de México*, 2020. [En Línea]. Disponible en: <https://www.unam.mx/> [Consultado en junio 20, 2020].
- [61] Supercómputo en la UNAM, "Convocatoria extraordinaria 2020," *DGTIC Dirección General de Cómputo y Tecnologías de Información y Comunicación*, abril 16, 2020. [En Línea]. Disponible en: <https://www.super.unam.mx/convocatoria-covid-19-2020> [Consultado en junio 20, 2020].
- [62] DGTIC, "Recursos de supercómputo, asignados contra COVID," *Dirección General de Cómputo y Tecnologías de Información y Comunicación*, junio 3, 2020. [En Línea]. Disponible en: <https://www.tic.unam.mx/2020/06/03/recursos-de-supercomputo-asignados-contra-covid/?platform=hootsuite> [Consultado en junio 20, 2020].
- [63] COVID-19 HPC Consortium, "The COVID-19 High Performance Computing Consortium," *COVID-19 HPC Consortium*, 2020. [En Línea]. Disponible en: <https://covid19-hpc-consortium.org/> [Consultado en junio 20, 2020].
- [64] White House, "Office of Science and Technology Policy," *White House*, 2020. [En Línea]. Disponible en: <https://www.whitehouse.gov/ostp/> [Consultado en junio 20, 2020].
- [65] Energy.Gov, "Department of Energy," *Energy.Gov*. [En Línea]. Disponible en: <https://www.energy.gov/> [Consultado en junio 20, 2020].
- [66] IBM, "IBM de México," *International Business Machines Corporation*. [En Línea]. Disponible en: <https://www.ibm.com/mx-es> [Consultado en junio 20, 2020].
- [67] The Editors of Encyclopaedia Britanica, "Data Processing," *Britanica*, 2020. [En Línea]. Disponible en: <https://www.britannica.com/technology/data-processing> [Consultado en junio 20, 2020].
- [68] B. Caulfield, "What's the Difference Between a CPU and a GPU?," *NVIDIA*, diciembre 16, 2009. [En Línea]. Disponible en: <https://blogs.nvidia.com/blog/2009/12/16/whats-the-difference-between-a-cpu-and-a-gpu/> [Consultado en junio 20, 2020].
- [69] TechTerms, "Petaflops Definition," *TechTerms*, marzo 18, 2010. [En Línea]. Disponible en: <https://techterms.com/definition/petaflops> [Consultado en junio 20, 2020].
- [70] COVID-19 HPC Consortium, "The COVID-19 High Performance Computing Consortium," *COVID-19 HPC Consortium*, 2020. [En Línea]. Disponible en: <https://covid19-hpc-consortium.org/> [Consultado en junio 20, 2020].
- [71] S. Greengard, "The Internet of Things," *Britanica*, julio 14, 2015. [En Línea]. Disponible en: <https://www.britannica.com/topic/Internet-of-Things-The-2032782> [Consultado en junio 20, 2020].
- [72] HT, "Chinese Police use 'Smart Helmets' to Detect Coronavirus Patients in Public, Netizens Have Thoughts," *HT Hindustan Times*, marzo 7, 2020. [En Línea]. Disponible en: <https://www.hindustantimes.com/it-s-viral/chinese-police-use-smart-helmets-to-detect-coronavirus-patients-in-public-netizens-have-thoughts/story-YLTL4SWPpQKf7eLIRiWBQM.html> [Consultado en junio 20, 2020].

- [73] H. Kretchmer, "How Drones are Helping to Battle COVID-19 in Africa – and Beyond," *World Economic Forum*, mayo 8, 2020. [En Línea]. Disponible en: <https://www.weforum.org/agenda/2020/05/medical-delivery-drones-coronavirus-africa-us/> [Consultado en junio 20, 2020].
- [74] Microsoft Azure, "What is the Cloud?," *Microsoft Azure*, 2020. [En Línea]. Disponible en: <https://azure.microsoft.com/en-us/overview/what-is-the-cloud/> [Consultado en junio 20, 2020].
- [75] UNESCO, "Education: From disruption to recovery," *UNESCO*. [En Línea]. Disponible en: <https://en.unesco.org/covid19/educationresponse> [Consultado en junio 20, 2020].
- [76] UNESCO, "Education: From Disruption to Recovery," *UNESCO*. [En Línea]. Disponible en: <https://en.unesco.org/covid19/educationresponse> [Consultado en junio 20, 2020].
- [77] CUAIEED, "UNAM a distancia," *Coordinación de Universidad Abierta, Innovación Educativa y Educación a Distancia de la UNAM*, 2020. [En Línea]. Disponible en: <https://cuaieed.unam.mx/> [Consultado en junio 20, 2020].
- [78] CUAIEED, "Aulas virtuales y ambientes educativos," *Coordinación de Universidad Abierta, Innovación Educativa y Educación a Distancia de la UNAM*, 2020. [En Línea]. Disponible en: <https://aulas-virtuales.cuaed.unam.mx/> [Consultado en junio 20, 2020].
- [79] Cambridge Dictionary, "Web Conferencing," *Cambridge Dictionary*. [En Línea]. Disponible en: <https://dictionary.cambridge.org/us/dictionary/english/web-conferencing> [Consultado en junio 20, 2020].
- [80] C. López. Guzmán, "Los repositorios de objetos de aprendizaje como soporte para los entornos e-learning," *Publicaciones Digitales DGSCA-UNAM*, 2005. [En Línea]. Disponible en: http://www.biblioweb.tic.unam.mx/libros/repositorios/la_web.htm [Consultado en junio 20, 2020].
- [81] Gobierno de México, "Educación," *Secretaría de Educación Pública*, 2020. [En Línea]. Disponible en: <https://www.gob.mx/sep> [Consultado en junio 20, 2020].
- [82] Gobierno de México, "Aprende en casa," *Secretaría de Educación Pública*, 2020. [En Línea]. Disponible en: <https://www.aprendeencasa.mx/aprende-en-casa/> [Consultado en junio 20, 2020].
- [83] Zoom, "In This Together. Keeping You Securely Connected Wherever You Are," *Zoom*, 2020. [En Línea]. Disponible en: <https://zoom.us/> [Consultado en junio 20, 2020].
- [84] Google Meet, "Videoconferencias premium. Ahora gratuitas para todos los usuarios," *Google Meet*, 2020. [En Línea]. Disponible en: <https://apps.google.com/meet/> [Consultado en junio 20, 2020].
- [85] Microsoft, "Microsoft Teams más formas de ser un equipo," *Microsoft*, 2020. [En Línea]. Disponible en: <https://www.microsoft.com/es-mx/microsoft-365/microsoft-teams/group-chat-software> [Consultado en julio 25, 2020].
- [86] CISCO, "Mantenga a su equipo conectado y su trabajo protegido," *Webex*, 2020. [En Línea]. Disponible en: <https://www.webex.com/es/index.html> [Consultado en junio 20, 2020].
- [87] Moodle, "Empezar es fácil," *Moodle*, 2020. [En Línea]. Disponible en: <https://moodle.org/?lang=es> [Consultado en agosto 28, 2020].
- [88] Google Classroom, "Crea tu primera clase o apúntate a ella," *Google Classroom*, 2020. [En Línea]. Disponible en: <https://classroom.google.com/> [Consultado en agosto 28, 2020].

- [89] INEGI, “Quiénes somos,” *Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática*, enero 25, 1983. [En Línea]. Disponible en: https://www.inegi.org.mx/inegi/quienes_somos.html [Consultado en junio 20, 2020].
- [90] Gobierno de México, “Comunicaciones,” *SCT Secretaría de Comunicaciones y Transportes*, 2020. [En Línea]. Disponible en: <https://www.gob.mx/sct> [Consultado en junio 20, 2020].
- [91] IFT, “Foro perspectivas de los sectores de telecomunicaciones y radiodifusión en la reactivación económica de la nueva normalidad,” *Instituto Federal de Telecomunicaciones*, 2020. [En Línea]. Disponible en: <http://www.ift.org.mx/> [Consultado en junio 20, 2020].
- [92] INEGI, “Encuesta nacional sobre disponibilidad y uso de tecnologías de la información en los hogares (ENDUTIH) 2019,” *INEGI*, 2019. [En Línea]. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/programas/dutih/2019/> [Consultado en junio 20, 2020].
- [93] INEGI, “En México hay 80.6 millones de usuarios de internet y 86.5 millones de usuarios de teléfonos celulares: ENDUTIH 2019,” *INEGI*, febrero 17, 2020. [En Línea]. Disponible en: https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2020/OtrTemEcon/ENDUTIH_2019.pdf [Consultado en junio 20, 2020].
- [94] Facebook, “Facebook te ayuda a comunicarte y compartir con las personas que forman parte de tu vida,” *Facebook*, 2020. [En Línea]. Disponible en: <https://www.facebook.com/> [Consultado en junio 20, 2020].
- [95] Twitter, “Mira lo que está pasando en el mundo en este momento,” *Twitter*, 2020. [En Línea]. Disponible en: <https://twitter.com/> [Consultado en junio 20, 2020].
- [96] Instagram, “Inicia sesión,” *Instagram*, 2020. [En Línea]. Disponible en: <https://www.instagram.com/> [Consultado en junio 20, 2020].
- [97] Telegram, “Una nueva era de mensajería,” *Telegram*, 2020. [En Línea]. Disponible en: <https://telegram.org/> [Consultado en junio 20, 2020].
- [98] YouTube, “Principal,” *YouTube*, 2020. [En Línea]. Disponible en: <https://www.youtube.com/> [Consultado en junio 20, 2020].
- [99] DGCS, “Además de pandemia por COVID-19, México enfrenta propagación de noticias falsas,” *Dirección General de Comunicación Social*, abril 9, 2020. [En Línea]. Disponible en: https://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2020_318.html [Consultado en junio 20, 2020].
- [100] Facebook, “Centro de información sobre el coronavirus (COVID-19),” *Facebook*, 2020. [En Línea]. Disponible en: <https://www.facebook.com/covid19> [Consultado en junio 20, 2020].

Cómo se cita:

L. H. Cervantes y A. J. Santillán, “La importancia de las Tecnologías de Información y Comunicación en tiempos de COVID-19,” *TIES, Revista de Tecnología e Innovación en Educación Superior*, n.o. 3, abril, 2021. [En línea]. Disponible en: <https://www.ties.unam.mx/> [Consultado en mes día, año].



TIES

Revista de
**Tecnología e Innovación
en Educación Superior**

IMPORTANCIA DE LA SEGURIDAD FÍSICA EN LA INFRAESTRUCTURA DE REDES, CENTROS DE DATOS Y TELECOMUNICACIONES DE LAS INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN SUPERIOR

Carmen Humberta de Jesús Díaz Novelo

Jaime Olmos de la Cruz

<https://www.ties.unam.mx/>

Fecha de recepción: 18 de agosto de 2020 • Fecha de publicación: abril de 2021

Abril 2021 | número de revista 3 • ISSN 2683-2968



Acervos Digitales, Dirección General de Cómputo y de Tecnologías de Información y Comunicación, UNAM

Esta obra está bajo licencia de Creative Commons
Atribución-No Comercial 4.0 Internacional (CC BY-NC 4.0)

IMPORTANCIA DE LA SEGURIDAD FÍSICA EN LA INFRAESTRUCTURA DE REDES, CENTROS DE DATOS Y TELECOMUNICACIONES DE LAS INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN SUPERIOR

Resumen

La infraestructura de las redes, los centros de datos y las telecomunicaciones de las Instituciones de Educación Superior (IES), permite el transporte de los datos y la interconexión hacia la red de redes (Internet). Por ello, es de vital importancia crear una conciencia sobre las acciones que las áreas estratégicas de Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) deben tomar en lo referente a las inversiones y el otorgamiento de los recursos necesarios para asegurar la continuidad de los servicios, así como la implementación y el mantenimiento de sus proyectos. Se observa en las IES una necesidad apremiante por trabajar con un enfoque de gestión de riesgos, ya que, en cuanto a amenazas y vulnerabilidades a las que está expuesta la infraestructura, en todos los casos, el costo asociado a los riesgos no atendidos puede ser mucho mayor que el suficiente para implementar la protección requerida. Las metodologías de gestión de riesgos deben considerar las amenazas y las vulnerabilidades por fenómenos meteorológicos, ocasionadas por la geografía donde están ubicados los campus de las IES.

Palabras clave:

Seguridad física, Redes, Telecomunicaciones, Centros de Datos, Infraestructura, Administración de Riesgos

IMPORTANCE OF PHYSICAL SECURITY IN NETWORK INFRASTRUCTURE, DATA CENTERS AND TELECOMMUNICATIONS OF HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS

Abstract

The infrastructure of networks, data centers and telecommunications of the Institutions of Higher Education (IES), allow the transport of the data and the interconnection to the network of networks, Internet. For this reason, it is important to raise awareness about the actions that Information and Communication Technologies (ICT) strategic areas should consider in investments and the granting of the necessary resources for the prevention, maintenance and implementation of their projects that guarantee the continuity of services. It is observed the urgent need to work with a risk management approach in the IES since, in terms of the threats and vulnerabilities to which the infrastructure is exposed, in all cases, the cost associated with the risks not attended can be higher than necessary to implement the required protection; risk management methodologies must consider the threats and vulnerabilities to meteorological phenomena caused by geography where the campuses of the IES are located..

Keywords:

Physical security, Networks, Telecommunications, Data Centers, Infrastructure, Risk Management.

IMPORTANCIA DE LA SEGURIDAD FÍSICA EN LA INFRAESTRUCTURA DE REDES, CENTROS DE DATOS Y TELECOMUNICACIONES DE LAS INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN SUPERIOR

Introducción

Un modelo de operación de la infraestructura, considera elementos de gestión de la tecnología, el talento humano y la tecnología requerida. Además, otorga las herramientas necesarias para asegurar la continuidad del servicio en las Instituciones de Educación Superior (IES) [1], enfrentando los riesgos potenciales a los que pueden estar expuestos la infraestructura de redes, los centros de datos y las telecomunicaciones.

Por otra parte, en años recientes se ha observado a nivel global y en México, la necesidad de retomar los tópicos relacionados con la infraestructura de redes y las telecomunicaciones, ante las iniciativas para dotar de Internet a todos los rincones del mundo y el país, además de fortalecer las telecomunicaciones existentes. Esta iniciativa proviene de organizaciones internacionales y nacionales, proveedores de servicios de Internet e instituciones de educación superior.

La Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (ANUIES), realizó encuestas entre sus asociadas, durante los años 2016, 2017, 2018 y 2019. Los resultados publicados en documentos presentan el estado actual de las TIC en IES de México. Estos documentos cuentan con una sección dedicada a la seguridad de la información. Entre las incidencias de seguridad que se presentaron en las IES, se encontraron las siguientes: fallas en la energía eléctrica, incidentes

relacionados con el agua, la humedad y temperaturas extremas, fallas en equipos por condiciones ambientales adversas, desastres naturales (inundaciones, sismos, huracanes, etc.) e incendios [2]. También se preguntó a las IES sobre daños ocasionados por robo, vandalismo y control de acceso, sin embargo, los porcentajes no fueron significativos, por lo que no se consideran en este trabajo. En el cuadro 1 se presentan los porcentajes de los incidentes de seguridad física entre 2016 y 2019.

En los resultados también se observa un lento avance de las IES en la aplicación de alguna metodología de gestión de riesgos; en la implantación de planes de recuperación de desastres, y en la puesta en marcha de planes de

Año	2016	2017	2018	2019
Número de IES que participaron en el estudio	140	149	144	137
Fallas en energía eléctrica	81%	83%	80%	80%
Agua, humedad, temperaturas extremas, etcétera	25%	43%	40%	42%
Fallas en equipos por condiciones ambientales inadecuadas	37%	38%	35%	36%
Desastres naturales (inundaciones, sismos, huracanes, etcétera)	12%	13%	19%	12%
Incendios	0%	1%	2%	1%

Cuadro 1.

Incidentes de seguridad física que se presentaron en las Instituciones de Educación Superior de México entre los años 2016 y 2019. Fuente: elaboración propia.

continuidad de negocio que incluyen análisis de impacto [2]. En el cuadro 2 se presentan dos indicadores relacionados con la continuidad del negocio, que permiten ver los porcentajes de avance de las IES entre 2016 y 2019.

Observando los cuadros 1 y 2, se puede concluir que es importante que las IES aborden la seguridad física y gestionen los riesgos asociados a la infraestructura, los centros de datos y las telecomunicaciones, ya que ante los cambios climáticos y los desastres físicos que provocan, cobra una gran relevancia, y se vuelve necesario analizar las vulnerabilidades que pueden presentarse en las IES. Un ejemplo es el paso destructivo del huracán *Dorian* en 2019, cuando la Sociedad de Internet hizo un llamado a la comunidad, ya que “los desastres naturales no van a desaparecer e incluso podemos esperar que tengan un mayor poder destructivo en el futuro. Aunque no podemos luchar contra la naturaleza, no hacer nada no es una opción” [3].

Año	2016	2017	2018	2019
Número de IES que participaron en el estudio	140	149	144	137
La IES cuenta con un plan de continuidad de negocio que incluye análisis de impacto	4%	3%	4%	11%
La IES cuenta con una política de continuidad para la operación de los servicios de T.I.	13%	14%	11%	15%

Cuadro 2.

Estado de avance de los planes de continuidad de negocio en las Instituciones de Educación Superior de México entre los años 2016 y 2019. Fuente: elaboración propia.

Amenazas y vulnerabilidades

En este contexto se considera valioso analizar brevemente algunas de las amenazas relacionadas con la infraestructura, los centros de datos y las telecomunicaciones, a las que se encuentran expuestas las IES, como son: cortes a enlaces de fibra óptica, huracanes, falta o falla de protección eléctrica, daños por agua, explosión, descargas atmosféricas y altas temperaturas, que son las amenazas más reportadas por las IES, de acuerdo con los resultados del estudio de la ANUIES [1]. La autora entrevistó a directores de TI de 25 IES de los siguientes estados: Baja California Sur, Chihuahua, Ciudad de México, Quintana Roo y Yucatán. Se les preguntó acerca de las lecciones

aprendidas ante desastres físicos en su infraestructura de Telecomunicaciones, encontrando como resultado siete tipos de amenazas y sus vulnerabilidades. Los resultados coinciden con los estudios de la ANUIES, que a continuación se describen.

- Situaciones de cortes a enlaces de fibra óptica (FO).** A pesar de parecer únicamente notas periódicas, los accidentes automovilísticos son fuente de daños frecuentes a postes, donde se encuentra la infraestructura de fibra óptica. La reparación de este tipo de daño involucra a las autoridades de la propia institución, empresas prestadoras de servicios, autoridades municipales y, en algunos casos, hasta estatales. Por otra parte, el acceso sin control a sitios de Telecomunicaciones, donde se encuentra instalada infraestructura de fibra óptica, deja a ésta expuesta a daños o desconexiones por descuidos o errores humanos. Otra amenaza son los trabajos de excavación o cortes de cable, debido a construcciones en la Institución (nuevos edificios, avenidas, puentes, jardines, estacionamientos, etc.), por no considerar las rutas de la fibra óptica. Una última situación que se expone, es el robo en registros de fibra óptica (Imagen 1) [4].
- Huracanes.** Algunos estados de la República Mexicana se ven afectados periódicamente por los huracanes, que pueden ocasionar daños en, los postes de operadores de Internet o de la Comisión Federal de Electricidad, dejando sin electricidad, Internet y teléfono a las IES. La caída de árboles también puede ocasionar fallas en la energía eléctrica y variaciones en el voltaje. La intermitencia durante el restablecimiento de la energía eléctrica afecta gravemente a los equipos electrónicos.
- Falta o falla de protección eléctrica.** Es común que con el tiempo se incrementen los equipos en los centros de datos y los sitios de telecomunicaciones, pudiéndose saturar los equipos UPS (nombre en inglés Uninterruptible Power Supply, también llamado Sistema de Alimentación Ininterrumpida) y la planta de emergencia. Los directores de TI entrevistados mencionaron situaciones en las que un daño en los transformadores provoca una interrupción de la energía eléctrica en el centro de datos y afecta la climatización, con un incremento de temperaturas en los equipos (Imagen 2). Una planta de emergencia, a pesar de ser un ele-



Figura 1.

P. Rodríguez y B. Kenigsztejn, "Ejemplos de daños a estructuras de cableado. (a) Daño afecta servicio de Cable & Wireless en Chilibre, (b) Causas más extrañas y molestas de rotura de cables de fibra óptica," 2016. [Fotografía]. Disponible en: https://www.tvn-2.com/nacionales/Dano-servicio-Cable-Wireless-Chilibre_0_4543795659.html and <https://www.xatakamovil.com/conectividad/las-10-causas-mas-extranas-y-molestas-de-rotura-de-cables-de-fibra-optica> [Consultado en junio 22, 2020].

mento de seguridad para mantener el suministro de energía, en ocasiones presenta situaciones físicas como el fallo de algún componente, fallas mecánicas de algún interruptor y hasta errores humanos, como la omisión en el abastecimiento de combustible.

4. **Daños por explosión.** En dos casos compartidos por directores de TI de las IES, las explosiones fueron ocasionadas por fugas de gas cercanas a los centros de datos. En otro caso, la explosión



Figura 2.

Sysmiami, "Daños en equipos de telecomunicaciones por falta de protección eléctrica," 2020. [Fotografía]. Disponible en: <https://www.sysmiami.com/halloween-pesadillas-tenologicas/?lang=es> [Consultado en junio 22, 2020].

ocurrió en una de las subestaciones eléctricas que alimentaba al centro de datos, debido a falta de mantenimiento. Otras de las principales causas de explosión se deben a componentes calientes que no reciben el enfriamiento adecuado, chispas por corto circuito, electricidad estática, relámpagos, campos electromagnéticos muy intensos y reacciones químicas de laboratorios mal ubicados.

5. **Daños por descargas atmosféricas.** Los casos relacionados con descargas atmosféricas siguen en aumento y fueron de los más mencionados por los directores de TI, incremento que puede deberse a los cambios climáticos, ocasionando daños de puertos en equipos de comunicaciones por inducción, a pesar de contar con terminales de sacrificio (pararrayos). Otra situación es la descarga atmosférica en las torres de acceso, que daña los equipos de comunicación inalámbrica entre edificios (imágenes 3 y 4) [5].
6. **Daño por agua.** Las filtraciones de agua, ocasionadas por diversas situaciones, como lluvias fuertes, pueden causar la inundación de un centro de datos. Uno de los casos extremos que se compartieron, fue el de las lluvias prolongadas que produjeron el desbordamiento de ríos. Se han registrado casos en que el agua ha subido más de un metro en un centro de datos (Imagen 5) [7].

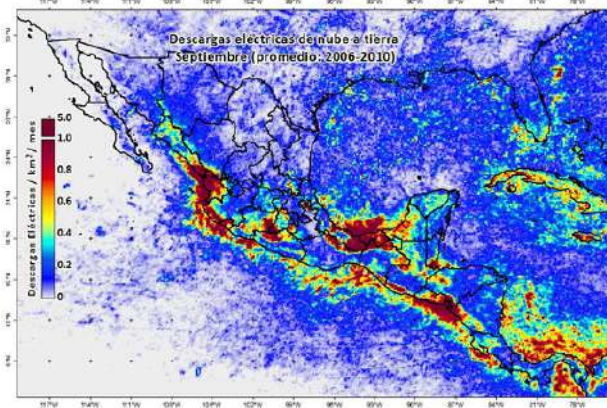


Figura 3.
Descargas eléctricas de nube a tierra. Fuente: Tomada de [6]



Figura 4.
Redwallpapers, "Descarga atmosférica," 2020. [Fotografía].
Disponibile en: <https://www.redwallpapers.com/tags/lightning?page=4> [Consultado en junio 22, 2020].



Figura 5.
R. Datacenter, PandoraFMS y Computerworld, "Ejemplos de Centros de Datos inundados, (a) ¿RTO vs RPO?, (b) Octopods flood, (c) calor y lluvias entre los grandes desafíos para la transformación digital del centro de datos," 2013. [Fotografía]. Disponible en: <https://re-visitadadcenter.wordpress.com/2013/12/12/cual-es-la-diferencia-entre-el-rto-y-rpo/> https://pandorafms.com/docs/index.php?title=File:Octopods_flood.jpg y <https://computerworldmexico.com.mx/calor-y-lluvias-entre-los-grandes-desafios-para-la-transformacion-di-gital-del-centro-de-datos> [Consultado en junio 22, 2020].

7. **Altas temperaturas.** Sin duda las altas temperaturas también son un factor de desastres. Algunas experiencias compartidas por los directores de TI, han coincidido en el daño al único aire acondicionado de su sitio de telecomunicaciones, donde se tienen temperaturas mayores a los 39 grados centígrados. Otra circunstancia relatada son los paros laborales o huelgas, que impiden el acceso a los centros de datos, dando lugar a problemáticas en los sistemas de aire acondicionado, al impedirse una atención oportuna a una falla en la climatización.

Acciones estratégicas para fortalecer la seguridad de la infraestructura y telecomunicaciones en las IES

En esta sección analizaremos las lecciones aprendidas y las prácticas compartidas por los directores de TI de IES entrevistados, que servirán de ayuda a otras IES para prevenir o enfrentar las amenazas antes expuestas, considerando la importancia del trabajo colaborativo dentro y fuera de la IES. En ese análisis reflexivo se esbozan algunas acciones estratégicas a considerar.

- Se requieren políticas y lineamientos institucionales para precisar con más detalle los puntos y las maneras en que puede participar un área de TI en los comités de obras públicas de las IES. Por ejemplo, se puede conocer y compartir información sobre el diseño y la seguridad de las instalaciones, caminos y nuevas edificaciones, proyectando nuevos consumos de energía y generando esquemas que permitan la señalización adecuada de las rutas de fibra óptica, el aseguramiento de los registros y la integración de todos los documentos relacionados. El área de TI puede compartir buenas prácticas de cableado estructurado y la protección eléctrica de centros de datos. También puede sugerir trayectorias de cableado y la ubicación de áreas de cómputo, además de participar en proyectos de equipamiento de sistemas de voz, cómputo y telecomunicaciones de nuevos edificios [8].
- Tener al menos un plan de recuperación de desastres (DRP, Disaster Recovery Plan), inherente a los fenómenos atmosféricos de cada región, para obtener información de la zona de riesgo, el lugar del acontecimiento y un evento anunciado, así como tener la documentación adecuada y detallada del DRP; es decir, con instrucciones paso

a paso sobre cómo ejecutarlo [9]. Las tecnologías de virtualización y de la nube pueden ser aliados para la implantación y las pruebas del DRP, o bien, implementar un sitio remoto con replicado de máquinas virtuales para acelerar la recuperación. No hay que dejar que el DRP se vuelva obsoleto: una vez creado, el plan requiere una revisión periódica.

- Establecer procesos de comunicación efectivos, que permitan hacer notificaciones al personal durante un desastre, considerando también algún acuerdo con asociados y aliados tecnológicos.
- Priorizar los servicios con base en el análisis de riesgos y los objetivos estratégicos de las IES. Esto permitirá mejores políticas para controlar el acceso a los centros de datos, para restaurar los servicios y respaldar la información. Las tecnologías como la nube permiten contar con respaldo en varias áreas geográficas [10] y [11].
- Analizar la ubicación del centro de datos y/o los sitios de Telecomunicaciones, para prevenir algún daño por explosión o inundación, y contar con instalaciones alternas para la operación emergente.
- Contar con sistemas integrales de protección eléctrica (Imagen 6) [12] y climatización. Una vez

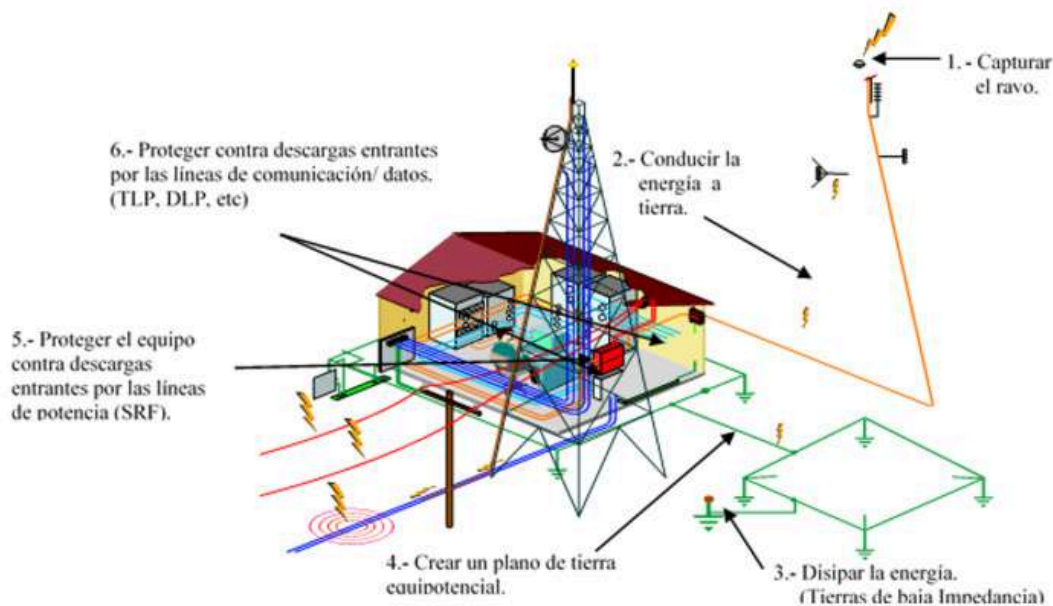


Figura 6.

Erico, "Sistema de protección eléctrica de seis puntos," 2016. [Fotografía]. Disponible en: <https://www.ericom.com/catalog/literature/E611W-USEN.pdf> [Consultado en junio 22, 2020].

implementados, es recomendable no hacer conexiones eléctricas sin un análisis y la documentación de estos diseños. Así, es necesario diseñar adecuadamente la capacidad, el tiempo de soporte y la redundancia, así como dar mantenimiento a los sistemas de protección eléctrica y de climatización, llevando a cabo simulacros periódicamente, para poner a prueba todos los escenarios posibles de fallas de energía básicas. También es imprescindible mantener los sistemas de climatización en condiciones óptimas, mediante un plan de servicios de mantenimiento y diseñar el suministro alternativo de aire acondicionado, considerando el suministro de energía eléctrica de emergencia.

Sistema de Gestión de la Continuidad del Negocio

Otro aspecto importante es la implementación de un Sistema de Gestión de la Continuidad del Negocio. Éste permite a las IES asegurar que todos sus procesos críticos estén siempre disponibles, mediante la planificación, la implementación y el mantenimiento permanente del propio sistema de gestión, viéndose reducida la ocurrencia y quedando de manifiesto la recuperación ante los incidentes [13]. En la imagen 7 se pueden observar los elementos para iniciar un Sistema de Gestión de la Continuidad del Negocio.

La continuidad del negocio debe estar basada en el resultado del análisis de impacto y en la evaluación del riesgo. Estos elementos son vitales porque ayudarán a

las IES a identificar, mitigar y controlar las fallas potenciales en la infraestructura y las telecomunicaciones, así como en los procesos críticos relacionados con ellos. Esto permitirá estabilizar, continuar, reanudar y recuperar las actividades, así como determinar los recursos necesarios para su implementación, con el fin de establecer las medidas proactivas y reducir la probabilidad de la interrupción [14].

Experiencias de la Universidad Autónoma de Yucatán

Actualmente, en la construcción de nuevos edificios, la Universidad Autónoma de Yucatán considera la aplicación y el cumplimiento de un esquema de protección eléctrica basado en el modelo de seis puntos de protección. Éste ha demostrado su efectividad y hace posible la contabilización de los eventos que se presentan, pero sobre todo contribuye a proteger la infraestructura de telecomunicaciones, además de los sitios y los centros de datos de la UADY. Con la aplicación de este modelo se han visto disminuidos los incidentes por daños debidos a descargas atmosféricas o fallas eléctricas. Este esquema está implementado en tres centros de datos y catorce dependencias universitarias desde hace trece años. Se ha venido renovando con los servicios, materiales y tecnologías que van surgiendo. Los daños ocasionados por una descarga atmosférica podían ascender hasta a un millón de pesos en un solo sitio, considerando tarjetas, equipos de telecomunicaciones y conmutadores dañados, mientras que con la protección eléctrica estos costos son

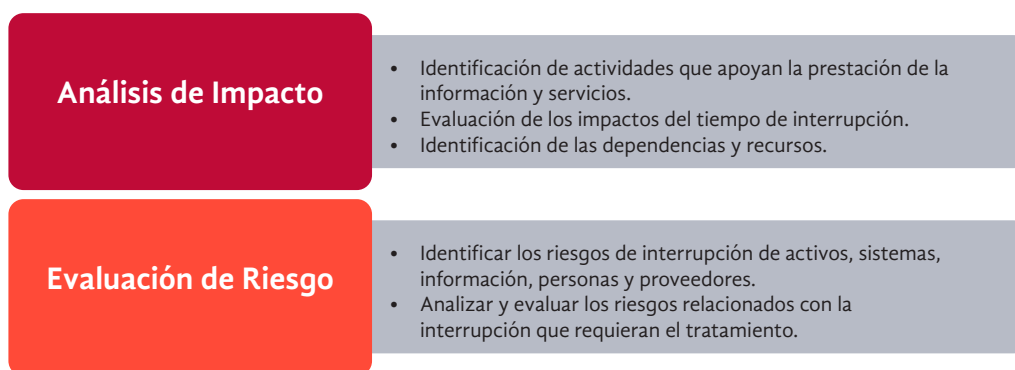


Figura 7.

Elementos requeridos para el Sistema de Gestión de la Continuidad del Negocio. Fuente: elaboración propia.

eliminados o insignificantes, pero lo más importante es que la operación de los servicios de TI de una institución no se detienen.

Los antecedentes de esta implementación se detallan a continuación. En 2006 se desarrolló un proyecto para obtener un esquema de protección eléctrica. Este proyecto fue apoyado por primera vez con fondos de financiamiento federales del Programa Integral de Fortalecimiento Institucional (PIFI)¹. En 2007 alcanzó un 80% la implementación del esquema de protección eléctrica en 14 dependencias universitarias. Posteriormente, año con año se consideró el presupuesto para operar este sistema y proteger los sitios de telecomunicaciones de las dependencias universitarias. A partir de 2008, en los nuevos edificios y construcciones universitarias se considera la inclusión del sistema de protección eléctrica desde el diseño de los nuevos edificios, los sitios de telecomunicaciones y los centros de datos, este es el caso del centro de datos más reciente del Campus de Ciencias Sociales, Económicas y Humanidades, que desde su conceptualización fue planeado para contar con diversos elementos de continuidad en los servicios de TI, siendo uno de ellos el esquema de protección eléctrica.

La implementación de este modelo en la Universidad Autónoma de Yucatán, es parte del plan de continuidad que contempla elementos de seguridad física para la infraestructura [15] y [16], con el propósito de responder ante interrupciones eléctricas, fenómenos meteorológicos como los huracanes y paros por huelgas. Recientemente ha incorporado elementos derivados de la contingencia sanitaria ocasionada por el COVID-19.

Conclusión

Los resultados de las encuestas aplicadas por la ANUIES, así como los casos compartidos por las IES, permiten identificar la necesidad de hacer visible la importancia de gestionar los riesgos asociados a la infraestructura, los centros de datos y las telecomunicaciones. Estos riesgos deben ser considerados tanto dentro de los planes de continuidad, como en la gestión de riesgos de una institución.

También cobra relevancia revisar los planes de recuperación de desastres, ya que es probable que los riesgos y los desastres físicos, ocasionados por los fenómenos

meteorológicos, se incrementen en las IES, debido a los cambios climáticos, sus edificaciones, la ubicación y las condiciones geográficas.

Las IES deben establecer canales de comunicación y programas de concientización apropiados para las áreas de TI, actores estratégicos y directivos sobre estos temas, para dar la importancia requerida a la seguridad física y a la gestión de los riesgos asociados a la infraestructura, los centros de datos y las telecomunicaciones. Se debe promover la planeación, la implementación y la puesta en operación de metodologías de gestión de riesgos, planes de la continuidad y la disponibilidad de los servicios de TI y la reducción de costos asociados a incidentes de seguridad física de la infraestructura, centros de datos y telecomunicaciones.

¹Informe del programa de gestión 2007 (PROGES 2007) de la Universidad Autónoma de Yucatán.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] L. G. Díaz, "Las Tecnologías de Información y Comunicación en las Instituciones de Educación Superior: presente y futuro," *Coordinación General de Tecnologías de Información*, noviembre 30, 2016. [En línea]. Disponible en: <https://cgti.udg.mx/publicaciones/2016/tic-ies> [Consultado en junio 22, 2020].
- [2] J. P. López, "Estado actual de las Tecnologías de la Información y Comunicaciones en las Instituciones de Educación Superior en México Estudio 2018," *Publicaciones ANUIES*, 2018. Disponible en: <http://publicaciones.anuies.mx/libros/240/estado-actual-de-las-tecnologias-de-la-informacion-y-comunicaciones> [Consultado en junio 22, 2020].
- [3] Internet Society, "Consolidation in the Internet Economy," *Internet Society*, 2019. Disponible en: <https://future.internetsociety.org/2019/introduction/> [Consultado en junio 22, 2020].
- [4] TVN/Noticias, "Daño afecta servicio de cable & wireless en Chilibre," *TVN/Noticias*, agosto 03, 2016. Disponible en: https://www.tvn-2.com/nacionales/Dano-servicio-Cable-Wireless-Chilibre_0_4543795659.html [Consultado en junio 22, 2020].
- [5] F. M. León, "La red mundial de localización de rayos en tiempo real: WWLLN," *Meteored Tiempo.com*, julio 21, 2012. [En línea]. Disponible en: <https://www.tiempo.com/ram/491/la-red-mundial-de-localizacion-de-rayos-wwlln-world-wide-lightning-location-network/> [Consultado en junio 22, 2020].
- [6] UNAM, "Descargas eléctricas de nube a tierra," 2020. [Fotografía]. Disponible en: https://atlasclimatico.unam.mx/atlas/Docs/f_lightning.html [Consultado en junio 22, 2020].
- [7] Internet Society, "Consolidation in the internet Economy," *Internet Society*, 2019. Disponible en: <https://future.internetsociety.org/2019/introduction/> [Consultado en junio 22, 2020].
- [8] Bicsi, "ANSI/BICSI N3-20, Planning and Installation Methods for the Bonding and Grounding of Telecommunication and ICT Systems and Infrastructure," *Bicsi*, 2020. [En línea]. Disponible en: <https://www.bicsi.org/standards/available-standards-store/single-purchase/bicsi-n3-20-bonding-and-grounding> [Consultado en junio 22, 2020].
- [9] B. Martin, "Disaster Recovery Plan Strategies and Processes," *SANS*, febrero, 2002. [En línea]. Disponible en: <https://www.sans.org/reading-room/whitepapers/recovery/disaster-recovery-plan-strategies-processes-564> [Consultado en junio 22, 2020].
- [10] AWS, "Seguridad en la nube de AWS," *Amazon Web Services*, 2020. [En línea]. Disponible en: <https://aws.amazon.com/es/security/introduction-to-cloud-security/> [Consultado en junio 22, 2020].

- [11] M. A. Vasquez y G. L. Martínez, “Seguridad en la nube durante los próximos años,” *Revista Seguridad*. Vol. 29, pp. 4-8 [En línea]. Disponible en: https://revista.seguridad.unam.mx/sites/default/files/rev_seguridad_29_0.pdf [Consultado en junio 22, 2020].
- [12] Aemsys, “Nuestras marcas,” *Aemsys*, 2020. [En línea]. Disponible en: <http://www.aemsys.com/nuestras-marcas/> [Consultado en junio 22, 2020].
- [13] ISOToolsExcelence, “ISO 22301 Gestión de continuidad de negocio en la práctica,” *ISOToolsExcelence*, julio 23, 2017. [En línea]. Disponible en: <https://www.isotools.org/2017/07/23/iso-22301-gestion-continuidad-negocio-la-practica/> [Consultado en junio 22, 2020].
- [14] Diligent, “Las cinco mejores prácticas para la gobernanza de la seguridad de la información,” *Diligent*, 2016. [En línea]. Disponible en: http://diligent.com/wp-content/uploads/2016/10/WP0018_ES_Five-Best-Practices-for-Information-Security-Governance.pdf [Consultado en junio 22, 2020].
- [15] UADY, “Políticas institucionales de seguridad en cómputo,” *UADY*, mayo 27, 2010. [En línea]. Disponible en: https://www.riuary.uady.mx/riuary/UADY-PSI-01-REV03-PoliticasinstitucionalesdeSeguridadenCompu to_Rev09.pdf [Consultado en junio 22, 2020].
- [16] UADY, “Plan de contingencias para servicios institucionales de TI,” *UADY*, septiembre 01, 2012. [En línea]. Disponible en: <https://www.calidad.uady.mx/8/0/1/0/0/L-SG-CGTIC-05%20Plan%20de%20Contingencias%20para%20Servicios%20Institucionales%20de%20TI%20Rev02.pdf> [Consultado en febrero 24, 2021].
- [17] Revista DataCenter, “¿RTO vs RPO?,” *Revista DataCenter*, diciembre 12, 2013. [En línea]. Disponible en: <https://revistadatacenter.wordpress.com/2013/12/12/cual-es-la-diferencia-entre-el-rto-y-rpo/> [Consultado en junio 22, 2020].
- [18] C. E. Betancourt, “Ciberseguridad en los sistemas de información de las universidades,” *Dominio Las Ciencias*, vol. 3, no 3, agosto, 2017.
- [19] Secretaria de Comunicaciones y Transportes, “Habilidades de ciberseguridad para telecomunicaciones y radiodifusión,” *Secretaria de Comunicaciones y Transportes*, mayo 28, 2019. [En línea]. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/479532/conclusiones_habilidades_en_ciberseguridad_para_telecomunicaciones_y_radiodifusion.pdf [Consultado en junio 22, 2020].
- [20] ITU Publications, “Global Cybersecurity Index-GCI,” *ITU Publications*, 2018. [En línea]. Disponible en: https://www.itu.int/dms_pub/itu-d/opb/str/D-STR-GCI.01-2018-PDF-E.pdf [Consultado en junio 22, 2020].
- [21] Gobierno de México, “Estrategia nacional de ciberseguridad,” *gob.mx*, 2017. [En línea]. Disponible en: <https://www.gob.mx/gobmx/documentos/estrategia-nacional-de-ciberseguridad> [Consultado en junio 22, 2020].
- [22] OEA, “Hacia una estrategia nacional de ciberseguridad,” *sites.oas.org*, agosto 02, 2017. [En línea]. Disponible en: [https://www.sites.oas.org/cyber/Documents/Mexico%20-%20Consolidacion%20de%20Consultas%20Documento%20ENCS%20\(1\).pdf](https://www.sites.oas.org/cyber/Documents/Mexico%20-%20Consolidacion%20de%20Consultas%20Documento%20ENCS%20(1).pdf) [Consultado en junio 22, 2020].
- [23] OAS, “NIST Cybersecurity Framework-CSF,” *oas.org*, 2019. [En línea]. Disponible en: [https://www.oas.org/en/sms/cicte/docs/OAS-AWS-NIST-Cybersecurity-Framework\(CSF\)-ENG.pdf](https://www.oas.org/en/sms/cicte/docs/OAS-AWS-NIST-Cybersecurity-Framework(CSF)-ENG.pdf) [Consultado en junio 22, 2020].

- [24] ISMS, “El libro blanco del CISO,” *ISMS Forum Spain*, [En línea]. Disponible en: <https://www.ismsforum.es/ficheros/descargas/segunda-edicion-del-libro-blanco-del-ciso-de-isms.pdf> [Consultado en junio 22, 2020].
- [25] J. C. Guel, Ponente, *Webinar MetaRed: Cyberseguridad aplicada a la Educación Superior*. México: 2019
- [26] Diligent, “Las cinco mejores prácticas para la gobernanza de la seguridad de la información,” *Diligent*, 2016. [En línea]. Disponible en: http://diligent.com/wp-content/uploads/2016/10/WP0018_ES_Five-Best-Practices-for-Information-Security-Governance.pdf [Consultado en junio 22, 2020].

Cómo se cita:

C. D. Novelo y J. O. De La Cruz, “Importancia de la Seguridad Física en la Infraestructura de Redes, Centros de Datos y Telecomunicaciones de las Instituciones de Educación Superior,” *TIES, Revista de Tecnología e Innovación en Educación Superior*, n.o. 3, abril, 2021. [En línea]. Disponible en: <https://www.ties.unam.mx/> [Consultado en mes día, año].

COMPUTACIÓN SIN SERVIDOR

Javier Salazar Argonza

<https://www.ties.unam.mx/>

Fecha de recepción: 13 de octubre de 2020 • Fecha de publicación: abril de 2021

Abril 2021 | número de revista 3 • ISSN 2683-2968

Acervos Digitales, Dirección General de Cómputo y de Tecnologías de Información y Comunicación, UNAM

Esta obra está bajo licencia de Creative Commons
Atribución-No Comercial 4.0 Internacional (CC BY-NC 4.0)

COMPUTACIÓN SIN SERVIDOR

Resumen

La Computación sin Servidor o Serverless Computing es una tendencia tecnológica que surgió en años recientes y forma parte de una nueva generación de productos y servicios ofertados por los centros de datos (proveedores de servicios en la nube), que busca facilitar a las empresas e instituciones, el cumplimiento de sus objetivos de negocio.

La computación sin servidor, a pesar de su nombre, no implica la eliminación del uso de servidores de aplicaciones, más bien es un nuevo tipo de servicio a través de Internet, que facilita a las empresas e instituciones crear y ejecutar sus aplicaciones y/o servicios de software, sin tener que preocuparse por los diferentes aspectos técnicos asociados a la infraestructura física en la que éstos deben residir.

En el presente artículo, se explica en qué consiste la computación sin servidor; se indican algunos casos en donde su uso es recomendado; se comentan las principales ventajas y desafíos para migrar a esta tecnología, y se explican las diferencias entre las principales plataformas tecnológicas de computación sin servidor, disponibles en el mercado. Finalmente, se introduce al lector en el tema de la selección de los marcos de desarrollo de código abierto, sin servidor multiplataforma, *Serverless Frameworks*.

Palabras clave:

TIC, Computación sin servidor, Nube, Servicios en nube, Plataformas sin servidor, Marcos de desarrollo sin servidor.

SERVERLESS COMPUTING

Abstract

Serverless Computing is a technological trend that emerged in recent years and is part of a new generation of products and services offered by data centers (cloud service providers), which seeks to facilitate companies and institutions, meeting your business objectives. Serverless computing despite its name does not imply the elimination of the use of application servers, rather it is a new type of service through the Internet, which makes it easier for companies and institutions to create and run their applications and / or services. software, without having to worry about the different technical aspects associated with the physical infrastructure in which they must reside.

In this article, it is explained what serverless computing consists of, some cases where its use is recommended are indicated, the main advantages and challenges to migrate to this technology are discussed, and the differences between the main computing technology platforms are explained. no server available in the market. Finally, the reader is introduced to the topic of selecting open source serverless multiplatform development frameworks "*Serverless Frameworks*".

Keywords:

ICT, Serverless Computing, Cloud, Cloud Services, Serverless Platforms, Serverless Development Frameworks.

COMPUTACIÓN SIN SERVIDOR

Introducción

La *Computación sin Servidor* o *Serverless Computing* es el siguiente paso en la evolución de la Computación en la nube (Cloud Computing). Este tipo de arquitectura establece la separación entre los programas de aplicaciones y la infraestructura física, misma que es requerida por éstas para su ejecución. Esto lo logra mediante el uso de *plataformas tecnológicas especializadas*, disponibles en centros de datos, que se encargan de gestionar todas las necesidades y las configuraciones requeridas por las aplicaciones.

Bajo esta arquitectura, el proveedor de servicios en la nube es responsable de todos los recursos involucrados en el aprovisionamiento y la administración de la infraestructura física, así como del software y el licenciamiento requeridos para la ejecución de las aplicaciones, lo que resulta en una simplificación muy atractiva para las empresas e instituciones que solo buscan productividad.

Al eliminarse la adquisición y la administración de servidores y sistemas, se genera un entorno informático altamente productivo, que reduce el tiempo y el costo con que los proyectos de informática se pueden concluir.

La computación sin servidor es la solución ideal para muchos casos de uso, como:

- *Aplicaciones de comercio electrónico completas (tiendas en línea)*. Si la tienda crece, el servicio de computación sin servidor escalará los recursos de la

tienda automáticamente, para satisfacer las nuevas necesidades. Adicionalmente, la tienda estará ejecutándose en línea para aceptar nuevos pedidos.

- *Bases de datos de misión crítica*. Esta arquitectura les permite ajustar su rendimiento y crecer de forma flexible, para hacer frente a la demanda de datos que puede crecer a gran velocidad. Adicionalmente, esta arquitectura garantiza que los datos estarán debidamente protegidos; se cumplirán las normas de la empresa o institución en lo referente al manejo de la información, y se reducirán los costos.
- *Aplicaciones HTTP sin reconocimiento de estado*. Son aquellas que no requieren guardar los datos del cliente, generados en una sesión de trabajo, para su uso en una próxima sesión. Es decir, cada sesión se lleva a cabo como si fuera la primera vez y las respuestas no dependen de los datos de una sesión previa.
- *Los backends web móviles y de la Internet de las cosas*. Parte lógica de un desarrollo web, responsable de que la página funcione bien.
- *Procesamiento de datos por lotes o en streaming*. Flujo continuo de datos.
- *Blogs grandes*. Les permite crecer sin restricciones de almacenamiento y en el número de usuarios simultáneos que los acceden de forma eficiente con el paso del tiempo.

- *Chat bots.* Programas con los que es posible sostener una conversación, para solicitarles algún tipo de información (asesoría en línea), o que realicen acciones concretas como la reserva de un boleto de avión.

Para mayor información sobre casos de uso, véase el artículo en línea *Serverless computing, TechTarget, sección: Casos de uso informáticos sin servidor.* Referencia [3] de la bibliografía disponible al final de este artículo.

Ventajas de la computación sin servidor

En esta era de presupuestos reducidos, sobre todo para países como el nuestro (en vías de desarrollo), la computación sin servidor resulta muy atractiva, debido a que permite a las empresas e instituciones reducir los costos de operación de sus sistemas de misión crítica, los cuales sin el uso de esta tecnología pueden llegar a consumir hasta el 70 por ciento de su presupuesto disponible para TI. Esto, según el documento en PDF *Tendencias tecnológicas 2019: más allá de la frontera digital*, Pág. 39, sección *Sin operaciones en un mundo sin servidores*, párrafo “Tradicionalmente, la responsabilidad del CIO por mantener operando los sistemas de tecnología críticos-para-el-negocio ha absorbido hasta el 70 por ciento del presupuesto de TI”. Referencia [7] de la bibliografía disponible al final de este artículo, adicionalmente les permite:

- Aumentar su productividad al concentrarse únicamente en el uso de aplicaciones de software o el desarrollo y ejecución de sus propias aplicaciones, en los lenguajes de programación y plataformas de software que éstas requieran.
- Disponer de recursos de cómputo en la nube (hardware y software) con tecnología de punta, de forma inmediata los 365 días al año y las 24 horas del día, accediendo de una manera muy sencilla vía Internet, con una infraestructura mínima.
- Evitar tener que preocuparse por los aspectos de adquisición, instalación, mantenimiento, administración, aprovisionamiento, escalamiento, balanceo de cargas, fallas, licenciamientos, conectividad, renovación, etcétera, asociados a la infraestructura de cómputo y software que se requiere para trabajar.
- Reducir los costos y problemas asociados a la obsolescencia tecnológica del hardware y el software, que surgen con el paso del tiempo, como cambios de plataformas de software y hardware, además de las migraciones de datos.

- Evitar la dependencia de personal especializado en el manejo de infraestructura y soporte técnico.
- Contar con capacitación y asesoría ágil, por parte del proveedor de los servicios en la nube, responsable del servicio de computación sin servidor.
- Facilitar el almacenamiento, el respaldo y la preservación de la información.
- Ajustar dinámicamente el desempeño de sus aplicaciones de software, conforme su carga de trabajo lo requiera.

Obtener algunos beneficios fiscales, como la deducción de impuestos. En el caso de México, básicamente consiste en la deducción de impuestos, aunque esto depende del régimen fiscal de la empresa o institución.

- Pagar solo por el uso de los recursos que se utilicen y únicamente mientras el desarrollo o la aplicación se encuentre en ejecución en la nube. No hay pago por inactividad.



Figura 1.
Piqsels, “Red de computadoras,” 2020. [Fotografía]. Disponible en: <https://www.piqsels.com/es/public-domain-photo-jrddo/download> [Consultado en febrero 16, 2021].

En términos de costo, la computación sin servidor puede llegar a ser más rentable que alquilar o comprar una cantidad fija de servidores.

Pese a las ventajas descritas con anterioridad, las empresas e instituciones con frecuencia encuentran muy riesgoso comenzar a trabajar en un medio ambiente de computación sin servidor, esto debido principalmente a:

- El nivel de confidencialidad de la información que se maneja y la preocupación de que se pueda perder al momento de su migración a la nube.
- El grado de dependencia tecnológica y los gastos en que se verá inmersa su empresa o institución.

- Las dificultades y los costos para regresar a un esquema de procesamiento local, si las cosas no salen bien.
- La computación sin servidor no reemplaza a las actuales tecnologías de contenedores o máquinas virtuales, que son altamente eficientes y productivas.

Aspectos a considerar para migrar a un ambiente de computación sin servidor

Entre los principales aspectos a considerar para tomar la decisión de migrar a un ambiente de computación sin servidor, es saber qué tipo de información de nuestra empresa o institución es posible migrar a la nube pública para su procesamiento y adicionalmente decidir cómo se replanteará la forma como percibimos los riesgos que involucra la migración, para poder tomar las ventajas de esta tecnología. Otros aspectos importantes para considerar, son:

- Políticas internas en el manejo de la información por parte de nuestra empresa o institución (debemos ver si éstas nos permiten hacer la migración).
- La dependencia tecnológica que puede generarse hacia los prestadores de servicios con el paso del tiempo.
- Los beneficios y los riesgos asociados al marco de trabajo sin servidor, ofertado por el proveedor de servicios de Internet (*Framework*).
- El tipo y la cantidad de servicios que requerirán nuestras aplicaciones. En algunos casos de uso, la computación sin servidor puede ser más costosa, dependiendo de los recursos que deban estar involucrados en el funcionamiento de nuestras aplicaciones.
- Incrementos futuros en las tarifas del servicio.
- Las garantías ofertadas por el proveedor en cuanto al manejo de la seguridad de nuestra información.
- Disponibilidad y calidad de la capacitación requerida para el personal de TI.
- Políticas en el manejo de la información, por parte de los prestadores de servicios. (En este aspecto, sin duda hay que tener mucho cuidado, ya que con frecuencia los prestadores de servicios, por seguridad, pueden generar réplicas de la información en otros países).
- Facilidades, costos y dificultades de migración al término de la vigencia de un contrato de prestación de servicios de computación sin servidor.

- Costos de servicios complementarios que puedan ser requeridos, como incrementos en la capacidad de procesamiento y memoria, almacenamiento, respaldo de datos, etcétera.
- Posibles cambios en las políticas gubernamentales, que obliguen al prestador de servicios a dejar de prestar sus servicios en nuestro país.
- Complejidad en la presentación de los contratos de servicios (pueden ser muy extensos y complejos en la forma como son redactados).
- En cuanto a posibles implicaciones legales, se recomienda revisar con detenimiento las cláusulas del contrato para buscar lagunas legales. Se debe prestar especial atención a los derechos y las obligaciones relacionados con las notificaciones de incumplimiento de los requisitos de seguridad y las transferencias de datos, entre otros aspectos importantes, así como a posibles accesos a los datos por parte de las autoridades policiales.
- Entre otros casos de diversa índole, ¿qué sucedería si la empresa que nos brinda el servicio de computación sin servidor, decide mudarse a otro país, determina concluir sus servicios, quiebra o cambia sus políticas de prestación de servicio?
- Si se desea profundizar más sobre este tema, se puede consultar el artículo en línea *IT teams face an uphill battle with serverless migrations*, sección *Pros and cons of serverless*, referencia [2] de la bibliografía disponible al final de este artículo.

Principales preocupaciones de los responsables de TI para incursionar en la tecnología de computación sin servidor

- *Pérdida de control del servidor.* Es un hecho la incapacidad para controlar directamente los servidores, lo que les hace pensar que tendrán serias restricciones en la implementación de casos de uso, que requieren una configuración especial o personalizada. Aquí la sugerencia es consultar el tema de las restricciones con el proveedor de servicios.
- El tema de la seguridad está relacionado con la libre operación de sus aplicaciones. Las nubes públicas atienden a muchos clientes y, por ende, las políticas de seguridad son muy estrictas.

- La prueba de las aplicaciones no se pueden realizar directamente en los servidores donde se hospeden, porque esto aumenta los costos.
- El uso de las aplicaciones de terceros o servicios adicionales, que pueden llegar a aumentarles considerablemente el costo de los servicios contratados.
- Los tiempos y costos de capacitación involucrados en la migración. Como podrá advertirse, la migración a un ambiente de computación sin servidor implicará un cambio significativo en la forma como el personal de TI deberá crear y entregar sus aplicaciones de software, razón por la cual requerirá una sólida capacitación en el uso del nuevo marco de desarrollo sin servidor que elijamos.

Éste es un tema muy importante que se debe revisar, porque con frecuencia los prestadores de servicio tratarán de canalizar la capacitación simplemente a través de la documentación disponible en sus portales web, los cuales cuentan con materiales educativos que en su mayoría pueden ser muy poco didácticos. Carecen de ejemplos suficientes, de acuerdo con los casos de uso que podemos requerir y que en la mayoría de las ocasiones ni siquiera estarán redactados en nuestro idioma.

- Quedar atados a la plataforma tecnológica ofertada por el proveedor de servicios, debido a que los miembros de la empresa o institución deberán usar las herramientas de desarrollo y/o analítica proporcionadas por el proveedor. Con el paso del tiempo, esto puede dificultar la migración a otras plataformas, si la ofertada originalmente ya no cubre las expectativas de negocio, se incrementa el costo por su uso o simplemente se desea retornar a un ambiente de trabajo local.

De hecho, si no se toman las previsiones necesarias, puede llegar a ser muy tardado, difícil y costoso reprogramar las aplicaciones desarrolladas para funcionar con las librerías específicas de la plataforma tecnológica contratada con el proveedor. No obstante, para evitar esta situación, hoy en día es posible utilizar marcos de trabajo sin servidor multiplataforma de código abierto (*Serverless Frameworks*).

En la práctica, con la computación sin servidor no solo se logra una significativa reducción de costos por el uso de los recursos de la nube, sino que también brinda a las empresas e instituciones con pocos recursos económicos, la oportunidad de acceder y aprovechar los diversos marcos tecnológicos, *Frameworks*, disponibles en los centros de datos, para explotar aún más su información. Esto no solo sucede en el rubro de la inteligencia de negocios, sino también en Ciencia de Datos, *Big Data* e Inteligencia Artificial, campos que en la mayoría de las ocasiones, por limitaciones presupuestales, falta de infraestructura y carencia de personal especializado, es difícil la adquisición y la instrumentación en una empresa o institución.

Plataformas sin servidor

En la actualidad, aunque hay diversos proveedores de plataformas sin servidor, como Oracle, Huawei Cloud, Cloudflare Workers, Zeit, etcétera, son cinco los principales que tienen liderazgo en el mercado de nuestro país. Ofrecen un conjunto integral de servicios en la nube y sus plataformas proporcionan la mejor base para crear sistemas sin servidor completos.

A continuación, se mencionan los nombres de estos proveedores con sus respectivas plataformas sin servidor:

1. Microsoft Azure / Azure Functions

Azure Functions es la solución de la empresa Microsoft Azure, para procesar datos masivos, integrar sistemas, trabajar con la Internet de las cosas (IoT) y crear APIs y microservicios simples.

Azure Functions se basa en la ejecución de pequeños fragmentos de código llamados *funciones*, que evitan la preocupación por la infraestructura requerida por una aplicación. De esta manera, la infraestructura en la nube, de Microsoft Azure, proporciona todos los servidores actualizados que necesita su aplicación para mantenerla funcionando a gran escala. Bajo Azure Functions cada función es activada por un tipo específico de evento. Los desencadenantes compatibles incluyen responder a cambios en los datos, responder a mensajes, ejecutarse en un horario o como resultado de una solicitud HTTP.

Fuente: <https://azure.microsoft.com/es-mx/solutions/serverless/>

2. Amazon/AWS Lambda

AWS Lambda es un servicio de informática sin servidor, que ejecuta código en respuesta a eventos y administra automáticamente los recursos informáticos subyacentes. Puede ejecutar código automáticamente, en respuesta a varios eventos, como solicitudes HTTP. Ejecuta el código en la infraestructura informática de alta disponibilidad de Amazon Inc., y se encarga de la administración integral de los recursos informáticos, incluido el mantenimiento del servidor y el sistema operativo; el aprovisionamiento de capacidad y el escalado automático, y la implementación de parches de seguridad y código, así como la monitorización de código y los registros. Amazon Inc. es una compañía estadounidense de comercio electrónico y servicios de computación en la nube a todos los niveles, con sede en Seattle, Washington.

Fuentes: <https://es.wikipedia.org/wiki/Amazon>
<https://aws.amazon.com/es/lambda/getting-started/>

3. Google Cloud/Cloud Functions

Cloud Functions es la plataforma de procesamiento sin servidores controlada por eventos, de Google Cloud. Ejecuta el código de manera local o en la nube, sin necesidad de aprovisionar servidores. Pasa del código a la implementación, con herramientas de supervisión y entrega continua. Aumenta o reduce la escala verticalmente, para pagar solo por los recursos de procesamiento utilizados. Google Cloud permite compilar apps integrales sin servidores, con rapidez y facilidad, mediante servicios de procesamiento, almacenamiento, análisis de datos, aprendizaje automático y mensajería. Se encarga de la configuración, el aprovisionamiento, el balanceo de cargas, la fragmentación, el escalamiento y la administración de la infraestructura.

Fuente: <https://cloud.google.com/serverless/>

4. IBM Bluemix ®/Cloud Functions

Cloud Functions es un software de código abierto, creado en torno a un ecosistema abierto de proveedores de sucesos, que permite centrarse en la escritura de código y en la creación de grandes soluciones, sin tener

que configurar o mantener servidores. Solo se paga por el tiempo que se ejecute el código. Permite ejecutar código para cualquier tipo de aplicación o servicio backend, todos sin administración. El código puede ser invocado directamente, mediante una API REST o como respuesta a servicios de IBM Cloud y sucesos de terceros.

Por su parte, IBM Bluemix es el entorno de plataforma como servicio desarrollado por IBM. Soporta varios lenguajes de programación y servicios, así como la metodología de desarrollo DevOps de forma integrada, para crear, ejecutar, desplegar y gestionar aplicaciones en la nube. Soporta Java, Node.js, Go, PHP, Python, Ruby Sinatra, Ruby on Rails, GeneXus y puede ser extendido a otros lenguajes como Scala, mediante el uso de buildpacks.

Fuente: <https://cloud.ibm.com/functions/>

5. Alibaba Cloud/Alibaba Cloud Function Compute

Alibaba Cloud Function Compute es el servicio de cómputo totalmente gestionado por eventos de Alibaba Cloud. Le permite concentrarse en escribir y cargar código, sin la necesidad de administrar infraestructura como servidores.

Alibaba Cloud proporciona servicios de computación en la nube a empresas en línea y al propio ecosistema de comercio electrónico de Alibaba. Los servicios están disponibles sobre la base de pago por uso, que incluyen computación elástica, almacenamiento de datos, bases de datos relacionales, procesamiento de grandes datos, protección anti-DDoS y redes de entrega de contenido. También conocida como Aliyun, es una empresa china subsidiaria de Alibaba Group.

Fuentes: <https://www.alibabacloud.com/>
https://en.wikipedia.org/wiki/Alibaba_Cloud
https://www.alibabacloud.com/blog/serverless-computing-with-alibaba-cloud-function-compute_593960?spm=a2c5t.10695662.1996646101.searchclickresult.470b53698NskuY

En la siguiente tabla se resumen las principales diferencias entre plataformas sin servidor mencionadas anteriormente:






Proveedor de servicios / Plataforma	Ofrece	Comentarios
<p>Microsoft Azure / Azure Functions</p> <p>Fuente: https://azure.microsoft.com/es-mx/solutions/serverless/</p> 	<ul style="list-style-type: none"> Entornos de aplicaciones sin servidor. <i>Vía Funciones sin servidor (Azure Functions).</i> Permite ejecutar código escrito en cualquier lenguaje de programación. Emplea procesos controlados por eventos. 	<ul style="list-style-type: none"> Emplea el sistema de código libre Kubernetes para la automatización del despliegue, ajuste de escala y manejo de aplicaciones en contenedores. Permite escalamiento en función de la demanda. Se paga solo por el tiempo en que se ejecuta el código.
<p>Amazon / AWS Lambda</p> <p>Fuente: https://aws.amazon.com/es/lambda/getting-started/</p> 	<ul style="list-style-type: none"> Funciones de AWS Lambda para aislar el código. Compatibilidad de forma nativa con Java, Go, PowerShell, Node.js, C#, Python y el código Ruby, y proporciona una API de tiempo de ejecución, que permite utilizar cualquier lenguaje de programación adicional para crear sus funciones. Recursos adicionales bajo AWS Serverless Application Repository que permiten implementar rápidamente ejemplos de códigos, componentes y aplicaciones completas con unos pocos clics. 	<ul style="list-style-type: none"> Permite ejecutar código sin aprovisionar ni administrar servidores. Escalado automático de la aplicación. AWS Lambda aplica cargos por cada 100 ms que el código ejecuta y por el número de veces que se activa el código. No hay que pagar nada cuando el código no se está ejecutando. Realiza el monitoreo automático de las funciones de Lambda, a fin de proporcionar informes de métricas vía Amazon CloudWatch.
<p>Google Cloud / Cloud Functions</p> <p>Fuente: https://cloud.google.com/serverless/</p> 	<ul style="list-style-type: none"> Codificar utilizando los lenguajes, los entornos de ejecución, los marcos de trabajo y las bibliotecas de su preferencia. Implementar funciones o apps como código fuente o contenedores. Migrar las cargas de trabajo sin servidores a entornos locales o en la nube. Ejecución de código, en respuesta a eventos. 	<ul style="list-style-type: none"> Escalado automático de la infraestructura subyacente de acuerdo con la carga de trabajo. Emplea la plataforma de API Knative, un entorno de ejecución abierto basado en Kubernetes. Se paga solo por el periodo en el que se ejecute una función, medido en los 100 milisegundos más próximos, y no se paga nada después de que ésta finalice.
<p>IBM Bluemix® / Cloud Functions</p> <p>Fuente: https://cloud.ibm.com/functions/</p> 	<ul style="list-style-type: none"> Emplea como componentes básicos los conceptos de: Espacios de nombres, Acciones, Secuencias y Desencadenantes y reglas para trabajar. Permite crear fragmentos de código para realizar tareas específicas, a las que se conoce como <i>Acciones</i>. Soporta los siguientes lenguajes: Node.js, Python, Swift, PHP, Go, Ruby, Java.NET Core. 	<ul style="list-style-type: none"> Dispone del servicio IBM Cloud Log Analysis para ver los registros de las acciones, una vez que se han recopilado métricas. El cliente solo paga por el tiempo durante el cual el código da servicio a solicitudes, con un redondeo de hasta 100 milisegundos. Maneja la tecnología de Identity and Access Management (IAM), para asignar y gestionar el acceso a los
<p>Alibaba Cloud Services Partner / Alibaba Cloud Function Compute</p> <p>Fuente: https://www.alibabacloud.com/</p> 	<ul style="list-style-type: none"> Admite varios desencadenantes para funciones, incluidos puntos finales HTTP, notificaciones de almacenamiento de objetos y eventos desde una red de entrega de contenido (CDN). Permite mensajes del servicio de mensajería MNS, registra los cambios en Table Store (base de datos NoSQL) o en la base de datos relacional, y registra entradas del Servicio de registro o invocaciones basadas en la programación. 	<ul style="list-style-type: none"> Alibaba Cloud fue fundada en 2009. La plataforma admite la observabilidad, recolectando y agregando automáticamente registros y métricas de invocaciones de funciones. El modelo de seguridad se basa en políticas de acceso, definidas en la Gestión de acceso a recursos (RAM).

Tabla 1.
Principales diferencias entre plataformas sin servidor.
Fuente: elaboración propia.

Marcos de desarrollo de código abierto sin servidor multiplataforma *Serverless Frameworks*

Si pensamos en involucrarnos en el tema de la computación sin servidor, sin duda alguna deberemos ser muy cuidadosos al elegir el *Marco de desarrollo de código abierto sin servidor multiplataforma (Serverless Frameworks)*, más adecuado a nuestras necesidades.

Los marcos de desarrollo de código abierto sin servidor multiplataforma, proveen todo el ambiente que se requiere para desarrollar, implementar, monitorear y proteger aplicaciones sin servidor en cualquier nube.

Surgieron para facilitar el desarrollo y la migración de las aplicaciones sin estado, controladas por eventos que son requeridos para trabajar con los diversos modelos tecnológicos de computación en la nube sin servidor, disponibles en el mercado.

Estos marcos facilitan:

- Evitar la dependencia tecnológica de los proveedores de servicios en nube.
- Eliminar las restricciones de cómputo en las plataformas de la nube pública.
- Facilitar el poder de la computación sin servidor en las implementaciones locales.

Se dispone de bibliotecas intermedias que facilitan la estandarización de los diferentes modelos tecnológicos, ofertados por los proveedores de servicios en la nube, de manera que se puedan crear aplicaciones con funciones, que se puedan ejecutar de forma transparente en cualquier plataforma tecnológica *Serverless* requerida.

Estos marcos facilitan la abstracción de la infraestructura requerida por la aplicación del código fuente y prometen resolver las preocupaciones en los costos de ancho de banda, latencia, disponibilidad, privacidad de datos y la calidad del servicio, requeridos por las aplicaciones.

Algunos ejemplos de estos *serverless frameworks*, son:

- Serverless Framework de AWS.** Presenta la virtud de que sus aplicaciones se pueden implementar con diferentes proveedores de servicios en la nube, incluidos Microsoft Azure con Azure Functions; IBM Bluemix con IBM Cloud Functions, basado en Apache OpenWhisk; Google Cloud con Google Cloud Functions; Oracle Cloud, utilizando Oracle Fn; Kubeless, basado en Kubernetes, etcétera.
- Apex,** inclusive puede ayudar a incorporar algunos lenguajes de programación, que podrían no estar disponibles con ciertos proveedores.

- Stacks de Software o agrupaciones de software para el desarrollo de las aplicaciones para un ambiente sin servidor.** Por ejemplo LAMP (Linux, Apache, MySQL y PHP, muy conocida para el desarrollo web) o MEAN (MongoDB, Express, Angular y Node, para el desarrollo de software). Ambos reúnen los componentes de software necesarios, para construir aplicaciones que deberán funcionar bien en un ambiente sin servidor. Si bien los componentes de estas agrupaciones no se diseñaron originalmente para funcionar juntos, han demostrado complementarse. A menudo se usan juntos y trabajan muy bien.

Finalmente, para decidir si debe migrar a un ambiente de computación sin servidor, considere también revisar los pronósticos más recientes de empresas como Gartner (que brindan información sobre tendencias y herramientas para líderes en TI), cuyas predicciones indican que “para 2025, el 80% de las empresas migrarán completamente fuera de los centros de datos locales con la tendencia actual de mover las cargas de trabajo a la colocación, el alojamiento y la nube, lo que los llevará a cerrar su centro de datos tradicional”.

Fuente: <https://www.bits.com.mx/data-center-en-mexico-y-el-costo-de-las-empresas/>

Conclusión

- El pago por uso es una de las principales ventajas de la computación sin servidor.
- La computación sin servidor se puede volver muy costosa, si se subestima la cantidad de eventos que pueden llegar a requerir los sistemas.
- Mover una aplicación heredada a un ambiente sin servidor y viceversa, puede ser un desafío.
- Los equipos de desarrollo son los que deben optar por la computación sin servidor o alguna otra tecnología.
- Siempre que sea posible, toda nueva aplicación debería considerar la posibilidad de utilizar la tecnología sin servidor.
- La utilización de bases de datos con aplicaciones de código sin servidor, es todo un tema que se deberá revisar con cuidado. Los principales proveedores sin servidor ofrecen sus propias bases de datos. Por ejemplo: Amazon tiene Aurora Server-

less y DynamoDB; Microsoft, Azure Cosmos DB, y Google, Cloud Firestore. Sin embargo, éstas no son las únicas bases de datos disponibles en el mercado.

- El tema de la seguridad de la información siempre será un asunto delicado para las empresas o instituciones que desean migrar a una arquitectura de computación sin servidor. Aquí las posibles alternativas pueden involucrar soluciones híbridas, en las cuales la información sensible se quede almacenada en las instalaciones de la organización y el resto se migre. También existe la posibilidad de recurrir al cifrado de la información.
- En lo referente al tema de la elección del Serverless Framework más adecuado para cada empresa o institución, es un asunto que se deberá valorar cuidadosamente desde diversas perspectivas, como: sus pros, sus contras, posibilidades de actualización, usabilidad, fiabilidad, soporte técnico, facilidades de implementación, capacitación, el retorno de inversión y costo.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] T. Nolle, "Serverless vs. Containers: What's Best for Event-Driven Apps?," *TechTarget*, julio 16, 2018. [En línea]. Disponible en: https://searcharchitecture.techtarget.com/tip/Serverless-vs-containers-Whats-best-for-event-driven-apps?track=NL-1823&ad=932132&src=932132&asrc=EM_NLN_122959437&utm_medium=EM&utm_source=NLN&utm_campaign=20200201_Word%20of%20the%20Day:%20serverless%20computing [Consultado en septiembre 23, 2019].
- [2] M. Kurt, "IT Teams Face an Uphill Battle with Serverless Migrations," *TechTarget*, julio 11, 2019. [En línea]. Disponible en: https://searchcloudcomputing.techtarget.com/tip/IT-teams-face-an-uphill-battle-with-serverless-migrations?track=NL-1823&ad=932132&src=932132&asrc=EM_NLN_122959440&utm_medium=EM&utm_source=NLN&utm_campaign=20200201_Word%20of%20the%20Day:%20serverless%20computing [Consultado en octubre 18, 2019].
- [3] L. Rosencrance, "Serverless Computing," *TechTarget*, 2019. [En línea]. Disponible en: https://www.translatetheweb.com/?from=&to=es&ref=IE8Activity&dl=es&rr=UC&a=https%3a%2f%2fsearchitoperations.techtarget.com%2fdefinition%2fserverless-computing%3ftrack%3dNL-1823%26ad%3d932132%26src%3d932132%26asrc%3dEM_NLN_122959441%26utm_medium%3dEM%26utm_source%3dNLN%26utm_campaign%3d20200201_Word%2520of%2520the%2520Day%3a%2520serverless%2520computing# [Consultado en noviembre 14, 2019].
- [4] J. Jaspers, "Top 10 Data Center Industry Trends for 2019 According to Gartner," *Hosting Journalist*, diciembre 8, 2018. [En línea]. Disponible en: <https://hostingjournalist.com/top-10-data-center-industry-trends-for-2019-according-to-gartner/> [Consultado en diciembre 2, 2019].
- [5] S. Fulton III, "What Serverless Computing Really Means, and Everything else You Need to Know," *ZDNet*, abril 9, 2019. [En línea]. Disponible en: <https://www.zdnet.com/article/what-serverless-computing-really-means-and-everything-else-you-need-to-know/> [Consultado en febrero 17, 2020].
- [6] G. Baron, "Cómo la computación sin servidor ahorra tiempo y dinero," *Cambio Digital*, agosto 5, 2019. [En línea]. Disponible en: <https://cambiodigital-ol.com/2019/08/como-la-computacion-sin-servidor-ahorra-tiempo-y-dinero/> [Consultado en marzo 9, 2020].
- [7] B. Briggs y S. Buchholz, "Tendencias tecnológicas 2019: más allá de la frontera digital," *Deloitte Insights*, enero, 2019. [En línea]. Disponible en: [https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/co/Documents/technology/Tendencias_tecnologicas_2019%20\(Reporte%20Completo\).pdf](https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/co/Documents/technology/Tendencias_tecnologicas_2019%20(Reporte%20Completo).pdf) [Consultado en mayo 11, 2020].
- [8] R. Gancarz, "An Essential Guide to the 2019 Serverless Ecosystem," *TechBeacon*, 2019. [En línea]. Disponible en: <https://techbeacon.com/enterprise-it/essential-guide-2019-serverless-ecosystem> [Consultado en julio 6, 2020].

- [9] A. Alvarado, "Serverless vs. FaaS: A Beginner's Guide," *Liquid Web*, septiembre 25, 2019. [En línea]. Disponible en: <https://www.liquidweb.com/kb/serverless-vs-faas-a-beginners-guide/> [Consultado en agosto 10, 2020].
- [10] K. Chandan, "8 Plataforma informática sin servidor para ejecutar el código de su aplicación," *GeekFlare*, marzo 17, 2019. [En línea]. Disponible en: <https://geekflare.com/es/serverless-computing-platform/> [Consultado en septiembre 4, 2020].

Cómo se cita:

J. S. Argonza, "Computación sin servidor," *TIES, Revista de Tecnología e Innovación en Educación Superior*, n.o. 3, abril, 2021. [En línea]. Disponible en: <https://www.ties.unam.mx/> [Consultado en mes día, año].