

RECOMENDACIONES PARA FOMENTAR LA ADOPCIÓN DE IPV6 EN MÉXICO

UNIDAD DE POLÍTICA REGULATORIA
DIRECCIÓN GENERAL DE REGULACIÓN
TÉCNICA



**Noviembre
2019**

Tabla de Contenido

OBJETIVO GENERAL.....	2
JUSTIFICACIÓN.....	2
ANTECEDENTES.....	6
3.1 ESTRATEGIA DIGITAL NACIONAL.....	6
3.2 ACCIONES REALIZADAS POR EL INSTITUTO	6
RECOMENDACIONES PARA FOMENTAR LA ADOPCIÓN DE IPV6 EN MÉXICO	8
4.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
4.2 ACCIONES ESTRATÉGICAS	11
4.2.1 CREAR UN GRUPO DE TRABAJO IPv6	11
4.2.2 IMPLEMENTAR ACCIONES FOCALIZADAS	14
4.2.3 CAPACITAR Y DIFUNDIR USO DE IPV6	17
4.2.4 MONITOREAR INDICADORES DE ADOPCIÓN	18
4.2.5 INFORMAR A LOS USUARIOS.....	19
4.3 RESUMEN DE ACCIONES ESTRATÉGICAS	20
CONCLUSIÓN	21
ANEXO I.....	23
ANEXO II	25
REFERENCIAS	28

01

OBJETIVO GENERAL

La Reforma Constitucional en materia de telecomunicaciones ordenada en el "DECRETO por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones de los artículos 6o., 7o., 27, 28, 73, 78, 94 y 105 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en materia de



telecomunicaciones"¹, establece, entre otras cosas, el derecho de acceso a las tecnologías de la información y comunicación (TIC), así como a los servicios de radiodifusión y telecomunicaciones, incluido el de banda ancha e Internet. Para cumplir con los objetivos de la Reforma, se necesita garantizar un desarrollo sostenible del Internet en México. Por lo tanto, es de suma importancia impulsar políticas públicas que soporten la masificación de la conectividad a

través de Internet para lo cual se requiere considerar los motores de desarrollo de Internet y uno de ellos es el Protocolo de Internet versión 6 (IPv6).

Asimismo, la referida Reforma Constitucional da origen al Instituto Federal de Telecomunicaciones (en lo sucesivo, el Instituto) que, entre otros, tiene por objeto regular y promover la competencia y el desarrollo eficiente de las telecomunicaciones.

En ese sentido, reconociendo la relevancia de las comunicaciones a través de Internet, la Unidad de Política Regulatoria del Instituto ha elaborado un compendio de recomendaciones y buenas prácticas enfocadas en la adopción del protocolo IPv6 que permitan fortalecer las bases para el desarrollo de iniciativas digitales a nivel nacional.

02

JUSTIFICACIÓN

El predecesor de IPv6, el Protocolo de Internet versión 4 (IPv4) es un protocolo con una limitante atribuible al número de bits que componen la longitud de sus direcciones IP, dando lugar a aproximadamente 4.3 mil millones de direcciones únicamente (longitud de

¹ https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5301941&fecha=11/06/2013

32 bits). Si bien ésta es una cifra que pudiera parecer elevada, el número de direcciones actualmente resulta insuficiente. De acuerdo a un informe de Cisco Visual Networking Index², para el año 2022 habrá 1.5 dispositivos móviles per cápita, previendo para dicho año 12.3 mil millones de dispositivos conectados, número que incluso supera a la población proyectada en el mundo para ese momento de 8 mil millones de personas.

Desde principios de los años 90 se preveía la necesidad de un nuevo protocolo con una mayor cantidad de direcciones, por lo que el Internet Engineering Task Force (IETF, por sus siglas en inglés) desarrolló IPv6 con el objetivo de aumentar la capacidad de direccionamiento para el tráfico de datos en las redes. De esta manera, IPv6 se crea como un protocolo que cuenta con direcciones de una longitud de 128 bits, lo cual genera una cantidad aproximada de 340 trillones de billones (sextillones) de direcciones. Además de permitir una mayor capacidad de direcciones, también brinda otras ventajas respecto a IPv4 que satisfacerían las necesidades de la sociedad actual y del avance tecnológico a largo plazo, dichas ventajas se detallan en el Anexo II.

Actualmente se emplean, en su mayoría, direcciones IP versión 4, para direccionar la mayor parte de la información y tráfico de datos que se transmiten a través de las redes. Sin embargo, estas direcciones han sido asignadas prácticamente en su totalidad a nivel mundial^{3 4}; por lo que de no adoptar el nuevo Protocolo de Internet versión 6 que extiende el universo de direcciones IP disponibles por un factor de 18 trillones, habría un rezago de la masificación de las comunicaciones a través de Internet a causa del agotamiento de direcciones IPv4.⁵

Ahora bien, la evolución tecnológica hacia las redes convergentes ha detonado exponencialmente el desarrollo del Internet en los últimos años.

Tomando en cuenta que el Internet por definición es una red de equipos y dispositivos interconectados entre sí que utilizan direcciones IP para enviar y recibir datos y que la tendencia de conectar dispositivos a la red va en aumento, no contar con suficientes direcciones IP pudiera resultar en la desaceleración del crecimiento que se ha visto en los últimos años. Aun cuando los nuevos servicios y aplicaciones no requieren que la totalidad de equipos se conecten al Internet, de no contar con direcciones IP disponibles, no se tendrían recursos para conectar un número mayor de equipos.

Además de considerar los beneficios del protocolo IPv6 mencionados, en 2017 el Instituto llevó a cabo un cuestionario de diagnóstico relativo a la adopción de IPv6 en México cuyos resultados fueron considerados en el planteamiento de las recomendaciones para la adopción del protocolo IPv6. El cuestionario le permitió al Instituto tener una visión sobre el

² <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/white-paper-c11-738429.html>

³ <https://www.lacnic.net/1001/1/lacnic/fases-de-agotamiento-de-ipv4>

⁴ <https://www.internetsociety.org/deploy360/ipv6/faq/>

⁵ <https://www.internetsociety.org/deploy360/ipv6/faq/>

entendimiento y valoración que los actores involucrados tienen sobre la importancia de IPv6; entre los principales resultados, destacan:

- i) la existencia de un número reducido de entidades en México que han adoptado IPv6,
- ii) la falta de experiencia, y
- iii) desconocimiento sobre el tema.

Por las razones antes mencionadas, el Instituto busca, a través del presente documento, ser facilitador de un entorno de cooperación a nivel nacional que impulse la adopción de IPv6 mediante múltiples acciones focalizadas que permitan hacer sinergia con las entidades del entorno de Internet en México a partir del intercambio de información, pero sobretodo de experiencias.

Dicho lo anterior, la adopción de IPv6, aunado al uso y despliegue de otras tecnologías y/o protocolos, puede impulsar el desarrollo social y económico de México, ya que permitirían en el:

Ámbito social y de servicios

- Un crecimiento sostenible de la penetración de la banda ancha tanto fija como móvil, servicios que han incrementado de manera importante en recientes años (al cuarto trimestre del 2018 se tuvo una penetración de banda ancha fija de 54 accesos por cada 100 hogares y una teledensidad de banda ancha móvil de 71 líneas por cada 100 habitantes⁶).
- El fomento de la competitividad a nivel internacional, permitiendo una mayor interconexión y comunicación de las redes nacionales con redes de varios países que tienen un porcentaje de adopción de IPv6 más avanzado y/o han comenzado a transportar tráfico IPv6 a través de sus redes.⁷
- Garantizar la disponibilidad a largo plazo de direcciones IP para la provisión de servicios a los usuarios finales por parte de los prestadores del servicio de acceso a Internet, conservando niveles de calidad y eficiencia.
- Facilitar la difusión de información oportuna y personalizada entre la población para diversos fines debido a la gran cantidad de dispositivos y sistemas interconectados.⁸

Ámbito Industrial y empresarial

- En el caso de la industria, mediante la implementación del Internet Industrial de las cosas (IIoT, por sus siglas en inglés), el aprovechamiento de diversas áreas de

⁶ <https://bit.ift.org.mx/BitWebApp/>

⁷ <https://www.asociaciondeinternet.mx/es/noticiasx/2315-adopcion-de-ipv6>

⁸ *Ibidem*

oportunidad que permitirían comercializar nuevos productos y servicios para satisfacer las necesidades y demanda por parte de los usuarios, mejorando su calidad de la experiencia.⁹

- Mejorar los sistemas integrados de logística y la cadena de suministro avanzada al utilizar técnicas automatizadas para gestionar el flujo de recursos e información, ya que los adelantos en esta área pueden aprovecharse para supervisar, seguir, inventariar, renovar y controlar una multitud de objetos dentro de IPv6.¹⁰
- Una mayor productividad y eficiencia a través de la automatización de procesos en diferentes sectores, lo que genera una disminución en los gastos de operación de la infraestructura de red de las Tecnologías de la Información.¹¹

Ámbito prospectivo

- Ampliar la posibilidad de servicios y aplicaciones que pueden diseñarse para emplearse en México a través de la implementación del Internet de las cosas (IoT, por sus siglas en inglés) con fines educativos, de salud, entretenimiento, entre otros, y que solo serían factibles debido al mayor espacio de direccionamiento que proporciona IPv6 para asignarse a equipos y dispositivos.
- En la construcción de viviendas y edificios inteligentes, un mayor control de la gestión de los recursos, así como la conformación de ciudades inteligentes que permitan mejorar la calidad de vida de los ciudadanos en aspectos como la seguridad y la movilidad, por mencionar algunos.

En este contexto, el IoT se considera uno de los más grandes habilitadores para la transformación digital, con un inmenso potencial para proveer valor social, así como el punto de convergencia de varias tecnologías de la Cuarta Revolución Industrial (Industria 4.0) como la inteligencia artificial, vehículos autónomos o 5G.



Se espera que las tecnologías basadas en el IoT impacten todos los aspectos de la vida diaria generando un mundo interconectado, donde las redes eléctricas, infraestructura pública, vehículos, hogares y lugares de trabajo puedan accederse y controlarse de forma remota, lo cual a su vez implica que aspectos como la seguridad y la privacidad cobren una mayor relevancia.

Finalmente, el Internet industrial representa una de las aplicaciones más prometedoras y transformadoras del IoT. Se estima que el IIoT podría agregar 14.2 billones de dólares a la

⁹ http://www.verizonenterprise.com/resources/whitepapers/wp_beneficios-de-ipv6-para-las-empresas_es_xg.pdf

¹⁰ *Ibidem*

¹¹ *Ibidem*

economía global para el año 2030.¹² Lo anterior ubica al IloT como uno de los principales promotores de la productividad y el crecimiento mundial en la próxima década.

El siguiente apartado describe algunas iniciativas previas que se identificaron, tanto a nivel federal como de parte del Instituto en las que ya se contemplaba IPv6.

03

ANTECEDENTES

En los últimos años surgieron algunas iniciativas del sector público en torno a IPv6. A continuación, se mencionan las acciones más destacables que muestran el interés que surge a partir de la relevancia que tiene el tema para el desarrollo de una sociedad digital.

3.1 ESTRATEGIA DIGITAL NACIONAL

La Estrategia Digital Nacional¹³ (EDN), publicada en el 2013 por el entonces Gobierno de la República, planteó cinco habilitadores transversales con la finalidad de cumplir sus objetivos:

1. Conectividad
2. Inclusión y Habilidades Digitales
3. Interoperabilidad e Identidad Digital
4. Marco Jurídico
5. Datos Abiertos

Dentro del habilitador de 'Conectividad', la EDN establecía como iniciativa la creación de centros de distribución de contenidos y centros de datos conectados a las redes troncales y a los IXP (del inglés Internet Exchange Point) con banda ancha. Así como la promoción de una adopción ordenada y oportuna del protocolo IPv6.

Esta referencia se menciona para hacer notar que desde entonces se advierte la necesidad de realizar acciones para promover la adopción de IPv6; sin embargo, también es necesario apuntar que hasta donde se tiene conocimiento, no se encontraron acciones concretas que derivaran de la referida estrategia nacional.

3.2 ACCIONES REALIZADAS POR EL INSTITUTO

¹² <https://www.weforum.org/whitepapers/industrial-internet-of-things-safety-and-security-protocol>

¹³ https://framework-gb.cdn.gob.mx/data/institutos/edn/Estrategia_Digital_Nacional.pdf

Como autoridad reguladora y promotora en materia de telecomunicaciones, el Instituto ha llevado a cabo diversas acciones que incentivan la adopción del protocolo IPv6 con la finalidad de realizar un proceso ordenado e informado del mismo, las cuales se describen a continuación:

Temática	Acciones del Instituto
<p><i>Puntos de intercambio de tráfico de datos (IXP)</i></p>	<p>El 24 de julio de 2017, el Instituto publicó en el DOF los “Lineamientos que fijan los términos bajo los cuales el agente económico preponderante en el sector de las telecomunicaciones o con poder sustancial deberá tener presencia física en los puntos de intercambio de tráfico de Internet en el territorio nacional y celebrar los convenios que permitan a los proveedores de servicios de Internet el intercambio interno de tráfico de manera más eficiente y menos costosa”. A través de los referidos lineamientos se establece que el Agente Económico Preponderante o el Agente Económico con Poder Sustancial deberá aceptar las conexiones bajo el protocolo IPv6 en caso de ser así requerido por algún prestador del servicio de acceso a Internet miembro del IXP.</p>
<p><i>Condiciones técnicas mínimas para la interconexión de redes de telecomunicaciones</i></p>	<p>Como parte de las condiciones técnicas mínimas para la interconexión entre concesionarios que operen redes públicas de telecomunicaciones, publicadas por el Instituto en el DOF el 13 de noviembre de 2018, se establece que se deberá utilizar el esquema de direccionamiento IPv6, y se podrá utilizar direccionamiento IPv4 de común acuerdo entre las partes.</p>
<p><i>Adopción de IPv6</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Con el fin de detectar retos y oportunidades, así como factores que retrasan e inhiben la adopción del protocolo IPv6, y poder desarrollar acciones que promuevan su uso de conformidad con las tendencias y recomendaciones internacionales, el Instituto, en febrero y marzo de 2017, aplicó un cuestionario para el diagnóstico tecnológico relativo a la adopción de IPv6 en México. • Posteriormente, en junio de 2017, el Instituto participó en un evento organizado por la Corporación Universitaria para el Desarrollo de Internet A.C. (CUDI), con el fin de presentar los resultados del cuestionario para el diagnóstico tecnológico relativo a la adopción de IPv6. • En diciembre de 2017, se publicó el micrositio relativo a IPv6, el cual presenta información relevante acerca de este protocolo; así como, la visión y acciones que emprendió el Instituto relativas al proceso de adopción como referencia para cualquier otra organización (pública o privada) interesada en México. El cual puede ser accedido desde el portal de Internet del Instituto (http://ipv6.ift.org.mx)

*Participación en foros
y talleres sobre IPv6*

- El Instituto participó en el 12° Foro de Gobernanza de Internet en Ginebra, Suiza, del 16 al 22 de diciembre de 2017 compartiendo la experiencia de México en el panel de “Políticas públicas para el despliegue de IPv6 en países en desarrollo: experiencias internacionales exitosas”.
- México, junto con representantes de Chile, Colombia y Perú, participó en el taller sobre IPv6 de la Alianza del Pacífico realizado en marzo de 2018.
- Como parte del 6° Aniversario del lanzamiento mundial de IPv6 y del Día de IPv6, los días 6 y 8 de junio de 2018 respectivamente, el Instituto participó en el Webinar IPv6 Day, organizado por el Registro de Direcciones de Internet para América Latina y el Caribe (LACNIC por sus siglas en inglés).
- El 18 de septiembre de 2018, el Instituto organizó el “Taller de formación de capacidades para la gestión de recursos numéricos de Internet”, con el objetivo de reunir a las partes interesadas en el proceso de adopción de IPv6 en el país e intercambiar conocimientos, reuniendo esfuerzos para promover una adopción informada.

Con el propósito de continuar fomentando la adopción de IPv6 en México, el Instituto, en el ámbito de sus atribuciones, buscará llevar a cabo otras iniciativas y acciones oportunas que permitan tanto facilitar como acelerar dicho proceso.

04

RECOMENDACIONES PARA FOMENTAR LA ADOPCIÓN DE IPV6 EN MÉXICO

Para hacer frente al agotamiento de direcciones IPv4 y sentar la base para el despliegue de nuevos servicios de las redes de Internet, resulta indispensable la adopción de IPv6. Hoy en día existen mecanismos que permiten la coexistencia de IPv4 e IPv6 tales como:

- i) la utilización de túneles,
- ii) la pila dual de protocolos (del inglés Dual Stack), y
- iii) la traducción de direcciones (NAT por sus siglas en inglés).

Sin embargo, estos mecanismos son considerados una solución temporal; por lo que, a largo plazo, resulta más eficiente desplegar IPv6.

Para un mejor entendimiento, en el Anexo I de este documento se indican de manera general los principios del funcionamiento de cada mecanismo.

A continuación, se enlistan los objetivos específicos y las acciones estratégicas propuestas por el Instituto para incentivar la adopción de IPv6 en México, tomando como base las mejores prácticas desarrolladas a nivel internacional las cuales han permitido llevar a cabo una adopción exitosa de dicho protocolo. La Figura 1 muestra, de manera general, las acciones estratégicas a ser consideradas antes, durante y después del despliegue de IPv6:



Figura 1 Acciones estratégicas para incentivar la adopción de IPv6

Alineado con las mejores prácticas internacionales, el Instituto impulsará como parte de las presentes recomendaciones, la inclusión de los operadores del servicio móvil, los operadores del servicio fijo, los proveedores de acceso a Internet, las instituciones gubernamentales, las organizaciones no gubernamentales, proveedores de contenido, proveedores de equipos y las instituciones educativas y, en general, a los actores que tienen mayor participación en el entorno de Internet en México, promoviendo así un enfoque de múltiples partes interesadas.

4.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Las presentes recomendaciones buscan:

PROMOVER LA ADOPCIÓN DE IPV6

Se promoverá la adopción y el despliegue de IPv6 a través de la difusión y aplicación de mejores prácticas dirigidas a los principales involucrados en el desarrollo de Internet en México sin ser de carácter obligatorio. Estas recomendaciones se conforman a partir de un



plan de acciones estratégicas que toma como base las mejores prácticas internacionales y casos de éxito de distintos países que están en un proceso acelerado de adopción de IPv6; ejemplo de ello son Francia y España que han

creado grupos de trabajo (del inglés, *task force*) encaminados a acelerar la adopción de IPv6^{14 15}

COLABORAR EN LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS RECOMENDACIONES PARA FOMENTAR LA ADOPCIÓN DE IPV6 EN MÉXICO

El Instituto coordinará la creación de un grupo de trabajo para la colaboración y adopción de IPv6, en conjunto con los principales actores involucrados en los sectores público y privado; esto con el fin de establecer una comunicación permanente e identificar oportunidades de colaboración, escuchar a las autoridades y realizar acciones en el ámbito de sus atribuciones, a efecto de que dicha colaboración sea efectiva y oportuna, contemplando la evolución tecnológica.

El grupo de trabajo para la colaboración y la adopción de IPv6 tendrá como objetivo reunir a todos los actores involucrados en el desarrollo de internet en México para concientizar y alentar el despliegue de IPv6 en todo el país, así como para incentivarlos a participar en proyectos y eventos relacionados.

Adicionalmente, se buscará la colaboración de todos los actores involucrados para el intercambio de experiencias y casos de éxito, dar seguimiento a la definición e implementación de IPv6, así como a los nuevos requerimientos de información conforme a la evolución tecnológica de las telecomunicaciones; y sobre la misma línea, promover la participación en grupos de trabajo internacionales a través de eventos, cursos y talleres.

¹⁴ <http://www.spain.ipv6tf.org/html/index.php>

¹⁵ <https://www.arcep.fr/la-regulation/grands-dossiers-internet-et-numerique/liipv6.html>

FOMENTAR EL CONOCIMIENTO DE IPv6

El Instituto implementará una estrategia de comunicación continua, destinada a compartir información relativa a los procesos y seguimiento del despliegue de IPv6 en México, buscando concientizar tanto a los principales actores involucrados, como también a los usuarios finales de Internet acerca de los principios y acciones respecto a su uso.

Asimismo, con la finalidad de establecer métodos prácticos de divulgación de la información, se contempla la organización de cursos de capacitación, talleres y conferencias, la elaboración y difusión de material didáctico, como infografías y videos temáticos enfocados para diferentes niveles de implementación.

En el caso de los usuarios finales, se fomentará su alfabetización respecto a la adopción de IPv6, de igual forma a los proveedores del servicio de internet (ISP, por sus siglas en inglés) se les informará y concientizará de las ventajas técnicas del protocolo IPv6; así como de los distintos métodos, equipos e infraestructura para el correcto despliegue y adopción de IPv6 en la red.

4.2 ACCIONES ESTRATÉGICAS

Con el fin de dar cumplimiento a los objetivos específicos planteados, a continuación, se describen las acciones estratégicas propuestas.

4.2.1 CREAR UN GRUPO DE TRABAJO IPv6

EL GRUPO DE TRABAJO ESTARÁ INTEGRADO POR TODOS LOS ACTORES INVOLUCRADOS EN EL PROCESO DE ADOPCIÓN.

El grupo trabajo para la adopción del protocolo IPv6 tendrá como principal objetivo estudiar las perspectivas de la tecnología IPv6 y las acciones que podrían tomarse para que la adopción de la misma responda a las necesidades del mercado mexicano. De igual forma, se pretende contribuir al fomento de actividades de investigación, capacitación y difusión de la información relativa a IPv6 con el fin de incentivar y acelerar la adopción del protocolo a nivel nacional.

Este grupo de trabajo sería creado y coordinado por el Instituto y estaría integrado por todos los actores involucrados en el proceso de adopción del protocolo IPv6, de los sectores público y privado para establecer una permanente comunicación e identificar oportunidades de colaboración. Asimismo, el grupo de trabajo fungiría como el eje transversal para gestionar e implementar el resto de las acciones estratégicas planteadas como parte de este documento.

La misión del grupo de trabajo es reunir a todos los actores involucrados para fomentar la conciencia y alentar el despliegue de IPv6 en todo el país.

Dentro de las principales actividades del grupo de trabajo para la adopción de IPv6 se encontrarán las siguientes:

- Establecer y mantener contacto con todos los actores involucrados en el proceso de adopción del protocolo IPv6, asegurando de este modo la continuidad de la misión y el cumplimiento del objetivo del grupo de trabajo.
- Crear conciencia sobre el agotamiento de IPv4 para transitar a IPv6, garantizando así la estabilidad de Internet y el futuro crecimiento del mismo.
- Coadyuvar en la coordinación internacional con el Foro de IPv6 y otros grupos nacionales de IPv6.
- Participar en actividades de concientización y capacitación sobre IPv6 para los actores involucrados en el proceso de adopción.
- Mantener una plataforma que permita recopilar y difundir información actualizada acerca de IPv6 a través del Micrositio del Instituto, el cual incluirá las preguntas más frecuentes discutidas por el grupo, así como los reportes de las actividades realizadas por el grupo de trabajo.
- Alentar a los actores involucrados a transitar hacia IPv6.
- Organizar mesas de discusión focalizadas a partir de una convocatoria abierta donde se discutan temas específicos en un ambiente multi-partita y se generen acuerdos con acciones específicas que permitan tener un seguimiento y evaluar sus resultados.
- Diseñar mecanismos de colaboración entre las diferentes organizaciones y dependencias gubernamentales para asignar responsabilidades en el ámbito de las atribuciones de cada miembro.

4.2.1.1 ACCIONES DEL GRUPO DE TRABAJO IPv6

Entre las acciones que puede llevar a cabo el grupo de trabajo, se encuentran la emisión de mejores prácticas dirigidas a todos los actores para que efectúen un diagnóstico inicial de su infraestructura de red y elaboren un plan de adopción de IPv6 (a través de la experiencia compartida y comparada se pueden generar beneficios para aquellos actores que no han comenzado el proceso de adopción de IPv6).

El diagnóstico inicial de infraestructura de red tendría como principal objetivo conocer el estado actual de las mismas y tener claridad con respecto a los requerimientos para el despliegue de IPv6 partiendo de lo que existe. Dicho diagnóstico puede realizarse mediante la elaboración de un inventario o "check list" de la infraestructura tecnológica con la que se cuenta, incluyendo, las características del hardware, software y sistemas de administración de la red, entre otros.

Por otra parte, el plan de adopción de IPv6 permitiría a cada actor tener una visión global del proceso de adopción, considerando para cada una de las etapas que lo conforman un objetivo puntual y un plazo establecido. El plan de adopción de IPv6 consideraría al menos los siguientes puntos principales:

- ✓ Capacitación y sensibilización del personal: Los diferentes actores de Internet en el país, pueden considerar como una prioridad el desarrollo de recursos humanos con conocimientos en IPv6, promoviendo programas de capacitación sobre la operación y mantenimiento de la infraestructura de red enfocados en el uso de este protocolo.
- ✓ Implementación del protocolo IPv6: Para facilitar el proceso de implementación y que éste se ejecute ordenadamente, se sugiere elaborar un mapa de ruta con las actividades que se efectuarán (cambio y/o actualización de equipo, configuración de servicios para soportar IPv6, etc.), así como definir plazos, entregables y personal responsable.
- ✓ Actualización y adquisición de equipos: La actualización para el soporte de IPv6 se debe llevar a cabo de acuerdo a las necesidades actuales y futuras definidas por cada actor, dependiendo de los recursos tanto humanos como económicos con los que cuente para tal fin; considerando entre otros, su infraestructura de red interna, la conectividad troncal, todos los equipos y servicios, así como los sistemas de seguridad y gestión de red. Es importante considerar que al realizarse nuevas adquisiciones de equipos y software se especifique su soporte para IPv6, o bien, tanto para IPv4 como para IPv6.
- ✓ Realización de pruebas: Previo al despliegue y operación de IPv6 en la totalidad de la red, se recomienda que se realice la implementación del protocolo mediante un despliegue gradual, verificando su viabilidad tanto teórica como técnica, efectuando las pruebas suficientes en una zona controlada para garantizar el correcto funcionamiento y la seguridad de la red.
- ✓ Seguridad: Se recomienda el establecimiento de políticas de seguridad, así como llevar a cabo de manera continua la mejora de la seguridad de la red desde su diseño, implementación y en la operación, manteniendo un proceso de búsqueda y corrección persistente de vulnerabilidades para fortalecer a la red utilizando IPv6.
- ✓ Presupuesto estimado: Considerar el presupuesto estimado a utilizar a lo largo del proceso de adopción de IPv6, contemplando entre otras cosas, la capacitación de recursos humanos, adquisición y/o actualización del hardware y software, así como la seguridad de la red.

En este sentido, como apoyo para iniciar el proceso de adopción de IPv6, el Instituto, a través de su Dirección General de Tecnologías de la Información y Comunicación (DGTIC), publicó en el Micrositio IPv6 una guía de referencia para el diseño e implementación de

IPv6¹⁶. En dicha guía se describen diversas actividades que facilitan la comprensión y puesta en marcha del protocolo IPv6 en las redes y se incluye una lista con aspectos relevantes a considerar para disminuir posibles riesgos de falla. Asimismo, a través del Micrositio IPv6 se pondrá a disposición de todos los interesados la documentación que describa el proceso realizado por el IFT para efectuar la publicación de los sitios web del Instituto a través de IPv6.

Así también, el grupo de trabajo buscaría ser un punto focal para todas las actividades de IPv6 en México de manera que se evite duplicar esfuerzos y se atienda la falta de comunicación entre los actores involucrados.



4.2.2 IMPLEMENTAR ACCIONES FOCALIZADAS

QUE IMPULSEN A OTROS ACTORES DEL ENTORNO DE INTERNET A ADOPTAR IPV6.

Se identifica un número de acciones iniciales que podrían promover la adopción del protocolo IPv6 en el entorno de Internet en México. A continuación, se desglosan dichas acciones enfocadas para cada grupo de actores, cuyos efectos pueden permear en el resto.

PROVEEDORES DE SERVICIOS

En cuanto al sector privado, éste puede ser el principal motor en el desarrollo de nuevos servicios y productos comerciales basados en IPv6. Por ejemplo, los proveedores del servicio de acceso a Internet que cuentan con un gran número de clientes pueden establecer como uno de los objetivos principales la prestación de servicios IPv6, con el objetivo de acelerar y agilizar el proceso de adopción a nivel nacional. Por lo tanto, los proveedores de servicios, principalmente los más grandes en cuanto a cobertura del servicio y/o número de usuarios se refiere, pueden considerar preparar su plan de despliegue general. En particular, se sugiere que todos los proveedores del servicio de acceso a Internet aseguren que los

¹⁶ <http://ipv6.ift.org.mx/>

módems o CPE (del inglés, Customer Premises Equipment) soporten progresivamente los mecanismos de IPv6.

Así mismo, los proveedores del servicio de acceso a Internet más pequeños pueden esforzarse para lograr proporcionar servicios IPv6 dado que las direcciones IPv4 han sido asignadas prácticamente en su totalidad.

INSTITUCIONES GUBERNAMENTALES COMO USUARIOS DE TIC

Con relación a las instituciones gubernamentales, además de los proveedores de servicios de telecomunicaciones (operadores fijos y móviles), éstas realizan un número importante de transacciones en Internet y atienden a un elevado número de usuarios a través del mismo. De modo que, al ser parte de los actores potenciales del entorno, podrían posicionarse como líderes siendo de los primeros en realizar la adopción del protocolo, lo cual impulsaría en gran medida su adopción en México. Por lo tanto, se realizan las siguientes recomendaciones para que sean llevadas a cabo por el sector público:

- Se considerará la realización de un segundo cuestionario para el diagnóstico tecnológico relativo a la adopción de IPv6 en México que incluya a los diferentes sectores involucrados debido a la velocidad con que evoluciona el entorno digital. Este diagnóstico ofrecerá información actualizada y que permita identificar las necesidades y posibles barreras técnicas o económicas a las que se enfrentan usuarios y proveedores de servicios de telecomunicaciones para la adopción de IPv6.
- Se realizará la integración de un directorio de empresas, proveedores de servicios de telecomunicaciones, entre estos, proveedores de servicios de Internet fijo, operadores móviles, proveedores de servicios de alojamiento web, proveedores de alojamiento de correo electrónico y proveedores de equipos y dispositivos, así como también de las respectivas áreas gubernamentales encargadas e involucradas en el proceso de la adopción de IPv6 en México.
- Que la administración pública se sensibilice para incorporar IPv6 en los servicios de la administración electrónica, garantizando la disponibilidad, así como el acceso a sus sitios web y a sus servicios en línea a la ciudadanía, mediante el uso tanto de IPv4 como de IPv6.

Para lo anterior, la administración pública puede apoyarse de su proveedor de servicios de Internet para coordinar todas las acciones técnicas necesarias que permitan que los servicios y aplicativos puedan desplegarse con el protocolo IPv6, desde el interior hacia el exterior y de manera gradual estableciendo plazos bien definidos.

- Que la administración pública se sensibilice respecto de la implementación de la tecnología IPv6 en coexistencia con el IPv4 en su infraestructura TIC. El Estado y la administración pública pueden establecerse un plazo máximo para completar el despliegue del protocolo IPv6 en la totalidad de su infraestructura tecnológica. Para

esto, las entidades del Gobierno podrían elaborar su propio plan de adopción IPv6 siguiendo las recomendaciones que en su momento defina el grupo de trabajo.

- Que la administración pública incorpore IPv6 como requisito en las especificaciones técnicas de las licitaciones públicas para bienes o servicios que utilizan el protocolo IP. Por lo que podrían asegurar condiciones de soporte de IPv6 nativo en coexistencia con IPv4 como un requisito obligatorio en todos los contratos de adquisición de bienes y servicios de TIC realizados.

Lo anterior aplicaría para todos los procesos de adquisición de equipos, redes, hardware, software, aplicaciones, comunicaciones, servicios de almacenamiento, servidores de correo electrónico y plataformas tecnológicas de comunicación basadas en IP, por mencionar algunos. En el caso de la contratación de servicios de acceso a Internet y redes privadas virtuales, los enlaces deberán soportar de forma simultánea la transmisión de datos a través de IPv4 e IPv6.

- De manera adicional, se recomienda considerar que en las mismas licitaciones públicas se especifique que los equipos elegibles, en caso de tratarse de hardware, cuenten con un certificado, como puede ser el programa "IPv6 Ready"¹⁷, por ejemplo, y/o sean compatibles con los estándares RFC (del inglés, Request for Comments) apropiados sobre IPv6.

INSTITUCIONES ACADÉMICAS

También se identifica la importancia del sector académico como un aliciente para fomentar la adopción del protocolo a nivel nacional. Por ejemplo, aquellas universidades que operan sus redes, representan un factor importante para comenzar a efectuar la adopción del protocolo IPv6 debido al número elevado de transacciones en Internet que realizan y al gran número de usuarios que atienden. Algunas recomendaciones para la academia son las siguientes:

- 1) Poner a disposición de la población programas, cursos, talleres y diplomados para formar profesionales en el diseño, implementación y operación de la red;
- 2) Considerar de forma más relevante o amplia temas de IPv6 dentro de sus planes de estudio para las carreras afines a telecomunicación y computación.
- 3) Fomentar investigación entre personal académico, así como trabajos de tesis o titulación.

¹⁷ <https://www.ipv6ready.org/>

Además, las instituciones académicas podrían participar en la investigación sobre el uso del protocolo IPv6 en diversos servicios y aplicaciones. Como resultado de estas investigaciones, las instituciones académicas podrían fungir como compiladores de indicadores estadísticos relacionados con el avance de adopción del protocolo, promoviendo así la innovación y desarrollo tecnológico en el país.

OTROS ACTORES

En el caso de los fabricantes de equipos y dispositivos, los proveedores de servicios en la nube y los centros de datos también podrían buscar el soportar el nuevo protocolo, lo cual agilizaría la adopción de IPv6 por parte de terceros (organizaciones, instituciones gubernamentales, universidades, entre otros).

4.2.3 CAPACITAR Y DIFUNDIR USO DE IPV6

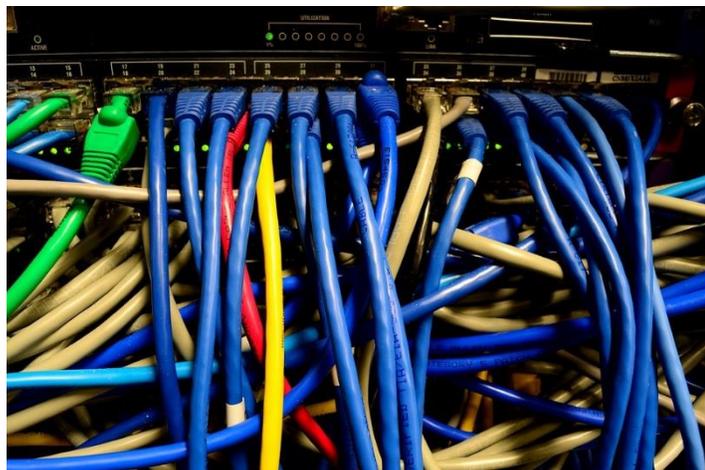
CON EL OBJETIVO DE FORMAR CONTINUAMENTE PERSONAL ALTAMENTE CAPACITADO, ELIMINANDO ASÍ UNA DE LAS PRINCIPALES BARRERAS DE ADOPCIÓN DEL PROTOCOLO.

Resulta indispensable que el personal técnico cuente con los conocimientos y la experiencia necesaria sobre IPv6, así como de sus principales características, eliminando de este modo una de las barreras para la adopción de IPv6. Para ello se considera la realización de talleres de capacitación de manera presencial y remota que involucre a los actores relevantes, en coordinación con el grupo de trabajo para la adopción de IPv6.

Se insta a los actores involucrados en el despliegue y la adopción de IPv6 para que, en coordinación con el grupo de trabajo para la adopción de IPv6, se realicen talleres de capacitación continuos dirigidos al personal técnico que estará encargado de efectuar la implementación de IPv6 en la infraestructura de red y de ponerla en operación.

Los objetivos de los talleres de capacitación pueden ser, entre otros:

- 1- Proporcionar información general sobre el esfuerzo de adopción y el estado actual de IPv6.
- 2- Resaltar los impulsores clave para que el sector privado y académico apoyen la adopción de IPv6.
- 3- Conocer las políticas y desarrollos técnicos realizados durante el periodo de adopción de IPv6.
- 4- Intercambiar experiencias entre los distintos actores involucrados acerca de sus procesos de adopción y despliegue de IPv6.



5- Mostrar los distintos casos de éxito y experiencias internacionales de IPv6.

Se sugiere dar un informe de todas las actividades de capacitación realizadas por los actores involucrados, así como brindar la correcta difusión de investigaciones y resultados de los talleres.

4.2.4 MONITOREAR INDICADORES DE ADOPCIÓN

DE CARÁCTER GENERAL SOBRE IPV6 QUE PERMITAN EVALUAR EL ESTADO DE ADOPCIÓN DE IPV6 EN MÉXICO.

Es de suma importancia dar seguimiento a los principales avances efectuados en cuanto a la adopción y despliegue del protocolo IPv6 considerando todos los actores del entorno digital a nivel nacional. Lo anterior con la finalidad de detectar cuáles son los principales obstáculos que presenta la adopción del protocolo y poder realizar las acciones correctivas necesarias.

Por esta razón, es necesario adoptar una serie de indicadores que proporcionen una visión global y actualizada de la situación. La propuesta inicial es partir de los indicadores generales generados por fuentes públicas de información como lo son Google¹⁸, Cisco¹⁹, Akamai²⁰ y APNIC Labs²¹, para complementarlos con datos proporcionados por los diferentes actores en México como resultado de las reuniones del grupo de trabajo IPv6.

La siguiente tabla resume algunos indicadores, de manera enunciativa, más no limitativa, que podrían proporcionar los diferentes actores y que permitirían complementar los indicadores básicos obtenidos de fuentes públicas:

INDICADOR	DESCRIPCIÓN
<i>Penetración del volumen de tráfico IPv6</i>	Proporción del volumen de tráfico en IPv6 del total de tráfico cursado internamente por los operadores.
<i>Penetración del volumen de tráfico de tránsito IPv6</i>	Proporción del volumen de tráfico de tránsito en IPv6.
<i>Penetración de IPv6 en los servidores Domain Name System (DNS)</i>	Proporción de direcciones IPv6 dentro de los servidores DNS del dominio (".mx")
<i>Penetración del número de proveedores del servicio de</i>	Proporción de proveedores del servicio de Internet que soportan IPv6 en sus redes.

18 <https://www.google.fr/ipv6/statistics.html#tab=per-country-ipv6-adoption&tab=per-country-ipv6-adoption>

19 <http://6lab.cisco.com/stats/cible.php?country=FR&option=all>

20 <https://www.akamai.com/es/es/about/our-thinking/state-of-the-internet-report/state-of-the-internet-ipv6-adoption-visualization.jsp>

21 <https://stats.labs.apnic.net/ipv6/CN>

<i>Internet con asignación de direcciones IPv6</i>	
<i>Penetración de sitios web en IPv6</i>	Proporción de los sitios web que soportan IPv6 sobre una base de los 500 sitios más visitados en México.
<i>Penetración de proveedores de servicio, contenido, aplicaciones que soportan IPv6</i>	Número de proveedores de servicio, contenido, y aplicaciones que soportan IPv6.

De esta forma, se podría contar con un panorama inicial de la situación a nivel nacional al medir la tasa de penetración de IPv6 en diferentes aspectos. A partir de esta información, se podría crear una base de datos histórica que pudiera servir para generar informes de carácter público con el objetivo de promover la adopción por parte de otros actores del entorno digital.

4.2.5 INFORMAR A LOS USUARIOS

SOBRE LAS VENTAJAS DE DESPLEGAR EL PROTOCOLO IPV6 ENFOCADAS EN SU BENEFICIO.

Los clientes, usuarios finales y consumidores de los servicios de Internet deben estar informados en todo momento sobre la actualidad del proceso de adopción de IPv6, así como de las características y las ventajas que esto conlleva, ya que son ellos los que utilizan los dispositivos habilitados, así como los servicios de IPv6.

De este modo, con mayor conocimiento sobre el tema, existirá una mayor demanda de bienes y servicios listos para IPv6, aunado al desarrollo en los próximos años del IoT.

Esto, a su vez, tendrá como consecuencia que los diversos fabricantes de dispositivos y proveedores tanto de servicios como de contenidos en Internet, tengan que ofrecerlos habilitados con IPv6 para satisfacer dicha demanda oportunamente.

Para ello, se considera necesario que los actores involucrados en el despliegue de IPv6, en coordinación con el grupo de trabajo, informen a los usuarios finales mediante comunicados, anuncios, reportes, entre otros, a través de sus portales de internet y otros medios, de los resultados obtenidos a partir de los esfuerzos realizados por estos para facilitar el proceso de adopción y despliegue de IPv6; así como de su apertura para escuchar nuevas formas de contribuir activamente para la pronta adopción de IPv6.

Se sugiere evaluar el uso de alguna especificación, logotipo o certificación para informar al usuario sobre el uso de IPv6 en cierto tipo de producto o servicio para incrementar su conciencia sobre el tema.

4.3 RESUMEN DE ACCIONES ESTRATÉGICAS

Acciones Estratégicas	Descripción
<i>Crear un de grupo de trabajo IPv6</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Coordinado por el Instituto e integrado por todos los actores involucrados en el proceso de adopción de los sectores público y privado. • La misión del grupo de trabajo será establecer permanentemente comunicación e identificar oportunidades de colaboración para la adopción de IPv6 a nivel nacional, evitando duplicar esfuerzos. • Diseñar mecanismos de coordinación y comunicación con organizaciones nacionales e internacionales sobre el tema de IPv6. • Emitir mejores prácticas dirigidas a los actores involucrados en la adopción y despliegue de IPv6 para la elaboración de un inventario o "check list" de su infraestructura tecnológica existente, con el fin de determinar aquella que soporta IPv6 y la que tiene que ser actualizada o reemplazada. • Emitir mejores prácticas dirigidas a los actores involucrados en la adopción y despliegue de IPv6 para que cuenten con los elementos necesarios para la elaboración de un plan de adopción acorde con su infraestructura tecnológica, esto con el objetivo de tener un panorama completo del proceso, detallando cada uno de los pasos a seguir.
<i>Implementar acciones focalizadas</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Con las acciones descritas a realizar por parte de los proveedores de servicios, instituciones gubernamentales, instituciones académicas, entre otros, se tiene como principal objetivo el fomentar e incentivar la adopción de IPv6, promoviendo a su vez el despliegue del protocolo por otros actores involucrados en el entorno de Internet.
<i>Capacitar y difundir uso de IPv6</i>	

Monitorear indicadores de adopción

- Se considera realizar talleres de capacitación de manera presencial y remota para los actores involucrados en el despliegue de IPv6 con el objeto de reforzar la enseñanza y la difusión de conocimientos técnicos relativos al protocolo, lo cual sería coordinado por el grupo de trabajo IPv6.
- Se sugiere la generación de reportes de las acciones de las capacitaciones realizadas, así como difundir las investigaciones y resultados de los talleres.

- Emplear indicadores de carácter general, que le permitan a todo actor interesado, evaluar el avance de la adopción de IPv6 en México, con la finalidad de tomar decisiones correctivas y oportunas, de ser requeridas, por parte del grupo de trabajo IPv6.
- La propuesta inicial, es partir de indicadores generados por fuentes públicas de información sobre IPv6 y complementarlos con datos proporcionados por los diferentes actores involucrados en México como parte de los esfuerzos del grupo de trabajo IPv6.

Informar a los usuarios

- Difundir a los usuarios de Internet en general, información útil y relevante acerca del proceso de adopción y despliegue del protocolo, así como de las ventajas del uso de IPv6, haciendo énfasis en los beneficios directos que ellos experimentarían como resultado de la adopción de dicho protocolo en las redes.
- La acción de informar a los usuarios se realiza por parte de todos los actores involucrados en el proceso de despliegue del protocolo, en coordinación con el grupo de trabajo IPv6.

05

CONCLUSIÓN

La adopción y despliegue de IPv6 resulta inevitable, por lo que es muy importante comenzar a preparar la infraestructura de las redes con el tiempo necesario para evitar retrasos y

permitir una adopción ordenada, segura y transparente para todos los actores involucrados.

Al iniciar tempranamente con el proceso de adopción, los actores involucrados pueden permitirse hacerlo de manera gradual y sin mucho impacto en sus operaciones. Por el contrario, de existir una demora en la adopción de IPv6, se presentarían inconvenientes que repercutirían de manera negativa en el avance del sector, tales como mayores complejidades técnicas, funcionamiento deficiente de ciertos servicios y dificultad para crear unos nuevos. Así también, existiría una barrera a la innovación y se perdería competitividad a largo plazo, por mencionar algunos.

Aunque en México ya se tienen algunos esfuerzos aislados por parte de algunos actores, la mayor parte de los operadores aún tienen direcciones IPv4 para sostener su operación, esto en gran parte debido al uso de NAT que ha prolongado la vida de uso de dicho protocolo. Por lo tanto, es indispensable la implementación de una estrategia conjunta que acelere el proceso de adopción.



A través de las medidas descritas, generadas a partir de un análisis de las mejores prácticas internacionales, se estima que existirá un mayor interés y participación de los principales actores del mercado de Internet en México. Esto a su vez, impulsará un mayor interés por parte de otros actores más pequeños o menos representativos que permanecen estáticos en cuanto al tema de adopción del protocolo IPv6.

Se hace notar la importancia del papel que tienen el gobierno y el Instituto en este tema. Aunque no es algo que deba regularse y obligarse por medio de una normativa, son elementos fundamentales para impulsar su adopción con roles concretos y particulares que pueden incentivar fuertemente a la industria además de llevar a cabo la coordinación y conciliación de las medidas antes propuestas.

Finalmente, la adopción y despliegue de IPv6 debe considerarse como una oportunidad de crecimiento para diversos sectores como la educación, la economía y la industria en general, así como para generar novedosos servicios y productos que beneficien a la sociedad mediante el avance tecnológico y desarrollo de Internet en México. De esta forma se logrará que los usuarios de Internet sigan disfrutando del uso habitual y continuo de Internet.

ANEXO I

MECANISMOS PARA LA COEXISTENCIA DE IPV4 E IPV6

Dual Stack o Doble Pila

- Bajo Dual Stack, tanto IPv4 como IPv6 son implementados de forma nativa utilizando la misma infraestructura. Por lo que se evitan gastos generados por hacer uso de otros mecanismos de adopción y algunas desventajas que ocasionan soluciones como los túneles o la traducción de direcciones, las cuales pueden resultar poco fiables y hacer vulnerable a la red.
- La principal ventaja de Dual Stack es ser una técnica flexible y fácil de implementar. Considerando que IPv4 e IPv6 todavía coexistirán un largo tiempo; al implementar Dual Stack, IPv4 podrá ser deshabilitado sin mayor problema cuando sea pertinente, permitiendo una adopción transparente a una operación íntegra de IPv6.

Túneles y traducción de direcciones

- Otros mecanismos como el uso de túneles o realizar la traducción de direcciones IP conllevan algunas desventajas para los actores involucrados en comparación con la implementación nativa de IPv6.
- Emplear túneles genera sobrecarga en el tráfico de la red y una reducción del rendimiento de la misma, dado que se llevan paquetes de IPv6 dentro de otros protocolos por lo que se agrega un mayor procesamiento y consumo de ancho de banda. Aunado a lo anterior, esta técnica introduce una gran cantidad de vulnerabilidades de seguridad que repercuten en fallas de conectividad por lo que se recomienda emplearla lo menos posible.
- Mecanismos de adopción conocidos como traducción de direcciones entre IPv4 e IPv6 presentan diversos problemas, siendo la vulnerabilidad de seguridad en la red uno de los principales.

MECANISMOS PARA MITIGAR EL AGOTAMIENTO DE DIRECCIONES IPV4

Dado el agotamiento de direcciones IPv4, se han implementado ciertos mecanismos en la infraestructura de las redes para hacer un uso más eficiente de aquellas direcciones con las que se cuenta, algunos de estos mecanismos son NAT (Network Address Translation, por sus siglas en inglés) y CGN (Carrier Grade NAT, por sus siglas en inglés), los cuales poseen desventajas al ser utilizados.

En general, los proveedores de contenido que permitan el acceso mediante IPv6 proporcionarían un mejor acceso a su contenido, y los usuarios finales que soporten IPv6 estarán evitando de forma automática los cuellos de botella que se generan en IPv4, resultado de técnicas como NAT y CGN, de tal forma que se brinda un servicio más eficiente y sobre todo mejora la experiencia de los usuarios finales que usen IPv6 sin afectar a los usuarios finales que utilizan IPv4.

Las soluciones como CGN representan posibles riesgos en la operación de toda la red, ya que presenta problemas de seguridad y escalabilidad. Además de que resulta ser una solución costosa a largo plazo y temporal, por lo que siempre es preferible desde un principio implementar IPv6 en la infraestructura de red.

En resumen, no se recomienda el uso de mecanismos de adopción de IPv6 como el uso de túneles o de traducción de direcciones, así como NAT o CGN para mitigar el agotamiento de direcciones IPv4. En caso de emplearlos, es importante tomar las precauciones debidas y tener en mente que su uso solo proporcionará una solución temporal.

ANEXO II

VENTAJAS DE IPV6 CON RESPECTO A IPV4

- 1. Mayor eficiencia en procesamiento de paquetes**
 El encabezado de paquete simplificado hace que el procesamiento de paquetes sea más eficiente.
- 2. Flujo de datos dirigidos**
 Soporta multicast en lugar de broadcast. Multicast permite el flujo de paquetes intensivos en un ancho de banda permitiendo que se envíen a múltiples destinos ahorrando ancho de banda debido a que los hosts que no desean los paquetes no procesarán el flujo.
- 3. Configuración automática**
 Asignación automática de direcciones. El host puede generar su propia dirección IP agregando su dirección a la capa de enlace (MAC), convertida en EUI de 64 bits.
- 4. No será indispensable el uso de NAT (Network Address Translation)**
 La cual resulta con mejor conectividad de extremo a extremo en la red. Mejora los servicios como VoIP y de Quality of service (QoS).

Descripción	Diferencias entre IPv6 e IPv4	
	IPv4	IPv6
Versión	IPv4	IPv6
Máscara de dirección	Utiliza VLSM	No usa VLSM*
Fragmentación	Se realiza cuando un paquete es demasiado grande para un determinado enlace. Puede realizarse en los nodos extremos o en los enrutadores.	Se produce únicamente en el nodo origen, y el ensamblado en el nodo destino.
Configuración	Configuración manual, es decir, deben asignarse rutas y direcciones IP, o bien, a través de un servidor DHCP*.	Soporta autoconfiguración, es decir, las interfaces de IPv6 pueden configurarse automáticamente en ausencia de un servidor DHCP.
Resolución de dirección	Utiliza ARP* para encontrar una dirección física (MAC o de Enlace) asociada a una determinada dirección IPv4.	Incluye la función resolución de dirección dentro de IP como parte de los algoritmos para autoconfiguración y descubrimiento de vecino a través de ICMPv6*.
ICMP*	Lo utiliza para comunicar información de la red.	ICMPv6 añade algunos atributos nuevos. Siguen existiendo los tipos de error básicos, como "no puede alcanzarse el destino" o "petición y respuesta de eco". Se añaden tipos y códigos nuevos para dar soporte al

		descubrimiento de vecino y funciones relacionadas.
IGMP*	Los enrutadores utilizan IGMP para buscar sistemas que aceptan tráfico para un cierto grupo de difusión, mientras que los sistemas informan al enrutador sobre la existencia de escuchadores en un grupo de difusión múltiple.	El protocolo MLD* (Descubrimiento de escucha de difusión múltiple) sustituye a IGMP, aunque utiliza a ICMPv6.

***VLSM**: Variable Length Subnet Mask o Máscara de subred de tamaño variable. Es utilizada para crear una organización jerarquizada de las subredes.

***DHCP**: Dynamic Host Configuration Protocol ó Protocolo de configuración dinámica de host. Se utiliza para obtener dinámicamente una dirección IP y más información de configuración.

***ARP**: Address Resolution Protocol ó Protocolo de resolución de direcciones. Permite determinar la dirección MAC de un dispositivo correspondiente a una cierta dirección IP.

***ICMP**: Internet Control Message Protocol ó Protocolo de control de mensajes de Internet. Permite enviar mensajes de error, así como de información relativa a la operación de la red.

***IGMP**: Internet Group Management Protocol ó Protocolo de gestión de grupo de Internet. Permite remitir el tráfico multidifusión (o multicast) de IPv4 al host deseado.

5. Implementación más eficiente de IoT

La gran cantidad de dispositivos que se espera estén conectados a Internet, así como los diferentes servicios y nuevos modelos de negocio previstos en el desarrollo e implementación de IoT, requerirán las ventajas de direccionamiento de IPv6 para una convergencia más eficiente.

Por otro lado, la tecnología 5G será uno de los principales habilitadores tecnológicos de la sociedad de la información; la conectividad inalámbrica entre dispositivos y sistemas autónomos (AS por sus siglas en inglés) desempeñará un rol esencial en el despliegue de dispositivos conectados del IoT, por lo que dentro de los escenarios²² previstos por el IMT 2020 así como lo incluido en el TR 33.899 del 3GPP identifican a las comunicaciones ultra confiables y de baja latencia (URLLC, por sus siglas en inglés) como parte fundamental en el desarrollo de estas nuevas tecnologías. Por estas razones, el uso de IPv6 conlleva un papel fundamental al permitir un procesamiento de encabezados más eficiente, reduciendo así la latencia de los paquetes transmitidos de acuerdo con lo mencionado en el ETSI GR IP6

²² https://www.etsi.org/deliver/etsi_gr/IP6/001_099/011/01.01.01_60/gr_ip6011v010101p.pdf

006 v1.1.1²³, tomando en cuenta que las implementaciones del NAT y el CGNAT (del inglés Carrier-Grade Network Address Translation) generan una mayor latencia.

6. Seguridad

El direccionamiento público para cada usuario implica un seguimiento más eficiente al momento de identificar la fuente de alguna información (por ejemplo, cuando en los delitos que implican el uso de Internet), ya que los mecanismos de traducción entre direcciones IPv4 e IPv6 (Network Address Translation, NAT) y las técnicas utilizadas para que un elevado número de usuarios de un operador dado compartan una misma dirección IP pública dificultan notablemente la trazabilidad de las comunicaciones, así como la interceptación de un usuario determinado.

²³ https://www.etsi.org/deliver/etsi_gr/IP6/001_099/006/01.01.01_60/gr_IP6006v010101p.pdf

REFERENCIAS

- Internet Governance Forum, Best Practice Forum on Creating an Enabling Environment for IPv6 Adoption, Editors: Susan Chalmers and Wim Degezelle, 30 November 2015.
- Sector de Desarrollo de las Telecomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones, Aspectos políticos, reglamentarios y técnicos de la migración en los países en desarrollo de las redes existentes a las redes de banda ancha, incluidas las redes de la próxima generación, los servicios móviles, los servicios superpuestos (OTT) y la implantación de IPv6, Informe Final, Comisión de Estudio 1, 6° Periodo de Estudios, 2014-2017.
- Perú, Decreto supremo que aprueba la formulación de un plan de adopción del protocolo IPv6 en las entidades de la administración pública, N° 081-2017-PCM.
- Colombia, Resolución número 2710 de 2017 "Por la cual se establecen lineamientos para la adopción del protocolo IPv6", Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones.
- Arabia Saudi, Grupo de trabajo presentado por la Comisión de Comunicaciones y Tecnología de la Información como parte de los Proyectos de Desarrollo de Servicios de Internet del Reino emprendidos por CITC.
- United Kingdom, Internet Protocol version 6 Deployment Study, Final Report, Ofcom, 2012.
- Francia, Informe al Gobierno sobre el estado de despliegue del protocolo IPv6 en Francia, Arcep, junio 2016.
- Bélgica, 5th meeting of the Belgian IPv6 Council, Experiencias de implementación de IPv6, en el Consejo IPv6 - Bélgica,
- Brasil, Plan de diseminación del uso de IPv6; Ministerio de Planificación, Presupuesto y Gestión; Secretaría de Logística y Tecnología de la Información, Departamento de Infraestructura de Servicios de Redes, Versión 1.7, abril 2015.
- India, National IPv6 Deployment Roadmap version 1.0, Government of India, Ministry of Communications and Information Technology, Department of Telecommunications, june 2010.
- India, National IPv6 Deployment Roadmap version-II, Government of India, Ministry of Communications and Information Technology, Department of Telecommunications, march 2013.

- Germany, IPv6 Transition Guide for the Public Administration, German Federal Office of Administration, German Federal Office for Information Technology, 2013.
- España, Orden PRE/1716/2011, Acuerdo Consejo de Ministros de 28 de abril de 2011, por el que se aprueba el Plan de foment para la incorporación del protocolo IPv6 en España, 21 junio 2011.