

**Unidad de Aprendizaje n°1**  
**Evolución del Protocolo IPv6**  
Introducción al Protocolo IPv6  
Núcleo Eléctrico

###.### Instituto Nacional de Aprendizaje (Costa Rica)  
### Título del Material Didáctico Respectivo /  
Nombre de la persona que elabora el Material Didáctico, .—  
Provincia, C. R. INA, AÑO.  
cantidad p.; número cm.

Material didáctico – No comerciable  
ISBN ##### – ### – ## -#

Sub Títulos.

I. Nombre de la persona que elabora el Material Didáctico ,  
comp. II. Título.

# Edición

Instituto Nacional de Aprendizaje,  
San José, Costa Rica.

© Instituto Nacional de Aprendizaje, AÑO  
ISBN ##### – ### – ## -#

Hecho el depósito de ley  
Prohibida la reproducción parcial o total del contenido  
De este documento sin la autorización expresa del INA.

Impreso en Costa Rica

## INDICE

INDICE.....	i
PRESENTACIÓN.....	i
OBJETIVOS.....	i
INTRODUCCIÓN.....	ii
CAPITULO 1.....	1
EVOLUCIÓN DEL PROTOCOLO IP.....	1
Subtemas.....	1
Objetivo.....	1
1.1. Apertura al cambio y su impacto en la evolución del conocimiento humano.....	2
1.2. Evolución del protocolo IPv6.....	3
1.3. Aspectos introductorios del protocolo IPv6.....	8
1.4. Importancia y ventajas de la implementación del protocolo IPv6.....	15
1.5. Situación actual del protocolo IPv6 a nivel mundial y del país.....	20
Se quieres ver los mapas actualizándose en tiempo real, visita la página:.....	21
Puedes tener acceso al documento completo del Ing. Omar de León en la siguiente dirección: .....	22
1.6. Numeración de direcciones IPv4 e IPv6.....	25
ACTIVIDADES DE AUTOEVALUACIÓN DEL CAPITULO 1.....	30

## PRESENTACIÓN

El presente trabajo va dirigido a aquellas personas que cuentan con una base de conocimientos en redes, en puntos básicos como el direccionamiento IPv4, tipos de direcciones, estructura, subneteo de redes y métodos de entrega de direcciones.

Básicamente es un recorrido desde el protocolo IPv4, las causas que llevaron a crear el IPv6, aspectos como su estructura y como se traducen estas al nuevo formato de IPv6.

El primer capítulo nos da un vistazo al protocolo IPv4, su nacimiento, impacto y uso, introducción al protocolo IPv6, su importancia y ventaja al implementarse, la situación actual a nivel mundial y las diferencias con el protocolo IPv4.

En el capítulo dos se aborda la sintaxis, tipos, formatos y comportamientos de las direcciones en IPv6, los encabezados que lo componen, así como el uso del ICMPv6 y del Neighbor Discovery.

Finalmente, el capítulo tres, muestra la forma de realizar esquemas de direccionamiento, determinar espacios de red requeridos, herramientas para definir el direccionamiento, y un ejemplo práctico de la implementación del protocolo IPv6 en dispositivos de red.

## OBJETIVOS

- Identificar antecedentes, evolución, características e importancia del protocolo IPv6.
- Definición de esquemas de direccionamiento en IPv6.
- Implementación del protocolo IPv6 en servicios de red.

## INTRODUCCIÓN

El impacto de la evolución de la tecnología y la comunicación ha llevado a nuestra sociedad a cambiar muchas de las formas que se tenían para entretenerse, comunicarse y hasta comprar, se denomina a nuestra sociedad actual “La Sociedad del Conocimiento”, en las últimas décadas se ha generado tanto conocimiento como en toda la historia humana anterior, a su vez surge la posibilidad de compartir ese conocimiento y la necesidad de acceder al mismo.

Desde los años noventa se ha dado un crecimiento acelerado en el uso de dispositivos conectados a la red Internet, el surgimiento de los protocolos para el uso de esta red, surge con el propósito de establecer un sistema de identificación que utiliza Internet para enviar información entre dispositivos, por lo que el protocolo IPv4 creado en los años setenta se fue quedando rezagado en la identificación de los diferentes dispositivos conectados a la red Internet; obviamente se tomaron medidas que resultaron efectivas en el momento, pero no lograron ser una solución a largo plazo debido a la demanda masiva de direcciones IP, es por ello que rápidamente se redujo la efectividad de la medida propuesta.

Actualmente tras aproximadamente tres décadas de utilizar IPv4 se decidió cambiar el protocolo con una versión más moderna, que llenara las expectativas de las personas usuarias de la red y sobre todo que ofreciera un rango más amplio de direcciones que permitiera hacerle frente a la demanda y según los expertos, las cantidades de direcciones IP del nuevo protocolo será casi imposible de acabar, no obstante, solamente el tiempo podrá validar o desechar esa afirmación.

## CAPITULO 1

# EVOLUCIÓN DEL PROTOCOLO IP

### Subtemas

- 1.1 Apertura al cambio y su impacto en la evolución del conocimiento humano
- 1.2 Evolución del protocolo IPv6
- 1.3 Aspectos introductorios del protocolo IPv6
- 1.4 Importancia y ventajas de la implementación del protocolo IPv6
- 1.5 Situación actual del protocolo IPv6 a nivel mundial y del país
- 1.6 Numeración de direcciones IPv4 e IPv6

### Objetivo

Al finalizar el estudio de este capítulo, entre otras habilidades, usted será capaz de:

- Explicar los antecedentes, evolución e importancia del protocolo IPv6.

## **1.1. Apertura al cambio y su impacto en la evolución del conocimiento humano**

Cada cierto tiempo en la historia humana se presenta un cambio que obliga a modificar los parámetros que se tenían establecidos referentes a la tecnología y a la comunicación, ejemplos sobran, como la creación de la imprenta, la revolución industrial y últimamente la era de la información, las computadoras, las transacciones electrónicas, el advenimiento de las redes celulares y tantas nuevas tecnologías que generan presión a las personas para aceptar los cambios o resistirlos, sea por una razón de comodidad a lo que ya se conoce, o miedo a lo que se desconoce.

Por muy bueno que sea un cambio, la expectativa de no saber que tanto va afectar ese cambio a la persona o como va a impactar en su entorno, lleva a la persona a presentar cierto grado de resistencia, misma que puede ser una crítica al cambio y a los promotores del mismo, comentarios que se generan buscando socavar la credibilidad que puede haberse ganado el evento y hasta actitudes más directas para acabar con el proceso de cambio.

Al respecto, Amorós (2007) plantea lo siguiente:

Es inevitable que exista resistencia al cambio; es desconcertarse por la gran cantidad de formas que adopta. La resistencia abierta se manifiesta en huelgas, menor productividad, trabajo defectuoso e incluso sabotaje. La resistencia encubierta se expresa mediante demoras y ausentismo mayores, solicitudes de traslados, renuncias, pérdida de motivación, moral más baja y tasas de accidentes o errores más altas

Una de las formas más dañinas de la resistencia es la falta de participación y de compromiso de los empleados con los cambios propuestos, hasta cuando tienen oportunidades de participar. (p.251)

Todo cambio genera disconformidad en una parte o en la totalidad de la población que se verá afectada, el secreto para el éxito está pues, en la planificación previa, el saber vender la idea, permitiendo así que los involucrados la acepten como propia y se involucren en el proceso, bien lo expone Lefcovich (2006) al escribir lo siguiente:

Las dos medidas que permiten superar el cambio son: hacer un diagnóstico profundo sobre los actores que se resisten al cambio y los motivos que les inducen a ello e, impulsar el cambio de forma transparente, informando e implicando a los distintos sectores de la organización. (p. 4)

	<h3>Actividad N° 1</h3> <p>Se le invita a visitar la siguiente dirección web: <a href="https://www.youtube.com/watch?v=tim6vcC01fU">https://www.youtube.com/watch?v=tim6vcC01fU</a> y observar el video: “Resistencia al cambio”. <b>Determine cuales son las reacciones de los personajes ante la idea innovadora presentada</b></p>
---	---

## 1.2. Evolución del protocolo IPv6

La numeración de redes públicas es administrada por el IANA (Internet Assignment Numbers Authority) ente encargado de repartir la numeración del protocolo IP, tanto la versión 4 como la 6, y bajo su administración se encuentran otros entes encargados de repartir direcciones por áreas o continentes; contando con las siguientes organizaciones a nivel mundial:



- AFRINIC. African Network Information Centre
- APNIC. Asia-Pacific Network Information Centre
- ARIN. American Registry for Internet Numbers
- LACNIC. Latin America & Caribbean Network Information Centre
- RIPE NCC. Réseaux IP Européens Network Coordination Centre

Las regiones citadas reciben una cantidad de direcciones públicas para repartir entre los proveedores de Internet y otros servicios de red, de esa manera se da la numeración según las necesidades de los operadores, pero ya en la década de los 90's empezaron a escasear las direcciones IPv4, y como se contaba únicamente con 4.000 millones de direcciones desde el principio, la cantidad remanente era muy poca para la demanda, ni el mismo Leonard Kleinrock pudo imaginarse el alcance de aquella idea de interconectar las computadoras de los centros de investigación y del gobierno, nadie pudo prever como iba a crecer en el futuro y la demanda de direcciones que se daría, según sus propias palabras: "Básicamente, lo que hice en mi investigación de tesis doctoral entre 1962–1964 fue establecer una teoría matemática de las redes de paquetes...", una idea que empezó toda una revolución llamada Internet.



*Leonard Kleinrock*

*Científico de la computación y profesor de Ciencias de la Computación en la UCLA, autor de diversas contribuciones extremadamente importantes en el campo teórico de las redes de ordenadores.*

[https://es.wikipedia.org/wiki/Leonard\\_Kleinrock](https://es.wikipedia.org/wiki/Leonard_Kleinrock)

El 1<sup>ero</sup> de enero de 1983, vio la luz oficialmente el protocolo IPv4, como protocolo oficial de ARPANET (red precursora del Internet actual), por lo que lleva más de 30 años funcionando, originalmente se ideó para conectar centros de investigación de gobierno y el ejército de los Estados Unidos, nadie pudo prever en ese momento, que las grandes computadoras a las que solo tenían acceso las entidades mencionadas, se volverían más pequeñas y baratas y por lo tanto serían accesibles para la gente común, ni mucho menos imaginar siquiera artefactos tan comunes como smartphones y tablets con acceso a Internet.

El crecimiento exponencial de Internet desde mediados de los ochenta a la fecha, ha llevado al protocolo IPv4 a una verdadera crisis, ya que sus limitaciones no permiten más crecimiento en lo que respecta a direcciones públicas para cada dispositivo conectado y así, mientras la demanda crece, la oferta está estancada.

El Protocolo Internet (IP) se diseñó para utilizarse en sistemas conectados para el intercambio de paquetes, sin importar la terminal, proporciona no solamente la identificación de un equipo u host, sino que establece los medios necesarios para que esa transmisión se efectúe de una manera correcta.



Hasta este momento solo se menciona la historia del protocolo IP y la demanda creciente de direcciones para poder agregar más dispositivos a la red Internet, sin embargo, salta la pregunta:

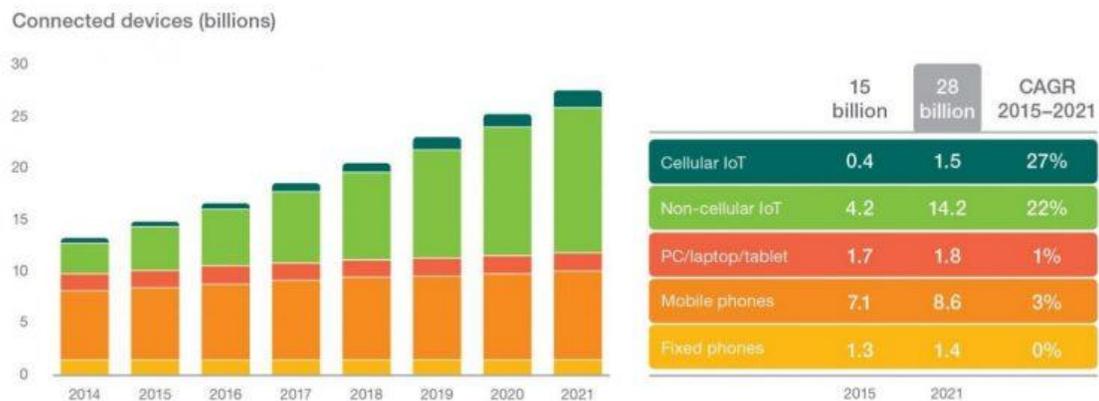


Esa limitante es su tamaño, ya que no permite identificar cada host conectado a Internet de manera directa, porque únicamente cuenta con 32 bits para hacerlo, dando como resultado la cantidad de 4,294,967,296 direcciones disponibles, en este momento la cantidad de dispositivos conectados a Internet

sobrepasa y por mucho ese número, lo que sucede es que con la técnica del NAT (Network Address translation), se asocian los equipos de una red interna, con una dirección IPv4 pública.

**Gráfico 1:**

***Dispositivos conectados a internet a nivel mundial***



Fuente: [http://sabemos.es/2016/06/02/2018-numero-dispositivos-conectados-superara-al-smartphones\\_18909/](http://sabemos.es/2016/06/02/2018-numero-dispositivos-conectados-superara-al-smartphones_18909/)

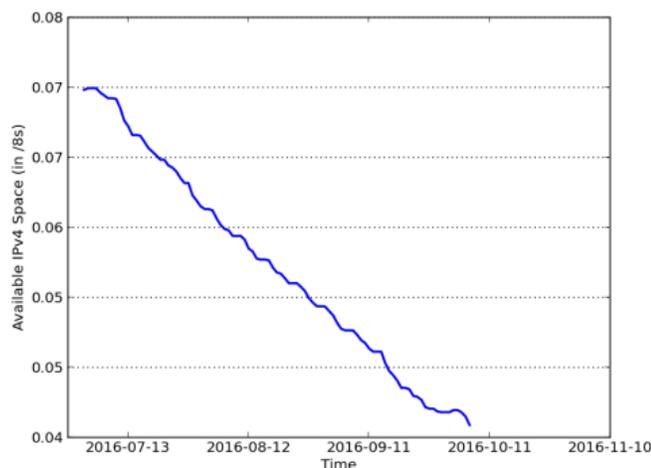
La imagen anterior, muestra un gráfico donde se puede observar el crecimiento esperado del 2014 al 2021 de dispositivos conectados a Internet, el cual fue extraído del informe Mobility Report, elaborado por la empresa Erickson en el año 2014.

Con este panorama nos encontramos en una encrucijada, la demanda de direcciones crece puesto que cada día más equipos se conectan a Internet, mientras que la cantidad de direcciones se mantiene estática. Para solucionar los problemas de escasez de direcciones, se han ideado métodos que sólo ayudan un poco a paliar la situación, pero no ofrecen una solución real; métodos de subneteo y NAT permiten la conexión a Internet, sin embargo, no logran la conexión punto a punto que se ideó al comienzo de nuestra aventura digital.

Ya desde los años 90's muchos especialistas comenzaron a prever una escasez de direcciones IPv4 a nivel global, por lo que en 1995 se presenta la especificación del IPv6, sin embargo, su implementación requiere que se dé una adquisición de conocimientos previos y dejar de lado lo que ya se daba por sentado con el IPv4, aunque la transición será un proceso largo debido a que muchas empresas son reacias al cambio y las nuevas sólo tienen acceso al IPv6 (únicamente AFRINIC cuenta con un pequeño remanente de direcciones IPv4), la misma debe darse para permitir el desarrollo de nuevas tecnologías y negocios.

### Gráfico 2:

#### *Descenso en la cantidad de direcciones IPv4*



Fuente: <http://www.lacnic.net/web/lacnic/agotamiento-ipv4>

Actualmente el IPv4 está agotado y se debe hacer un cambio o negociar con direcciones IPv4 de segunda mano, en cuyo caso ya no se haría con IANA, sino con empresas que en algún momento adquirieron grandes espacios de IPv4, pero el desconocimiento evita que se avance hacia esa transición, que si bien, se está dando, no lo hace a la velocidad que se esperaría. En entrevista realizada al señor Hans Reyes, coordinador de la Red Nacional Académica de México en la Reunión de Otoño 2012, CUDI, al respecto plantea: “El despliegue del protocolo IPv6 en América Latina y el Caribe se ha demorado por la falta de

capacitación de los técnicos de la mayoría de las organizaciones y empresas de Internet de la región”

<b>Actividad N° 2</b>	
	<p>1- Analice y reflexione sobre la siguiente frase: “Una de las formas más dañinas de la resistencia es la falta de participación y de compromiso de los empleados con los cambios propuestos, hasta cuando tienen oportunidades de participar”. (Amorós.2007)</p> <p>2- Explique con sus propias palabras, cual es el problema que se presenta con IPv4.</p>

### 1.3. Aspectos introductorios del protocolo IPv6

#### 1.3.1 Protocolo IP

En la década de los noventa y debido al interés por Internet, el crecimiento exponencial de su uso y los desarrollos avanzados en el área de las Tecnologías de la Información, el IETF (Grupo de Trabajo de Ingeniería en Internet, por sus siglas en Inglés), comenzó a trabajar en una nueva versión del protocolo IP y para 1990 tenían el denominado IP Next Generation. Según sus creadores, esta nueva generación de protocolo nunca tendría problemas con la escasez de direcciones, siendo además más flexible y eficiente.

¿Cuáles serán los requerimientos a cumplir por el nuevo protocolo?



- ↳ Poder manejar miles de millones de direcciones para hosts
- ↳ Reducir el tamaño de las tablas de enrutamiento
- ↳ Simplificar la cabecera para un procesamiento más rápido del paquete
- ↳ Proporcionar seguridad en los datos
- ↳ Un mejor manejo del tipo de servicio, sobre todo en tiempo real
- ↳ Hacer posible la movilidad, permitiendo así que un equipo sea cambiado de sitio, manteniendo su dirección IP
- ↳ Permitir que el protocolo pueda evolucionar
- ↳ Permitir la coexistencia con el protocolo existente

El grupo de trabajo para desarrollar el nuevo protocolo solicitó propuestas y estudios recibiendo al final un total de 21, algunas de ellas sin completar. Para los años 1992 y 1994, tres de ellas tuvieron mayor acogida:

- CATNIP (Common Architecture for the Internet)

- TUBA (TCP and UDP with Bigger Addresses)

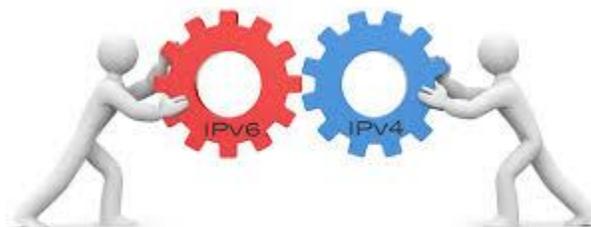
- SIPP (Simple Internet Protocol Plus)

El protocolo denominado Arquitectura Internet para Protocolo de Internet de Próxima Generación (CATNIP) por sus siglas en inglés, pretendía la convergencia de los protocolos IP, IPX de Novell y el protocolo de la capa de red del modelo de referencia OSI; el denominado TUBA, proponía utilizar la capa de red del modelo de referencia OSI y así dejar de utilizar IP; mientras que SIPP propuso una evolución de IPv4 que fuera compatible con las características del vigente, por lo que se convirtió en el IPng (Internet Protocol

Next Generation) Protocolo de Internet de Siguiete Generación y luego se rebautizó IPv6.

	<b>Actividad N° 3</b>
	<p>1- ¿Enumere al menos tres requerimientos que debía cumplir el nuevo protocolo?</p>

El denominado IPng fue propuesto por IETF (Internet Engineering Task Force) el 25 de julio de 1994 y oficialmente el lanzamiento de IPv6 fue el 06 de junio del 2015, viéndose expuesto a duras críticas sobre todo por no poder comunicarse son su antecesor el IPv4. Las características principales del IPv6 son las siguientes:



Fuente: <http://mtiacloud.tk/uncategorized/ipv6-en-mexico/>

### 1.3.2 Mayor espacio de direcciones

El nuevo protocolo cuenta con una extensión de 128 bits, los cuales se representan en hexadecimal (base 16), es decir, cada uno de esos 128 bits puede tomar un valor entre 0 y F, lo que nos da un número de direcciones muy extenso, algo así como:

<p>340.282.366.920.938.463.463.374.607.431.768.211.456 direcciones o <math>2^{128}</math></p>
---



## 1.3.4 Seguridad Integrada

Una deficiencia que siempre se le achacó a IPv4, fue que no contaba con seguridad integrada, sino que era opcional, con el IPv6 cambia la situación al integrarse el IPsec (Internet Protocol Security) en el núcleo del protocolo.



Fuente: <http://www.cioal.com/2012/01/04/html-5-ipv6-y-windows-8-crearan-nuevas-amenazas-de-seguridad/>

## 1.3.5 Movilidad

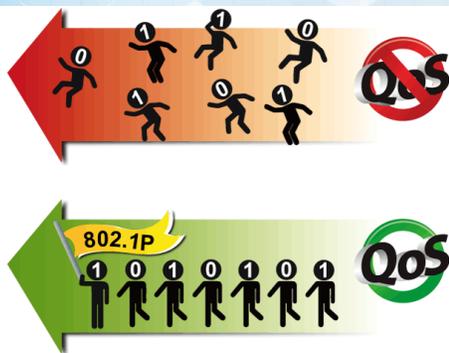
Uno de los puntos más importantes del IPv6 es la movilidad, característica que lo convierte en el protocolo ideal para redes móviles, pues permite que un dispositivo mantenga la misma dirección sin importar donde se encuentre, característica que no existe en IPv4.



Fuente: <http://www.telecomhall.com/es/adios-ipv4-hola-ipv6.aspx>

## 1.3.6 Calidad de Servicio (QoS)

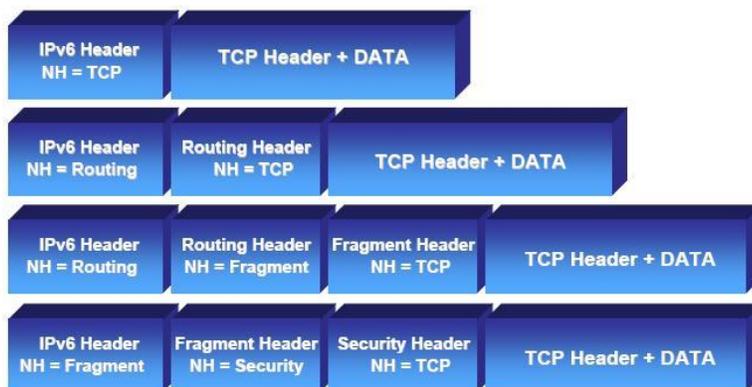
La característica de control de flujo de IPv6, permite que los paquetes se puedan marcar para que pertenezcan a un tipo determinado de tráfico, logrando de esa forma que pueda darse prioridad a un paquete sobre otro, garantizando así la calidad del servicio.



Fuente: <http://www.planet.com.tw/en/product/product.php?id=48700>

### 1.3.7 Paquetes IP extensibles

Tras la revisión de los campos que componen el IPv4, se llegó a la conclusión de eliminar algunos o volverlos opcionales para simplificar la cabecera, además se agregan las de extensión, que mejoran el ruteo, al no ser examinadas por ningún host a partir de la emisión hasta su llegada al destino, las porciones de IPv4 se transforman en una cabecera, permitiendo de esa forma agregar opciones al protocolo conforme se desarrollen aplicaciones.



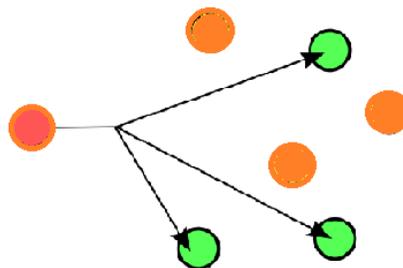
Fuente: <http://ub-ipv6.blogspot.com/>



Figura 1. Cabecera IPv6

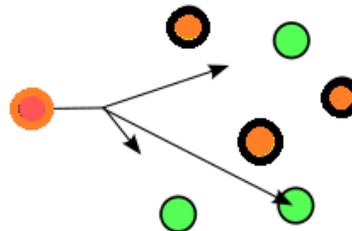
## 1.3.8 Multicast

El envío de un mismo paquete a un grupo de receptores es obligatorio en IPv6, mientras que en IPv4 fue una característica que se agregó tiempo después de la creación del protocolo.



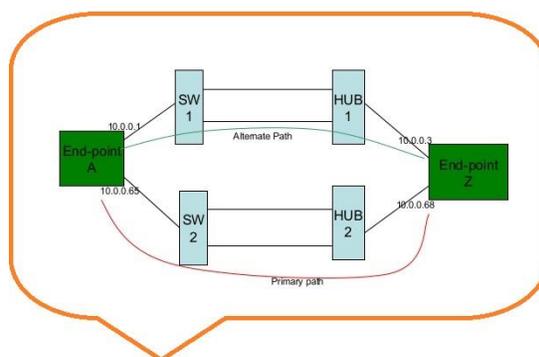
## 1.3.9 Anycast

Se refiere al envío de un paquete a un receptor dentro de un grupo, en el protocolo IPv6 deja de existir la difusión o broadcast.



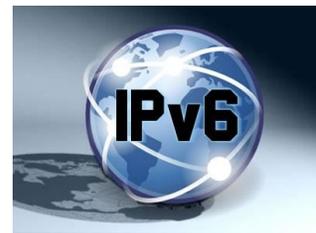
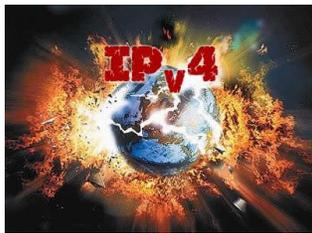
## 1.3.10 Multi-Homing

La característica de multi-homing permite el cambio de proveedor de servicios, también denominado renumeración.



Otras características importantes del protocolo IPv6 son las siguientes:

- Los paquetes tienen una carga útil de más de 65.535 bytes.
- Cuenta con un soporte de tráfico multimedia en tiempo real.
- Recupera el modelo end-to-end, por lo que no hay necesidad del NAT.



Fuente: <http://www.nisfe.com/internet/las-direcciones-ipv4-se-han-agotado-nuevas-direcciones-ipv6/>

	<b>Actividad N° 4</b>
	1- Enumere al menos dos características de IPv6. 2- ¿Cuántos bits constituyen una dirección IPv6?

## 1.4. Importancia y ventajas de la implementación del protocolo IPv6

Los beneficios de implementar IPv6, están ligados directamente con las nuevas características que tiene, por lo que una pronta implementación implica mayores beneficios.

Los primeros beneficiados con la implementación del IPv6, son los proveedores de servicios, ya que dependen estrictamente de la cantidad de personas usuarias que hagan uso de su portafolio de productos, también se benefician quienes lo consumen, al tener la posibilidad de acceder a servicios

de una forma expedita y sin tener que hacer uso de prácticas como el NAT que cargan un costo a la velocidad y calidad de los mismos.

Al tener un mayor rango de direcciones, se pueden generar nuevos servicios y el costo de conexión disminuye al no recargar las tablas de ruteo en los enrutadores de red; cada dirección IPv6 está compuesta por 128 bits con 16 posibles valores, eso nos dice que cada dispositivo conectado a Internet tendrá una única dirección que lo diferencia del resto. Si bien, IPv4 también nos permite esa identificación, no es suficiente para el volumen de equipos actual; por lo que el subneteo desaparece, así como la clasificación de redes en públicas y privadas. Un bloque de dirección se traduce en una nueva generación de dispositivos y servicios al proveer una dirección para cada propósito.

**2001:abcd:1234:12ef:0000:0000:0000:0000**  
00000000:00000000:00000000:00000000:00000000:  
00000000:00000000:00000000:00000000:00000000:  
00000000:00000000:00000000:00000000:  
00000000

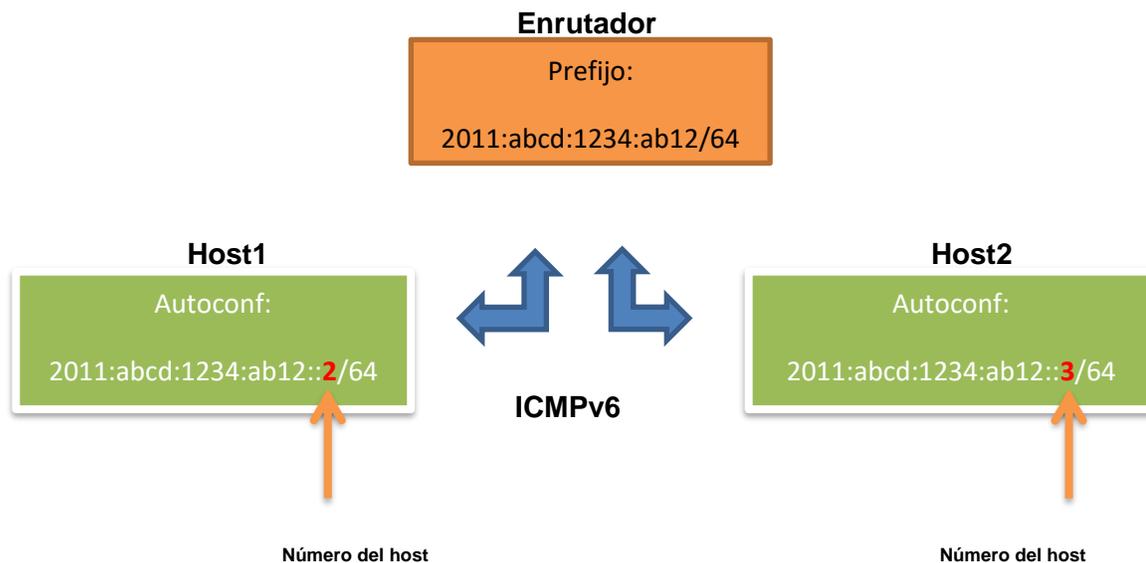


**192.168.10.1**  
00000000.00000000.00000000.00000000

En las direcciones IPv4, nos encontramos con cuatro dígitos, cada uno de 8 bits, a su vez, esos bits pueden tomar únicamente dos valores: 0 ó 1. A simple vista se puede apreciar la diferencia abismal entre los dos protocolos, lo cual abre un abanico de posibilidades de crecimiento a futuro, además, las complicaciones de subnetear se acaban y se generan esquemas de direccionamiento que son más sencillos, pero de más cuidado para no hacer una “maraña” de números que terminen por confundir el despliegue o administración.

Otra ventaja de implementar IPv6 es que al ser bloques tan grandes, los procesos que generan costos asociados al mantenimiento de la red como el NAT, dejan de hacerlo y los dispositivos se pueden conectar de uno a uno (eso indica la teoría de IPv6).

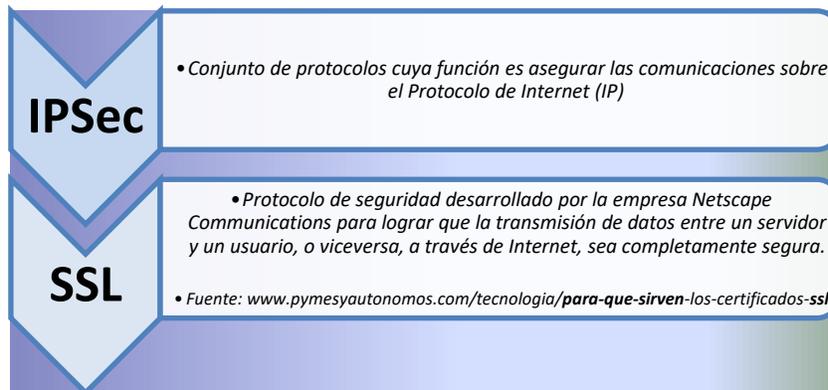
Cuando se trata de redes sumamente grandes de tipo corporativo, requieren mucho esfuerzo para su mantenimiento, con IPv6 ese costo disminuye, pues la facilidad de los hosts de autoconfigurarse, permite que un par de líneas en un enrutador o en un servidor donde se asigne el bloque de la red IPv6, le indique a los hosts cual es el prefijo a utilizar para obtener su IPv6 completa, veamos el siguiente ejemplo:



La autoconfiguración permite disminuir el trabajo que requiere configurar la red, pudiendo prescindir del DHCP para hacerlo, aunque eso no quiere decir que no se utiliza o no se requiera según los casos, además, sabiendo quien es el dueño del prefijo de IPv6, podemos saber de dónde proviene una conexión, porque la IP del host contiene el prefijo de la empresa o el suscriptor del servicio.

La obligatoriedad del IPsec en IPv6, nos provee un estándar de seguridad para todas las comunicaciones que se generen, a su vez proporciona la

confidencialidad y la verificación de autenticidad de los paquetes IP, no viene a sustituir el SSL u otros protocolos que nos aseguran la conexión, sino que solamente asegura que el paquete recibido, ha sido enviado por quién dice ser, evitando técnicas de suplantación como el enmascaramiento y falseo de IP que se da en IPv4.



Una red IPv6, se vuelve más segura al eliminar las posibilidades de que alguna persona mal intencionada pueda acceder un recurso escondiéndose tras una IP falsa, esto gracias a la estructura jerárquica de la dirección, donde el prefijo siempre está asociado a la dirección de un host.

Uno de los sectores más beneficiados con el IPv6 es el área de telefonía móvil, ya que las características de movilidad y multi-homing, están pensadas exactamente para eso, permitiendo que un teléfono celular pueda tener una misma dirección sin importar de cual torre se conecte o del lugar dentro o fuera del país donde se encuentre, constituye una gran ventaja competitiva.

Con IPv6 se eliminan los checksum o sumas de verificación que permitían en IPv4 verificar errores, se sustituye por un control interno propio para ese manejo, lo cual hace que la comunicación se realice de una forma más rápida y eficiente.

Por último, al eliminarse campos dentro de la estructura del protocolo, la carga útil se ve aumentada, por lo que un paquete IPv6, llevara más información sensible que uno de IPv4.

A continuación, se presenta un cuadro resumen con las principales diferencias entre IPv6 e IPv4:

IPv4	IPv6
Las direcciones de origen y de destino tienen una longitud de 32 bits (4 bytes).	Las direcciones de origen y de destino tienen una longitud de 128 bits (16 bytes)
La compatibilidad con IPSec es opcional.	La compatibilidad con IPSec es obligatoria.
No hay identificación de carga para el control de QoS por parte de los enrutadores en el encabezado de IPv4.	La identificación de carga para el control de QoS por parte de los enrutadores se incluye en el encabezado de IPv6 mediante el campo Flow Label (Etiqueta de flujo)
La fragmentación es posible en ambos enrutadores y en el host de envío.	La fragmentación no es posible en los enrutadores. Sólo es posible en el host de envío.
El encabezado incluye una suma de comprobación.	El encabezado no incluye una suma de comprobación.
El encabezado incluye opciones.	Todos los datos opcionales se mueven a extensiones de encabezado IPv6.

Fuente: [http://dmrodriguez.50megs.com/IPv6/IPv6\\_2.html](http://dmrodriguez.50megs.com/IPv6/IPv6_2.html)

Figura 2. Caracterización de los Protocolos

Los protocolos tienen muchas diferencias que los hacen incompatibles en la comunicación, aunque pueden coexistir; las redes IPv6, única y exclusivamente se pueden conectar con redes del mismo protocolo y de igual forma las redes IPv4. La forma en que se pueden conectar las redes IPv4 e IPv6 es por medio

de túneles que funcionan como traductores entre ambos protocolos y en este momento es lo que más se utiliza en la red Internet.

<b>Actividad N° 5</b>	
	<p>1- ¿Cuál es el tamaño en bits de una dirección IPv6?</p> <p>2- ¿A qué se refiere la característica de multi-homing en IPv6?</p> <p>3- ¿Cómo se manejan las opciones eliminadas de IPv4 en IPv6?</p>

## 1.5. Situación actual del protocolo IPv6 a nivel mundial y del país

El despliegue de IPv6 se ha logrado en Asia a pasos agigantados, pero no es por el interés de desplegarlo, sino porque se agotaron las direcciones IPv4 y solo les resta entregar las direcciones del nuevo protocolo. En América Latina, el despliegue de IPv6 se ha dado muy lentamente, en parte debido al desconocimiento por un lado y por otro a la comodidad que se ha creado alrededor de IPv4. Lo anterior se resume en las palabras del señor Frank Williams director general de Satseeker, compañía de software de monitorización de red para la revista AutomationWorld en el 2016:

La mayoría de los sistemas operativos modernos tienen soporte para IPv6, pero algunos de ellos, como Windows 10, prefieren automáticamente las redes IPv4. Y para que una conexión opere por completo en IPv6, todos los dispositivos en la ruta entre el origen y el destino tienen que ser IPv6, eso significa que todos los enrutadores, conmutador de paquetes, puntos de acceso red inalámbrica Wi-Fi y estaciones de base, módems, DSL y cada dispositivo de la red, deben estar activados con IPv6.

Fuente: <http://www.automationworld.com/all/why-you-should-care-about-ipv6>

Finalmente, indica el señor Williams que el NAT ha ayudado a retrasar la necesidad del despliegue de IPv6, además, para las empresas implementar completamente IPv6 en la red interna no es una prioridad ya que básicamente utilizan IPv4, e IPv6 en los servicios web.

Se quieres ver los mapas actualizándose en tiempo real, visita la página:

<http://stats.labs.apnic.net/ipv6>

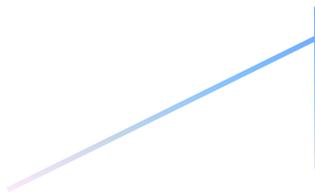


Uno de los aspectos más importantes que se toman en cuenta para el despliegue de IPv6 es el económico, como lo señala León, (2012):

Desde el punto de vista económico los agentes responsables del despliegue de IPv6 lo harán cuando verifiquen que les genera un resultado económico positivo, y que este resultado es mayor si se realiza en ese momento determinado y no en otro. Todo esto considerando que la migración final a IPv6 es inevitable. Los riesgos cuantificados y derivados de la incertidumbre existente en esta toma de decisiones, y de sus resultados, deben ser considerados en el análisis y pueden jugar a favor de “sentarse y esperar” o de comenzar el despliegue. El modelo económico de evaluación de alternativas que se desarrolla en este trabajo está orientado a facilitar estas decisiones. (p.24)

En la opinión del señor de León, el factor económico es el que motiva el despliegue de IPv6, básicamente si no hay ganancia no hay despliegue, sin embargo, no todo lo que se mide es en términos económicos, sino también de

posicionamiento; la presencia de nuestra marca, de nuestra compañía para que pueda ser vista tanto por usuarios de redes IPv4 como IPv6.



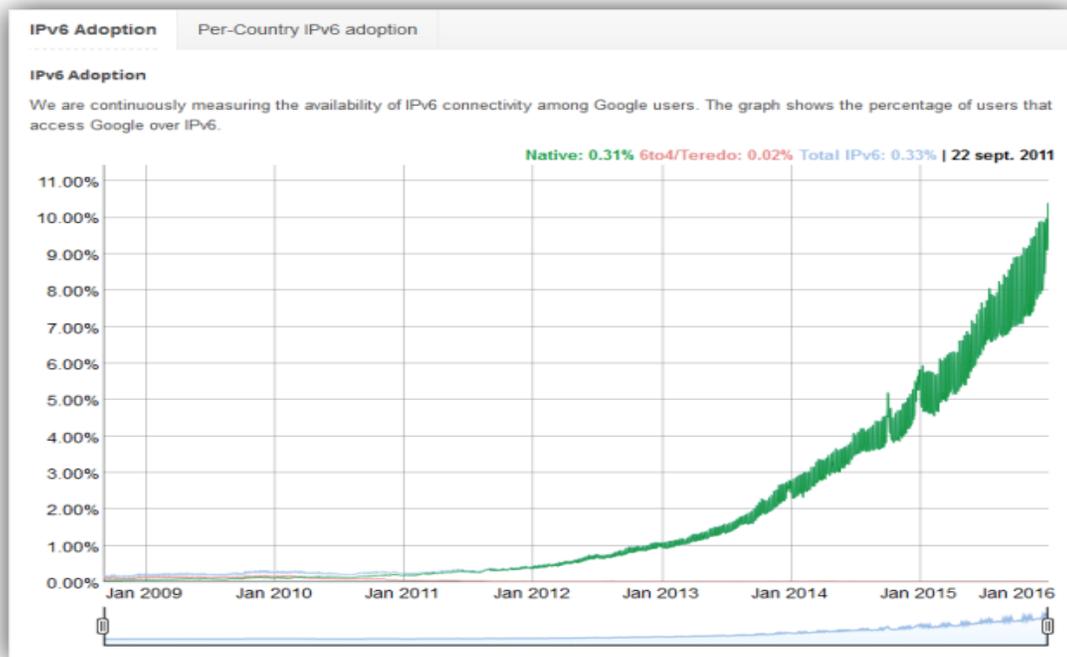
Puedes tener acceso al documento completo del Ing. Omar de León en la siguiente dirección:

<http://portalipv6.lacnic.net/caf-lacnic/>

En el mundo, según datos de Google el país con la mayor adopción de IPv6 es Bélgica con un 44%, el segundo lugar Estados Unidos con un 25% y en tercer lugar Portugal con un 24%, sin embargo, apenas se ha adoptado en todo el mundo un 10%. La siguiente gráfica ilustra esta situación:

**Gráfico 3:**

### *Adopción del protocolo IPv6 a nivel mundial*



Fuente: <https://www.google.com/intl/es/ipv6/statistics.html>

Se espera que ese 10% crezca a partir del presente año, ya que el uso de IPv4 se hace más complicado y costoso.

En Costa Rica, al día de hoy el despliegue de IPv6 va muy lento, en realidad a pesar del lineamiento emitido por el MICITT (Ministerio de Ciencia, Tecnología y Telecomunicaciones) las empresas no tienen un interés real de migrar al nuevo protocolo, como se dijo antes, sino hay beneficio económico tangible, es muy complicado forzarlas a hacer cambios, sobre todo tomando en consideración el estado de “confort” en que se encuentran; en la siguiente imagen se muestra el uso de IPv6 en nuestro país.

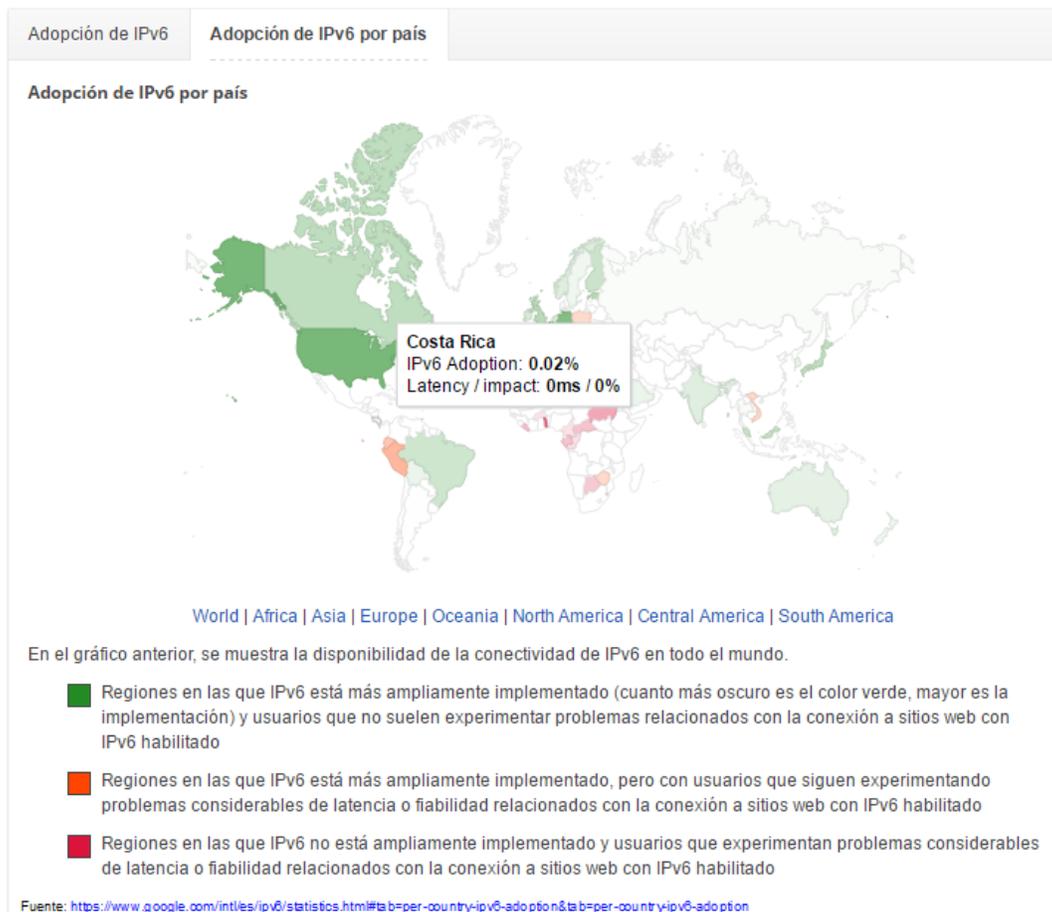


Figura 3. Uso de IPv6 en Costa Rica.

Como se puede observar en la imagen anterior, Costa Rica cuenta con apenas un 0,02%, lo que en el amplio espectro de direcciones IPv6 es ínfimo, muy a pesar del esfuerzo del Ministerio de Ciencia Tecnología y Telecomunicaciones y de la directriz 049-MICITT donde se buscaba que todas

las instituciones tuvieran implementado el protocolo IPv6 a más tardar el 30 de julio del 2015, la imagen a continuación muestra lo que había en el 2013.

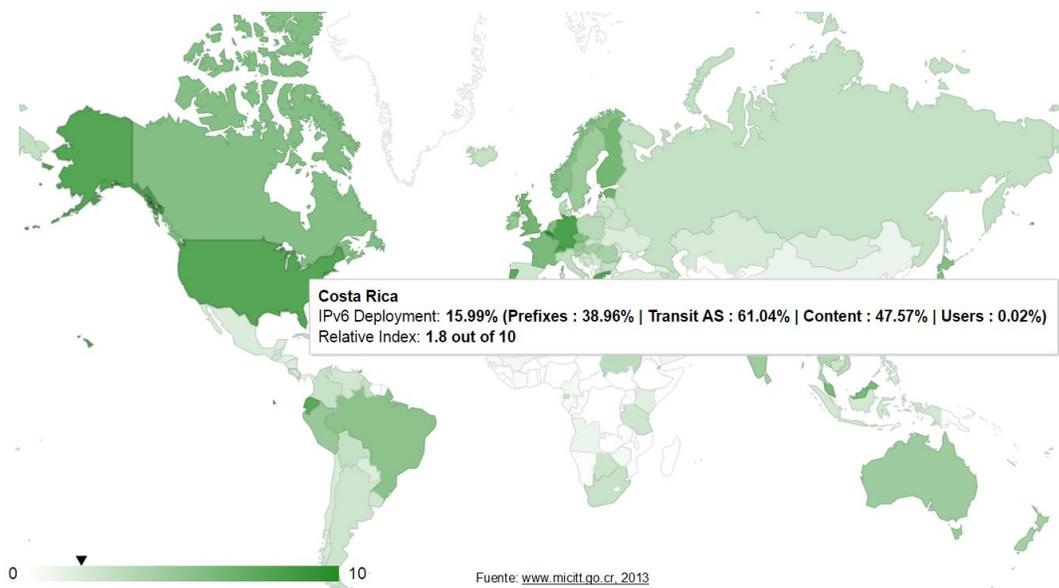


Figura 4. Uso de IPv6 al año 2013

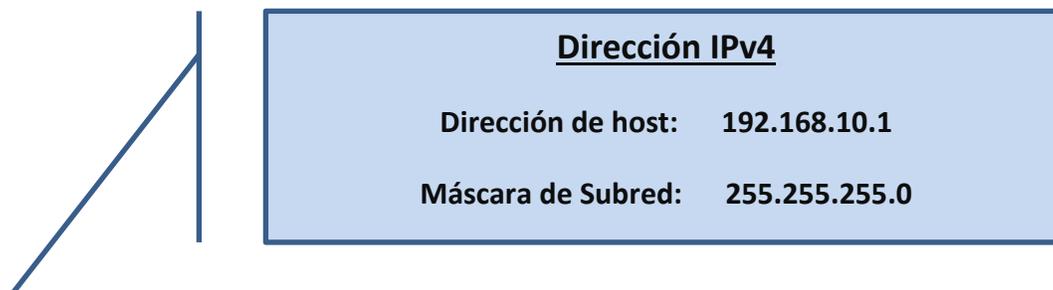
Se puede concluir que, aunque existan todas las buenas intenciones gubernamentales, el despliegue de IPv6 seguirá siendo un proceso lento hasta que exista una motivación externa o que no haya otra opción.

<b>Actividad N° 6</b>	
	<p>1- Analice y explique con sus propias palabras la siguiente afirmación:</p> <p>“Desde el punto de vista económico los agentes responsables del despliegue de IPv6 lo harán cuando verifiquen que les genera un resultado económico positivo, y que este resultado es mayor si se realiza en ese momento determinado y no en otro”. (León, 2012)</p>

## 1.6. Numeración de direcciones IPv4 e IPv6

Como se ha mencionado en páginas anteriores, existen muchas diferencias entre IPv4 e IPv6 que no permiten que se comuniquen entre sí y la única forma de hacerlo es por medio de túneles que traduzcan a uno y a otro, por lo que la convivencia en la red con ambos protocolos se espera que sea larga.

Hasta aquí se han abordado las diferencias físicas entre ambos protocolos, procederemos ahora a describir las características estructurales de una dirección IPv6. Al respecto, uno de los cambios más obvios es la forma de presentar la dirección, en IPv4 se utilizan 32 bits divididos en bloques de ocho bits separados por un punto y una máscara de subred representada de la misma forma, se clasifican según su primer octeto y la máscara de subred en direcciones de tipo A, B o C y cada una de ellas tiene un ámbito definido (pública o privada).



La siguiente tabla presenta ejemplos de las direcciones IPv4 utilizadas generalmente y la cantidad de direcciones que se obtiene en cada uno, recordando que en cada rango de direcciones IPv4, la primera dirección define la red y el último es el broadcast o difusión.

Dirección IPv4	Máscara	Tipo	Cantidad Direcciones
10.X.X.X	255.0.0.0	A	256x256x256=16.777.216
156.10.X.X	255.255.0.0	B	256x256=65536
193.10.10.X	255.255.255.0	C	256

Tabla 1. Cantidad de direcciones IPv4 por red

En cada uno de los rangos que se utilice se pueden crear subredes y ese proceso se define como subneteo, el cual permite ajustar de una forma exacta la cantidad de redes a utilizar para desperdiciar lo menos posible, cabe recordar que, de forma visual, tenemos una representación numérica decimal, pero los equipos lo ven a nivel de bits, con valores posibles de uno y cero.

Cuando nos referimos a IPv6 debemos primeramente tener en cuenta que el broadcast o difusión desaparece, cuestión que tiene sentido si partimos del hecho que cada dispositivo conectado a la red va a tener una dirección IP única y pueden ser de los siguientes tipos: *unicast*, *anycast* o *multicast*. Al representar una dirección IPv6 se acompañará siempre de la porción de red, que no es otra cosa que el tamaño de prefijo que se tiene para definir nuestras redes.

Ejemplo de dirección IPv6:



La dirección anterior nos dice que tenemos 64 bits de los 128 que la componen para identificar nuestra red, por lo que a partir del bit número 65 podemos empezar a definir nuestras redes, por ejemplo:



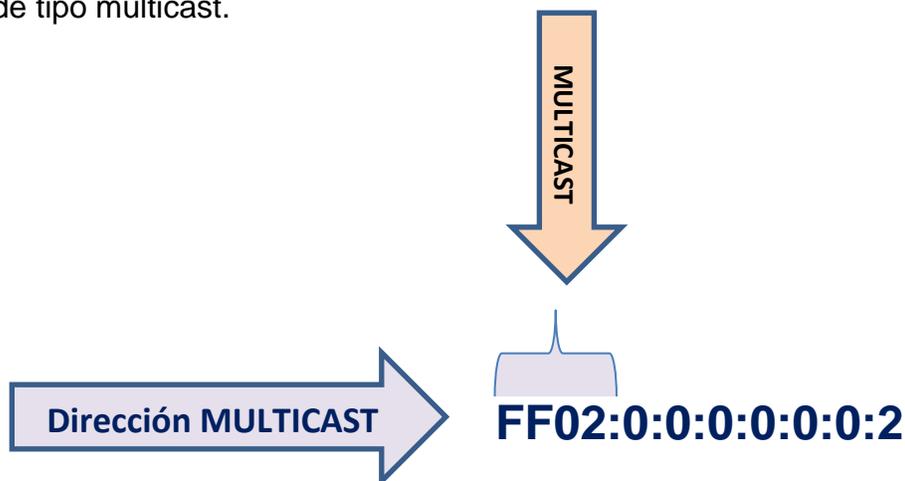
Definimos las redes 1 y 2 utilizando el bloque IPv6 que se nos entregó, seguimos indicando el 64 para hacer notar que nuestra red principal consta de esos 64 bits y nos quedan 64 más para definir nuestros hosts.

En IPv6 tenemos las direcciones unicast, que son aquellas que definen una interface, tomando el ejemplo de la red dos anteriormente definida, lo siguiente sería una dirección unicast:



La misma estaría asociada a una única interface.

También tenemos en IPv6 las direcciones multicast, las que permiten definir múltiples interfaces, denominada técnica de comunicación de uno a muchos, donde podemos ver el primer grupo de valores, que es el que nos indica que es de tipo multicast.



Las direcciones anycast, son un nuevo tipo de dirección IP en IPv6, identifican múltiples interfaces, como el multicast, pero a diferencia de este, anycast entrega paquetes solamente a una interfaz, el ejemplo sería:



**2002:1234:abcd::/128**

Lo anterior nos muestra la dirección de tipo anycast y un valor de 128, por lo que podemos inferir que es una dirección que contiene varias direcciones asociadas a múltiples interfaces, no se cuenta con un número identificador único de interfaz.

En las direcciones unicast podemos encontrar lo siguiente:



**LINK-LOCAL**

**SITE-LOCAL**

**GLOBAL**

El prefijo de las direcciones de Link-Local, es **FE80::/10** y como característica principal, no son enrutadas fuera del segmento local, se utilizan para dar dirección a un host cuando no se cuenta con un servidor DHCP que permita asignarle una dirección automáticamente.



*El link-local es la dirección IPv6 del host, no depende de ningún servidor.*

**FE80::/10**

Las direcciones de Site-Local se pueden asociar a las direcciones privadas de IPv4, estas, se diferencian de las de Link-Local porque sí pueden ser enrutadas, pero solo dentro de la red, por lo que no saldrán a Internet, un ejemplo:

**FE80::11:22FF:FE2A:C86D**



Como se puede ver en el ejemplo anterior se identifica claramente, por contar con los valores FFFE en el centro de la dirección IPv6, que se realizó una autoconfiguración utilizando la dirección MAC de la interface de red.

Las direcciones de tipo global se pueden asociar a las IP públicas o a las direcciones de red de IPv4, colocadas manualmente o entregadas por DHCP, y que pueden ser enrutadas a través de internet.

**2001:ABCD:1234:AB34::1/64**



Lo mostrado hasta este momento, nos muestra la diferencia de una dirección IPv4 con una IPv6.

Actividad N° 7						
	1. ¿Cuál es el prefijo que define una dirección link-local?					
	2.Cuál es la diferencia entre una dirección IPv6 unicast y una anycast					
	3. Asocie las siguientes direcciones IPv6 con el tipo					
	<table> <tr> <td>1. Anycast</td> <td>( ) 2002:abcd:1122:3456::1/64</td> </tr> <tr> <td>2. Multicast</td> <td>( ) FF02:0:0:0:1:2</td> </tr> <tr> <td>3. Unicast</td> <td>( ) 2001:1236:abcd::/128</td> </tr> </table>	1. Anycast	( ) 2002:abcd:1122:3456::1/64	2. Multicast	( ) FF02:0:0:0:1:2	3. Unicast
1. Anycast	( ) 2002:abcd:1122:3456::1/64					
2. Multicast	( ) FF02:0:0:0:1:2					
3. Unicast	( ) 2001:1236:abcd::/128					

## ACTIVIDADES DE AUTOEVALUACIÓN DEL CAPITULO 1

Marque una equis sobre la opción u opciones correctas

1. ¿Cuál de las siguientes organizaciones es la encargada de repartir las direcciones del protocolo IP en América Latina?
  - a. RIPE NCC
  - b. LACNIC
  - c. AFRINIC
  - d. APNIC
2. ¿Cuáles de los siguientes requerimientos son aplicados al Protocolo IPv6?
  - a. Seguridad en los datos
  - b. Hacer posible la movilidad
  - c. Coexistencia con protocolo anterior
  - d. Longitud de direcciones de 32 bits
3. ¿Explique con sus propias palabras cuales son los beneficios de implementar IPv6 en un proveedor de servicios de Telefonía móvil?

4. Lea y comente la siguiente frase y aplíquela a lo estudiado en este capítulo:

*“Un nuevo método de trabajo o una nueva máquina, una modificación en la disposición de la oficina, una distribución diferente de las funciones, influyen por fuerza sobre las relaciones surgidas y establecidas entre las distintas personas. Otro elemento es el tiempo de antigüedad del modelo que se quiere cambiar, así como el tiempo que llevan las personas objeto de cambio en sus respectivos puestos de trabajo. El cambio representa una amenaza para el status quo conquistado. Cuanto más haya invertido una persona en el sistema actual, mayor resistencia mostrará hacia un cambio”* **Mauricio Lefcovich**