

Fortalecimiento de la red dorsal de telecomunicaciones de la Universidad de Guadalajara a través de la implementación de nodos de conectividad

Jorge Lozoya Arandia¹, Luis Alberto Gutiérrez Díaz de León²,
José Guadalupe Morales Montelongo³

¹ Coordinador de Operación de Servicios de la Coordinación General de Tecnologías de Información, Universidad de Guadalajara, Av. Juárez 976, Guadalajara, Jalisco, México
Jorge.Lozoya@redudg.udg.mx

² Coordinador General de Tecnologías de Información, Universidad de Guadalajara, Av. Juárez 976, Guadalajara, Jalisco, México
Luis.Gutierrez@redudg.udg.mx

³ Coordinador de Desarrollo de la Coordinación General de Tecnologías de Información, Universidad de Guadalajara, Av. Juárez 976, Guadalajara, Jalisco, México
Jose.Gpe.Morales@redudg.udg.mx

Resumen. El presente trabajo expone una de las soluciones actualmente implementadas por la Universidad de Guadalajara (UdeG): contar con una infraestructura propia para brindar un servicio de red de datos a los distintos espacios de la institución, misma que ha permitido atender las capacidades demandadas por la comunidad universitaria, operar satisfactoriamente con los recursos económicos ya asignados, y proporcionar servicios con una disponibilidad acorde con lo requerido por la Universidad, siendo su principal meta la habilitación de nuevas arquitecturas. Esto a partir de la necesidad de contar con una alta disponibilidad a través de las conexiones redundantes para aumentar la disponibilidad de los servicios; distribuidas éstas en puntos de conexión ubicados en el Área Metropolitana y en las diversas regiones del estado de Jalisco.

Esta distribución, denominada “nodos de conectividad”, implica una serie de puntos en donde convergen las diferentes tecnologías propias y de operadores, la cual brinda las condiciones necesarias eléctricas, de seguridad y climatización para albergar equipos activos en donde residen los servicios, y desde donde se distribuye la conectividad. Aunado a ello, y de acuerdo con el Programa de Transición Energética de la Universidad de Guadalajara, estos nodos están siendo alimentados en su totalidad con energías renovables, lo cual además es parte del proyecto de Implementación de Centros de Datos Verdes en la Universidad de Guadalajara. Dicha arquitectura permite una distribución que aprovecha aún más los recursos de conectividad, y acerca los servicios a las dependencias, lo cual permite que éste ya no sea un servicio centralizado, y aumente su disponibilidad de servicio, pues los puntos de falla se vuelven granulares para su adecuada atención.

Palabras clave: infraestructura, nodos, conectividad, Universidad de Guadalajara, red de datos, y servicios de red.

Eje temático: Infraestructura y desarrollo de software: experiencias de implementación de infraestructura de TIC para la mejora de servicios.

1. Introducción

Desde hace más de tres décadas, la Universidad de Guadalajara se encuentra desconcentrando sus servicios hacia las diferentes regiones del estado de Jalisco, con el interés en primera instancia de que los estudiantes permanezcan en sus lugares de origen y, en segundo término, dinamizar el desarrollo de las regiones para mitigar un tanto la concentración demográfica en la Zona Metropolitana de Guadalajara. Durante los últimos años, la Red Universitaria ha trabajado con dedicación, esmero y entusiasmo en diversas áreas estratégicas, atendiendo lo dispuesto en el Plan de Desarrollo Institucional (PDI) 2014-2030, pues actualmente la UdeG está conformada por 296 mil 990 universitarios: 16 mil 564 académicos, 10 mil 117 trabajadores universitarios y 270 mil 309 estudiantes [1].

Cabe mencionar que en la actualidad 47% de la matrícula de nivel medio superior está desconcentrada en planteles regionales al interior de Jalisco; y 38% de la matrícula de nivel superior está en centros universitarios regionales [2]. Los centros universitarios se dividen, a su vez, en 6 centros temáticos en la Zona Metropolitana, 7 centros en las distintas regiones del estado, un Sistema de Universidad Virtual (SUV) en Guadalajara, y un Sistema de Educación Media Superior (SEMS) que cuenta con 28 planteles en la Zona Metropolitana, 12 planteles en las regiones del estado y 151 planteles en el Sistema de Educación Media Superior (SEMS) [3]. La universidad cuenta también con dependencias administrativas tanto en los centros universitarios como en el edificio de la administración general, con inmuebles que albergan servicios universitarios.

2. Estrategia de conectividad

Una de las prioridades institucionales de la Universidad de Guadalajara es conectar todos los sitios donde está presente la Red Universitaria; esta distribución de servicios representa un reto tecnológico de grandes proporciones, ya que los espacios universitarios poseen características geográficas particulares e infraestructuras tecnológicas diversas que se fueron adquiriendo a lo largo de los años. Aunado con ello, el continuo crecimiento de la demanda en capacidades de conectividad se ha convertido también en un elemento importante a considerar en el cumplimiento cabal de las funciones adjetivas y sustantivas de la Universidad. En esta importante tarea ha participado la Coordinación General de Tecnologías de Información (CGTI) de la

UdeG, así como los equipos directivos de las diferentes dependencias, para dirigir sus esfuerzos en proporcionar servicios.

Para cumplir con dichas funciones se han implementado diversas tecnologías y procesos para su operación, tales como fibra óptica, enlaces por microondas – tanto propietarios como arrendados – y la habilitación de espacios como centros de datos con condiciones eléctricas y de climatización que permiten albergar equipos activos de alta precisión en ambientes totalmente monitoreables. La selección de estas tecnologías se realizó de acuerdo con diversos estudios de viabilidad y de tecnologías disponibles en el mercado para lograr la optimización de recursos y servicios, considerando factores geográficos y económicos. En congruencia con el Programa Universitario Integral de Transición Energética, conformado por ocho ejes – a través de los cuales esta Casa de Estudio busca contribuir a proteger el medio ambiente y mitigar el cambio climático -, se desarrolló e implementó un modelo de nodo para convertir, a su vez, estos nodos en espacios alimentados totalmente por energías renovables para su operación.

3. Modelo de la dorsal de telecomunicaciones

El modelo de la dorsal de telecomunicaciones se conforma por varias trayectorias concentradas en un nodo central de salida a internet. De este punto central se derivan ramales por nodos de distribución (véase Figura 1). Los nodos metropolitanos y regionales cuentan con enlaces redundantes, con fibra óptica y microondas, lo cual vuelve más eficientes las redundancias, reduce los puntos de falla al conectar varias dependencias a un solo punto redundante, e incluso permite, de ser necesario, configurar un enlace de salida a internet en el mismo nodo, al posibilitar una tercera salida en caso de una falla mayor en la dorsal principal.

3.1. Arquitectura

La arquitectura está conformada por tres elementos importantes:

- Un nodo central de conectividad en donde se concentran los enlaces principales de internet.
- Nodos metropolitanos que se encuentran en el área metropolitana, llegando a ellos a través de las huellas de fibra óptica propietaria y enlaces de microondas de corta distancia.
- Nodos regionales que se diferencian por ser de distancias mayores, llegando a ellos a través de enlaces de microondas de mayor capacidad, pues su redundancia se realiza con enlaces arrendados.

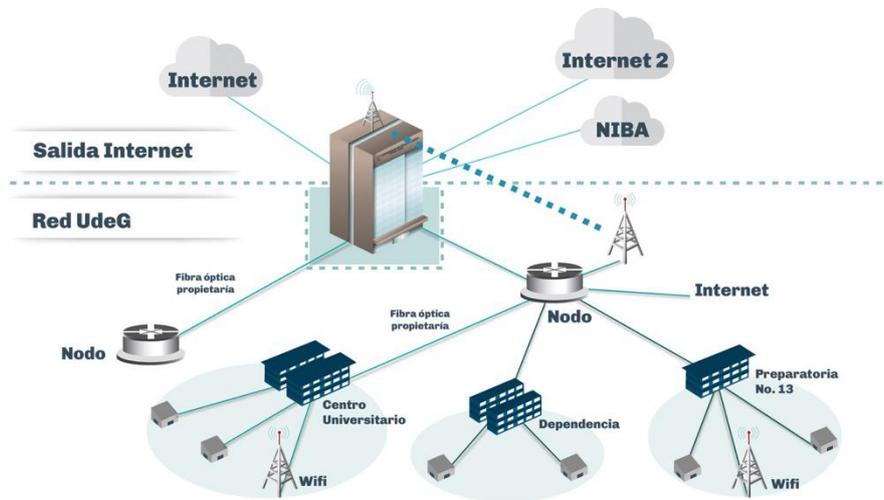


Figura 1. Distribución de ramales por *nodos* de distribución.

Fuente: elaboración propia.

Estos nodos se proyectaron para operar con energías totalmente renovables, avanzando hacia el modelo de nodo verde; el cual debe operar con energías renovables al hacerlo completamente fuera de la red eléctrica. [4].

4. Nodo central de conectividad

La Universidad de Guadalajara cuenta con un nodo central de conectividad que provee de internet al centro de datos principal de la Universidad (véase Figura 2). Este nodo central conjunta 3 salidas principales a internet que juntos proporcionan una capacidad de 16 Gbps simétricos; mismas conexiones que permiten la convergencia automática en caso de algún corte en el servicio. Adicionalmente, proporciona conexiones redundantes de 40 Gbps hacia la dorsal principal, y de 100 Gbps al centro de datos; cabe mencionar que todos los equipos se encuentran configurados con infraestructura redundante.

En este punto se concentran las terminaciones de las fibras ópticas de todos los nodos, tanto las propietarias como las arrendadas. Los enlaces redundantes vía microondas se terminan en un *router* dedicado que permite hacer convergencias de tráfico, en caso de cortes. Todos los enlaces redundantes se mantienen en modo activo-activo operando siempre, sin enlaces pasivos, para aprovechar todo el tiempo el ancho de banda.

La red metropolitana se conforma por tendidos de fibras ópticas propietarias que permiten interconectar los campus y dependencias universitarias en la Zona

Metropolitana de Guadalajara; esta red es redundante por medio de enlaces de microondas, las cuales permiten operar si existe algún corte o falla en las fibras instaladas.

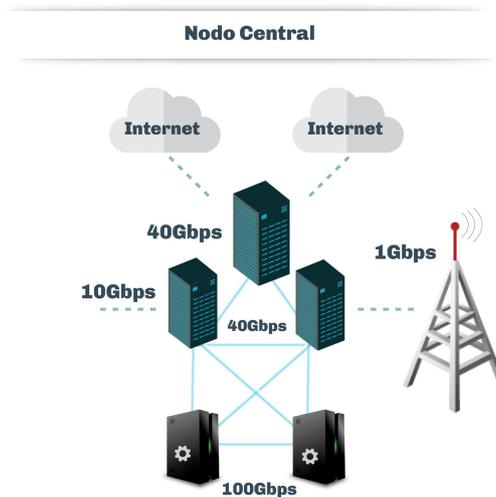


Figura 2. Arquitectura de conectividad de la Red Universitaria.
Fuente: elaboración propia.

5. Modelo de nodo metropolitano y regional

Los nodos están conformados por un conjunto de sistemas que permiten el alojamiento de equipo activo con condiciones adecuadas de alimentación eléctrica, climatización y monitoreo. Este equipamiento aloja equipo activo que recibe la conectividad con, al menos, dos tecnologías: fibra óptica y enlaces de microondas. Estos nodos están preparados para alojar equipos de procesamiento y almacenamiento para apoyar el funcionamiento de sistemas que requieran estar alojados en el mismo, a través de un equipo activo.

En la Figura 3 puede apreciarse un modelo de *nodo*, mismo que se conforma por diferentes sistemas que permiten alojar enlaces y servicios para su distribución.

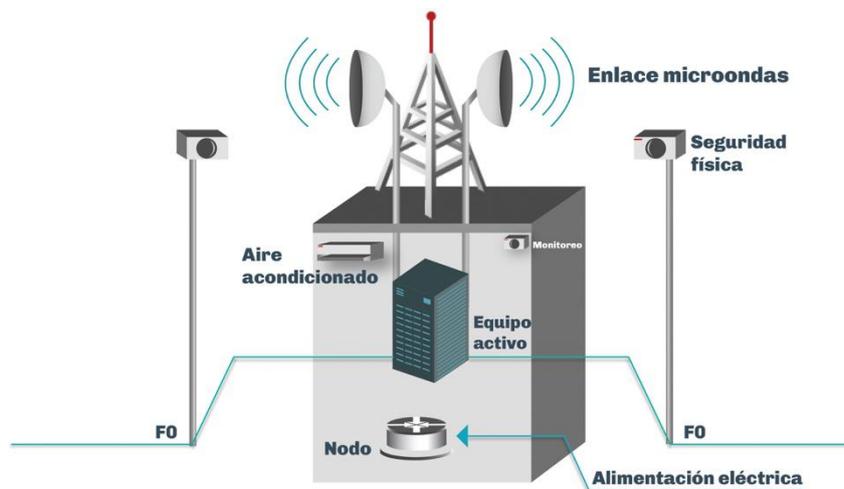


Figura 3. Modelo de *nodo*.
Fuente: elaboración propia.

5.1. Alojamiento

El nodo está conformado por un sistema monitoreable de climatización de la precisión, pues permite controlar niveles de temperatura existentes dentro del nodo, humedad en el ambiente que determinen el nivel de operación, aunado a esto se cuenta con sistemas de seguridad física, todo controlado por un sistema de alertas comunicando al centro de monitoreo central de red vía SNMP v2c/3, el cual a su vez, comunica al sistema central de monitoreo del centro de monitoreo de la red de datos de la Universidad de Guadalajara.

5.2. Microondas

En el modelo presentado se reciben enlaces por microondas, cuya infraestructura incluye antenas *autosoportadas*, postes y radios para transmisión de datos. El mantenimiento físico que recibe es por medio de la revisión de anclajes, uniones y corrosión de materiales.

5.3. Fibras ópticas

Los nodos reciben acometidas de fibra óptica – tanto propietarias como arrendadas –, las cuales son terminadas en puertos instalados en los nodos; estas fibras ópticas cuentan con un espacio en rack adecuado para su uso en equipos activos.

5.4. Alimentación eléctrica

Los nodos cuentan con una estructura de alimentación eléctrica, diseñada para ser redundante, la cual permite contar con un alto nivel de disponibilidad del servicio; esto se logra con al menos 2 fuentes de energía, pero se consideran 4 fuentes disponibles: la red eléctrica, energía solar, eólica y un generador diésel.

6. Nodos verdes

De acuerdo con el Plan de Desarrollo Institucional 2014-2030 de la Universidad de Guadalajara y su Programa de Transición Energética, se diseñó e implementó una arquitectura que permite la operación de los nodos de distribución como sistemas aislados de la red eléctrica, permitiendo que sean 100% alimentadas con energías renovables. Los nodos disponen de, al menos, una fuente de energía eléctrica basada en combustibles fósiles como alternativa a la red eléctrica; próximamente se planea incluir energía eólica.

En el siguiente diagrama puede observarse que los nodos serán alimentados de diferentes fuentes energéticas redundantes, las cuales son diseñadas de acuerdo con potencial eólico y solar de la zona, así como de las posibilidades de contar con acometida a la red eléctrica.

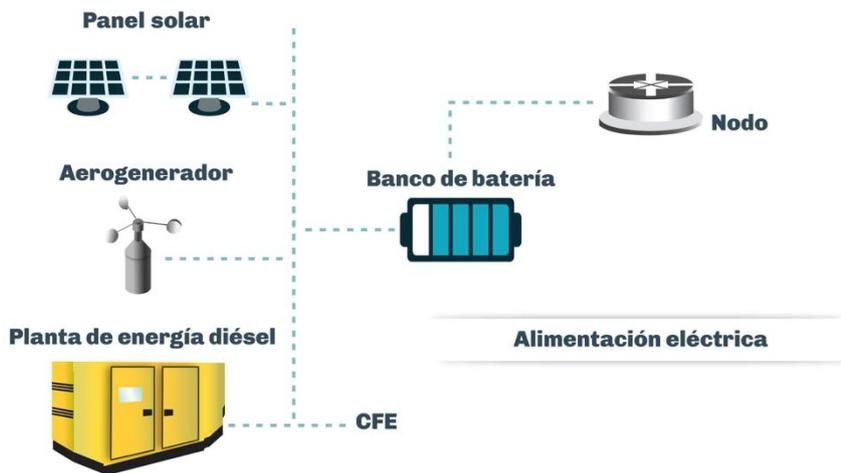


Figura 4. Alimentación con fuentes energéticas redundantes.

Fuente: elaboración propia.

7. Arquitectura actual de la red de datos

La red de la Universidad de Guadalajara se compone por una serie de edificios e instalaciones que alojan las actividades académicas y administrativas, mismas que se distribuyen de la siguiente manera:

- 28 en Centros Universitarios Temáticos
- 12 en Centros Universitarios Regionales
- 1 en el Sistema de Universidad Virtual (SUV)
- 151 en el Sistema de Educación Media Superior
- 2 bibliotecas públicas
- 2 en la Administración General

Estas dependencias se encuentran integradas a la red de datos de la UdeG por medios propios o por enlaces a internet, que permiten hacer llegar la conectividad. La dorsal de la Universidad de Guadalajara se encuentra conformada por 19 nodos, de los cuales 9 son metropolitanos y 10 son regionales, y actualmente se encuentra implementado al 100% un nodo verde. Enseguida se presenta la cantidad de nodos dispuestos en la red metropolitana y regional de Jalisco, así como el nodo verde “La Primavera”, que por sus características se implementó como el primer nodo verde y entrega servicios al Centro Universitario de los Valles (CUValles), ubicado en la zona Valles del Estado.

7.1. Red metropolitana

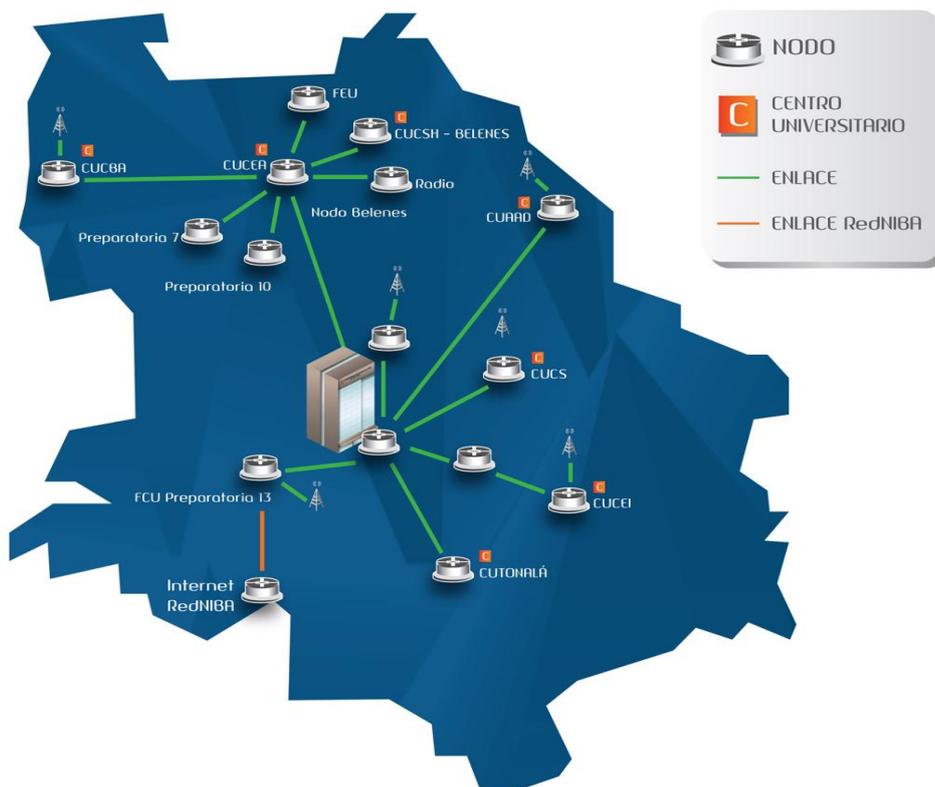


Figura 5. Red metropolitana de la UdeG distribuida en *nodos* de datos.

Fuente: elaboración propia.

7.2. Red regional

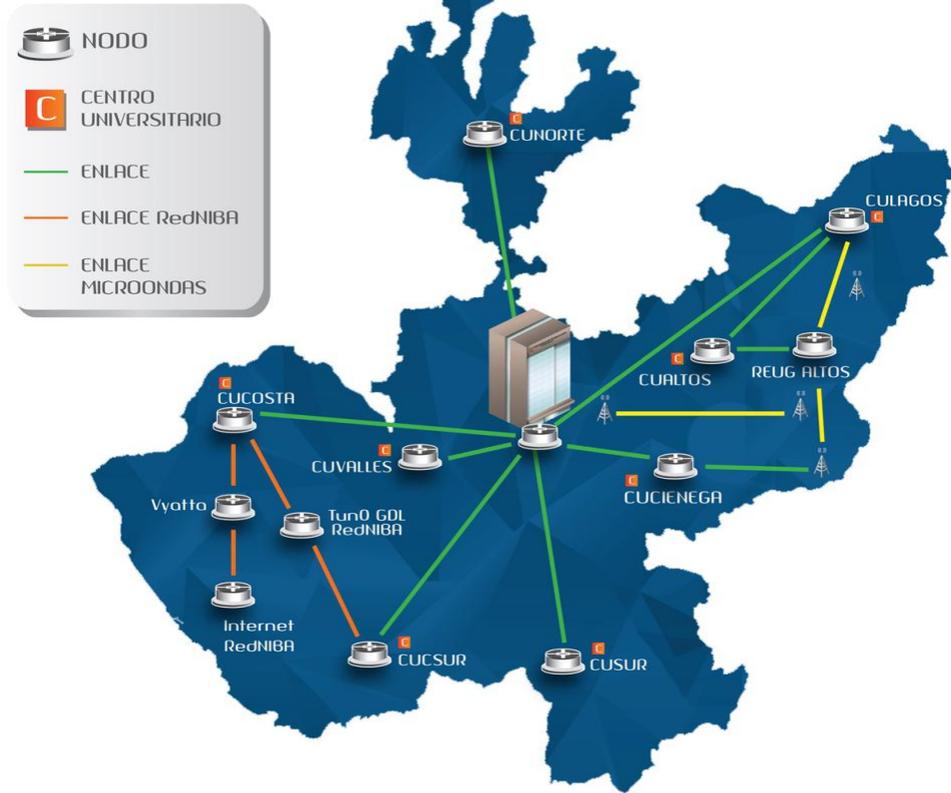
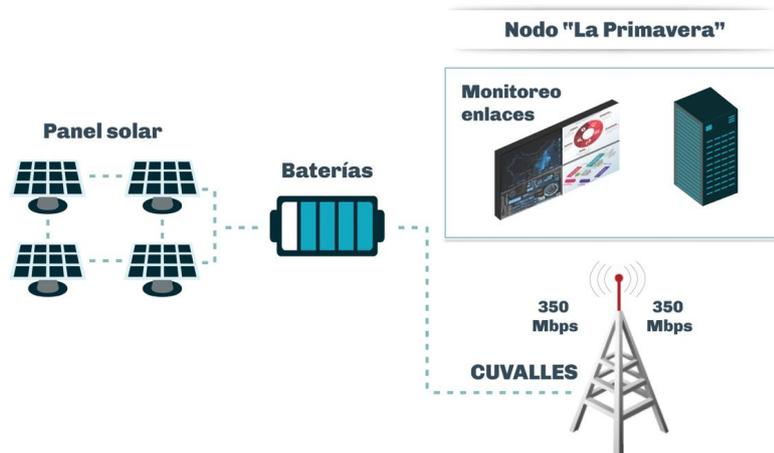


Figura 6. Red regional de la UdeG distribuida en *nodos* de datos.
Fuente: elaboración propia.

7.3. Nodo verde “La Primavera”



8.

Figura 7. Modelo del nodo “La Primavera” alimentado 100% por energía solar, con autonomía de 5 días. **Fuente:** elaboración propia.

Resultados

En la actualidad operan 19 nodos, en los cuales transita el 100 % del tráfico de red de los sitios unidos a la Red Universitaria; esto beneficia a toda la comunidad de la UdeG, pues por estos enlaces transitan todos los sistemas que soportan los procesos académicos y administrativos de la institución, ya que en él se conjuntan más de 80 enlaces arrendados, y confluyen los 15 centros universitarios, los 2 sistemas y la administración general. Todo el equipo instalado se encuentra monitoreado para su correcta operación, se mantienen planes de mantenimiento y garantías que aseguren su funcionamiento, y se mantiene una continua evaluación para generar crecimientos.

Estos esfuerzos permiten que las implementaciones de redes locales, por ejemplo, puedan tener una salida a internet robusta y no generen “cuellos de botella” en los tráficos de la red de datos. En este momento, las capacidades requeridas aumentan de manera exponencial, y se requiere un constante crecimiento en la red para poder soportar las necesidades crecientes de la comunidad.

9. Conclusiones

El aprovechamiento de las tecnologías de información y comunicación (TIC) es un factor fundamental para el desarrollo de las sociedades actuales; por ello es que la Universidad de Guadalajara promueve la innovación y la apropiación tecnológica a favor de su comunidad, pues tan sólo en el año 2016 se amplió la estructura principal de conectividad de internet de la Universidad, transitando de un nodo central a una serie de nodos distribuidos en la Zona Metropolitana de Guadalajara y diversas regiones del estado de Jalisco, lo que permitió mayores capacidades de conexión. Además, se continuaron los trabajos para extender la red de fibra óptica, interconectando este año a 14 espacios universitarios.

En ese momento se logró habilitar al 100% el primer nodo regional de conectividad a internet de la Universidad como un sistema que se alimenta totalmente con energías renovables; el cual beneficia a la comunidad del CUValles. Durante este año, se incorporarán más nodos metropolitanos y regionales en este tipo de tecnología; dicho sea de paso, en ese mismo período se inició el proyecto de un nuevo brazo de fibra óptica que extenderá la red actual en 33 km, y transitará por los municipios de Guadalajara, Tlaquepaque y Tonalá, incrementando más de 70 veces la capacidad de conectividad disponible actualmente, lo que beneficiará al Centro Universitario de Tonalá (CUTonalá) y a tres escuelas preparatorias.

Este crecimiento es parte del Plan de Desarrollo Institucional de Tecnologías de Información (PDTI), el cual se elabora desde la Rectoría General de la Universidad de Guadalajara, con trabajos de la Vicerrectoría Ejecutiva, que a través de la Coordinación General de Tecnologías de Información, realiza estudios y reuniones directivas junto con un consejo técnico de tecnologías de información de la institución para identificar e implementar las tecnologías, enlaces y sistemas que respondan a las

necesidades de la comunidad universitaria. Este trabajo es constante y representa un gran reto para la UdeG, ya que aún quedan dependencias y regiones en el estado en donde falta mucho por implementar para contribuir con las funciones sustantivas y adjetivas de la Universidad de Guadalajara.

Agradecimientos

Este proyecto es el resultado de un trabajo colaborativo de las dependencias universitarias y de la Coordinación General de Tecnologías de Información (CGTI) de la Universidad de Guadalajara; apoyado por la visión de la Rectoría General de la institución, a cargo del Mtro. Itzcóatl Tonatiuh Bravo Padilla, Rector General de esta Casa de Estudio, quien, a través de la Vicerrectoría Ejecutiva, encabezada por el Dr. Miguel Ángel Navarro Navarro, generaron las directrices para su implementación, siendo ejecutadas por la CGTI. Por lo que agradecemos a todo el equipo de profesionales que participaron en el diseño, implementación, operación y seguimiento del proyecto, ya que gracias a ellos se logró la implementación de esta solución; asimismo, a los fabricantes e integradores quienes con sus tecnologías, personal e ingenierías permitieron lograr convergencias tecnológicas para obtener una solución integral.

Referencias

1. Universidad de Guadalajara: Programa de Desarrollo Institucional 2014-2030, construyendo el futuro, (2014).
2. Universidad de Guadalajara: Informe de Actividades 2016. Presentación del Informe de Actividades 2016, Guadalajara, Jalisco (2017) .
3. Secretaría de Educación Pública: Cuestionarios 911 ciclo 2016-2017, (2017).
4. Juárez, F, Ejarque, J, Badia, R, González, S, y Esquivel, O: Energy-Aware Scheduler for HPC Parallel Task Base Applications in Cloud Computing, (2017).