

Despliegue de IPv6 para el desarrollo socio económico en América Latina y el Caribe

CAF BANCO DE DESARROLLO
DE AMÉRICA LATINA

www.caf.com

lacnic 
www.lacnic.net

Despliegue de IPv6 para el desarrollo socio económico en América Latina y el Caribe

Presentado a:

CAF - banco de desarrollo de América Latina

Eduardo Mauricio Agudelo
Ejecutivo Principal / Dirección de Análisis y
Programación Sectorial

Presentada por:

LACNIC (El Registro de Direcciones de Internet
para América Latina y el Caribe)

Equipo de Trabajo: Carlos Martínez,
Guillermo Cicileo, Alejandro Acosta,
César Díaz, Ernesto Majó y Laura Kaplan.

Investigador Externo: Omar de León,
Teleconsult (Servicios Globales de
Telecomunicaciones).

Diciembre 10 de 2015

Este trabajo de investigación sobre la transición hacia IPv6 fue realizado por el Ing. Omar de León, Director de Teleconsult Ltda., bajo la coordinación, ejecución y supervisión de LACNIC y de acuerdo a los términos establecidos por CAF - banco de desarrollo de América Latina.

Tabla de Contenido

| | | |
|-------|---|----|
| 1. | RESUMEN EJECUTIVO | 10 |
| 2. | PROBLEMAS QUE PRESENTA EL USO DEL IPV4 FRENTE A SU AGOTAMIENTO | 13 |
| 2.1 | USO DE NAT | 13 |
| 2.2 | TRANSFERENCIAS DE BLOQUES EN EL MERCADO SECUNDARIO | 14 |
| 3. | ASPECTOS TÉCNICOS Y BENEFICIOS DEL PROTOCOLO IPV6 | 17 |
| 3.1 | INTRODUCCIÓN TÉCNICA SOBRE IPV6 | 17 |
| 3.2 | ÚLTIMOS RESULTADOS SOBRE IPV6 | 17 |
| 4. | AGENTES CLAVE EN EL PROCESO DE LA TRANSICIÓN. INTERACCIÓN DE LOS SECTORES PÚBLICO Y PRIVADO | 18 |
| 4.1 | PROVEEDORES DE INFRAESTRUCTURA | 18 |
| 4.1.1 | Equipamiento de red | 18 |
| 4.1.2 | Computadores de uso general | 18 |
| 4.1.3 | Dispositivos electrónicos de consumo | 19 |
| 4.2 | PROVEEDORES DE ACCESO CABLEADO | 19 |
| 4.3 | PROVEEDORES INALÁMBRICOS DE ACCESO | 20 |
| 4.4 | PROVEEDORES DE CONTENIDO | 21 |
| 4.5 | REDES INTERNAS DE LAS EMPRESAS | 21 |
| 4.6 | USUARIOS FINALES NO EMPRESARIALES | 21 |
| 4.7 | CONCLUSIONES POR GRUPO DE AGENTES | 22 |
| 4.8 | CONCLUSIONES FINALES DEL ANÁLISIS | 23 |
| 5. | ASUNTOS ECONÓMICOS DE LA TRANSICIÓN | 24 |
| 5.1 | DRIVERS DE LA TRANSICIÓN | 24 |
| 5.1.1 | Escasez de direcciones IPv4 | 24 |
| 5.1.2 | Efectos de red | 24 |
| 5.1.3 | Acciones de grandes jugadores en IPv6 | 25 |
| 5.1.4 | Mejoras de experiencia del usuario | 26 |
| 5.1.5 | Acciones gubernamentales | 26 |
| 5.1.6 | Resumen de los drivers | 26 |
| 5.2 | COMENTARIOS GENERALES SOBRE LOS ASPECTOS ECONÓMICOS | 26 |
| 5.3 | ANTECEDENTE DE EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS | 27 |
| 5.3.1 | Despliegue de CGNAT | 27 |
| 5.3.2 | Costo estimado del Dual Stack | 29 |
| 5.3.3 | Costo de las direcciones IPv4 | 31 |
| 5.4 | RESUMEN DE LOS COSTOS. | 31 |
| 6. | MODELO ECONÓMICO DE COMPARACIÓN DE ALTERNATIVAS DE TRANSICIÓN | 32 |
| 6.1 | ALTERNATIVAS | 32 |
| 6.2 | DESCRIPCIÓN DEL MODELO | 32 |
| 6.2.1 | Aspectos generales | 33 |
| 6.2.2 | Alternativa 1 | 35 |
| 6.2.3 | Alternativa 2 | 35 |
| 6.2.4 | Alternativa 3 | 35 |
| 6.2.5 | Conclusiones | 35 |

| | | |
|------------|--|-----------|
| 7. | DIAGNÓSTICO DEL ESTADO DE SITUACIÓN DEL DESPLIEGUE DE IPV6 EN LA REGIÓN DE LACNIC. INDICADORES CUANTITATIVOS | 36 |
| 7.1 | INDICADORES CLAVE DE AVANCE DEL DESPLIEGUE IPV6 (KPI) | 36 |
| 7.1.1 | Indicador Clave de Avance para IPv6 de LACNIC (LACNIC/CAF ICAv6) e indicadores para cada etapa de la cadena de valor | 36 |
| 7.1.2 | Indicadores parciales de las etapas de la cadena de valor de despliegue de IPv6 | 37 |
| 7.1.3 | Valores finales de los indicadores seleccionados al 18 de noviembre de 2015 | 38 |
| 7.2 | CONCLUSIONES E INDICADORES PARCIALES Y LACNIC/CAF ICAV6 AL 18 DE NOVIEMBRE DE 2015 | 39 |
| 7.2.1 | Indicador Clave de Avance IPv6, LACNIC/CAF ICAv6 | 39 |
| 7.2.2 | Fase de Planificación | 39 |
| 7.2.3 | Fase de Core | 40 |
| 7.2.4 | Fase de contenido | 41 |
| 7.2.5 | Fase de usuarios | 41 |
| 7.2.6 | Conclusión principal | 42 |
| 8. | DIAGNÓSTICO DEL ESTADO DE SITUACIÓN DEL DESPLIEGUE DE IPV6 EN LA REGIÓN DE LACNIC. ENCUESTA REALIZADA | 43 |
| 8.1 | FICHA TÉCNICA | 43 |
| 8.2 | RESULTADOS | 43 |
| 8.2.1 | Asignación de direcciones IPv6 en la región | 44 |
| 8.2.2 | Despliegue de IPv6 en la región y en los países | 44 |
| 8.2.3 | ISP que desplegaron IPv6 a los clientes finales | 45 |
| 8.2.4 | ISP que no desplegaron IPv6 nativo. Razones por las que no ha considerado desplegar IPv6 | 46 |
| 8.2.5 | ISP que no desplegaron IPv6 nativo. Plazo en el que consideran empezar a desplegar IPv6 | 46 |
| 8.2.6 | ISP que iniciaron el despliegue de IPv6. Técnicas empleadas | 47 |
| 8.2.7 | ISP que iniciaron el despliegue de IPv6. Razones para iniciar el despliegue | 48 |
| 8.2.8 | ISP que iniciaron el despliegue de IPv6. Principales dificultades encontradas | 48 |
| 8.2.9 | ISP que iniciaron el despliegue de IPv6. Resultado de la operación IPv6. | 49 |
| 8.2.10 | No ISP que no ha iniciado el despliegue de IPv6. Razones. | 49 |
| 8.2.11 | No ISP que no ha iniciado el despliegue de IPv6. Plazo en que considera empezar el despliegue | 50 |
| 8.2.12 | No ISP que está desplegando IPv6. Razones para el despliegue. | 50 |
| 8.2.13 | No ISP que está desplegando IPv6. Resultado para la institución | 50 |
| 8.2.14 | Conclusiones | 51 |
| 9. | DIAGNÓSTICO DEL ESTADO DE SITUACIÓN DEL DESPLIEGUE DE IPV6 EN LA REGIÓN DE LACNIC. TRABAJO DE CAMPO | 52 |
| 10. | ANÁLISIS DE CASOS DE ÉXITO EN LA REGIÓN DE LACNIC | 54 |
| 10.1 | PRINCIPALES DESPLIEGUES MASIVOS EN LA REGIÓN | 54 |
| 10.2 | OPERADOR IMPORTANTE. EXITOSA PREPARACIÓN PARA LA TRANSICIÓN | 55 |
| 10.3 | CASO DE ÉXITO. COOPERATIVA DE TELECOMUNICACIONES COCHABAMBA LTDA. (COMTECO) | 56 |
| 10.4 | CASO DE ÉXITO. CORPORACIÓN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES E.P. (CNT) | 56 |
| 10.5 | CASO DE ÉXITO. TELEFÓNICA DEL PERÚ S.A. | 57 |
| 11. | EXPERIENCIAS EXITOSAS EXTRA REGIÓN LACNIC | 60 |
| 11.1 | FRANCE TELECOM – ORANGE | 60 |
| 11.2 | DEUTSCHE TELEKOM | 61 |
| 11.3 | TELEFÓNICA | 61 |
| 11.3.1 | Metodología de transición hacia IPv6 | 61 |
| 11.3.2 | Estrategia de transición hacia IPv6 | 62 |
| 11.4 | CONCLUSIONES | 62 |

| | | |
|--------|---|-----------|
| 12. | IMPORTANCIA ESTRATÉGICA DEL DESPLIEGUE DE IPV6 | 63 |
| 12.1 | IMPACTO PRINCIPAL ACTUAL DE LA ADOPCIÓN DE IPV6 EN LA PRODUCTIVIDAD EN LOS SECTORES PÚBLICO Y PRIVADO | 63 |
| 12.2 | IMPACTO CON VISIÓN PROSPECTIVA DE LA ADOPCIÓN DE IPV6 EN LA PRODUCTIVIDAD EN LOS SECTORES PÚBLICO Y PRIVADO | 63 |
| 12.3 | GANANCIAS DE EFICIENCIAS TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL DESPLIEGUE DE IPV6 | 64 |
| 13. | RECOMENDACIONES Y GUÍAS PARA EL DESPLIEGUE, ALCANCE, INSTRUCTIVOS Y CAPACITACIÓN | 66 |
| 13.1 | PRINCIPALES PROBLEMAS EN LA TRANSICIÓN EN LOS PAÍSES DE LA REGIÓN. DESAFÍOS DE LA REGIÓN .. | 66 |
| 13.2 | AJUSTES A LOS ESQUEMAS REGULATORIOS Y POLÍTICAS QUE FACILITEN EL DESPLIEGUE DE IPV6 | 67 |
| 13.2.1 | Marco de regulación de las telecomunicaciones | 67 |
| 13.2.2 | Autoridades rectoras de las TIC | 68 |
| 13.2.3 | Marco de reglamentación de las compras públicas | 68 |
| 13.3 | REDES ACADÉMICAS Y UNIVERSIDADES | 69 |
| 13.4 | EMPRESAS | 70 |
| 13.5 | ISP | 70 |
| 13.6 | HOJA DE RUTA PARA FAVORECER LA TRANSICIÓN OPORTUNA HACIA IPV6 EN LA REGIÓN. PLAN DE CAPACITACIÓN | 71 |
| | ANEXO I. TRABAJO DE CAMPO | 73 |
| 1. | ARGENTINA | 74 |
| 1.1 | ASOCIACIÓN DE REDES DE INTERCONEXIÓN UNIVERSITARIA (RIU) | 74 |
| 1.2 | ISP GRANDES QUE PRESTAN SERVICIOS MASIVOS AL CLIENTE FINAL | 74 |
| 1.2.1 | Caso 1 | 74 |
| 1.2.2 | Caso 2 | 75 |
| 1.2.3 | Caso 3 | 75 |
| 1.3 | OTROS ISP QUE NO PRESTAN SERVICIOS MASIVOS | 76 |
| 1.4 | NIC.AR | 76 |
| 1.5 | CONCLUSIONES | 76 |
| 2. | BOLIVIA | 77 |
| 2.1 | CASO DE ÉXITO. COOPERATIVA DE TELECOMUNICACIONES COCHABAMBA LTDA. (COMTECO) | 77 |
| 2.2 | COOPERATIVA PRINCIPAL QUE PROVEE MÚLTIPLES SERVICIOS | 77 |
| 2.3 | TERCERA COOPERATIVA DEL EJE LA PAZ, COCHABAMBA Y SANTA CRUZ | 77 |
| 2.4 | OPERADOR IMPORTANTE A NIVEL NACIONAL, INCLUYENDO MÓVILES | 78 |
| 2.5 | OPERADOR MÓVIL QUE TAMBIÉN PRESTA SERVICIOS FIJOS | 78 |
| 2.6 | OPERADOR MÓVIL PARTICIPADO POR UNA COOPERATIVA | 78 |
| 2.7 | OPERADOR MULTISERVICIOS, INCLUYENDO MAYORISTA | 78 |
| 2.8 | REUNIÓN CON EL VICEMINISTERIO DE TELECOMUNICACIONES Y LA ATT | 78 |
| 2.9 | CONCLUSIONES | 78 |
| 3. | COLOMBIA | 79 |
| 3.1 | OPERADOR MULTISERVICIOS | 79 |
| 3.2 | OPERADOR GRANDE MULTINACIONAL | 79 |
| 3.3 | OPERADOR MULTINACIONAL CORPORATIVO | 79 |
| 3.4 | RENATA | 80 |
| 3.5 | OPERADOR IMPORTANTE REGIONAL | 80 |
| 3.6 | MINTIC | 80 |
| 3.7 | OPERADOR MULTISERVICIOS MULTINACIONAL | 81 |
| 3.8 | OPERADOR CORPORATIVO | 82 |
| 3.9 | OPERADOR GRANDE MULTINACIONAL CORPORATIVO | 82 |

| | | |
|------|---|----|
| 3.10 | OPERADOR PEQUEÑO CORPORATIVO | 82 |
| 3.11 | CONCLUSIONES | 82 |
| 4. | CHILE | 82 |
| 4.1 | SUBSECRETARÍA DE TELECOMUNICACIONES | 82 |
| 4.2 | REUNIÓN CON VARIOS ISP EN LA SUBTEL | 83 |
| 4.3 | REUNA | 83 |
| 4.4 | CONCLUSIONES | 84 |
| 5. | ECUADOR | 84 |
| 5.1 | CASO DE ÉXITO. CORPORACIÓN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES E.P. (CNT) | 84 |
| 5.2 | CONSORCIO ECUATORIANO PARA EL DESARROLLO DE INTERNET AVANZADO (CEDIA) | 85 |
| 5.3 | OPERADOR MEDIANO RESIDENCIAL Y CORPORATIVO | 85 |
| 5.4 | AEPROVI | 85 |
| 5.5 | CONCLUSIONES | 86 |
| 6. | PANAMÁ | 86 |
| 6.1 | UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL | 86 |
| 6.2 | AGENCIA NACIONAL DE LA INNOVACIÓN GUBERNAMENTAL (AIG) | 86 |
| 6.3 | AUTORIDAD NACIONAL DE LOS SERVICIOS PÚBLICOS (ASEP) | 86 |
| 6.4 | OPERADOR MULTISERVICIOS | 86 |
| 6.5 | OPERADOR ENTRANTE | 87 |
| 6.6 | OPERADOR ENTRANTE | 87 |
| 6.7 | OPERADOR MULTISERVICIO CON RED HFC | 87 |
| 6.8 | OPERADOR MAYORISTA | 87 |
| 6.9 | CONCLUSIONES | 87 |
| 7. | PERÚ | 88 |
| 7.1 | CASO DE ÉXITO. TELEFÓNICA DEL PERÚ S.A. | 88 |
| 7.2 | NAP PERÚ | 88 |
| 7.3 | OPERADOR EXCLUSIVAMENTE CORPORATIVO Y MAYORISTA IMPORTANTE | 90 |
| 7.4 | OFICINA NACIONAL DEL GOBIERNO ELECTRÓNICO E INFORMÁTICA (ONGEI) | 90 |
| 7.5 | OPERADOR MÓVIL ENTRANTE | 91 |
| 7.6 | OPERADOR DE SERVICIOS CORPORATIVOS | 91 |
| 7.7 | INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN Y CAPACITACIÓN DE TELECOMUNICACIONES DEL PERÚ (INICTEL) | 91 |
| 7.8 | OPERADOR ENTRANTE DE SERVICIOS MÓVILES | 91 |
| 7.9 | CONCLUSIONES | 91 |
| 8. | REPÚBLICA DOMINICANA | 91 |
| 8.1 | OPERADOR MAYOR | 91 |
| 8.2 | OPERADOR MENOR | 92 |
| 8.3 | OPTIC | 92 |
| 8.4 | INDOTEL | 93 |
| 8.5 | NAP DEL CARIBE | 94 |
| 8.6 | CONCLUSIONES | 94 |
| 9. | TRINIDAD & TOBAGO | 94 |
| 9.1 | OPERADOR PRINCIPAL | 95 |
| 9.2 | OPERADOR DE ACCESOS INALÁMBRICOS RESIDENCIALES Y CORPORATIVOS | 95 |
| 9.3 | OPERADOR MÓVIL Y DE FTTH | 95 |
| 9.4 | OPERADOR HFC | 95 |
| 9.5 | OPERADOR PURO DE SERVICIOS CORPORATIVOS | 95 |

| | | |
|------|---|------------|
| 9.6 | TTIX | 95 |
| 9.7 | TATT | 95 |
| 9.8 | MINISTERIO DE ADMINISTRACIÓN PÚBLICA (EX MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA) | 95 |
| 9.9 | UNIVERSITY OF WEST INDIES | 96 |
| 9.10 | TRINIDAD AND TOBAGO RESEARCH AND EDUCATION NETWORK (TTRENT) | 96 |
| 9.11 | UNIVERSITY OF TRINIDAD AND TOBAGO | 96 |
| 9.12 | CONCLUSIONES | 96 |
| 10. | VENEZUELA | 96 |
| 10.1 | CNTI | 97 |
| 10.2 | CONATEL | 97 |
| 10.3 | OPERADOR IMPORTANTE MULTISERVICIOS QUE ES ISP FIJO Y MÓVIL | 97 |
| 10.4 | OPERADOR DE TELEFONÍA MÓVIL Y DE SERVICIOS CORPORATIVOS. CASO 1 | 97 |
| 10.5 | OPERADOR DE TELEFONÍA MÓVIL Y SERVICIOS CORPORATIVOS. CASO 2 | 97 |
| 10.6 | CONCLUSIONES | 98 |
| 11. | AKAMAI | 98 |
| 12. | GOOGLE | 98 |
| | ANEXO II. MEJORES PRÁCTICAS PARA LA TRANSICIÓN HACIA UNA RED IPV6 | 99 |
| 1. | ASPECTOS GENERALES | 100 |
| 2. | BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS TÉCNICAS DE TRANSICIÓN A IPV6 | 100 |
| 2.1 | NAT64/DNS64 | 100 |
| 2.2 | 464XLAT | 101 |
| 2.3 | DS-LITE | 102 |
| 2.4 | MAP | 102 |
| 2.5 | DOBLE PILA (DUAL STACK) | 104 |
| 2.6 | 6PE/6VPE | 104 |
| | ANEXO III. ANÁLISIS DETALLADO DE LA INFORMACIÓN CUANTITATIVA RELEVANTE RELATIVA A LA TRANSICIÓN HACIA UNA RED IPV6 | 105 |
| 1. | INFORMACIÓN SOBRE LA EVOLUCIÓN HISTÓRICA PUBLICADA POR LACNIC | 106 |
| 2. | INFORMACIÓN SOBRE LA EVOLUCIÓN HISTÓRICA PUBLICADA POR RIPE | 106 |
| 3. | INFORMACIÓN PUBLICADA POR GOOGLE | 106 |
| 4. | INFORMACIÓN PUBLICADA POR AKAMAI | 107 |
| 5. | INFORMACIÓN PUBLICADA POR CISCO | 108 |
| 5.1 | PLANIFICACIÓN. ATRIBUCIÓN Y RUTEO | 108 |
| 5.2 | NÚCLEO DE LA RED. CORE. SISTEMAS AUTÓNOMOS (AS) QUE OFRECEN TRÁNSITO IPV6 | 109 |
| 5.3 | CONTENIDO. SITIOS WEB | 110 |
| 5.4 | USUARIOS | 111 |
| 5.5 | MÉTRICAS COMPUESTAS DE CISCO | 111 |
| 6. | INDICADORES PROPUESTOS POR LA OECD | 112 |
| 6.1 | INDICADORES USANDO LOS SISTEMAS DE RUTEO | 112 |
| 6.2 | INDICADOR USANDO EL DNS | 113 |
| 6.3 | INDICADOR USANDO EL TRÁFICO DE INTERNET | 114 |
| 6.4 | CAPACIDADES DEL CLIENTE FINAL | 114 |
| 6.5 | CONCLUSIONES SOBRE OECD | 114 |

1 . RESUMEN EJECUTIVO

Este trabajo intenta brindar el más amplio conocimiento sobre todos los aspectos que inciden en la transición hacia IPv6 en la región de LACNIC.

En primera instancia se estudió la extensa documentación proveniente de instituciones relevantes a nivel mundial sobre los problemas que provoca el agotamiento de las direcciones IPv4 y las ventajas y metodologías del despliegue de IPv6, el comportamiento de los diferentes agentes, los asuntos económicos y el modelado de las alternativas, las mejores prácticas y casos de éxito, entre otros. Esto se combinó con un análisis profundo de la situación en la región desde tres ópticas complementarias.

Finalmente se elaboraron recomendaciones y guías para el despliegue, alcance, instructivos y capacitación. Como base del análisis de la situación en la región de LACNIC se emplearon tres fuentes principales de información, cada una de las cuales provee una óptica distinta.

1. Indicadores primarios y secundarios de la situación actual de la transición, generados en múltiples fuentes.
2. Resultados de la encuesta que provee las razones sobre el porqué de la situación actual y las tendencias.
3. Resultados de las entrevistas realizadas en 10 países, que proveen información consolidada de la situación, tendencias y razones de las partes interesadas en cuanto a sus acciones respecto de la transición hacia IPv6.

En los 10 países en los cuales se efectuaron reuniones presenciales se obtuvo una fuente de información complementaria sobre el estado actual, el comportamiento de los miembros de LACNIC y las tendencias. Los resultados de las otras dos fuentes, indicadores y encuesta, se presentan para todos los países de la región.

La compartición de direcciones IPv4 es la primera medida que han adoptado los ISP que se enfrentan al agotamiento de las direcciones IPv4, usando los llamados CGNAT (Carrier Grade Network Address Translation o traductores de direcciones de red a nivel de carrier). Esta solución presenta varios problemas si se usa aisladamente ya que existen aplicaciones que no trabajan atrás de los CGNAT (PS3, Peer to Peer, Netflix en algunos casos, etc.) y aplicaciones que son muy consumidoras de puertos (Google Earth, iTunes, etc.); que por tanto trabajan mal y lentamente cuando se hace una compartición intensa de direcciones y producen un

aumento del retardo del orden del 15% al 40% según las fuentes y la circunstancia. Por demás esta solución no es escalable totalmente, no es la más eficiente, significa inversiones permanentes en una técnica que debería ser transitoria, y está sujeta a la ineludible migración a IPv6 cuando aparezcan aplicaciones y contenidos solo IPv6, como ya lo prevén operadores importantes.

Otra alternativa es el despliegue simultáneo de IPv6 y de CGNAT; a nivel de los accesos es una solución eficiente, que brinda superior calidad de servicio, aprovecha que el 50% del contenido es accesible en IPv6 reduciendo el uso de los CGNAT como se calcula en el modelo y por tanto minimizando las inversiones en estos activos, incluye inversiones perdurables, evita los problemas con las aplicaciones que no trabajan bien atrás del CGNAT ya que pasan a usar IPv6, reduce los retardos que provocan los CGNAT, permite el progresivo uso de la Internet de las Cosas, entre otros asuntos favorables al despliegue.

De acuerdo a las mejores prácticas el proceso de transición a IPv6 consta de varias etapas que empiezan con un inventario de la situación de la red, los sistemas y los servicios auxiliares (DNS, Firewall, etc.) y la conectividad, y termina con el inicio del despliegue en sí.

El desarrollo de las distintas etapas es diferente según el caso de cada ISP, institución, empresa y demás usuarios, así como lo son las dificultades y los procedimientos a seguir en cada caso. Tanto en la investigación de antecedentes internacionales, en los resultados de las reuniones mantenidas en los diferentes países, en la encuesta y en los resultados de los indicadores principales de la cadena de valor y el indicador LACNIC IPv6, se observan estas diferencias. Pero de todo ello se concluyen dos cuestiones principales:

1. Las dificultades y los tiempos para solucionarlas tienen un alto grado de incertidumbre en la mayoría de los casos.
2. Cuanto antes se inicie el proceso de planificación y transición progresiva se obtendrán mayores ventajas económicas por despliegue a medida que se sustituyen equipamientos y sistemas, y además se llega en forma no traumática y sin incertidumbres o sorpresas al momento del ineludible inicio de la transición en sí.

Para presentar el contexto en que se desarrolla esta transición, se analizan los múltiples actores que intervienen en ella, incluyendo a proveedores de infraestructura, fabricantes de computadores y otros dispositivos electrónicos, proveedores de acceso o ISP, proveedores de contenido, empresas,

usuarios, autoridades gubernamentales, universidades y redes académicas. De cada uno de ellos se analiza su comportamiento y motivaciones, el impacto que tiene sobre el despliegue, las acciones recomendadas para algunos de ellos como son las autoridades gubernamentales, el alcance que pueden tener las reglamentaciones, entre otros.

Se destaca el importante papel que tienen las políticas y los lineamientos para las compras públicas y la seguridad, el desarrollo del gobierno electrónico y de los contenidos educativos, y las acciones que dispongan las universidades y las redes académicas tanto desde el punto de vista de su propio despliegue y el impacto sobre los ISP y los proveedores de equipos, como por el papel destacado que tienen en la difusión del conocimiento sobre IPv6.

En la transición existen drivers que se estudian como componentes adicionales que influyen en el despliegue,

sigue es un ejemplo de los resultados del modelo que calcula el Valor Presente Neto de cada alternativa, para determinados supuestos, considerando los costos, gastos e inversiones incrementales, a los efectos de tomar en consideración el efecto del tiempo y de la tasa de oportunidad del capital.

Los resultados de la encuesta y de las reuniones realizadas muestran situaciones dispares entre los países y entre los ISP, universidades, redes académicas y autoridades gubernamentales.

En general hay un grado de preparación de los ISP muy variable en la región, y distintos plazos en los cuales consideran empezar el despliegue masivo. Al respecto se observa que alrededor de un 30% de los encuestados piensa comenzar el despliegue en los accesos en 2016. En las reuniones realizadas en los países, la casi totalidad de los ISP con servicios masivos considera comenzar este despliegue en 2016. No es posible actuar externamente

| Alternativas | Valor Presente Neto |
|---|---------------------|
| Alternativa 1, de transición con Dual Stack y CGNAT inc. CPE | \$4.910.952,82 |
| Alternativa 1, de transición con Dual Stack y CGNAT no inc. CPE | \$2.312.338,22 |
| Alternativa 2, de uso de CGNAT sin desplegar IPv6 | \$6.192.207,28 |
| Alternativa 3, de compra de direcciones IPv4 sin NAT ni IPv6 | \$4.077.689,49 |

como es la escasez de direcciones IPv4, los efectos de red, las acciones de los grandes ISP, la mejora de la experiencia del usuario y las acciones gubernamentales. Se elaboró un modelo económico de comparación de tres alternativas para enfrentar el agotamiento de las direcciones IPv4: transición a IPv6 usando la técnica de Dual Stack con CGNAT, continuar usando solamente CGNAT y comprar direcciones IPv4.

Esta última alternativa puede ser considerada en el caso de tasas muy bajas de crecimiento de clientes. La alternativa de direcciones IPv4 compartidas a través de CGNAT presenta problemas con aplicaciones y no surge claramente del modelo económico que sea la mejor desde ese punto de vista, sino más bien lo contrario. Por otra parte, en cualquiera de las dos alternativas, la migración a IPv6 es inevitable en particular por la prevista aparición de aplicaciones y sitios que operarán solo en IPv6, como ya lo estiman algunos ISP.

De este modelo económico resulta también que la alternativa de desplegar Dual Stack es muy eficiente en el uso de recursos frente a las otras dos. En particular se observa claramente en el flujo de inversiones en CGNAT: a medida que se despliega IPv6 existe un momento en el que no se necesita invertir más en CGNAT debido a que la reducción en el uso de sesiones compensa con creces las sesiones necesarias para soportar el crecimiento de los clientes. El cuadro que

sobre los ISP, por lo que las recomendaciones que se efectúan tienen relación con acciones indirectas como las compras públicas, entre otras.

Respecto de las universidades la disparidad entre países es similar, por lo que debido a su importancia en el despliegue de IPv6 debería ser objeto de especial atención a las causas de las carencias existentes.

Se han observado solo cuatro países con porcentajes de usuarios potencialmente habilitados para trabajar en IPv6 mayores al 1%: Bolivia, Brasil, Ecuador y Perú. El resto de los países tienen este indicador muy por debajo del 1%. En los casos de Bolivia, Ecuador y Perú existe un solo ISP en cada uno de ellos que es el responsable de esos valores altos en comparación con la región.

Se analizan los casos de estos operadores que han sido identificados como casos de éxito, junto con otros casos extra región. El objetivo es mostrar el procedimiento que han desarrollado para que pueda servir de referencia. En general se puede decir que en estos casos el despliegue se desarrolla a partir de la escasez propia de direcciones IPv4 y no antes, y luego de haber iniciado el proceso de despliegue en forma paulatina. Uno de los casos de éxito extra región muestra un operador que tiene operaciones en África, donde aún no hay escasez de direcciones IPv4, y que sin embargo ha iniciado el proceso para el despliegue

previando que pueden empezar a desarrollarse sitios y aplicaciones solo IPv6.

La región, en promedio, muestra un valor del indicador LACNIC/CAF ICAv6 elaborado para la región, sensiblemente menor que el correspondiente a los países seleccionados para la comparación internacional. Se observan, en la tabla que sigue, los valores de este indicador y de los cuatro indicadores parciales:

| Indicador | Región LACNIC | Países referenciales | Países referenciales / región LACNIC |
|------------------|---------------|----------------------|--------------------------------------|
| LACNIC/CAF ICAv6 | 21,39% | 39,59% | 1,85 |
| Planificación | 18,08% | 28,89% | 1,60 |
| AS de tránsito | 55,30% | 79,23% | 1,43 |
| Contenido | 50,77% | 49,96% | 0,98 |
| Usuarios | 1,31% | 15,08% | 11,51 |

El indicador LACNIC/CAF ICAv6 está orientado a países en proceso inicial de despliegue de IPv6, por lo que le da un peso del 30% a lo relativo a la planificación, y a los primeros pasos de despliegue como es disponer de tránsito IPv6 en los sistemas autónomos. En estos dos indicadores los países de la región están bastante por debajo de los países seleccionados pero el avance en ellos se logra con esfuerzos pequeños en relación al esfuerzo total de despliegue. En este sentido las acciones de LACNIC en profundizar el conocimiento es la herramienta más eficaz, por sí o en conjunto con otras partes interesadas como las universidades, redes académicas y gobiernos.

Respecto del contenido se observa que el % de contenido accesible con IPv6 es similar en todo el mundo, y por otra parte no existen acciones eficientes para mejorar esta situación, salvo por el gobierno electrónico y los contenidos pedagógicos.

Finalmente el indicador de Usuarios, que representa el porcentaje de usuarios que está potencialmente en condiciones de operar en IPv6, es muy bajo en la región. Es en definitiva el indicador principal que mantiene la brecha con los países más avanzados y es el mayor desafío a superar.

A partir de todos los análisis realizados se presentan recomendaciones y guías para lograr el despliegue oportuno de IPv6, clasificadas de la siguiente forma:

1. Principales problemas en la transición en los países de la región. Desafíos de la región.
2. Ajustes a los esquemas regulatorios y políticas que faciliten el despliegue de IPv6.

- a. Marco de regulación de las telecomunicaciones.
- b. Autoridades rectoras de las TIC.
- c. Marco de reglamentación de las compras públicas.

3. Redes académicas y universidades.

4. Empresas.

5. ISP.

Todo lo anterior se resume en una hoja de ruta para favorecer la transición oportuna hacia IPv6 en la región, asociada a un plan de capacitación. En esta hoja de ruta son imprescindibles las acciones de LACNIC, como han sido hasta ahora, tanto en los trabajos de difusión del conocimiento actual de la situación como en la elaboración de una base de benchmarking a través de su sitio web. En este sentido es muy importante difundir adicionalmente el conocimiento extra tecnológico, como el contenido en este documento, que es donde se han observado las mayores carencias en la gran mayoría las partes interesadas de los diferentes países.

En cuanto al impacto sobre la productividad en las condiciones actuales, la competencia entre los ISP los lleva a adoptar un conjunto de medidas, tanto en el mercado masivo como en el corporativo, que eliminan o amortiguan en forma importante los posibles impactos negativos sobre la productividad durante el período de transición hacia IPv6.

Desde una visión prospectiva de esta transición se observa que el uso de CGNAT impone mayores retardos que limitan a algunas aplicaciones que son dependientes de éste, como el control de vehículos o las tele cirugías, presenta incertidumbres para el desarrollo de aplicaciones restringiendo el emprendedurismo, etc.

Cuando se acelere el avance de la Internet de las Cosas (IoT), y para explotar al máximo sus prestaciones, será necesario poder identificar unívocamente cada dispositivo independientemente de la tecnología, si es fijo o móvil o aún si cambia de ISP, deberá ser posible la movilidad y el "multi homing", habrá que poder gestionar el tráfico que va a crecer en forma muy importante, proveer rutas robustas, asegurar la confidencialidad, permitir la autoconfiguración de los dispositivos y permitir la priorización selectiva del tráfico. Este conjunto de condiciones, que exige el desarrollo de la IoT, será un fuerte incentivo para el despliegue y provisión de servicios en IPv6 porque solo éstos cumplen con dichas condiciones, y además permiten extender la Internet a los dispositivos del usuario, a los sistemas y a prácticamente cualquier cosa que se beneficie de la conectividad a Internet.

2 . PROBLEMAS QUE PRESENTA EL USO DEL IPV4 FRENTE A SU AGOTAMIENTO

2.1 Uso de NAT

La primera reacción de los proveedores frente al agotamiento de las direcciones IPv4 ha sido buscar la compartición de una misma dirección entre varios usuarios. Esta técnica, denominada NAT, ha sido usada a nivel de usuario para compartir entre varias máquinas la dirección pública IP asignada por el proveedor. Es denominada NAT44 pues traduce direcciones IPv4 públicas en IPv4 de los bloques de direcciones privadas.

A nivel de red del proveedor se usa a veces la técnica NAT444 que implica un doble NAT44 stateful en la red no obligando al uso de direcciones IPv6. Esta técnica se denomina CGNAT (NAT a nivel de operador - Carrier Grade NAT), o también LSNAT (NAT a gran escala - Large Scale NAT). Las técnicas de transición que se describen en el Anexo incluyen NAT en la red del proveedor, salvo la MAP en sus dos versiones, por lo que también pueden ser consideradas del tipo CGNAT (Carrier Grade NAT) pero exigen el uso de IPv6 y son recomendables en el camino de la transición.

Todavía existen situaciones en las cuales el mantener la operativa en IPv4 es una alternativa no usando NAT. Ésto se puede dar en operadores con bajas tasas de crecimiento, que disponen de bloques de IPv4 para el crecimiento esperado y que adicionalmente todavía pueden comprar bloques en el mercado secundario, lo que además es más factible en el caso de operadores pequeños.

El uso de los NAT, en general, tiene los siguientes inconvenientes:

1. Se modifican los siguientes principios básicos de la red Internet: conectividad extremo a extremo, red de transporte simple y sin equipamiento complejo, traslado de la inteligencia a los extremos. De esta manera se vuelve más compleja la gestión de la red, está más sujeta a fallas y da lugar a inconvenientes en su uso como se ve más adelante.

2. Las Listas de Control de Acceso (ACL), usadas para bloquear accesos a través de la dirección IP, tienen efectos secundarios en usuarios que operan correctamente. El bloqueo se hace a nivel de la dirección IP, la que es compartida por varios usuarios independientes, los que sufrirán en conjunto las medidas que se apliquen debido al mal uso de uno de los usuarios.

3. En algunas legislaciones debe registrarse en el servidor tanto la dirección IP como el puerto para identificar quién accedió a un servicio. Todas las sesiones TCP deben ser registradas. De lo contrario

no es posible responder a los requerimientos de las autoridades frente a delitos cometidos usando una dirección IP pública. Esto significa un costo importante de almacenamiento de los logs y complicaciones operativas. Existen casos en la región en que se deben guardar estos datos hasta por 5 años.

4. Algunas aplicaciones no funcionan atrás de un NAT, o más en particular cuando se usa CGNAT. Se han detectado problemas en el funcionamiento correcto de aplicaciones de streaming de video, juegos en línea entre participantes y compartición peer to peer de archivos, mientras que aplicaciones más simples como navegación web o correo electrónico no tienen dificultades.

5. El problema principal de los NAT es que no son escalables a grandes cantidades de usuarios, principalmente por las limitaciones de los puertos abiertos por los usuarios. Una dirección IP permite abrir un total teórico de 64 K puertos.

a. Un estudio de Shin Miyakawa¹ muestra que una imagen de Google Maps se va deteriorando de una situación correcta, con 30 a 60 sesiones simultáneas de puertos permitidos, hasta otra en que no se ve el mapa con 5 sesiones concurrentes abiertas. Para ello interpusieron entre la PC y la Internet un dispositivo que reduce progresivamente las sesiones habilitadas y observaron el deterioro del funcionamiento de la aplicación.

b. Esto se debe a que se usa AJAX (Asynchronous JavaScript + XML) para proveer una buena calidad de operación. El AJAX emplea varias sesiones TCP simultáneas para acelerar la recepción de la información.

c. Ese mismo estudio determinó la cantidad mínima de sesiones reduciendo las sesiones hasta observar el deterioro del servicio, y se obtuvieron estos resultados:

i. Yahoo página principal: 10 a 20.

ii. Google en búsqueda de imágenes: 30 a 60.

iii. iTunes: 230 a 270.

iv. Amazon o YouTube: 90.

v. Página web sin operación: 5 a 10.

d. Por razones de seguridad, y otras, solo se pueden usar las 32K direcciones superiores, lo que reduce más la capacidad de una sola dirección IP para abrir varias aplicaciones simultáneas si se comparte entre varios usuarios.

e. Por todo ello se deben asignar al menos 1.000 a 3.000 puertos a cada usuario, lo que deja un límite seguro de compartición máximo de 10 usuarios por dirección IPv4.

f. Pero se debe tener en cuenta que los clientes a su vez usan un NAT44 para conectar varias máquinas internas. Por ello, si se tomara como ejemplo que un total de 3 máquinas está operando simultáneamente en la instalación del cliente, se observa que si se provee una misma dirección IP a 10 clientes, cada usuario estará en el límite inferior de 1.000 puertos, donde podría empezar a deteriorarse las aplicaciones. Como es un fenómeno estocástico, cuando se usa la compartición dinámica y no estática, la cantidad mínima puede variar según la hora del día y otros factores.

g. Obviamente, para los clientes corporativos no es posible compartir las direcciones en el CGNAT.

6. Adicionalmente, estudios muy recientes de setiembre de 2015, como los de Facebook o Verizon, indican que las conexiones IPv6 son del orden de un 15% o más, más rápidas que las que usan IPv4 con NAT.

7. Las dificultades que pueden sobrevenir con ciertas aplicaciones en las redes con CGNAT tienen efectos económicos debido a los costos adicionales de transacción en aquellas aplicaciones que usan la Internet. Mientras la Internet sea una plataforma sin problemas con las aplicaciones, al bajar los costos de transacción se estimula la creación de nuevos servicios a través del emprendedurismo. Al introducirse la incertidumbre en cuanto a si una aplicación va a operar en diferentes ambientes, por ejemplo en ambientes de usuarios que se encuentran en redes con CGNAT, se aumentan los costos de transacción. Las grandes empresas que desarrollan servicios en Internet no tienen problemas mayores; por tanto se genera una barrera para las pequeñas empresas y se desestimula el emprendedurismo.

8. Las dificultades que sobrevienen de los CGNAT pueden afectar también a las empresas que prestan servicios, obligándolas a actualizar sus servicios en las capas superiores para solucionar problemas generados en las capas inferiores. Un caso típico ha sido el de Microsoft que ha debido actualizar su Xbox en 2011 para permitir algunos juegos en línea entre participantes.

2.2 Transferencias de bloques en el mercado secundario

La compra de bloques implica un costo agregado a la operación, que además tiene una vida útil corta si quien las compra tiene un crecimiento moderado. Solamente puede justificarse esta operación en los casos de

crecimientos muy bajos en la cantidad de usuarios, junto a los NAT, por un período de tiempo hasta que sea imprescindible migrar a IPv6. Más adelante se analiza un modelo económico de uso de bloques reasignados. Ya existen operadores en el mundo (Orange) que entienden que deben migrar indefectiblemente pues se prevé que empezarán a haber sitios solo IPv6.

En el fondo, esta reasignación se realiza movilizándolo el recurso escaso de direcciones IPv4 de los usuarios (proveedores) que le asignan menos valor, a aquellos que le asignan más valor. Es un proceso muy similar al que se da en los países en los que está autorizado el mercado secundario del espectro por el regulador de telecomunicaciones.

Los bloques de espectro (bandas) pueden ser vendidos, arrendados, etc. a veces con intervención del regulador y otras veces solamente registrando la transacción.

Una consecuencia indeseada de estas transacciones es la fragmentación de los bloques, lo que ya se observa en las tablas de ruteo IPv4, por lo que los RIR suelen poner límites mínimos de bloques /24.

Debido a razones históricas relacionadas a la facilidad para obtener bloques de direcciones IP antes de que surgieran los RIR, algunos prestadores, universidades e instituciones gubernamentales llegaron a disponer de importantes bloques sin uso, lo que les ha permitido transferirlos. Adicionalmente existen usuarios de direcciones que hoy en día disponen de direcciones IPv4 que están dispuestos a transferirlas en la medida en que mejoran las condiciones para realizar las transferencias. Estas transferencias están provocando problemas a aquellas aplicaciones que dependen del contexto en el que se mueve el usuario, entregando información no deseada (por ejemplo ofreciendo un restaurant en Nueva York a un usuario que está en Los Ángeles), u obligando a cambios y complicaciones importantes. Algo similar sucede con los CGNAT a nivel local.

En LACNIC las condiciones para las transferencias se encuentran en el Manual de Políticas, Sección 2 Direcciones IPv4. Estas transferencias no están aún activadas. En general las transferencias operarían bajo reglas de buenas prácticas que deben cumplir las partes involucradas en la transacción:

“2.3.2.17.- Uniones, adquisiciones o venta entre ISPs o Usuarios Finales

Las políticas de LACNIC no reconocen la venta o transferencia no autorizada de espacio de direcciones IPv4 y considerará tales transferencias inválidas, con excepción de las transferencias que se sujeten a la sección 2.3.2.18.

Si un ISP o usuario final cambia de dueño debido a una unión, venta o adquisición entonces la nueva entidad deberá registrar estos cambios ante LACNIC.

Si la compañía cambia de nombre se debe proveer documentación legal que respalde este cambio de nombre.

Dentro de la información que puede ser solicitada se encuentra:

Una copia del documento legal que respalda las transferencias de activos.

Un inventario detallado de todos los activos utilizados por el solicitante con el cual mantendrá en uso el espacio de direcciones IPv4.

Una lista de los clientes de la parte solicitante que usa porciones del espacio distribuido.

2.3.2.18.-Transferencias de bloques IPv4 dentro de la región LACNIC

NOTA: Esta sección entrará en vigor cuando LACNIC o alguno de sus NIRs sea incapaz, por primera vez, de cubrir una distribución o asignación de un bloque IPv4 por falta de recursos.

Se permitirán las transferencias de bloques IPv4 entre LIRs y/o usuarios finales dentro de la región LACNIC, en adelante entidades, bajo las condiciones mencionadas en la presente sección.

2.3.2.18.1.- El tamaño mínimo de bloque que se permite transferir es un /24.

2.3.2.18.2.- Para que una entidad pueda ser el destinatario de una transferencia, debe pasar primero por el proceso de justificación de necesidades de recursos IPv4 ante LACNIC. Es decir, la entidad debe justificar ante LACNIC la distribución/asignación inicial/adicional, según sea el caso, de acuerdo a las políticas vigentes.

2.3.2.18.3.- Ante una solicitud de transferencia de un bloque IPv4, LACNIC verificará que la entidad fuente es el titular de dicho bloque según conste en los registros de LACNIC. El solicitante aprobado y la entidad que transferiría deberán presentar a LACNIC una copia del documento legal que respalde la transferencia.

2.3.2.18.4.- LACNIC mantendrá una bitácora de transferencias, accesible públicamente, de todas las transferencias de bloques IPv4 que se registren ante él.

En dicha bitácora se registrará la fecha de la operación, la entidad fuente de la transferencia, la entidad destino y el bloque transferido.

2.3.2.18.5.- La entidad fuente de la transferencia quedará automáticamente inelegible para recibir distribuciones y/o asignaciones de recursos IPv4 por parte de LACNIC durante un año, a partir de la fecha de operación registrada en la bitácora de transferencias.

2.3.2.18.6.- Un bloque previamente transferido no podrá ser subsecuentemente transferido durante un periodo de un año, a partir de la fecha de operación registrada en la bitácora de transferencias. Lo mismo aplica para sus sub-bloques, es decir, bloques que agrupen un subconjunto de las direcciones IPv4 que contiene el bloque.

2.3.2.18.7.- Una vez concluida la transferencia, LACNIC modificará la información sobre el recurso transferido para reflejar el cambio de titular.

2.3.2.18.8.- La entidad destino deberá cumplir con todas las políticas vigentes de LACNIC.

2.3.2.18.9.- Los bloques y sus sub-bloques, provenientes de distribuciones o asignaciones de LACNIC, ya sean iniciales o adicionales, no podrán ser sujetos a transferencias durante un periodo de un año a partir de su fecha de distribución o asignación.

2.3.2.18.10.- Los recursos legados transferidos dejarán de ser considerados como tales.

2.3.2.19.- Inclusión del ASN originador en el WHOIS cuando estuviera disponible LACNIC deberá incluir en la información del WHOIS, el ASN originador de todos los prefijos que hayan sido asignados directamente por LACNIC siempre que esta información estuviera disponible.

El ASN originador del bloque en custodia podrá ser ingresado a través del sistema administrativo de recursos de LACNIC. Será responsabilidad de los miembros proveer esta información.

En las situaciones en las que la información de ASN originador de un bloque no estuviera especificada, la respuesta del WHOIS deberá indicar ese hecho.”

Un trabajo³ de 2012 presenta resultados interesantes respecto de las transferencias de direcciones a nivel mundial. Este mercado empezó públicamente en abril de 2011 cuando Microsoft compró las direcciones de

3- "Dimensioning the Elephant: An Empirical Analysis of the IPv4 Number Market". Milton Mueller y Brenden Kuerbis de la Syracuse University School of Information Studies y Hadi Asghari de la Technology University of Delft, School of Technology, Policy and Management. <http://internetgovernance.org/pdf/IPv4marketTPRC20122.pdf>

Nortel en un proceso de bancarrota, direcciones que había obtenido antes de la existencia de ARIN (1991), y también las obtenidas de otras empresas. Con el tiempo los RIR fueron adoptando diferentes políticas.

RIPE fue el primer registro en aprobar la transferencia comercial de direcciones en 2008.

Europa también es uno de los pioneros en la creación de mercados secundarios de espectro. APNIC fue el primero en proponer la apertura de este mercado secundario, pero los debates al respecto llevaron a que recién se aprobara el reglamento en 2010.

Los autores de este trabajo estimaban que en 2012 cada dirección IPv4 valdría \$ 10. La situación a nivel mundial mostraba un rápido crecimiento, al menos hasta el primer semestre de 2012 (1S12):

| | 2009 | 2010 | 2011 | 1S12 |
|----------------------------------|--------|--------|-----------|-----------|
| Cantidad de transacciones | 3 | 2 | 27 | 52 |
| Cantidad de bloques transferidos | 8 | 3 | 109 | 84 |
| Cantidad de direcciones IP | 11.264 | 10.240 | 1.013.246 | 4.999.936 |

ARIN fue la región más involucrada en las transferencias. En el cuadro siguiente se presentan datos de transacciones y atribuciones por año entre 2009 y el primer semestre de 2012, lo que muestra el crecimiento de las transferencias sobre el total atribuido por ARIN:

| | 2009 | 2010 | 2011 | 1S12 |
|---|------------|------------|------------|------------|
| Direcciones atribuidas | 41.317.376 | 45.266.688 | 22-471.424 | 16.077.056 |
| Direcciones transferidas vía el Mercado de ARIN | 11.264 | 8.192 | 1.150.976 | 4.221.184 |
| % atribuido por el mercado | 0,03% | 0,02% | 5,12% | 26,26% |

Más adelante, en la sección de análisis económico se analizará este tema más a fondo.

3 . ASPECTOS TÉCNICOS Y BENEFICIOS DEL PROTOCOLO IPV6

3.1 Introducción técnica sobre IPv6

En cuanto a los aspectos meramente técnicos, la principal razón para el desarrollo del protocolo IPv6 ha sido la necesidad de aumentar la cantidad de direcciones IP, ante el agotamiento de las direcciones IPv4. El encabezamiento de los datagramas IPv6 tiene la estructura que se muestra, y se puede observar que, aparte de ser más sencillo que el del IPv4, usa direcciones de 128 bits, frente a las direcciones de 32 bits del IPv4. Éste es el principal aspecto que impulsa su despliegue como se analiza en este trabajo.

Además del uso tradicional de la Internet, en que cada usuario suele tener más de un dispositivo conectado (Notebook, teléfono, etc.) en que cada uno necesita una dirección IP, usos masivos como los que resultan de la Internet de las Cosas hacen que cada usuario requiera múltiples direcciones IP simultáneamente. Este tema se analiza más adelante.

Con el protocolo IPv4, en promedio cada habitante del planeta dispone de 0,58 direcciones a agosto de 2015, lo que resulta claramente insuficiente debido a los múltiples dispositivos y el futuro desarrollo de la Internet de las Cosas, aun cuando la penetración de la Internet a nivel mundial sea del 43 % a 2015 según la UIT. Por ello el pasaje a IPv6 es ineludible para todas las partes interesadas ya que permite disponer de una cantidad bruta de 4,65 10 28 direcciones IP por habitante.

Respecto de los terminales indicó que el nuevo iOS9, liberado el 16 de setiembre de 2015, pondrá en igualdad de condiciones a ambos protocolos, por lo que el IPv6 será mucho más usado sobre estos terminales que hasta ahora en que daban preferencia al IPv4. Estimó que mientras con iOS8 solo del orden del 50% de las conexiones se hacían en IPv6 para aquellos usuarios potencialmente habilitados para ello, con el nuevo OS el porcentaje subirá al 99%.

Verizon Wireless estima que para setiembre de 2016, debido al impacto del despliegue del iOS9, el tráfico sobre IPv6 pasará del 50% al 70%. El impacto de la decisión de Apple puede impulsar también el uso de IPv6 en Comcast, según su arquitecto jefe de IPv6, aumentando el uso del 25% actual, a un 50% en un año. En la conferencia @Scale los operadores y Facebook indicaron que el uso de NAT retarda el tráfico. Pruebas limitadas realizadas por Facebook a inicios de 2015 indican que el uso de IPv6 acelera las conexiones en el orden de un 40%, y pruebas más extensas realizadas recientemente indican que lo hace en el orden del 15%. Verizon también ha percibido similares mejoras de velocidades de conexión con IPv6.

Por su parte el VP de agregación y transporte IP de Deutsche Telekom indicó el impacto que tendrá el nuevo protocolo sobre las redes móviles, principalmente a través de las aplicaciones de automatización de los hogares y la Internet de las Cosas, todo lo cual no podría ser soportado sobre IPv4.

A su vez, el Gerente de Proyectos de tecnologías emergentes de SK Telecom indicó que aplicaciones sensibles a los retardos, como los controles vehiculares, no serían factibles con IPv4.

Se entiende que la exigencia impuesta por Apple Store, respecto de que serán aceptadas solamente las aplicaciones que sean IPv6 compatibles a partir del 2016, podría impulsar el uso de "IPv6 only" haciendo progresivamente innecesario el uso de IPv4, e inclusive el pasaje a una prescindencia total de IPv4.

32 bits

| Versión | Clase de tráfico | Etiqueta de flujo | |
|---------------------------------|------------------|--------------------|------------------|
| Longitud de carga | | Siguiente cabecera | Límite de saltos |
| Dirección de origen (128 bits) | | | |
| Dirección de destino (128 bits) | | | |
| Datos | | | |

3.2 Últimos resultados sobre IPv6

En la conferencia @ Scale de Facebook el ingeniero Paul Saab de esta empresa puso de manifiesto varios asuntos importantes.

4 . AGENTES CLAVE EN EL PROCESO DE LA TRANSICIÓN. INTERACCIÓN DE LOS SECTORES PÚBLICO Y PRIVADO

En esta sección se analiza la participación, situación actual e impacto de las acciones de los principales agentes clave en cuanto al despliegue de IPv6. Este análisis, pero referido a los Gobiernos a través de sus diferentes agencias (reguladoras y rectoras de las telecomunicaciones y de las TIC, responsables de compras públicas, entre otras), de las redes académicas y universidades y de las empresas, para una mejor presentación del trabajo se desarrolla en la sección de “Recomendaciones y guías para el despliegue, alcance, instructivos y capacitación”.

Los diferentes agentes actúan de alguna manera en acelerar o enlentecer el despliegue de IPv6. Algunos tienen importancia directa sobre los estímulos, como es el caso de los usuarios y los proveedores de equipos, contenidos y aplicaciones; y otros como los proveedores de acceso, se comportan de acuerdo a decisiones económicas influidas por los drivers que se analizan en la sección “Drivers de la transición”.

Un tema recurrente en estos estudios es la dificultad de obtener datos ciertos sobre los beneficios y costos de despliegue de IPv6 por parte de los diferentes agentes, así como la variabilidad del comportamiento de los agentes, lo que dificulta la cuantificación de los resultados para cada uno de ellos. Por esta razón, en primer lugar se hace referencia a los factores que influyen en los beneficios y costos para el despliegue según los diferentes agentes. Más adelante se desarrolla un modelo de evaluación económica para ISP.

La OECD publicó⁴ en 2014 un documento relevante sobre los factores cualitativos específicos que influyen en las decisiones sobre la migración por parte de diferentes grupos de agentes, que se toma como una referencia en esta sección.

4.1 Proveedores de infraestructura

4.1.1 Equipamiento de red

Este aspecto está totalmente cubierto con provisión de equipamiento probado en el uso del protocolo IPv6 tanto para ruteadores corporativos y equipamiento de núcleo de red. Esta aseveración se ve verificada en la realidad través de los altos valores de los indicadores de AS con tránsito en IPv6 (indicador de desarrollo en el núcleo de red) que se analizan en oportunidad de determinar el indicador LACNIC/CAF ICAv6.

No es la misma situación para los equipos menores de los usuarios.

En cuanto a los equipos de usuario para redes cableadas, o CPE, todavía suele no existir total compatibilidad con cualquier red del proveedor, lo que trae problemas en países como EEUU en que los usuarios pueden comprar su propio CPE. De esta manera los CPE pueden realmente no soportar IPv6 o no son compatibles. En cualquier caso no pueden operar en IPv6 aunque el proveedor esté preparado para ello.

Más aún, hay estudios que muestran que CPE que en teoría son IPv6 ready, vienen con el IPv6 deshabilitado por defecto, requiriendo trabajo para su habilitación. Una razón para ello puede ser que no son 100% compatibles con las especificaciones de las RFC y salen comercialmente como IPv6, pero el fabricante prefiere que no esté habilitado.

Por ejemplo, en el acceso a Internet usando las redes híbridas de los operadores de TV por cable (redes HFC) existen estándares que soportan IPv6, pero en algunos casos se han manifestado dificultades en la región de LACNIC. Éstas parecen estar relacionadas principalmente con la calidad de los equipos que no son totalmente compatibles IPv6, sea por upgrade del estándar DOCSIS 2.0 a “DOCSIS 2.0 + IPv6”, o directamente por los equipos DOCSIS 3.0 – 3.1.

Este factor juega un papel de desincentivo al despliegue pues el proveedor se encuentra en la situación de desplegar la red pero no poder usarla completamente, o incurrir en gastos para permitir el uso de IPv6 a los usuarios con problemas. Por ello este asunto ha sido reiteradamente manifestado como un alto consumidor de recursos humanos y materiales para viabilizar el despliegue de CPE IPv6 compatibles.

Si bien hay en los EEUU un par de instituciones⁵ que efectúan tests de compatibilidad de los equipos en IPv6, la información sobre incompatibilidades es escasa y no permite conocer a fondo la real situación para los CPE, los ruteadores y los hosts para el uso no corporativo.

4.1.2 Computadores de uso general

Los sistemas operativos modernos soportan IPv6 aunque a veces con ciertas configuraciones que es necesario realizar. En cuanto a los navegadores, éstos soportan IPv6 desde hace tiempo. El problema que

4- OECD (2014), “The Economics of Transition to Internet Protocol version 6 (IPv6)”, OECD Digital Economy Papers, No. 244, OECD Publishing.

5- University of New Hampshire's Interoperability Laboratory y National Institute of Standards and Technology.

puede surgir es cuando en el caso de uso de acceso doble pila IPv6 e IPv4, si primero se establece la conexión en IPv6 y ésta se corta en algún momento, es necesario esperar un plazo de algunos segundos antes de intentar establecer la conexión en IPv4. Esta situación genera una mala experiencia en el usuario.

Así surge el algoritmo denominado “Happy Eyeballs” orientado esencialmente a los humanos y de allí su nombre. Este algoritmo descrito en la RFC 6555, selecciona cuál protocolo provee mejor servicio probando ambos a la vez, y con preferencia IPv6. Varios navegadores soportan este algoritmo. Sin embargo su implementación no ha sido uniformemente exitosa entre diferentes navegadores, observándose casos en que el navegador opta por IPv4 cuando podría usar IPv6.

Es importante que se reduzcan los problemas como los mencionados a través de despliegues que permitan a los usuarios finales aprovechar al máximo las redes que proveen acceso IPv6. De otra forma, a pesar de los esfuerzos para impulsar la migración, éstos se ven frustrados por un descrédito injustificado de IPv6.

Adicionalmente, si los usuarios usan IPv4 cuando ya pueden usar IPv6 se envían señales erróneas sobre baja adopción a nivel de usuarios, lo que tiene múltiples efectos negativos para el desarrollo de IPv6. Entre ellos, quienes observan la evolución del uso de IPv6 a nivel de usuarios, tenderán a adoptar una posición de expectativa antes que de impulsar el desarrollo de IPv6. Los indicadores sobre Usuarios, incluidos en este trabajo en la sección de indicadores, contornean este problema pues optan por mediciones que buscan si un usuario está potencialmente en condiciones de usar IPv6, y no solamente si usa IPv6.

4.1.3 Dispositivos electrónicos de consumo

En cuanto a estos dispositivos en general no existe información sistemática sobre compatibilidad IPv6, aunque se observa que existen problemas de incompatibilidad IPv6 en dispositivos en que por ejemplo una misma marca tiene televisores compatibles y equipos de juego no compatibles. Este tema es de difícil percepción por los usuarios por lo que no existe un incentivo por este lado para que los fabricantes dediquen esfuerzos en su desarrollo. Recién cuando aumente la cantidad de usuarios en IPv6 y se perciban las ventajas, o que aparezcan sitios solo IPv6, este driver podrá actuar para impulsar el desarrollo de dispositivos IPv6. Una forma de percibir las ventajas de IPv6 es cuando haya aplicaciones que se soporten solo en IPv6, principalmente por el requerimiento de la conectividad punta a punta para poder operar.

Como una excepción se observa que los fabricantes de los nuevos televisores conectados (Smart TV) se mueven hacia plataformas robustas que estarían asegurando buena conectividad IPv6.

La aparición de dispositivos generales IPv6, o que requieran IPv6 para operar, a su vez será un driver para que los proveedores de acceso vean como importante el despliegue de redes IPv6.

4.2 Proveedores de acceso cableado

En esta sección se analizan los costos y beneficios del despliegue IPv6 desde el punto de vista de los operadores de redes cableadas. Se analiza en este trabajo la diversidad importante de situaciones entre los diferentes países en cuanto a la preparación de las redes para que los usuarios tengan búsqueda potencial en IPv6, desde el punto de vista de las metodologías de Google y de APNIC. Esta variabilidad se da también entre operadores dentro del mismo país. Basta observar por ejemplo la diversidad dentro de EEUU a fines de 2013 con Google Fiber con el 60,7%, AT&T con el 13,6% y Time Warner Cable con el 3,3%. Esta situación también se da en la región de LACNIC, al 19 de noviembre de 2015, con operadores con alto nivel de despliegue IPv6 como Telefónica del Perú (22,3%), CNT de Ecuador (14,8%), COMTECO de Bolivia (19,40%) y CVT de Brasil (14,76%), entre otros.

Se entiende que esta variabilidad está motivada principalmente por las distintas percepciones de los proveedores de acceso en cuanto a la relación de beneficio a costo de desplegar IPv6, aparte de la incidencia del agotamiento de IPv4. Por un lado los costos del despliegue varían dependiendo de la demanda de los usuarios, la arquitectura de la red, la preparación de los recursos humanos y su percepción del IPv6, la generación tecnológica de los equipos de red, entre otros; y por otra parte los beneficios pueden ser distintos según el proveedor. Aquellos ISP que iniciaron tempranamente la migración no se vieron sometidos a altos costos debido a que fueron actualizando su red a IPv6 en simultáneo con la actualización por obsolescencia.

Como se menciona en la sección “Drivers de la transición”, los diferentes drivers del despliegue actúan en el análisis económico pudiendo dar lugar a diferentes conclusiones sobre profundidad y oportunidad del despliegue.

La decisión final del despliegue depende de aspectos económicos, y éstos a su vez del camino de migración adoptado, para el que no existe una mejor práctica de detalle aconsejada. En principio se observan en la región

tres caminos no excluyentes que pueden combinarse para optimizar la transición: CGNAT, compra de bloques IPv4 o despliegue de IPv6. Estas alternativas agregan variabilidad a la decisión de cada proveedor. Igualmente ya se observa en la región una muy fuerte tendencia hacia el Dual Stack con o sin CGNAT, pero principalmente con CGNAT debido a la escasez de direcciones IPv4. En el modelo económico también se observan las ventajas económicas de esta alternativa de transición hacia IPv6. En cuanto a los CGNAT existen estimaciones de costos realizadas por Lee Howard que se analizan más adelante en la sección “Costos estimados en las diferentes alternativas”. Por ejemplo, Lee Howard estima una inversión de \$ 90.000 por cada 10.000 usuarios, más costos de Operación y Mantenimiento de \$10.000 por año. A estos costos, respecto de las decisiones, se deben agregar los efectos negativos del uso de los NAT que se describen en la sección “Uso de los NAT”. Estos efectos negativos pueden impactar en la ecuación económica a través de una reducción de la base de clientes, lo que genera un beneficio negativo a considerar, siempre que otros proveedores de la misma zona geográfica hayan comenzado el despliegue de IPv6.

En el análisis realizado por el consultor en cuanto a valores estimados provistos por los operadores consultados en la región, los costos se calculan principalmente por millones de sesiones simultáneas. Estos costos se presentan en oportunidad del análisis del modelo de evaluación económica de alternativas.

La compra de bloques de direcciones IP es una posible alternativa cuando se tienen bajas tasas de crecimiento en la cantidad de usuarios. En 2012 su costo se estimaba en \$ 10 por dirección, algo equivalente a los CGNAT en una evaluación muy preliminar.

El despliegue de IPv6 igualmente necesita de direcciones IPv4, a menos que sea “greenfield” usando alguna técnica que permita el acceso a sitios IPv4, así como equipamiento de transición, por lo que los resultados positivos provienen principalmente de los flujos futuros más que de la evaluación en el instante inicial. O sea que también en este caso hay que realizar inversiones, pero por ser en la tecnología definitiva va a generar beneficios futuros que justifican su despliegue.

La decisión es fundamentalmente de oportunidad, y el momento de inicio del despliegue es cuando el resultado de su despliegue en ese momento sea mayor que al hacerlo en otro momento.

Hay evidencia de que los costos de despliegue de red IPv6 no son grandes. Sin embargo los beneficios económicos, según ya se comentó, no son inmediatos; aunque sí

puedan serlo los efectos de, por ejemplo, mejora en la Experiencia del Usuario. Por ello las decisiones sobre la inversión deben ser detalladas, y considerar los flujos futuros, los múltiples impactos positivos que provocará, así como los impactos negativos que evitará.

También deben considerar otros factores como la curva de aprendizaje, las caídas futuras de costos y otros factores vinculados al plazo del despliegue.

El modelo desarrollado en este trabajo emplea el Valor Presente Neto a los efectos de incluir los efectos futuros de las decisiones presentes, y considera diversas condiciones y cambios futuros.

Un cuidado a observar en este caso es que cuando se usan ruteadores antiguos que soportan IPv6, a veces lo hacen con caídas importantes en el desempeño. Esto puede deberse a que con IPv4 rutean usando tablas que cargan en firmware, en tanto que no pueden hacer lo mismo con ruteo IPv6. El comportamiento puede caer por ejemplo de 5.000 pkts/s a 500 pkts/seg.

4.3 Proveedores inalámbricos de acceso

Cuando se habla de estos proveedores se hace referencia principal a los proveedores de servicios móviles.

En este caso el crecimiento de la base de usuarios de banda ancha móvil se produce a altas tasas anuales, por lo que esta primera diferencia con los operadores cableados, muestra que las alternativas de solo CGNAT o de transferencias de direcciones para mantenerse operando en IPv4 no son viables. Igualmente la mayoría de los operadores ya están empleando CGNAT.

Por otra parte, en el caso de los operadores móviles se producen mayores cambios en las redes debido al crecimiento de tráfico y de cobertura, e inclusive en las tecnologías (por ejemplo LTE y VoLTE) y servicios. Esto genera un cambio de visión frente a los proveedores cableados, en cuanto a que el cambio y agregado de equipamiento por crecimiento u obsolescencia es visto con naturalidad. El despliegue de IPv6 cuando se está incorporando equipamiento por otras razones, hace que el costo marginal de la inversión en IPv6 sea muy bajo, aunque no nulo, debido a que estas incorporaciones se realizan en un ambiente de red IPv4 en que las rutas IPv6 pueden no ser las óptimas, que los proveedores de tránsito puedan no soportar los aumentos de tráfico IPv6, etc.; o sea que no es un puro “greenfield”.

Los despliegues LTE son prácticamente todos Dual Stack. Algunos operadores como SK Telecom⁶ han

6- “Applying IPv6 to LTE Networks”. 6 de mayo de 2015. SK Telekom.

optado por solo IPv6 en la red móvil con técnica de transición para IPv4, disponiendo de Dual Stack en el backbone y de técnicas de transición en la red fija para acceder a sitios que todavía son solo IPv4.

Un asunto a considerar es la disponibilidad de terminales IPv6 en que, si bien se anuncian como compatibles en un porcentaje muy alto de las ofertas del mercado, luego pueden sobrevenir problemas de compatibilidad con la red del operador. Por esa razón los operadores hacen esfuerzos para asegurar esa compatibilidad y poder explotar sus redes IPv6, incluyendo la obligación impuesta a los fabricantes para que produzcan equipos compatibles para poder ser conectados a sus redes.

Adicionalmente, al contrario de lo que sucede con los CPE en las redes cableadas, los terminales móviles son renovados regularmente en plazos cortos por razones del avance tecnológico, por lo que los problemas de estancamiento en equipos obsoletos para IPv6 no suceden en estas redes. A noviembre de 2015 los principales proveedores sobre sistemas operativos Android 4.4 y Windows Phone 8.1 soportan NAT64 CLAT según la RFC 6877. También en el WWDC 2015 de Apple, desarrollado en junio, se anunció que el iOS 9 soportará servicios de redes "IPv6 only" DNS64/NAT64.

Otro aspecto favorable para el despliegue en los operadores móviles es que pueden desarrollar una red solo IPv6 usando la técnica 464XLAT, como se describe en el Anexo II de este trabajo, lo que les permite que las aplicaciones que solo corren en IPv4 sean utilizada por los usuarios, los que a su vez mantienen la cualidad de ser IPv6 nativos. Este tipo de aplicaciones son todavía relevantes en las redes móviles.

El uso de NAT64/DNS64 no es adecuado pues algunas aplicaciones están codificadas para usar direcciones IPv4 en lugar del nombre del dominio, o el móvil no consulta al DNS64. Por ello Apple está anunciando simultáneamente que todas las aplicaciones que se suban a Apple Store deben soportar IPv6.

4.4 Proveedores de contenido

De los 500 principales proveedores de contenido que son accedidos por cada país de la región de LACNIC, del orden del 50% (promedio ponderado por país considerando [usuarios únicos] * [páginas visitadas] de los sitios) son accesibles en IPv6. Sin embargo, si lo que se observa es la preparación de los sitios para IPv6 sin considerar la cantidad de usuarios que los visitan, de forma que un sitio muy popular pesa lo mismo que uno que no lo sea, se observa que no hay un crecimiento importante. Los sitios accesibles con IPv6 se encuentran en el orden de 7 veces menos que los no accesibles, a agosto de 2015. En este caso los costos de despliegue (equipamiento, personal capacitado, etc.)

impactan más fuertemente en los sitios más pequeños debido a los costos fijos. Por otra parte, debido al acceso masivo desde diferentes redes en el mundo, el despliegue es complejo y se entiende que da lugar a problemas propios que deben ser solucionados con la operación en marcha durante bastante tiempo. Los grandes proveedores tienen su propio personal calificado para trabajar en estos problemas, pero los más pequeños no y no pueden encontrarlo en el mercado debido a la escasez de experiencia que existe por el momento. Adicionalmente se suman problemas que pueden provenir de las propias redes o usuarios, dando lugar a una imagen de respuesta pobre cuando en realidad el problema está en otro lado.

Este tipo de dificultades puede ejercer un poder disuasivo para el despliegue de IPv6.

4.5 Redes internas de las empresas

Estas redes ya están preparadas y acostumbradas al uso de NAT. En principio, para ellas una evolución hacia IPv6 implica una inversión en equipamiento que puede no ser necesaria por otros motivos en este momento; y adicionalmente el cambio de protocolo le puede traer problemas de compatibilidad que afecten toda su red, y sus aplicaciones, para adaptar el nuevo protocolo a la infraestructura existente. Especialmente en el caso de las aplicaciones, los problemas y los costos pueden ser elevados.

Los problemas de seguridad pueden también incrementarse al efectuar estos cambios de protocolo a nivel de red.

Se observa que con el desarrollo de la Internet de las Cosas y las aplicaciones en la nube, el IPv6 aparecerá como necesario en las empresas ya que no sería más sustentable hacer crecer la cantidad de direcciones privadas para acompañar esta fuerte demanda, ni que la empresa soporte la creación de subredes, etc. Todo ello representa complicaciones operativas que pueden estimular la migración a IPv6, con lo que se evitaría esa fragmentación de red que aparejaría el IPv4.

4.6 Usuarios finales no empresariales

El comportamiento de los usuarios finales en cuanto al estímulo para que se despliegue IPv6 está estrechamente ligado a lo ya analizado en cuanto a infraestructura de usuario. Al usuario solo le interesa obtener calidad de servicio independientemente de la tecnología, y aquí entra a jugar la infraestructura: CPE, computadoras, software, navegadores, dispositivos, etc., por lo que el cuidado de estos aspectos es esencial en la demanda de IPv6 de los usuarios.

Un problema importante es el de las redes que se apoyan solamente en CGNAT, pues hay aplicaciones que no trabajan detrás de ellos, con lo que los usuarios pueden requerir IPv6 para usarlas, impulsando al proveedor a proveer acceso IPv6. En algunos casos los ISP proveen una dirección global a los clientes que presentan quejas reiteradas.

En otros casos, cuando la compartición aumenta, empiezan a aparecer problemas de enlentecimiento debido a que cada usuario no dispone del número de sesiones simultáneas requeridas para tener una buena calidad de respuesta. Últimamente Facebook y Verizon están manifestando que el uso de CGNAT aumenta el retardo del orden del 15% o más (Facebook ha registrado hasta 40%). Estas cuestiones comienzan a tener visibilidad para los usuarios, la que se estima que aumentará con el correr del tiempo, lo que podría dar lugar a que los usuarios empiecen a percibir, o enterarse de diferencias de calidad, lo que motivaría a los ISP a iniciar e impulsar la transición cuando tengan escasez de direcciones IPv4.

Finalmente, la Internet de las Cosas traerá requerimientos especiales que con seguridad no puedan ser solucionados mediante el uso de CGNAT. La explotación eficiente y eficaz de la Internet de las Cosas depende del uso de IPv6.

4.7 Conclusiones por grupo de agentes

Se resumen acá las principales consideraciones o requerimientos respecto de la visión del despliegue de IPv6 desde diferentes ópticas, y algunos aspectos clave para favorecer el despliegue.

1. Proveedores de infraestructura.

- a. En cuanto a equipos para corporaciones y para el núcleo de red de los proveedores no se presentan dificultades.
- b. Mejorar la compatibilidad de los CPE para redes fijas.
- c. Asegurar la implementación de "Happy Eyeballs" en los navegadores de forma que cuando existe la posibilidad, la conexión se establezca exitosa y prioritariamente sobre IPv6.
- d. En general, procurar que en las redes que permitan el acceso IPv6 éste sea logrado y con calidad.
- e. Mejorar la compatibilidad de los dispositivos electrónicos de consumo, lo que no se observa en forma generalizada. Los usuarios todavía no perciben del todo la ventaja del IPv6, al menos hasta que se empiece a generalizar, por lo que no presionan a los fabricantes para que sus dispositivos sean compatibles IPv6. Ya se

ha comenzado a publicar resultados que muestran que el uso de CGNAT aumenta el retardo del 15% al 40%.

f. La aparición de dispositivos IPv6, o que solo operen con IPv6 (por ejemplo por conexión extremo a extremo), impulsarán también a los proveedores de acceso a despegar IPv6.

g. No parece ser ésta la situación para los televisores en los que ya se observa una tendencia fuerte hacia la compatibilidad.

2. Proveedores cableados de acceso.

a. La situación es muy variada. Su decisión en cuanto a qué camino seguir y con qué intensidad depende del resultado económico que surge de los costos y el beneficio, influido éste por los drivers analizados en la sección "Drivers para la transición".

b. Los análisis para las decisiones sobre la inversión deben ser detallados, y considerar los flujos futuros, los múltiples impactos positivos que provocará y los impactos negativos que evitará.

También deben considerar otros factores como la curva de aprendizaje, las caídas futuras de costos y otros factores vinculados al plazo del despliegue.

c. La sección sobre los Drivers permite visualizar algunos caminos de acciones a desarrollar para favorecer el despliegue.

d. En cualquier caso se observa una predominancia de la técnica Dual Stack con CGNAT.

3. Proveedores móviles de acceso.

Estos operadores tienen dadas las mejores condiciones para el despliegue de IPv6: altas tasas de crecimiento de usuarios de banda ancha, renovación de terminales por sus propios usuarios y con frecuencia alta, reducción de costos marginales por expansión y cambio de tecnologías en las redes, disponibilidad de terminales móviles que soportan 4G/LTE o Dual Stack, entre otras. También en este caso se ha observado una predominancia en la región de la técnica Dual Stack con CGNAT.

4. Proveedores de contenido.

Estos operadores presentan un perfil de estancamiento en el despliegue en cuanto a la cantidad de sitios accesibles en IPv6. Los principales proveedores en términos de promedio ponderado por país ([usuarios únicos] * [páginas visitadas]) de los sitios, han avanzado debido a su capacidad de soportar los costos de despliegue, lo que no sucede para los pequeños y medianos. De todas maneras el impacto en la región

no es por ahora muy importante, frente a otros temas, debido a que del orden del 50% de los sitios, como promedio ponderado por país, son accesibles en IPv6 al igual que en el resto del mundo.

5. Redes internas de las empresas.

En principio, la migración a IPv6 no opera a favor de los resultados de las empresas y sin beneficios perceptibles debido a su acostumbramiento al uso de NAT. Se entiende que no surgirían incentivos hasta que la Internet de las Cosas, quizás combinada con las aplicaciones en la nube, actúe requiriendo una enorme cantidad de direcciones que no sería soportadas por direcciones IPv4 privadas, ni una única red.

6. Usuarios finales no empresariales.

Estos usuarios actúan sobre el despliegue a través de dos vías independientes: por un lado pueden cuestionar el servicio de acceso debido a que se despliega IPv6 pero la infraestructura del usuario no es la adecuada; y por otro lado, si el ISP no despliega IPv6 no tiene acceso a determinadas aplicaciones, o se empobrece su calidad de servicio por enlentecimiento y otros problemas, lo que está comenzando a adquirir visibilidad.

4.8 Conclusiones finales del análisis

El sector se encuentra en una etapa de transición en la cual existen incentivos para mejorar los servicios a través de IPv6; y al mismo tiempo dificultades, incertidumbres y descoordinación involuntaria entre los agentes.

1. El despliegue del protocolo IPv6 es una situación final e ineludible para las redes de Internet en todo el mundo.
2. Por su propio carácter desconcentrado no es posible lograr una coordinación de requerimientos y respuestas, pues éstos se encuentran en general en grupos diferentes de agentes.
3. Cada parte interesada, perteneciente a diferentes grupos, hace sus propias estimaciones económicas, las que incluyen múltiples inputs (caída de costos del equipamiento, mejora en la curva de aprendizaje, etc.) con particular impacto en el futuro.
4. Los drivers de la transición que se analizan en la sección siguiente actúan sobre el análisis económico de los proveedores de acceso.
5. La incertidumbre genera riesgos que se incorporan en los análisis previos a la decisión del despliegue.

6. Entre los inputs de los análisis se debe incluir también la interacción entre los diferentes grupos de agentes. Por ejemplo, las facilidades para el despliegue de las redes móviles IPv6 podrían influir directa (infraestructura compartida) o indirectamente (percepciones de los usuarios de mejor servicio en la banda ancha móvil) en la aceleración del despliegue de redes IPv6 cableadas.

7. La infraestructura de los usuarios juega un papel importante en el desestímulo (o estímulo) del despliegue por parte de los proveedores de acceso.

8. No se observan posibles estímulos sobre el despliegue de los proveedores de contenido, ni de las redes internas de las empresas, los que seguirán un camino mucho más lento y dependiente de múltiples factores como el desarrollo de la Internet de las Cosas, de las operaciones en la nube, requerimientos de los usuarios, etc.

9. La capacitación es un factor esencial en todos estos aspectos.

5 . ASUNTOS ECONÓMICOS DE LA TRANSICIÓN.

La característica principal de la plataforma de Internet en IPv6, y que afecta su adopción, es que es incompatible con la IPv4, por lo que la difusión de IPv6 requiere esencialmente resolver el problema transicional de generar compatibilidad o interoperabilidad mientras se desarrolla la infraestructura IPv6.

Es razonable entonces empezar por identificar los drivers del despliegue y evaluar su poder o requerimientos de esfuerzos. Estos drivers son múltiples, y afectan de distinta manera a los diferentes agentes, dependiendo además de si soportan altas o bajas tasas de crecimiento en el uso de direcciones.

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.

Se destaca que este análisis económico es altamente afectado por el plazo previsto para el despliegue, o la cadencia del despliegue. Si el plazo es largo, hay varios factores que juegan a favor de desplegar IPv6, como se observa luego a través del modelo económico:

1. En primer lugar los costos de los equipos tienden a bajar a medida que aumenta la escala de su producción, la que aumentará con el tiempo considerando los volúmenes pendientes de despliegue. Adicionalmente hay una tendencia a la caída de costos de los equipos electrónicos en general.
2. Los equipos existentes van llegando al fin de la vida útil por lo que al ser sustituidos ya lo hacen por equipos IPv6, sin incurrir en sustituciones adelantadas.
3. El proveedor avanza en la curva de aprendizaje logrando reducir costos al optimizar los procesos y reducir errores de diseño, instalación, operación y mantenimiento y demás. El aprendizaje lo aplicará en un volumen mayor de equipamiento y de clientes, siendo mayor el impacto.
4. Por lo anterior es también importante el inicio temprano del proceso de transición cuya primera fase es el relevamiento de la situación corriente para el despliegue de IPv6.

En el proceso de análisis del resultado económico existen consideraciones importantes a hacer para la toma de decisión. Estas consideraciones se presentan en los drivers de la transición, que pueden actuar directa o indirectamente sobre las consideraciones económicas mencionadas.

5.1 Drivers de la transición

Se describen algunos de los más conocidos drivers y su impacto en el despliegue de IPv6.

5.1.1 Escasez de direcciones IPv4

El principal driver para transitar de una plataforma IPv4 a una IPv6 es la creciente escasez de direcciones IPv4 requeridas por los avances en los servicios, la cantidad de usuarios y el empleo en aplicaciones masivas como la Internet de las Cosas, entre otras. Si bien existen técnicas para reducir la presión de la necesidad de direcciones IPv4, la mayoría de estas técnicas se basan principalmente en la compartición de direcciones entre varios usuarios. Aparte de que esta línea evolutiva también tiene una vida finita, empobrece la calidad de la Internet desde múltiples puntos de vista, como ya se ha visto.

Estos problemas relativos a la pura compartición de direcciones han llevado al comienzo del necesario despliegue de IPv6, aunque sometido principalmente a que, aunque los costos de su implementación no sean muy altos, los beneficios económicos cuantificables tienen cierta incertidumbre y se producirán en el futuro, propiciando en algunos sectores una actitud de “sentarse y esperar” aun sabiendo que el futuro pasa por redes IPv6 completas.

5.1.2 Efectos de red

Los efectos de red se manifiestan a través del valor que aporta cada nuevo usuario de una red al resto, y que en conjunto favorecen el desarrollo de redes a medida que

aumentan sus adherentes. Un ejemplo típico y actual es el que se produce en las redes móviles cuando en determinadas circunstancias económicas las redes mayores tienden a ser más grandes aún, constituyendo lo que se denomina el “efecto club”. Los usuarios del servicio móvil perciben el valor que proveen los demás usuarios conectados a una red y eso los lleva a hacer lo mismo. Este enfoque para observar los drivers para el desarrollo de las redes IPv6, no da resultados positivos como incentivo para su adopción, ya que no se manifiesta nítidamente en las redes IPv6. La principal razón es que es una red descentralizada en que cada una de las etapas principales de la cadena de valor (núcleo de red, red de acceso y servidores de contenidos y aplicaciones) no tienen efectos fuertes sobre las otras, y dentro de cada etapa prácticamente no existen efectos de red.

A través de la red de Internet se genera un mercado multilateral, y principalmente bilateral entre usuarios y proveedores de contenido. Este mercado se desarrolla claramente cuando los CDN (Content Delivery Networks) se acercan a los usuarios finales, y los proveedores están en condiciones de cobrar a ambos grupos de usuarios adoptando políticas de trabajo en mercados multilaterales. Los mercados multilaterales involucran al menos dos grupos de agentes que interactúan entre ellos a través de intermediarios, llamados “plataformas”, en este caso los proveedores, y de tal manera que el beneficio de uno de los grupos para unirse a la plataforma depende del tamaño de los demás grupos que la integran. De esta manera aparecen los efectos indirectos de red por la aparición de los CDN que son requeridos por los usuarios.

La disparidad de valores de los indicadores principales de despliegue de IPv6 que se analizaron en el proceso de elaboración de un indicador conglobado LACNIC/CAF ICAv6, parece estar mostrando que pueden haber avances importantes en el despliegue en los servidores de contenidos y aplicaciones, o en el núcleo de la red, pero no en las redes de acceso. En efecto, en la región de LACNIC mientras que en el indicador de Usuarios (red de acceso) se observan, salvo en cuatro países, valores menores al 1% en los indicadores de Contenido (servidores de contenido y aplicaciones) y de tránsito (núcleo de red) se observan valores promedio del orden del 50%.

Por ello se concluye que los efectos de red, tanto directos como indirectos, son bajos o nulos.

5.1.3 Acciones de grandes jugadores en IPv6

Otro mecanismo para el desarrollo tecnológico en general es que jugadores grandes de la industria

adopten una determinada tecnología. Un fenómeno de este tipo en la industria de las telecomunicaciones se dio cuando se daba inicio al despliegue de 4G.

Hasta 2008 existía la posibilidad de desarrollar las redes móviles de banda ancha siguiendo dos grupos de estándares que gestionaban las organizaciones 3GPP (GSM, EDGE, UMTS, HSPA, LTE) y 3GPP2 (CDMA2000 1x RTT, CDMA2000 1xEV-DO, CDMA2000 1xEV-DV, UMB), aparte del WiMax con menos posibilidades. Todas ellas siendo consideradas por la UIT. En esa fecha la noticia inesperada de Verizon Wireless en EEUU, de abandonar la línea 3GPP2 en cuanto a desplegar LTE en lugar de UMB en 2009, en las nuevas bandas que compró en 700 MHz, definió el predominio de la tecnología LTE frente a la UMB del 3GPP2 y un aceleramiento del despliegue mundial de LTE cuando todavía se consideraba que no habría terminales hasta 2010. Hoy LTE es el estándar de facto para las tecnologías 4G y la base de la evolución hacia 5G.

En el despliegue de IPv6, lo han hecho los grandes jugadores de contenidos como Google, Akamai, Facebook y otros destacados. Sin embargo no alcanzó para propiciar el despliegue en las redes de acceso debido a la aún escasa percepción por parte de los usuarios, y el no uso publicitario por parte de los pocos ISP que han desplegado IPv6.

Se entiende que si los grandes proveedores de cada país comienzan el despliegue de IPv6 en sus redes de acceso, debido a las ventajas inherentes a esta tecnología, generarán un efecto positivo para el despliegue de los demás proveedores. Este es un efecto a nivel de cada país. Por ello es importante que los operadores líderes en cada país comiencen a desplegar IPv6, que aparte de mejorar la calidad del servicio de acceso a Internet mejora la ecuación económica en condiciones de alto crecimiento, para generar el estímulo a la difusión de IPv6. Los gobiernos podrían favorecer estas acciones con estímulos fiscales por plazos o montos predefinidos: por ejemplo, exonerando de impuestos la importación de equipos compatibles IPv6 durante un período de cierta cantidad de años, o permitiendo la deducción de impuestos por las inversiones realizadas en equipamiento IPv6.

También los usuarios gubernamentales, como parte de una política de despliegue de IPv6 a nivel nacional, pueden impulsar la difusión imponiendo la condición de la compatibilidad IPv6 en sus compras de equipos y sistemas, e inclusive que los proveedores de acceso permitan operar en IPv6 en forma nativa. En este sentido los gobiernos juegan un papel muy importante en la difusión.

Igualmente las acciones de capacitación siguen siendo importantes aparte de las acciones sobre las instituciones gubernamentales.

5.1.4 Mejoras de experiencia del usuario

El mantener una red usando el protocolo IPv4, que todavía es una opción técnicamente operativa, implica agregar progresivamente inconvenientes a los usuarios, entre ellos la imposibilidad de abrir todas las aplicaciones simultáneas deseadas por falta de puertos con la misma dirección, aumentar los retardos, estar sujeto a mayor incidencia de faltas, no disponer de direcciones públicas para la red interna que permita aplicaciones y que favorezca el desarrollo de la Internet de las Cosas, etc.

5.1.5 Acciones gubernamentales

En la situación de múltiples agentes interactuando con estímulos a veces contradictorios en cuanto a cuándo desplegar IPv6, las acciones gubernamentales juegan un papel fuerte en la definición, principalmente influyendo en el momento adecuado para el despliegue.

Se observan en principio las siguientes acciones gubernamentales.

1. Desplegar IPv6 en las instituciones gubernamentales, educativas públicas, de investigación y otras, procurando la mayor uniformidad. Por su tamaño, estas instituciones pueden funcionar como importantes estímulos al despliegue por parte de los proveedores.
2. Exonerar de impuestos o brindar otro tipo de incentivos fiscales limitados en el tiempo para todas las inversiones que impliquen caminos de migración hacia IPv6.
3. Coordinar con los proveedores de acceso y de equipamiento las acciones de homologación de equipamiento compatible IPv6 a nivel de los usuarios.

5.1.6 Resumen de los drivers

1. ↑↑ Creciente escasez de direcciones IPv4 e inconvenientes con las técnicas iniciales de compartición de direcciones.
2. ↓ Los beneficios de migrar a IPv6 son ciertos, pero inciertos en el tiempo. No hay una ecuación clara para la urgencia.
3. ↑↓ Bajos o nulos efectos de red directos e indirectos.
4. ↑↑ Despliegue de IPv6 en las redes de acceso de los principales proveedores de cada país. Impulso a través

de exenciones tributarias limitadas en el tiempo o en el monto.

5. ↑↑ Despliegue de IPv6 en las redes de los usuarios gubernamentales a través de lineamientos y políticas en las compras públicas.
6. ↑↑ Mejoras en la experiencia del usuario cuando usa IPv6 nativo.
7. ↑↑ Homologación de equipos a nivel de usuarios.

5.2 Comentarios generales sobre los aspectos económicos

Se analizan en este trabajo los distintos aspectos sobre la transición hacia IPv6, tecnologías, visión de los agentes, drivers, interacción entre los agentes, estado de la evolución en las distintas etapas de la cadena de valor, ventajas e inconvenientes, factores que intervienen en las decisiones, e indicadores clave de desarrollo y el indicador conglobado LACNIC/CAF ICAv6.

En esta sección se verán más detalles sobre los aspectos económicos involucrados.

Como en cualquier nueva tecnología, en las etapas iniciales de su despliegue es difícil disponer de información cierta, detallada y de varias fuentes confiables sobre los costos y beneficios involucrados. Un estudio detallado implica conocer no solamente la inversión inicial fija y variable con la cantidad de usuarios, y los costos de operación y mantenimiento, sino también los costos relativos a capacitación, contratación de servicios especiales, avances en la curva de aprendizaje, impacto positivo y negativo sobre la demanda, entre otros. Estos costos suelen ser importantes en las etapas iniciales principalmente porque dependen del tipo de organización, su etapa de desarrollo, la existencia o no de personal capacitado y conocimiento en la institución y en el mercado, soporte de los proveedores, etc. Adicionalmente, muchos de estos costos pueden variar dependiendo de las acciones que tomen otros agentes en la cadena de valor.

Esta situación, incluyendo los procedimientos a seguir para intentar evaluar los aspectos económicos, es reconocida también en documentos recientes como el informe aprobado por el Comité de Políticas de la Economía Digital de la OECD⁷ en octubre de 2014.

Este documento hace referencia en varias oportunidades, a su vez, a las estimaciones de costos realizadas por Lee Howard, Director de Tecnologías de Red de Time Warner Cable de los EEUU, quien también deja constancia expresa a las dificultades encontradas para estimar costos en los despliegues de CGNAT e IPv6.

7 OECD (2014), "The Economics of Transition to Internet Protocol version 6 (IPv6)", OECD Digital Economy Papers, No. 244, OECD Publishing.

En este documento, como se describe más adelante, el consultor avanza en este trabajo de evaluación económica de alternativas elaborando un modelo que recoge los principales costos y los procedimientos de evaluación incluyendo una visión prospectiva y del efecto del tiempo a través de la Tasa de Oportunidad del Capital. No se busca determinar la rentabilidad debido a la forma limitada en que pueden cambiar los ingresos.

Se entiende que lo que importa, a la hora de la decisión sobre el despliegue de IPv6 y su oportunidad, es determinar solamente la alternativa que produce menos costo sobre la base del Valor Presente Neto, y de esta manera opera el modelo. En cuanto a los costos empleados, los mismos se han parametrizados para que cada usuario del modelo pueda ajustarlo a su situación, que es variable de acuerdo a lo mencionado. Igualmente los valores incluidos inicialmente en el modelo surgen de múltiples fuentes y entrevistas realizadas.

Por ejemplo, el documento de la OECD indica lo siguiente en su sección “Visión general de los beneficios y costos para diferentes agentes dentro de la plataforma”:

“Un tema común de esta sección es la dificultad de obtener datos sólidos para cada actor sobre los costos y beneficios del despliegue. En lugar de proveer dichas estimaciones, el documento busca aquí describir algunos factores institucionales que influyen en los costos y beneficios del despliegue (y por tanto a través del modelo probit, informar sobre el entendimiento de las decisiones de adopción) para diferentes agentes en la plataforma”.

Con respecto a los proveedores de acceso (ISP), indica lo siguiente:

“La rentabilidad de la adopción de IPv6 comparada con otras alternativas ha sido investigada probablemente más extensivamente para los operadores de red que para otros grupos en la plataforma (por ejemplo, Howard 2013; Chandler 2012, 2013). Sin embargo todavía es muy difícil obtener datos sólidos. Como es común en cualquier despliegue de tecnologías de la información, la rentabilidad de la adopción de nuevas tecnologías es muy incierta de la adopción. Este es particularmente el caso de IPv6, donde la rentabilidad depende en forma muy complicada en las decisiones de otros agentes en el ecosistema. ... Más aún, como se ha indicado arriba, hay un amplio espectro de enfoques para desplegar IPv6, y los costos y beneficios de las diferentes estrategias de despliegue dependen en una forma muy significativa de las inversiones en infraestructuras heredadas. Por tanto, es muy difícil la estimación ex ante de los costos de despliegue en una situación particular”.

5.3 Antecedente de evaluación de alternativas

En esta sección se presentan los resultados del trabajo de relevamiento de información de Lee Howard⁸, que aun

advirtiendo él mismo la falta de precisión en los datos que le fueron aportados, hace una evaluación simple de diferentes alternativas frente al agotamiento de las direcciones IPv4, e incluye costos de los proveedores de contenido.

De cualquier manera es un antecedente importante que significa un primer esfuerzo de cuantificar los costos de las alternativas frente a la escasez de direcciones IPv4, y fijar la atención sobre los factores principales a considerar a la hora de la toma de decisiones.

Si bien los resultados que se presentan no son precisos, dan una idea inicial del impacto de los costos particulares sobre los costos totales. Por supuesto que un costeo con fines de la toma de decisiones debe considerar otros múltiples factores ya analizados, así como el efecto del tiempo y el costo de oportunidad del capital.

En la descripción del modelo desarrollado por el consultor se validan algunos costos importantes, como los del CGNAT o los CPE, a partir de las reuniones mantenidas con los ISP, y se avanza con un modelo que toma en cuenta el valor presente de las acciones futuras.

5.3.1 Despliegue de CGNAT

El uso de los CGNAT aparece como necesario en varias situaciones de transición hacia IPv6, o cuando el operador resuelve mantener su red operando en IPv4.

Una alternativa es comprar direcciones IPv4, lo que resulta adecuado en algunas situaciones, inclusive en conjunto con el despliegue de CGNAT.

En esta sección se ve este análisis simple⁹ pero adecuado a las dificultades de extraer la información de casos reales, que puede servir de referencia para la

8- <https://www.youtube.com/watch?v=iHIQ55cR-w> en LACNIC 21. Mayo de 2014

9- Lee Howard. Internet Access Pricing in a Post-IPv4 Runout World. Time Warner Cable

evaluación de la decisión a tomar, en cuanto conocer el costo de desplegar CGNAT y comprar direcciones IPv4.

La idea de este análisis es dar una primera aproximación al estudio económico de la migración a través CGNAT.

El análisis se basa en un módulo de 10.000 usuarios iniciales a los cuales se les estudia para ver los costos.

En primer lugar analiza los efectos indeseables de la introducción de CGNAT en cuanto a fallas y reclamos relativos a aplicaciones. Considera cuatro grupos principales que al momento de realizar el estudio presentaban problemas en los bancos de prueba de CGNAT. En cuanto al PS3 éste presenta problemas con CGNAT, e inclusive se están reportando problemas de usar PS4 con muchos juegos multi participantes si no se puede acceder en IPv4 pública. Con relación al P2P como una regla básica suele ser que los "downloaders (leeches)" sean a la vez "Uploaders (seeders)", al menos en una relación aceptable, si el equipo del cliente está

detrás de un NAT, éste no es visible desde la Internet y tendrá problemas con la operación del P2P. Con Netflix, cuando varios clientes que usan la misma IPv4 descargan videos, suelen suceder problemas. Analizando esta situación se hace una estimación de llamadas al centro de soporte y de clientes que se desconectan debido a estos problemas. Los clientes potenciales cada 10.000 clientes del proveedor surgen de estadísticas de ventas de equipos y servicios. Los efectos negativos del CGNAT sobre los costos en los países de la región son sensiblemente menores que los analizados en este caso, tanto en los porcentajes de incidencias como en los ARPU, por lo que en el modelo desarrollado por el consultor se han introducido valores iniciales adecuados a la región que resultan en menores costos de la alternativa de CGNAT.

Se tiene este resumen de % de fallas de calidad de las aplicaciones por causa de los CGNAT, llamadas al Call Center y desconexiones para los supuestos realizados.

| Uso | Numero de usuarios potenciales s/ventas | Porcentaje afectado | Cantidad de afectados | % de reclamos al Call Center | Cantidad de llamadas al Call Center | % que cancela el servicio | Cantidad de usuarios perdidos |
|---------|---|---------------------|-----------------------|------------------------------|-------------------------------------|---------------------------|-------------------------------|
| PS3 | 1100 | 50% | 550 | 25% | 137 | 25% | 137,5 |
| P2P | 1500 | 80% | 1200 | 25% | 300 | 25% | 300 |
| Netflix | 1200 | 5% | 60 | 25% | 15 | 25% | 15 |
| Misc. | 800 | 100% | 800 | 25% | 200 | 25% | 200 |
| | 4.600 | | 2.610 | | 652 | | 652,5 |

En cuanto al costo de CGNAT por cada 10.000 clientes, los costos de las llamadas y la pérdida de clientes del proveedor se estiman en:

| | |
|---|------------|
| Costo del CGNAT | \$ 70.000 |
| Costo de los sistemas de registro | \$ 10.000 |
| Desarrollo de software | \$ 10.000 |
| CAPEX total del CGNAT | \$ 90.000 |
| | |
| OPEX anual: espacio, potencia, acondicionamiento, personal, etc. | \$ 10.000 |
| OPEX por única vez por 652 llamadas a \$20 cada una | \$13.040 |
| | |
| Ingresos perdidos para un ARPU anual de \$400 y 652 clientes pedidos | \$ 260.800 |

La siguiente tabla resume los principales rubros de costos sin considerar el efecto del tiempo ni del costo del capital.

| Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 | |
|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------|----------------------|
| \$18.000 | \$18.000 | \$18.000 | \$18.000 | \$18.000 | CAPEX (depreciación) |
| \$10.000 | \$10.000 | \$10.000 | \$10.000 | \$10.000 | OPEX |
| \$13.040 | 0 | 0 | 0 | 0 | Soporte al cliente |
| \$261.000 | \$261.000 | \$261.000 | \$261.000 | \$261.000 | Ingreso perdido |
| \$302.040 | \$289.000 | \$289.000 | \$289.000 | \$289.000 | Totales anuales |
| | | | | TOTAL | \$1.458.040 |

Por tanto el costo de la implantación de CGNAT por cliente y por año, para 10.000 clientes es \$ 29.

5.3.2 Costo estimado del Dual Stack

Para el análisis de los costos de desplegar IPv6 y establecer una red Dual Stack, así como de los costos operativos, Lee Howard consultó a una importante cantidad de expertos, algunos redactores de documentos de IETF, ejecutivos de empresas, etc., acerca del costo de desplegar IPv6. Realizó las estimaciones para tres grupos: proveedores de contenido, proveedores de acceso (ISP) y electrónica de consumo.

Se entiende que estos costos son máximos (así se estimaron) para Dual Stack, y además se pueden reducir: 1. empezando el despliegue de IPv6 rápidamente para diluir en el tiempo los costos del despliegue inicial, y 2. ir eliminando IPv4 tan pronto se pueda, y lo soporten los clientes, para reducir el costo de soportar dos protocolos.

Costo del despliegue del Dual Stack

Respecto de los proveedores de contenido, data center y hosting, Lee Howard no ha obtenido información precisa sino % sobre ingresos, o valores similares. A partir de allí ha realizado estimaciones promedio de ingresos anuales por usuario (\$40) y obtiene los valores que se observan en la tabla siguiente para los costos de despliegue (\$1 + \$6). Se encuentran separados los costos por usuario para el desarrollo de las aplicaciones y para los sistemas de supervisión y seguridad.

En cuanto a los ISP, el costo mayor es el de los CPE, ya que implica ir a la casa del cliente aparte de suministrar el equipo. En sus consultas con ISP ha obtenido valores de \$30 a \$90, por lo que asume un costo de \$50 por CPE sustituido. Por otra parte supone que, debido a que los CPE son de reciente fabricación en una amplia

proporción, solo el 50% debería ser sustituido. Se hace referencia en este caso a los proveedores de acceso fijos no HFC.

Es de hacer notar que en la región de LACNIC no es ésta la situación, por lo que el % de sustitución será sensiblemente mayor y en general cerca del 100%. Por otra parte, es distinta la situación de los proveedores de acceso fijos de los móviles y de los que usan redes híbridas de fibra y cable (HFC). En cuanto a los móviles ya se vieron las alternativas y la situación particular en cuanto a cómo realizar la transición, en un ambiente en que quien compra el terminal es el cliente. Respecto de los HFC la situación es más compleja ya que se deben sustituir sin duda el Cable Módem, el sistema central de módems CMTS y el sistema de gestión. En cuanto a los costos de los CPE se han determinado valores menores durante las entrevistas, los que fueron promediados e incluidos como valores iniciales en el modelo desarrollado en este trabajo.

Adicionalmente a este costo por una sola vez es necesario agregar el costo de entrenamiento a razón de \$150 (2 – 3 horas) por persona de soporte del NOC, para dar soporte a 1.000 clientes. O sea \$ 0,15 por cliente.

Finalmente en cuanto a los costos de desplegar IPv6 en los equipos de consumo, su estimación de cantidad de personas – año para que por ejemplo 1.000.000 de teléfonos soporten IPv6, da un costo de \$ 0,30 por equipo.

El costo inicial del despliegue es el siguiente:

| | | |
|--|-------------------------------------|-------------------------|
| Operadores de contenido, hosting y Data Center | Sistemas de supervisión y seguridad | \$ 1 por usuario |
| | Desarrollo de aplicaciones | \$ 6 por usuario |
| ISP | Entrenamiento en el NOC | \$ 0,15 por cliente |
| | CPE | \$ 25 por cliente |
| Electrónica de consumo | Trabajo de desarrollo | \$ 0,30 por dispositivo |

Costo recurrente de la operación del Dual Stack

Analizando los casos de los proveedores de contenido, hosting y Data Centers, llega a las siguientes conclusiones:

Para el despliegue el costo del desarrollo de aplicaciones es \$ 6 ya que es un porcentaje de 10 – 30% del costo de R&D de las empresas según la información disponible.

Para el costo recurrente de Desarrollo admite los mismos porcentajes y valores llegando a \$ 6 por año y por usuario (PAPU). Para el caso particular del hosting este valor es mucho menor debido a que estos operadores no requieren desarrollos de aplicaciones sino solamente lo necesario para que funcione correctamente el hosting.

Respecto del costo

de Operación asume que el IPv6 incrementa solamente entre 1% y 5% la parte del costo de Operación y Mantenimiento que puede ser afectado por IPv6, el que

a su vez estima que es el 20% del OPEX total, lo que es lógico considerando solo los costos marginales, por lo que llega a \$ 0,08 PAPU.

Con relación a los proveedores de acceso, entiende que tiene los siguientes costos anuales:

1. Costos de ingeniería de red, incluyendo tests de ruteadores y otros equipos a desplegar. Estima un costo extra de 10% de esfuerzo de test relacionado a IPv6 en los equipos antes de su despliegue. Además estima un incremento de 5% en el OPEX debido a la Ingeniería de Red. El total sería \$ 6,40 PAPU.

2. Los costos de operación son muy bajos y están relacionados al soporte a través de llamadas y demás. Estima \$ 0,25 - \$ 1,27 PAPU.

Costos totales de despliegue del Dual Stack

El resumen de los costos anteriores es el siguiente:

| | Costos de despliegue | Costos recurrentes de operación |
|---|-------------------------|---------------------------------|
| Proveedores de contenido, hosting y Data Center | \$ 7 por usuario | \$ 6,08 por año y por usuario |
| Proveedores de acceso (ISP) | \$ 25,15 por cliente | \$ 7,50 por año y por cliente |
| Electrónica de consumo | \$ 0,30 por dispositivo | \$ 0 por dispositivo |

5.3.3 Costo de las direcciones IPv4

Una alternativa, tampoco definitiva, es comprar direcciones IPv4 para ir soportando el crecimiento de clientes. Se analiza en esta sección el costo que esto implica.

La siguiente tabla resume los costos por cada dirección IPv4, clasificadas por el tipo. Los valores más precisos son las de los Tipos 0 y 1. El tipo depende de cómo se encuentre utilizada la dirección antes de su venta.

| Tipos | Características de la dirección | Costo por dirección | Disponibilidad a mayo de 2014 |
|--------|---|---------------------|-------------------------------------|
| Tipo 0 | Espacio disponible en los RIR | \$ 0,03 – \$ 4 | 74.000.000 (LACNIC, ARIN y AFRINIC) |
| Tipo 1 | No usadas. Bloques grandes apenas usados o bloques no usados en absoluto. | \$ 9 – \$ 12 | 480.000.000 |
| Tipo 2 | Subutilizadas. Implica reasignación interna agrupando direcciones. | \$ 10 – \$ 16 | 520.000.000 |
| Tipo 3 | Sustituibles | > \$ 100 | Todas las direcciones |

De acuerdo a la demanda esperada se tiene esta situación.

| | 2015 | 2016 | 2017 |
|------------------------------|--------------|---------------|-------|
| Demanda estimada. | 310 M | 330 M | 350 M |
| Oferta. No usadas. | 100 M | 0 | 0 |
| Oferta. Subutilizadas | 520 M | 290 M | 0 |
| Costo | \$ 9 – \$ 16 | \$ 16 – \$ 20 | \$ ¿? |

5.4 Resumen de los costos¹⁰.

1. CGNAT: \$ 29 por cliente y por año.
2. Dual Stack:
 - a. ISP: \$ 12,50 por cliente y por año (\$ 25 en 5 años y \$ 7,50 de operación por año).
 - b. Proveedores de contenido: \$ 7,48 por usuario y por año (\$ 7 en 5 años y \$ 6,08 de operación).
3. Compra de direcciones IPv4: Al menos \$ 9 – 20 por cada nuevo cliente, al menos hasta 2017. Luego los costos por dirección podrían seguir subiendo.

10- Se han realizado ajustes para incluir todos los costos.

6 . MODELO ECONÓMICO DE COMPARACIÓN DE ALTERNATIVAS DE TRANSICIÓN

Se presenta en esta sección el modelo económico de alternativas, diseñado principal pero no exclusivamente para ISP fijos, que permite evaluar los costos incrementales de tres soluciones básicas para enfrentar la escasez de direcciones IPv4. El objetivo es proveer una cuantificación de los costos en los que se incurre cuando se opta por cada alternativa evaluada, tomando en consideración todos los factores incrementales y el efecto del tiempo y de la tasa de oportunidad del capital. No incluye el análisis de ingresos ni costos, gastos e inversiones que no sean incrementales con el despliegue del protocolo IPv6 o las soluciones para soportar la escasez de direcciones IPv4.

Es posible el empleo del modelo para un ISP móvil, o de una red fija HFC, ajustando los costos principales de acuerdo a su red y la técnica empleada.

El modelo está altamente parametrizado de forma de permitir su adaptación a situaciones distintas. Por ejemplo permite cambiar la cantidad de clientes, las tasas de crecimiento, la estrategia de despliegue de CPE, variaciones futuras de precios, entre otros.

El mecanismo básico de comparación de alternativas es a través del cálculo del Valor Presente Neto (VPN) del flujo de costos, gastos, pérdida de ingresos e inversiones con una Tasa de Oportunidad del Capital parametrizada. De esta manera se puede comparar en una forma simple el efecto económico futuro de la toma de decisiones de cada alternativa a adoptar.

6.1 Alternativas

Se han adoptado las tres alternativas siguientes que se entienden básicas para la toma de decisión desde el punto de vista económico, y para considerar su aplicación a partir del momento en que se agoten las direcciones IPv4 del ISP.

Mientras el ISP tenga direcciones IPv4 suficientes para su crecimiento puede optar por no iniciar ninguna de estas acciones hasta tanto no se le agoten. En cualquier caso las mejores prácticas indican que es conveniente no solamente prepararse anticipadamente para el agotamiento, sino que además es conveniente iniciar la transición en el core, la distribución y otras áreas en las que la diferencia de costo entre la sustitución de equipos o software por solo IPv4 o por Dual Stack no es relevante. Análisis más detallados sobre las acciones de los ISP y las mejores prácticas se observan en otras secciones de este documento.

Por otra parte ya hay operadores que comienzan a preocuparse por el hecho de que comiencen a aparecer sitios que sean solo IPv6.

1. Alternativa 1. Desplegar una técnica de transición a IPv6, buscando al mismo tiempo la compatibilidad con aplicaciones y servidores que solo soportan IPv4. Se usa la técnica de Dual Stack con CGNAT, que es la más empleada en la región, aunque el modelo sirve para otras técnicas. De esta manera la red opera en IPv6 en todos los contenidos y aplicaciones que soportan este protocolo, y se usa IPv4 donde es necesario. Esta alternativa no requiere de crecimiento en la cantidad de direcciones IPv4, y la compartición opera de la misma forma que para la alternativa de usar solamente CGNAT44. Sin embargo, no tiene los mismos efectos negativos que la técnica basada solamente en CGNAT44 ya que una menor cantidad de aplicaciones de los usuarios va a usar direcciones compartidas. Como ya se vio en este documento, todas las aplicaciones que pueden correr en IPv6 y aquellas que no operan atrás del CGNAT, irán por la ruta IPv6 nativa, y por otra parte habrá menos uso de puertos por usuario y dirección compartida, por lo que tampoco se reduce el efecto sobre las aplicaciones por causa de las limitaciones en la cantidad de puertos abiertos simultáneamente.

2. Alternativa 2. Desplegar la técnica de CGNAT44, o continuar desplegándola, y compartir direcciones IPv4 a nivel del prestador del servicio. En este caso no se despliega IPv6 en la red. Tanto la red del proveedor como los clientes se mantienen con equipamiento solo IPv4. En esta alternativa surgen costos y pérdidas derivadas de los problemas de operación detrás del CGNAT y de la limitación en la cantidad de puertos permitidos por dirección IPv4.

3. Alternativa 3. Comprar direcciones IPv4 para soportar el crecimiento de la cantidad de clientes sin compartir direcciones. Ésta puede ser una alternativa válida para los casos en que exista un bajo crecimiento y representa la posición de “sentarse y esperar”. Como ya se indicó, igualmente existe el inconveniente, al igual que en la alternativa anterior, de que comiencen a ser desplegados servicios prestados sobre Internet que sean solo IPv6, con lo que ambas alternativas podrían generar problemas futuros irresolubles.

6.2 Descripción del modelo

Este modelo económico necesario para la toma de decisiones es simple y directo en su estructura

conceptual. Las dificultades determinantes de la calidad de los resultados provistos por el modelo dependen, como siempre sucede, de la solidez de los datos de base y del análisis técnico y comercial de los drivers y demás factores que inciden en él. El modelo que se presenta ya contiene los elementos básicos del análisis completo y detallado.

Se describen los principales aspectos generales y de cada alternativa.

6.2.1 Aspectos generales

Se consideran los siguientes parámetros y supuestos generales:

1. El período de evaluación es de 5 años, lo que se entiende suficiente debido a la evolución del despliegue de IPv6 que puede producir grandes cambios en pocos años. Por ejemplo es muy posible que en ese plazo comiencen a aparecer sitios que sean solo IPv6.

2. A los efectos de la sustitución de los CPE el modelo presenta dos facilidades:

a. Para la migración de los CPE hacia CPE Dual Stack, que es la alternativa 1, el modelo considera la inversión necesaria en la sustitución por obsolescencia de CPE solo IPv4 por Dual Stack, más la inversión correspondiente a la atención de los nuevos clientes con CPE Dual Stack. Para la sustitución de los CPE IPv4 el modelo permite establecer libremente los años durante los cuales se desea hacer la sustitución desde el primer año. Acepta años enteros o fracciones.

b. Para la sustitución de los CPE IPv4 por otros IPv4, que es la Alternativa 2 de CGNAT solo, la vida útil se puede cambiar de 5 años en adelante.

3. Para los costos de los CPE el modelo permite cargar los valores de los CPE IPv4 y de los Dual Stack en el año 1, y adicionalmente permite establecer la caída estimada anual de precios de los CPE, así como la caída de la diferencia de precios entre ambos tipos de CPE hasta un máximo de 20% (cinco años para la igualación de precios).

4. La salida principal es el VPN (Valor Presente Neto) del flujo de inversiones y costos y gastos y pérdidas incrementales para cada alternativa.

5. Para las alternativas 2 y 3 pueden existir inversiones ya efectuadas con capacidad residual para atender el crecimiento de los clientes. Éstas son consideradas en el modelo en la línea "Idem pero ya atendidos con direcciones IPv4, y CGNAT con la cantidad de sesiones de diseño".

6. No se incluyen en el modelo las inversiones en el core y en la red de distribución ya que ellas son prácticamente iguales para solo IPv4 que para Dual Stack, y el modelo determina solamente los costos incrementales que permiten definir la alternativa a seguir. O sea que la inclusión de estas inversiones en el modelo no cambian la posición relativa de las alternativas en cuanto al VPN que calcula el modelo.

7. No se considera el caso de inversiones ya realizadas en CPE Dual Stack debido a que en ese caso la decisión ya habría sido tomada hacia la migración a IPv6 y el uso del modelo es irrelevante para este caso.

8. Las hojas II y III, de datos básicos y datos de costos, permiten modificar y agregar o desagregar conceptos para luego tomarlos en consideración en el cálculo final.

9. Se denominan clientes a aquellas personas conectadas directamente (CPE) a la red del proveedor.

10. Se llaman usuarios a aquellas personas conectadas al proveedor detrás de los CPE.

11. Cuando se considera la cantidad total de clientes atendidos con CGNAT en el instante inicial se consideran los casos de las alternativas 1 y 2, ya que se entiende que se está evaluando si se sigue con CGNAT solamente o se inicia el despliegue de IPv6 y manteniendo el uso de CGNAT. Para ambos casos si ya existe capacidad de CGNAT ésta es descontada de los requerimientos de crecimiento del NAT.

12. Se considera que el % de reducción del uso de sesiones en los CGNAT, cuando se usa simultáneamente IPv6, es igual al complemento del indicador CONT (% de sitios accesibles en IPv6). Al 18 de noviembre el promedio de la región LACNIC del indicador CONT es 50,77%, por lo que se considera que el uso de IPv6 reduce el requerimiento mínimo de sesiones al 49,23% de las necesarias si se usa solo CGNAT. Este valor es un parámetro que es posible cambiar en el modelo.

13. Se aplica la reducción de sesiones de los CGNAT, al introducir IPv6, solo a los clientes que tienen IPv6. Por tanto la cantidad de sesiones que es necesario tener disponibles cada año es igual a la cantidad de sesiones (reducidas por el tráfico que se va por IPv6) para los clientes Dual Stack, más la cantidad de sesiones de quienes todavía son solo IPv4 con CGNAT, es decir, la cantidad total de clientes menos los que ya tienen CPE Dual Stack. En la "Mínima cantidad total incremental de sesiones de diseño del CGNAT" del modelo se le resta a las cantidades de sesiones de cada año, aquellas que estaban instaladas para atender a los clientes que usaban CGNAT en el instante 0, a los efectos de calcular luego directamente las inversiones incrementales necesarias.

14. Se observa que en algunas condiciones de los parámetros de entrada en un año se puede necesitar menos sesiones que en el anterior, por lo que no es necesario realizar más inversiones en CGNAT. En ese caso en la Hoja de “Flujos de Activos y Gastos” la inversión incremental en CGNAT será 0.

15. De acuerdo a lo analizado en la sección “Uso de NAT” en cuanto al efecto de la reducción de las sesiones sobre la calidad del servicio, en el panel de control se efectúa un supuesto de una cantidad mínima de 1.000 sesiones por usuario. Al mismo tiempo se supone que el 30% están activos en la hora pico y que hay un promedio de 3 usuarios por CPE. Estos valores están parametrizados en el modelo.

16. En cuanto al costo del CGNAT, en el modelo se ha cargado el supuesto de costos que surge de al menos cuatro fuentes independientes con las cuales se hicieron entrevistas. Los costos del CGNAT se cargan en el modelo en proporción al número de sesiones requeridas. En la realidad las compras son modulares, por lo que para obtener valores más exactos es necesario usar en la carga de costos la modularidad que corresponda en cada caso. Se usa una capacidad referencial de 10.000.000 sesiones solo para normalizar el costo por sesión. El costo total para 10.000.000 surge de diferentes configuraciones para distintas capacidades que se han analizado durante las entrevistas.

17. En cuanto a la sustitución de los CPE por Dual Stack se considera que cada año se sustituye por obsolescencia un flujo estable igual a la cantidad total de CPE en el año 1 dividido la vida útil, o por el plazo que el ISP establezca para la sustitución total en años y fracción. Al mismo tiempo se agrega una cantidad de CPE Dual Stack igual a la cantidad de clientes nuevos del año.

18. En el costo del equipamiento se incluye planificación, diseño de red, instalación y otros costos incurridos.

19. Para los casos de desconexión y reclamos como consecuencia de problemas en las aplicaciones debido al CGNAT44, se considera que las causas de reclamo y desconexión son disjuntas. Es decir, que no hay clientes que estén disconformes con más de una aplicación simultáneamente. Tampoco se incluye el efecto que resulta cuando los ISP proveen una dirección pública fuera del CGNAT a clientes disconformes por los efectos de estar usando direcciones compartidas. El usuario del modelo siempre puede cambiar los parámetros de incidencia del CGNAT sobre las aplicaciones tomando en cuenta estas acciones en la Tabla “I.3 Aplicaciones e impacto de compartición de direcciones en la alternativa CGNAT sin transición a IPv6”.

20. El porcentaje de la cantidad de llamadas de reclamo se aplica solo sobre los clientes nuevos de cada año.

21. El porcentaje de las pérdidas de clientes debidas a desconexiones por calidad de servicio se aplica sobre el “Total de conexiones potenciales netas acumuladas de clientes nuevos solo CGNAT” ya que se supone que la pérdida del ARPU se propaga en el tiempo para quienes se desconectaron.

22. No se incluye el “churn” debido a que se pretende cuantificar solamente el efecto del agotamiento de direcciones IPv4 y las alternativas empleadas.

23. Cuando se despliega IPv6 no se considera el efecto negativo del CGNAT sobre las aplicaciones, lo que daría lugar a costos adicionales, por dos razones:

a. Si un cliente tiene problemas porque todavía tiene una dirección IPv4 privada, el ISP puede instalarle un CPE Dual Stack con lo cual las aplicaciones que sufren los efectos negativos dejarán de usar el CGNAT. Se supone acá que el ISP tiene su red de distribución Dual Stack en el área del cliente, y que por tanto puede instalar dicho CPE.

b. Cuando el cliente tiene Dual Stack el uso del CGNAT es para aplicaciones que no presentan problemas con esta técnica, por lo que el efecto sobre el servicio es despreciable.

24. Los gastos de operación de la red CGNAT44 se suponen constantes hasta el año 5, considerando el carácter centralizado. Para redes muy grandes es conveniente evaluar este supuesto.

25. El ARPU de los clientes se supone constante en el tiempo.

26. Se supone que para la Alternativa 3 el prestador no debe comprar direcciones en el instante 0 pues ya dispone de ellas, sino solamente en los años siguientes. También se supone que no genera stock sino que compra para cubrir su demanda.

27. Se adoptan tasas de crecimiento de precios de las direcciones IPv4 supuestas para los años 3 al 5. La variación real puede ser mayor o menor de la estimada, debido a que aumente la escasez o que salgan direcciones al mercado debido a la transición a IPv6.

28. No se considera en el modelo el ingreso por la venta de direcciones IPv4 en la medida en que aumenta el uso de IPv6 en el caso de la Alternativa 1.

6.2.2 Alternativa 1

Esta sección considera el caso de un proveedor que toma la decisión de empezar el despliegue de la transición sobre la base de Dual Stack. Como es un modelo para la toma de decisión sobre alternativas, considera que no hay ningún despliegue en este momento. Si ya lo hubiera el modelo no reviste interés pues la decisión ya ha sido tomada. Por esta razón el modelo toma en consideración todos los clientes actuales y las tasas de crecimiento previstas.

6.2.3 Alternativa 2

En esta alternativa se consideran las dos opciones en el modelo: que el proveedor ya ha desplegado CGNAT y continuará haciéndolo, con o sin capacidad residual

de CGNAT, y que está tomando la decisión de iniciar el despliegue ante la falta de stock de direcciones IPv4.

6.2.4 Alternativa 3

En este caso se considera que el proveedor compra las direcciones IPv4 a medida que las necesita por su crecimiento. No se considera la alternativa de que tenga direcciones en stock.

6.2.5 Conclusiones

El modelo presenta el cuadro final en el Panel de Control, el que también incluye el cuadro de los parámetros físicos principales, mostrándose ambos cuadros en la siguiente figura.

Panel de Control

I.1 VPN de los costos de las alternativas

| | Valor Presente Neto |
|--|---------------------|
| Alternativa 1, de transición con Dual Stack y CGNAT inc. CPE | \$4.910.952,82 |
| Alternativa 1, de transición con Dual Stack y CGNAT no inc. CPE | \$2.312.338,22 |
| Alternativa 2, de uso de CGNAT sin desplegar IPv6 | \$6.192.207,28 |
| Alternativa 3, de compra de direcciones IPv4 sin NAT ni IPv6 | \$4.077.689,49 |

I.2 Parámetros principales

| | |
|---|------------|
| Tasa de Oportunidad del Capital | 12% |
| Vida útil de los CPE Dual Stack o plazo para sustitución de CPE IPv4 por Dual Stack | 5,0 |
| Vida útil de los CPE solo IPv4. Alternativa 2. | 5,0 |
| Cantidad total de clientes residenciales actuales | 100.000 |
| Idem pero ya atendidos en IPv4 (CGNAT o direcciones IPv4 individuales) | 50.000 |
| Tasa anual de crecimiento de clientes | 15% |
| Capacidad operativa del CGNAT - sesiones simultáneas - módulo de cálculo | 10.000.000 |
| Cantidad máxima promedio de sesiones por usuario sin Dual Stack | 1.000 |
| Mínima cantidad de sesiones de diseño del CGNAT por usuario sin Dual Stack, por calidad | 1.000 |
| % de sesiones en IPv4 para usuarios con Dual Stack (Indicador CONT) | 49,2% |
| Mínima cantidad de sesiones de diseño del CGNAT por usuario con Dual Stack, por calidad | 492 |
| % de usuarios conectados simultáneamente | 30% |
| Cantidad promedio de usuarios por cliente | 3 |
| Caída anual de precios del CPE solo IPv4 | 10% |
| Caída anual en la diferencia de precios de CPE Dual Stack vs. solo IPv4. =0 en 5 años | 20% |
| | |
| ARPU anual por cliente supuesto constante | \$240,00 |
| | |

Los parámetros, inversiones, gastos y costos pueden ser cambiados en el modelo.

Si bien los resultados para las distintas alternativas cambian según los datos de entrada elegidos, se puede observar que en general la alternativa de desplegar IPv6 con CGNAT, aun tomando el ISP a su cargo toda la inversión en CPE, es una buena opción desde el punto de vista económico.

Si además se agrega que es la única en que las inversiones sobrevivirán cuando el uso de IPv4 tienda a desaparecer, resulta ser, a juicio del consultor, la mejor alternativa a desarrollar.

7 . DIAGNÓSTICO DEL ESTADO DE SITUACIÓN DEL DESPLIEGUE DE IPV6 EN LA REGIÓN DE LACNIC . INDICADORES CUANTITATIVOS.

7.1 Indicadores clave de avance del despliegue IPv6 (KPI)

Luego de haber analizado el comportamiento del despliegue de IPv6 en las diferentes etapas de la cadena de valor, así como las informaciones publicadas por los diferentes actores principales, se observa que debido al carácter desconcentrado de la Internet no es posible obtener una métrica única altamente correlacionada con el despliegue. Por ello, para cuantificar el despliegue de IPv6, la posición que se adopta en este caso es a través de métricas que cuantifican el despliegue en varias etapas de la cadena de valor.

Además de usar esas métricas individuales para hacer foco en cada etapa, se desarrolla un Indicador Clave de Avance hacia IPv6 que permite hacer una comparación rápida entre países.

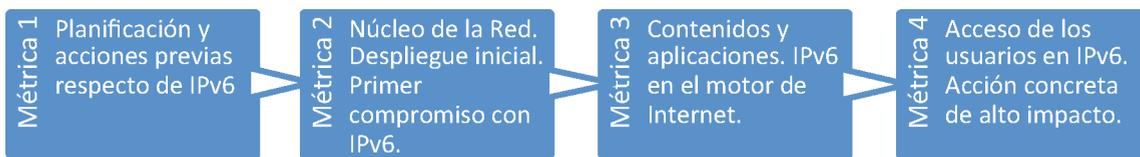
Adicionalmente se presentan los indicadores parciales de cada etapa de la cadena de valor para poder apreciar los diferentes avances.

7.1.1 Indicador Clave de Avance para IPv6 de LACNIC (LACNIC/CAF ICAv6) e indicadores para cada etapa de la cadena de valor

La fórmula adoptada para el Indicador Clave de Avance hacia una red totalmente IPv6 es la siguiente.

$$LACNIC/CAF ICAv6 \% = 0,3 * (0,1 * PACTO + 0,9 * ASTRAN) + 0,7 * \sqrt{CONT * USUARIOS}$$

Los indicadores compuestos que se usan en esta fórmula se listan a continuación.



En este sentido, si bien existen métricas publicadas en diversas fuentes, Cisco presenta un conjunto completo de indicadores en estas cuatro etapas, con una extensa explicación de los procedimientos de cálculo de cada uno de ellos. Estos indicadores han sido analizados cuidadosamente y se consideran, a juicio del consultor, los más aproximados posible por el momento y plenamente justificados, para representar el avance del despliegue en cada etapa de la cadena de valor. Por ello se aceptan como fuentes secundarias de indicadores del desarrollo de estas etapas principales en los países de la región.

Para la región LACNIC, se desarrolla un Indicador Clave de Avance hacia IPv6 que refleja una mejor ponderación de la situación actual: estando la mayoría de los países principalmente en la etapa de planificación. Para este indicador LACNIC (LACNIC/CAF ICAv6) se emplean indicadores parciales que le dan peso a la planificación y a las acciones iniciales en el proceso de despliegue de IPv6.

En cuanto a las acciones previas se le da peso a los AS de tránsito que tienen prefijo IPv6, tomándolo como indicador de que se encuentra en el camino del desarrollo de IPv6, y se entiende que debe ser especialmente considerado en los países de la región LACNIC.

Son también los indicadores que se usarán en la comparación de países por fases de la cadena de valor.

- **PACTO:** % de prefijos IPv6 atribuidos con tráfico observado, respecto del total atribuido. Es un indicador de que en el país no solamente se han solicitado y atribuido prefijos IPv6, sino que también algunos de éstos ya tienen tráfico observable. Se le otorga poco peso considerando que es dependiente de la eficiencia con que se haya trabajado la solicitud de prefijos: se puede haber pedido mucho espacio IPv6 y usar poco, pero al mismo tiempo se puede usar lo mismo y haber pedido menos. Si bien en ambos casos el uso es el mismo en cuanto a despliegue, en el primer caso el indicador es menor.

- **ASTRAN:** AS con tránsito observado. A los efectos de tomar en consideración los AS que proveen tránsito IPv4 y que tienen prefijo IPv6, aparte de los AS que proveen tránsito IPv6, ya que los primeros muestran un camino en la puesta en marcha futura de tránsito IPv6, se usa el promedio siguiente como indicador de tránsito:

$$ASTRAN = 0,5 * (\% AS Tránsito IPv6 + \% AS Tránsito IPv4 con prefijo IPv6)$$

Siendo % AS Tránsito IPv6 = % ponderado de las cantidades de AS que son tránsito en IPv6 respecto de la cantidad de AS que son tránsito en IPv4, y % AS Tránsito IPv4 con prefijo IPv6 = % ponderado de AS de tránsito en IPv4 que tiene prefijo IPv6, respecto de la cantidad de AS que son tránsito IPv4.

- **CONT:** Para el indicador de contenido se usa la suma del % ponderado de sitios accesibles en IPv6 más el % ponderado de dominios a prueba en IPv6 (“embriones IPv6” según LACNIC). Es un mecanismo de darle valor a aquellos llamados “embriones IPv6” por LACNIC, que están iniciando el camino hacia la prestación de servicios en IPv6, muy útil para la región LACNIC.
- **USUARIOS:** Para este indicador se usa el promedio del % de usuarios potencialmente en condiciones de acceder en IPv6, entre los valores calculados por Google y los calculados por APNIC. Son dos fuentes que usan metodologías similares pero sobre universos no coincidentes.

En cuanto a los ponderadores:

1. Los ponderadores 0,3 y 0,7 se usan para darle un peso mayor a los indicadores CONT y USUARIOS que son los que en definitiva muestran el resultado final del uso de IPv6. Se usa el producto de CONT*USUARIOS pues es un valor fuertemente correlacionado al tráfico IPv6 potencial del país. Se usa la media cuadrática para conservar las dimensiones en el indicador.
2. Para el primer término se usan los ponderadores 0,10 y 0,90 para darle un cierto peso al uso de los prefijos IPv6 atribuidos. El bajo ponderador se debe a que el porcentaje de prefijos atribuidos que muestran tráfico no es un indicador fuerte de despliegue, aunque tiene cierto valor a considerar.
3. Para ASTRAN se da el mismo peso, usando el promedio, a los AS que ya hacen tránsito IPv6 que a los que están en el camino de dar ese tránsito, pues estos últimos ya son AS de tránsito y tienen prefijos IPv6.
4. Para CONT se suman ambos % a los efectos de colocar en condiciones de igualdad a los sitios que proveen servicios en IPv6 que aquellos que ya están haciendo pruebas para proveerlos (“embriones IPv6”).
5. Finalmente para los Usuarios se usa el promedio de las dos fuentes: Google y APNIC, para tomar en consideración ambos universos en los que trabaja cada metodología y eliminar posibles sesgos.

7.1.2 Indicadores parciales de las etapas de la cadena de valor de despliegue de IPv6

Los indicadores principales a considerar en cuanto al despliegue de IPv6 respecto de cada etapa de la cadena de valor son los que surgen de consideraciones técnicas y operativas, que sean posibles de ser relevados y que ajusten lo más posible su métrica al desarrollo en la etapa a la que refiere. Se ha observado en este trabajo que todas las fuentes de información identificadas presentan indicadores que atienden de una forma u otra estas etapas. Entre ellas se encuentra el conjunto de indicadores publicados por Cisco, que aunque para muchos de ellos sea una fuente secundaria, es el mejor conjunto de indicadores que permiten observar las distintas ópticas para cada etapa de la cadena de valor.

Se resumen a continuación estos indicadores de las etapas, cuyas metodologías de cálculo se encuentran en el “Anexo III. Análisis detallado de la información cuantitativa relevante relativa a la transición hacia una red IPv6”.

Si bien se describen todos los indicadores, para la comparación entre países se adoptan los indicadores compuestos que se usan en la determinación del Indicador Clave de Avance IPv6.

7.1.2.1 Planificación. Atribución y ruteo

1. Porcentaje de prefijos IPv6 atribuidos que son ruteados, respecto de la cantidad total de prefijos IPv6 atribuidos. Estos porcentajes se publican en valores y con distintos colores en el mapa mundial de Cisco¹¹.
2. Porcentaje de prefijos IPv6 atribuidos respecto de los prefijos IPv4 atribuidos. Este valor, que se obtiene de los RIR, se publica para cada país.
3. Porcentaje de los prefijos IPv6 atribuidos desde los cuales se ha observado tráfico, respecto del total de prefijos IPv6 atribuidos. Este valor también se encuentra publicado para cada país.

7.1.2.2 Núcleo de la red. Core. AS de tránsito

1. % ponderado de las cantidades de AS que son tránsito en IPv6 respecto de la cantidad de AS que son tránsito en IPv4. (AS de tránsito IPv6). Un AS de tránsito IPv6 es aquel que provee tránsito en ambas redes IPv4 e IPv6.
2. % ponderado de AS de tránsito en IPv4 que tiene prefijo IPv6, respecto de la cantidad de AS que son

11- <http://6lab.cisco.com/stats/index.php?option=prefixes>

tránsito IPv4. (AS de tránsito que tiene prefijo IPv6). Un AS de tránsito, que tiene prefijo IPv6, es aquel que es tránsito en la red IPv4 y tiene un prefijo IPv6 pero que no es necesariamente un AS de tránsito en IPv6.

7.1.2.3 Contenido. Sitios web

1. % ponderado de sitios accesibles en IPv6 (considera la cantidad de páginas visitadas – usuarios únicos). Se muestra también la cantidad de sitios habilitados sobre el total de 500 por país.

2. A prueba: nombre de dominio de prueba en IPv6. % ponderado de dominios a prueba sobre los 500 sitios analizados.

3. Falla: los registros AAAA existen pero la página web no está operativa en IPv6. % de dominios que presentaron fallas de acceso IPv6 sobre los 500.

4. Otros: Sitios web no habilitados para IPv6. % sobre 500 sitios.

7.1.2.4 Usuarios

1. Google. % de usuarios con búsqueda en los servidores seleccionados con potencial acceso en IPv6, sobre el total de búsquedas.

2. APNIC. Idem.

7.1.3 Valores finales de los indicadores seleccionados al 18 de noviembre de 2015

| Países LACNIC | LACNIC (18/11/2015) | | | | | Cisco (18/11/2015) | |
|-----------------------------|---------------------|-----------------------|-------------------------|------------------|---------------------|---------------------------------|---|
| | LACNIC/CAF ICAv6 | Planificación (PACTO) | AS de tránsito (ASTRAN) | Contenido (CONT) | Usuarios (USUARIOS) | % conglobado de despliegue IPv6 | Indicador Relativo (IR) de un país respecto del mundo. Valores de 1 a 10. |
| Argentina | 19,09% | 5,58% | 66,75% | 46,95% | 0,04% | 16,56% | 1,9 |
| Aruba | N/D | 50,00% | 50,00% | N/D | 0,00% | 5,00% | 0,5 |
| Belice | N/D | 10,00% | 34,74% | N/D | 0,04% | 7,86% | 0,8 |
| Bolivia | 21,41% | 10,00% | 43,00% | 49,74% | 3,70% | 12,92% | 2,5 |
| Bonaire | N/D | N/D | N/D | N/D | N/D | N/D | N/D |
| Brasil | 29,52% | 11,91% | 55,72% | 60,39% | 6,74% | 26,98% | 4,7 |
| Chile | 20,43% | 15,74% | 70,83% | 47,38% | 0,03% | 17,91% | 2 |
| Colombia | 26,24% | 16,54% | 93,04% | 52,53% | 0,02% | 24,00% | 2,6 |
| Costa Rica | 17,81% | 11,59% | 62,87% | 49,12% | 0,01% | 15,31% | 1,7 |
| Cuba | 29,67% | 16,67% | 100,00% | 52,03% | 0,19% | 28,24% | 3,4 |
| Curazao | N/D | 5,88% | 0,00% | N/D | 0,16% | 0,00% | 0 |
| Ecuador | 41,57% | 72,55% | 96,96% | 47,79% | 7,46% | 37,79% | 5,8 |
| El Salvador | 2,76% | 5,56% | 7,78% | 49,52% | 0,01% | 1,30% | 0,2 |
| Guatemala | 23,22% | 9,09% | 78,91% | 52,67% | 0,11% | 20,92% | 2,4 |
| Guyana | 29,61% | 50,00% | 100,00% | 50,07% | 0,05% | 26,47% | 3 |
| Guyana Francesa | N/D | 0,00% | N/D | N/D | 0,02% | 0,00% | 0 |
| Haití | N/D | 0,00% | 0,00% | N/D | 0,01% | 0,00% | 0 |
| Honduras | 10,89% | 7,89% | 33,61% | 53,68% | 0,10% | 5,37% | 0,7 |
| Islas Falkland | N/D | N/D | N/D | N/D | N/D | N/D | N/D |
| México | 15,57% | 25,25% | 51,07% | 53,39% | 0,04% | 12,57% | 1,5 |
| Nicaragua | 21,70% | 6,25% | 79,66% | 50,76% | 0,00% | 18,78% | 2 |
| Panamá | 10,64% | 3,77% | 37,72% | 49,64% | 0,01% | 8,55% | 0,9 |
| Paraguay | 17,59% | 3,45% | 63,47% | 49,17% | 0,01% | 13,71% | 1,4 |
| Perú | 37,05% | 28,21% | 57,55% | 52,67% | 16,54% | 26,55% | 5,6 |
| República Dominicana | 7,09% | 10,34% | 22,17% | 51,76% | 0,03% | 5,54% | 0,6 |
| Saba | N/D | N/D | N/D | N/D | N/D | N/D | N/D |
| San Eustaquio | N/D | N/D | N/D | N/D | N/D | N/D | N/D |
| San Martín | N/D | N/D | N/D | N/D | N/D | N/D | N/D |
| South Georgia and The | N/D | N/D | N/D | N/D | N/D | N/D | N/D |
| Suriname | N/D | 66,67% | 0,00% | N/D | 0,01% | 0,00% | 0 |
| Trinidad y Tobago | 21,81% | 16,67% | 71,57% | 50,41% | 0,16% | 16,57% | 2 |
| Uruguay | 23,22% | 12,00% | 81,82% | 48,19% | 0,03% | 20,77% | 2,3 |
| Venezuela | 22,33% | 16,67% | 78,65% | 48,26% | 0,02% | 19,40% | 2,1 |
| Países referenciales | | | | | | | |
| Alemania | 46,82% | 22,92% | 86,34% | 43,36% | 24,51% | 42,45% | 7,3 |
| Australia | 27,14% | 18,84% | 69,93% | 49,00% | 2,47% | 23,45% | 3,4 |
| Bélgica | 56,50% | 34,47% | 82,44% | 50,63% | 44,45% | 53,47% | 10 |
| Francia | 34,57% | 19,27% | 77,49% | 51,47% | 6,78% | 31,55% | 5,1 |
| Grecia | 41,76% | 22,22% | 71,85% | 51,82% | 18,55% | 39,12% | 7 |
| Hong Kong | 24,56% | 16,46% | 71,98% | 53,64% | 0,82% | 19,41% | 2,4 |
| India | 24,67% | 27,63% | 73,41% | 54,20% | 0,61% | 21,74% | 2,8 |
| Japón | 37,39% | 30,97% | 87,47% | 26,18% | 12,86% | 32,49% | 4,9 |
| Luxemburgo | 43,49% | 28,13% | 79,64% | 54,20% | 16,84% | 39,39% | 6,9 |
| Malasia | 36,42% | 22,07% | 73,38% | 54,53% | 9,51% | 32,69% | 5,5 |
| Noruega | 40,47% | 26,07% | 89,55% | 54,48% | 9,01% | 37,22% | 5,9 |
| Portugal | 47,59% | 21,88% | 88,63% | 53,56% | 20,17% | 45,66% | 8 |
| Singapur | 40,18% | 92,28% | 86,65% | 52,53% | 7,63% | 34,74% | 5,4 |
| Suiza | 49,17% | 17,76% | 83,92% | 51,56% | 26,72% | 47,06% | 8,5 |
| EEUU | 43,16% | 32,45% | 65,74% | 48,28% | 25,24% | 39,55% | 7,3 |

7.2 Conclusiones e indicadores parciales y LACNIC/CAF ICAv6 al 18 de noviembre de 2015

A partir de los desarrollos de indicadores realizados se llega a las siguientes conclusiones¹².

7.2.1 Indicador Clave de Avance IPv6, LACNIC/CAF ICAv6

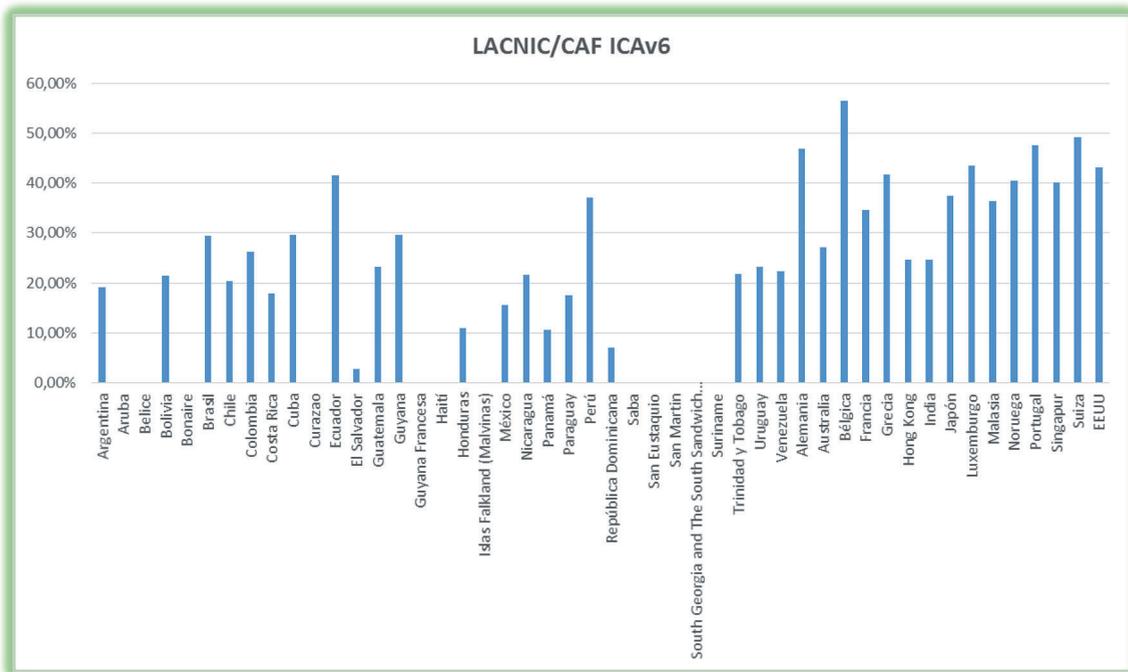
Los resultados de este indicador global para los países de LACNIC y para los países referenciales se observan en la siguiente gráfica. En general los países de la región se encuentran en una etapa menos desarrollada. De cualquier manera los avances en el mundo son lentos, observándose que Bélgica, que está primero en el mundo, llega a un valor de 56,5%.

En este sentido se distinguen los siguientes países que superan un valor referencial del 20% para este indicador: Bolivia (21,41% y con interesante valor del indicador Usuarios), Brasil (29,52% y con interesante valor del indicador Usuarios), Chile (20,43%), Colombia (26,24%), Cuba (29,67%), Ecuador (41,57% y con interesante

valor del indicador Usuarios), Guatemala (23,22%), Guyana (29,61%), Nicaragua (21,70%), Perú (37,05% y con interesante valor del indicador Usuarios), Trinidad y Tobago (21,81%), Uruguay (23,22%) y Venezuela (22,33%).

El indicador LACNIC/CAF ICAv6 tiene la virtud de tener una visión conglobada de despliegue de IPv6 desde las cuatro ópticas principales: uso de prefijos IPv6, Core, Contenido y Usuarios. Por ello, un valor superior al 20% se puede lograr con una actividad de planificación y despliegue inicial, una cuestión apreciada en la región; o con una combinación de planificación y despliegue inicial, junto con IPv6 en los accesos. Valores superiores al 30% se logran solo si adicionalmente se tiene un despliegue de IPv6 en los accesos masivos. Al 18 de noviembre solamente Bolivia, Brasil, Ecuador y Perú presentan valores interesantes en cuanto a la cantidad de usuarios con operación en IPv6.

Más adelante se verá cómo cada etapa de la cadena de valor muestra posiciones distintas de los países de la región.

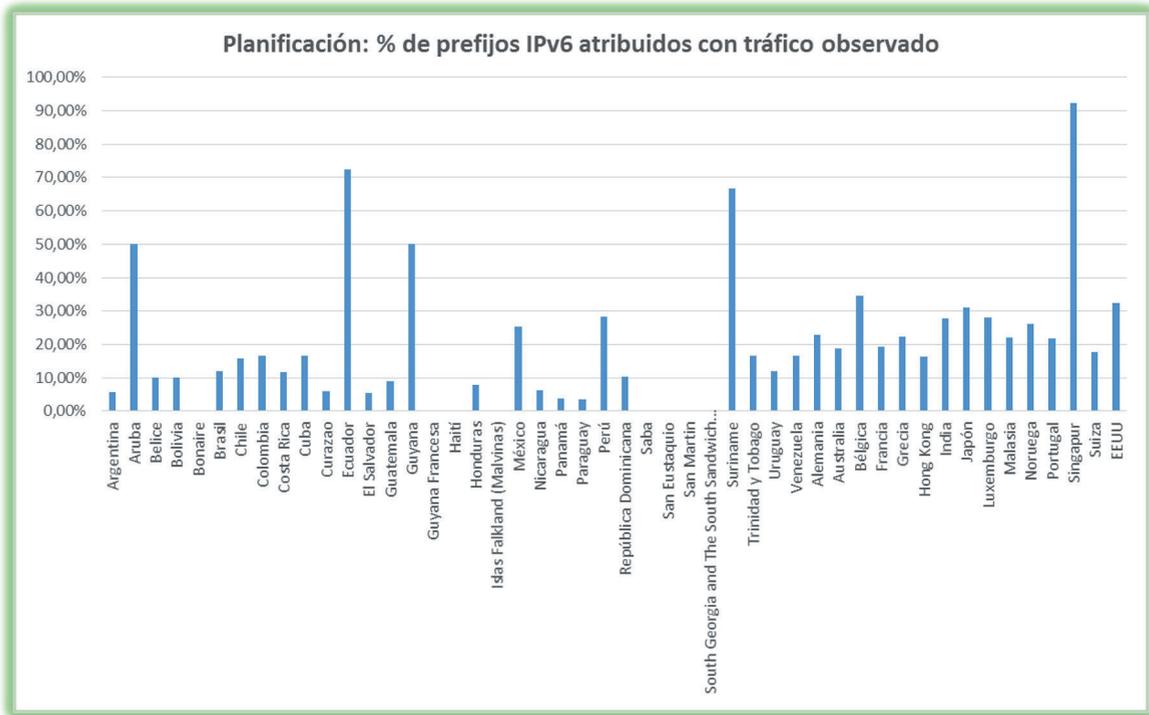


7.2.2 Fase de Planificación

Los valores del indicador para esta fase reflejan dos cuestiones: en primer lugar las etapas previas de planificación para despliegue IPv6, y por otro lado la eficiencia en el uso real de los prefijos atribuidos. Es un indicador parcial al cual la fórmula de LACNIC/CAF ICAv6

le otorga poco peso precisamente por esta razón. Se prevé que en la medida en que se desarrolle la red de acceso IPv6 este indicador aumente junto al indicador de Usuarios.

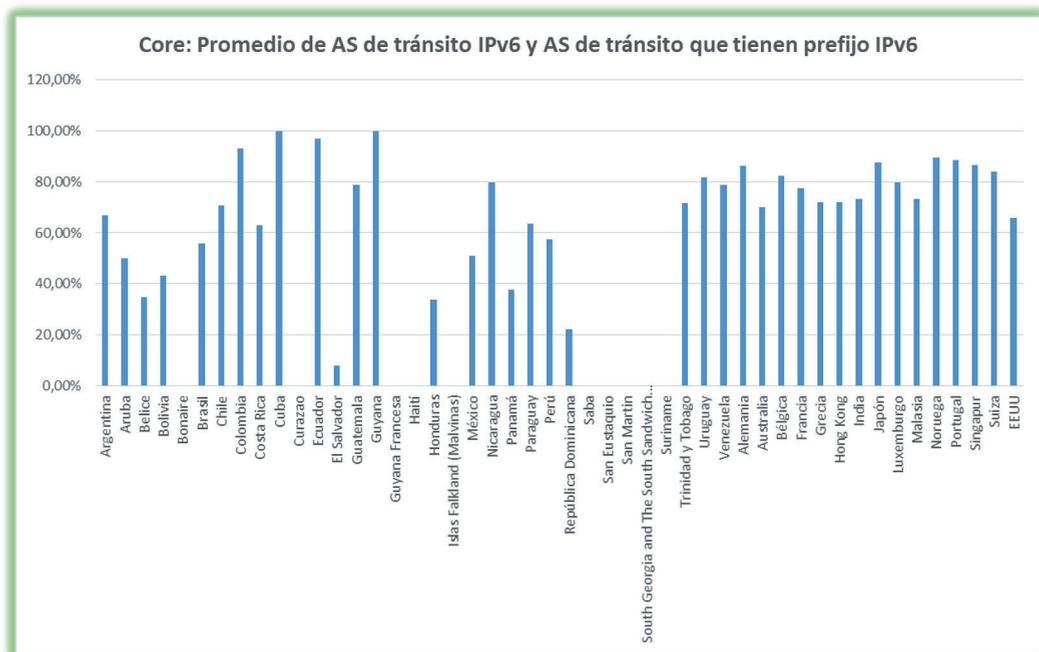
¹² En las gráficas, los valores que no están disponibles en las tablas [N/D] se representan con 0.



7.2.3 Fase de Core

En esta fase representada por indicadores del % de AS que proveen tránsito IPv6, o están en una etapa previa de proveer tránsito y disponer de prefijos IPv6, los países de la región se encuentran en una etapa de desarrollo menor que los países de referencia, pero con valores en general próximos. No se observan, por tanto, dificultades mayores en el desarrollo en esta fase de la cadena de valor.

También es importante notar que en países chicos, con muy pocos AS, la decisión de alguno de ellos de proveer tránsito IPv6 hace crecer rápidamente el %. De todas maneras es un indicador relevante.



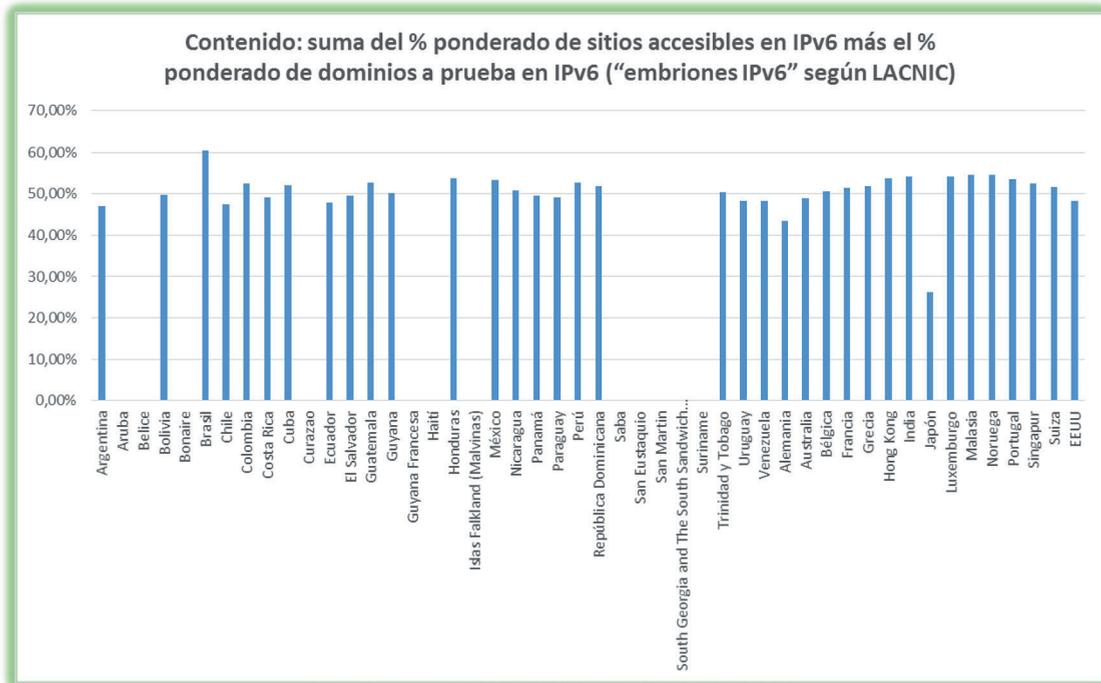
7.2.4 Fase de contenido

En esta fase, todos los países muestran valores similares. Esto se debe a que los sitios TOP 500 de los diferentes países tienen muchos sitios en común.

Alcanza con que uno de ellos ofrezca servicios en IPv6 para que suban los % de todos los países que lo usan.
Ejemplos: Facebook, Google, Youtube, Yahoo o Amazon.

Los sitios “locales” tienen en general un peso mucho menor que estos sitios principales.

Los valores en 0 incluyen aquellos países de los que no hay datos disponibles en las fuentes analizadas.

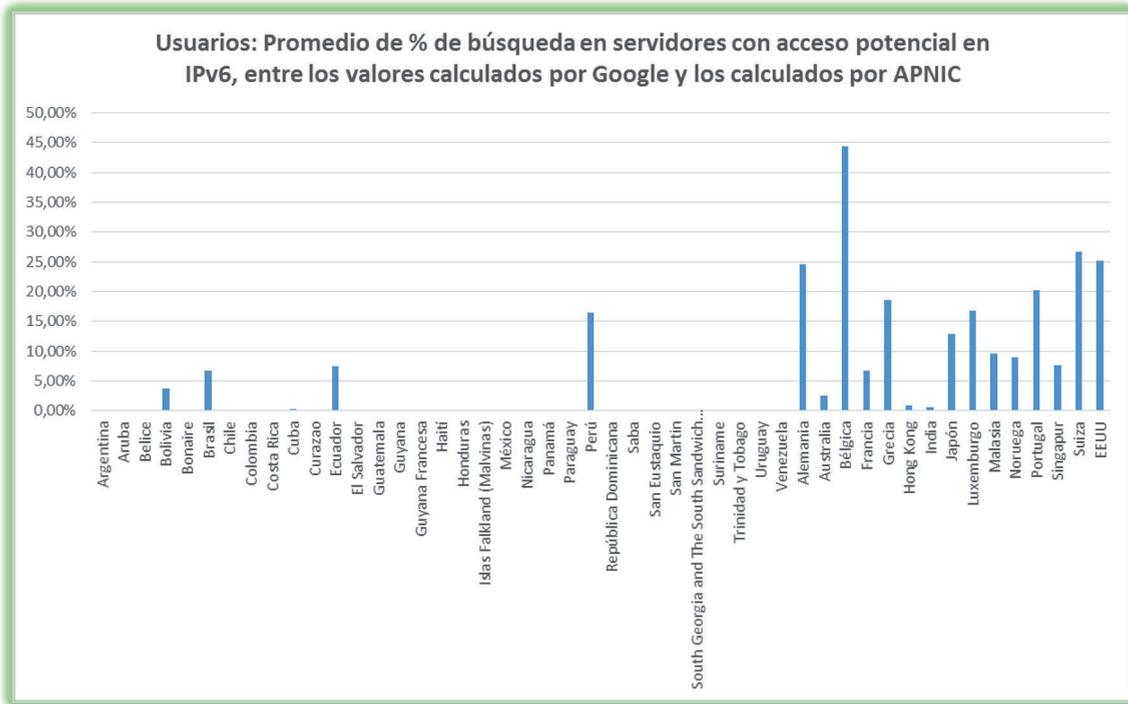


7.2.5 Fase de usuarios

En general se observa que la adopción de IPv6 presenta valores muy dispares en el mundo desde el punto de vista de los usuarios, aunque con valores mayores o mucho mayores que en la región LACNIC. En esta región se distinguen cuatro países con valores de este indicador mayores a 1% según Google / APNIC / Akamai: Bolivia (2,72% / 4,68% / 2,9%), Brasil (5,9% / 7,58% / 4,9%), Ecuador (7,12% / 7,8% / 6,9%) y Perú (15,5% / 17,58% / 18,0%). Para las tres fuentes se observan indicadores

razonablemente consistentes considerando los distintos universos empleados en cada caso.

Este indicador es un indicador de transición final a IPv6, cuando los usuarios están en condiciones de acceder a Internet a través de IPv6. Junto al indicador de contenido constituyen los indicadores cuyo producto es el % de accesos potenciales a sitios en IPv6, y un número altamente correlacionado al tráfico IPv6.



7.2.6 Conclusión principal

Las medidas que tiendan a aumentar el indicador de Usuarios, como ser el upgrade de la red de acceso a IPv6 sea en los ISP o en las grandes instituciones gubernamentales o universitarias, tendrán un impacto directo, no solamente en este indicador parcial sino también en el LACNIC/CAF ICAv6 debido al ponderador del 70% que afecta justificadamente a la media geométrica de Contenido y Usuarios.

Por otra parte el aumento de este indicador tiene un impacto directo también en la percepción de los usuarios de Internet.

El despliegue de IPv6 en la red de acceso debería ser por tanto el objetivo principal para obtener resultados globales de despliegue IPv6.

8. DIAGNÓSTICO DE ESTADO DE SITUACIÓN DEL DESPLIEGUE DE IPV6 EN LA REGIÓN DE LACNIC. ENCUESTA REALIZADA.

8.1 Ficha técnica

El objetivo principal de la encuesta es complementar las informaciones obtenidas a través del relevamiento de indicadores cuantitativos y de las reuniones realizadas en el trabajo de campo.

De esta manera se tienen estas tres fuentes principales de información de la situación en la región de LACNIC:

1. Indicadores primarios y secundarios de la situación actual de la transición, generados en múltiples fuentes.
2. Resultados de la encuesta que provee las razones sobre el porqué de la situación actual y las tendencias.
3. Resultados de las entrevistas realizadas en 10 países que integran la muestra seleccionada, que proveen información consolidada de la situación, tendencias y razones de las partes interesadas en cuanto a sus acciones respecto de la transición hacia IPv6.

Se diseñó un modelo de encuesta que se aplicó en las primeras semanas del proyecto, a los efectos de disponer de información sobre los países en aspectos sobre la situación actual, razones para desplegar o no desplegar IPv6, dificultades esperadas o encontradas, entre otros aspectos de interés.

La encuesta se envió a todos los miembros de LACNIC, por lo que si el porcentaje de respuesta hubiera sido del 100%, hubiera sido directamente un censo. Se decidió que las respuestas fueran anónimas para obtener más cantidad de respuestas y más detalladas, sacrificando la posibilidad de asociar las respuestas a las organizaciones específicas..

La clasificación de la información que se recabó es la siguiente por grupo de miembros:

1. ISP que despliega IPv6: % de clientes nativos, técnica empleada, razones, dificultades encontradas y opinión sobre el resultado de su acción.
2. ISP que no desplegó IPv6: razones para no desplegar, horizonte de tiempo para el despliegue y dificultades que piensa encontrar.
3. No ISP que despliega IPv6: razones, dificultades encontradas y si el resultado fue favorable para la organización.

4. No ISP que no desplegó IPv6: razones, plazo en el que considera desplegar IPv6 y dificultades que piensa encontrar.

La respuesta ha sido satisfactoria, de acuerdo al siguiente cuadro:

| | Grandes | Medianas | Pequeñas | TOTAL |
|--------------------------|------------|------------|------------|-------------|
| Español | 29 | 113 | 250 | 392 |
| Inglés | 5 | 17 | 35 | 57 |
| Portugués | 7 | 218 | 458 | 683 |
| TOTAL | 41 | 348 | 743 | 1132 |
| Universo | 148 | 1374 | 3178 | |
| Tasa de respuesta | 28% | 25% | 23% | |

Los parámetros básicos de la encuesta son los siguientes:

1. Universo: Usuario final de las direcciones / Pequeños y medianos miembros / Grandes miembros. El total del universo es de 4.000 miembros.
2. Metodología cuantitativa: Encuesta on-line vía e-mail a base de datos suministrada por LACNIC.
3. Unidad de análisis: responsables de los departamentos que mantienen las relaciones con LACNIC.
4. Duración máxima del cuestionario: 5 minutos.
5. Fecha de campo: julio-agosto de 2015.

8.2 Resultados

Se presentan los resultados relevantes para este trabajo.

En varios de los gráficos¹³ se presentan los resultados segmentados por país junto al total de la región. En los resultados por países pueden existir pocas respuestas para cada segmento, debido principalmente a la poca cantidad de entidades existentes en muchos de ellos, y a que como ya se vio, de todas ellas han contestado del orden del 25%.

13- La fuente de los gráficos es MERCOPUS Latin America, que fue la empresa que realizó el trabajo de campo y procesamiento de la encuesta.

Por ello es recomendable emplear estos resultados junto a los indicadores para tener una visión más detallada de lo que sucede en cada país. En los 10 países en los cuales se efectuaron reuniones presenciales se obtiene otra fuente de información complementaria sobre el estado actual, el comportamiento de los miembros de LACNIC y las tendencias.

Para mayor claridad de interpretación de los resultados, en las gráficas se encuentran todos los países y el resultado consolidado para la región. En la parte de abajo de cada barra del gráfico se observa la base total de miembros (“Base”) que han contestado la encuesta, y a qué porcentaje de los que contestaron la encuesta le aplica cada pregunta (“Aplica”). Esto es así pues por ejemplo, de todos lo que contestaron algunos son ISP y otros no, etc. Cuando la pregunta se refiere a los ISP en “Aplica” se indica qué porcentaje de los que contestaron son ISP.

8.2.1 Asignación de direcciones IPv6 en la región

Se observa que todavía existen porcentajes de miembros que aún no tienen asignaciones, lo que es un tema a ser considerado como inicio de la transición. En la mayoría de los países existen todavía miembros No Grandes que no tienen asignaciones de bloques IPv6. En cuanto a las entidades universitarias la cantidad de países que están en esta situación es del orden del 30%.

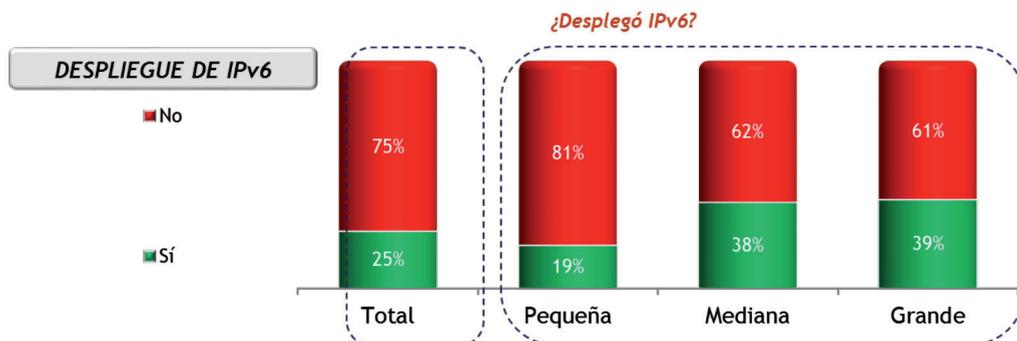
Es interesante observar que surge de la encuesta que de los que no tienen asignadas direcciones IPv6, aproximadamente la mitad ya están considerando la solicitud pero no lo han hecho.



8.2.2 Despliegue de IPv6 en la región y en los países

Se observa que el nivel de despliegue en la región es bastante bajo todavía, llegando a menos del 25% de entidades pequeñas, bajo nivel que fue verificado en las reuniones en los países visitados. En las gráficas siguientes se observa en primer lugar la situación para

la región y luego país por país. En cuanto a la situación país por país, los que han hecho algún tipo de despliegue también son todavía un porcentaje bajo del total de miembros.

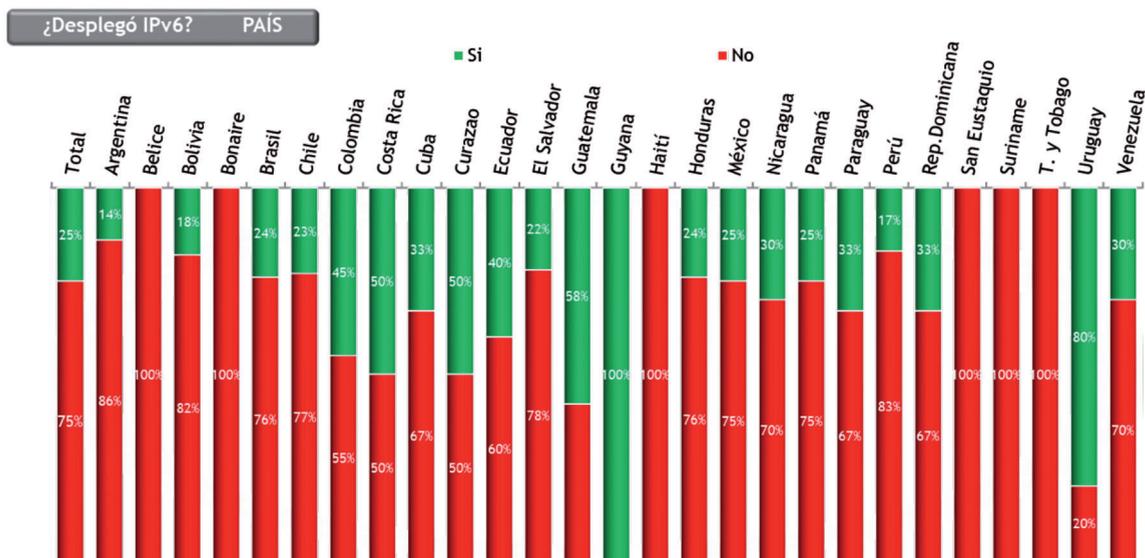


8.2.3 ISP que desplegaron IPv6 a los clientes finales

En los resultados siguientes se presentan los porcentajes de ISP que indicaron porcentajes de clientes a los que les han asignado direcciones IPv6. Se debe tomar en consideración que en los ISP se encuentran incluidos todos los tamaños de operadores, incluyendo

los que prestan solamente servicios corporativos, generalmente a pequeña escala.

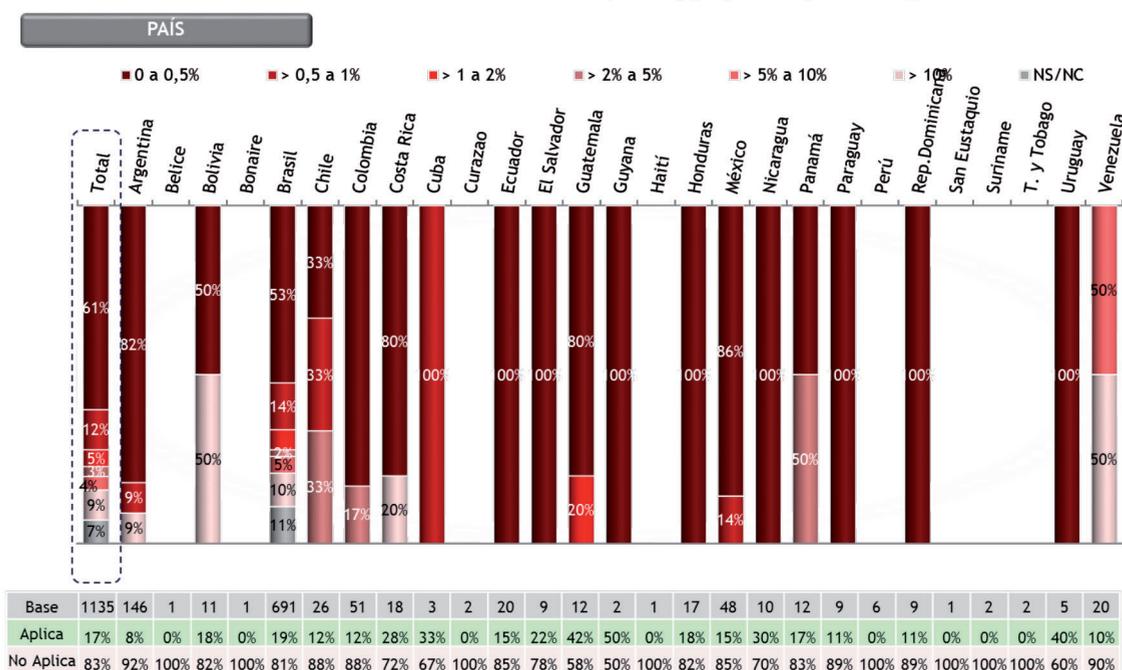
Por otra parte, en el rango de 0% a 0,5% se encuentran los que no han desplegado IPv6 en ningún cliente, así como aquellos que tienen o han tenido clientes en prueba, los que son la mayoría de acuerdo a lo observado en las reuniones presenciales.



Este gráfico es sensible a quiénes hayan respondido o no. Por ejemplo, en Ecuador, la CNT tenía al momento de la encuesta un despliegue de clientes IPv6 superior al 10% y sin embargo Ecuador aparece con un % muy bajo, posiblemente porque la CNT no haya respondido a esta pregunta¹⁴.

Los resultados de la encuesta, con la salvedad de que puede no haber contestado algún operador relevante, muestran una variabilidad grande entre países en cuanto al % de clientes que tienen asignado IPv6 nativo, y un porcentaje a nivel regional del 32% que tienen más del 0,5% de clientes. Este porcentaje es sobre una base aplicable de 190 respuestas.

De sus clientes finales ¿Qué porcentaje tiene asignado IPv6 nativo?



14- Se debe recordar que la encuesta fue anónima por las razones ya expresadas.

8.2.4 ISP que no desplegaron IPv6 nativo. Razones por las que no ha considerado desplegar IPv6

En este caso el encuestado podía indicar más de una razón simultáneamente. Las principales razones esgrimidas son: 1. La infraestructura actual presenta problemas para la transición a IPv6 y 2. Prevé dificultades de despliegue y operación. Ambas razones se van a diluir en el tiempo considerando que los ISP pueden no tener una red apta en este momento, pero se ha observado que casi todos los operadores entrevistados están avanzando en la adecuación de sus redes y sistemas; y por otra parte debido a las acciones que está desarrollando LACNIC, y que continuará realizando, las que irán reduciendo o eliminando los temores a las dificultades a encontrar.

El uso de CGNAT, y que ello sea suficiente para la base actual de clientes y su crecimiento, es la razón menos indicada por los ISP. 8.2.4 ISP que no desplegaron IPv6 nativo. Razones por las que no ha considerado desplegar IPv6

En este caso el encuestado podía indicar más de una razón simultáneamente. Las principales razones esgrimidas son: 1. La infraestructura actual presenta problemas para la transición a IPv6 y 2. Prevé dificultades de despliegue y operación. Ambas razones se van a diluir en el tiempo considerando que los ISP pueden no tener una red apta en este momento, pero se ha observado que casi todos los operadores entrevistados están avanzando en la adecuación de sus redes y sistemas; y por otra parte debido a las acciones que está desarrollando LACNIC, y que continuará realizando, las que irán reduciendo o eliminando los temores a las dificultades a encontrar.

El uso de CGNAT, y que ello sea suficiente para la base actual de clientes y su crecimiento, es la razón menos indicada por los ISP.

¿Por qué razones no ha considerado desplegar IPv6?

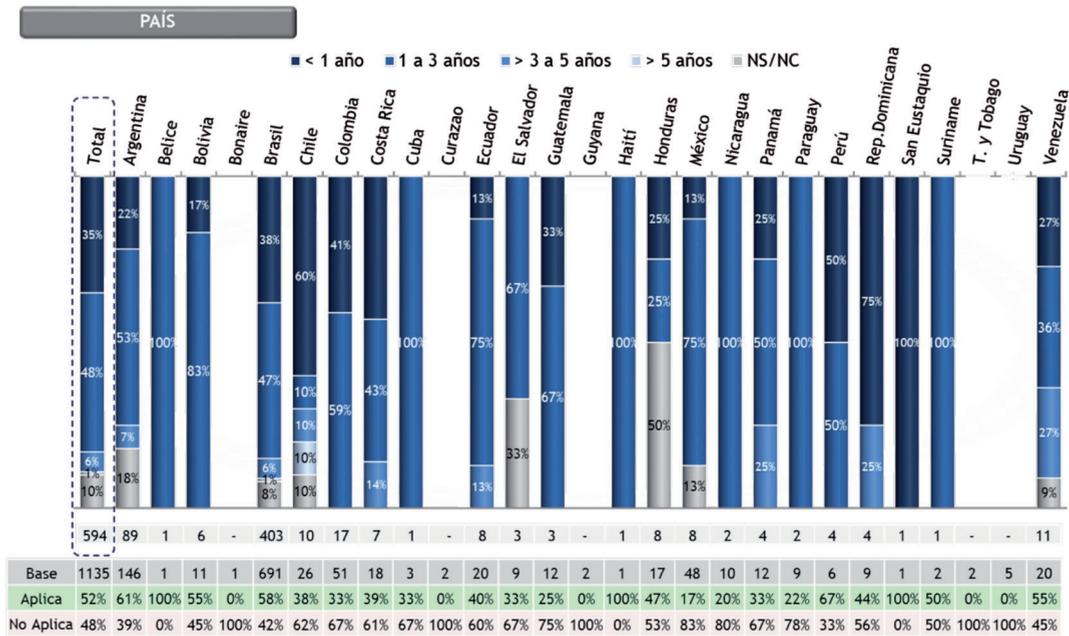
| PAÍS | Total | Argentina | Belice | Bolivia | Bonaire | Brasil | Chile | Colombia | Costa Rica | Cuba | Curazao | Ecuador | El Salvador | Guatemala | Guyana | Haití | Honduras | México | Nicaragua | Panamá | Paraguay | Perú | Rep. Dominicana | San Eustaquio | Suriname | T. y Tobago | Uruguay | Venezuela |
|---|-------|-----------|--------|---------|---------|--------|-------|----------|------------|------|---------|---------|-------------|-----------|--------|-------|----------|--------|-----------|--------|----------|------|-----------------|---------------|----------|-------------|---------|-----------|
| La infraestructura actual presenta problemas para la transición a IPv6 | 49% | 46% | 100% | 50% | - | 49% | 50% | 35% | 86% | 100% | - | 50% | - | 33% | - | 100% | 63% | 75% | 50% | 25% | 50% | 25% | 75% | - | - | - | - | 45% |
| Prevé dificultades de despliegue y operación | 45% | 40% | 100% | 50% | - | 49% | - | 35% | 43% | 100% | - | 13% | 33% | 67% | - | - | 13% | 25% | - | 50% | - | 50% | 25% | 100% | - | - | - | 36% |
| Todavía tiene suficientes direcciones IPv4 o puede comprarlas | 22% | 24% | - | 67% | - | 20% | 40% | 29% | - | - | - | 25% | - | - | - | 25% | 25% | - | 50% | 50% | 25% | 50% | - | - | - | - | - | 27% |
| Inversión no justificable por los requerimientos actuales de los clientes | 18% | 18% | - | - | - | 18% | 20% | 6% | 29% | - | - | 13% | 33% | - | - | 63% | 13% | - | 50% | - | 50% | 50% | - | 100% | - | - | - | 9% |
| No lo ha considerado aún | 9% | 13% | - | 17% | - | 7% | 10% | 12% | - | - | - | 25% | 33% | - | - | 25% | 25% | 50% | - | - | - | 25% | - | 100% | - | - | - | - |
| Usa CGNAT y es suficiente para su base de clientes actual y el crecimiento estimado | 5% | 4% | - | 17% | - | 4% | 20% | 18% | - | - | - | 13% | - | - | - | 13% | - | - | - | 100% | - | - | - | - | - | - | - | 18% |
| Otros motivos | 22% | 19% | - | 17% | - | 22% | 20% | 41% | 14% | - | - | 50% | - | 33% | - | - | 25% | 50% | - | - | 25% | - | - | - | - | - | - | 45% |
| Base | 594 | 89 | 1 | 6 | - | 403 | 10 | 17 | 7 | 1 | - | 8 | 3 | 3 | - | 1 | 8 | 8 | 2 | 4 | 2 | 4 | 4 | 1 | 1 | - | - | 11 |
| Base | 1135 | 146 | 1 | 11 | 1 | 691 | 26 | 51 | 18 | 3 | 2 | 20 | 9 | 12 | 2 | 1 | 17 | 48 | 10 | 12 | 9 | 6 | 9 | 1 | 2 | 2 | 5 | 20 |
| Aplica | 52% | 61% | 100% | 55% | 0% | 58% | 38% | 33% | 39% | 33% | 0% | 40% | 33% | 25% | 0% | 100% | 47% | 17% | 20% | 33% | 22% | 67% | 44% | 100% | 50% | 0% | 0% | 55% |
| No Aplica | 48% | 39% | 0% | 45% | 100% | 42% | 62% | 67% | 61% | 67% | 100% | 60% | 67% | 75% | 100% | 0% | 53% | 83% | 80% | 67% | 78% | 33% | 56% | 0% | 50% | 100% | 100% | 45% |

8.2.5 ISP que no desplegaron IPv6 nativo. Plazo en el que consideran empezar a desplegar IPv6

Esta información es relevante para conocer las tendencias de despliegue futuro de IPv6. Aproximadamente un tercio de los encuestados

consideran comenzar el despliegue en 2016, aunque la situación es dispar según los países.

En que plazo considera iniciar el despliegue de IPv6?



8.2.6 ISP que iniciaron el despliegue de IPv6. Técnicas empleadas

La encuesta reafirma una conclusión de las reuniones presenciales en cuanto a que la casi totalidad de los ISP consideran usar Dual Stack como técnica de transición. Durante las entrevistas se observaron casos de Dual Stack puro y la mayoría de ellos usando o considerando usar Dual Stack con CGNAT.

En la encuesta se observa que la casi totalidad de los encuestados han optado por Dual Stack.

Señale qué tecnología o tecnologías fueron empleadas en la transición

| PAÍS | Total | Argentina | Belize | Bolivia | Bonaire | Brasil | Chile | Colombia | Costa Rica | Cuba | Curazao | Ecuador | El Salvador | Guatemala | Guyana | Haití | Honduras | México | Nicaragua | Panamá | Paraguay | Perú | Rep. Dominicana | San Eustaquio | Suriname | T. y Tobago | Uruguay | Venezuela |
|-------------------------|-------|-----------|--------|---------|---------|--------|-------|----------|------------|------|---------|---------|-------------|-----------|--------|-------|----------|--------|-----------|--------|----------|------|-----------------|---------------|----------|-------------|---------|-----------|
| Doble Pila (Dual Stack) | 88% | 91% | - | 100% | - | 87% | 100% | 100% | 100% | 100% | - | 100% | 100% | 80% | 100% | - | 100% | 57% | 67% | 100% | 100% | - | 100% | - | - | - | 50% | 100% |
| NAT64/DNS64 | 12% | - | - | - | - | 12% | - | - | 20% | - | - | - | - | 80% | - | - | - | 29% | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 6PE/6VPE | 3% | 9% | - | - | - | 1% | - | - | 20% | - | - | - | - | 20% | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 50% | - |
| 464XLAT | 2% | - | - | - | - | 1% | - | - | - | - | - | - | - | 20% | - | - | - | 14% | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| DS-Lite | 1% | - | - | - | - | - | - | 17% | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Otras tecnologías | 7% | - | - | - | - | 6% | - | - | 20% | - | - | - | - | - | - | - | - | 43% | 33% | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| Base | 193 | 11 | - | 2 | - | 133 | 3 | 6 | 5 | 1 | - | 3 | 2 | 5 | 1 | - | 3 | 7 | 3 | 2 | 1 | - | 1 | - | - | - | 2 | 2 |
| Aplica | 17% | 8% | 0% | 18% | 0% | 19% | 12% | 12% | 28% | 33% | 0% | 15% | 22% | 42% | 50% | 0% | 18% | 15% | 30% | 17% | 11% | 0% | 11% | 0% | 0% | 0% | 40% | 10% |
| No Aplica | 83% | 92% | 100% | 82% | 100% | 81% | 88% | 88% | 72% | 67% | 100% | 85% | 78% | 58% | 50% | 100% | 82% | 85% | 70% | 83% | 89% | 100% | 89% | 100% | 100% | 100% | 60% | 90% |

8.2.7 ISP que iniciaron el despliegue de IPv6. Razones para iniciar el despliegue

Entre las principales razones para el despliegue se encuentran las siguientes:

1. Disponibilidad decreciente y costos crecientes de direcciones IPv4.
2. Imagen corporativa.
3. Es mejor solución económica migrar ya a IPv6, y no crecer en IPv4.
4. Alto crecimiento del número de clientes.
5. Oportunidad de negocio.

Todas estas razones se encuentran en el orden del 32% al 45% de las respuestas de los ISP que contestaron la encuesta.

No habiéndose observado ISP que estén comprando direcciones IPv4 en la región, se entiende que las respuestas relativas a la primera razón se deben principalmente a la disponibilidad decreciente.

En cuanto a la Oportunidad de negocio, se ha observado en las reuniones que el despliegue se ha iniciado en muchos casos debido a requerimientos de los clientes corporativos, y principalmente universidades.

Mencione las razones por las cuales despliega IPv6

| PAÍS | Total | Argentina | Belice | Bolivia | Bonaire | Brasil | Chile | Colombia | Costa Rica | Cuba | Curazao | Ecuador | El Salvador | Guatemala | Guyana | Haití | Honduras | México | Nicaragua | Panamá | Paraguay | Perú | Rep. Dominicana | San Eustaquio | Suriname | T. y Tobago | Uruguay | Venezuela |
|---|-------|-----------|--------|---------|---------|--------|-------|----------|------------|------|---------|---------|-------------|-----------|--------|-------|----------|--------|-----------|--------|----------|------|-----------------|---------------|----------|-------------|---------|-----------|
| Disponibilidad decreciente y costos crecientes de direcciones IPv4 | 45% | 55% | - | 50% | - | 47% | 33% | 50% | 20% | - | - | - | 100% | 40% | 100% | - | - | 29% | - | 100% | - | - | 100% | - | - | - | - | 50% |
| Imagen corporativa | 45% | 36% | - | 100% | - | 43% | 100% | 50% | 80% | - | - | 67% | - | - | 100% | - | 67% | 43% | - | 100% | 100% | - | - | - | - | - | 100% | - |
| Es mejor solución económica migrar ya a IPv6, y no crecer en IPv4 | 37% | 18% | - | - | - | 46% | - | - | 20% | - | - | 33% | 50% | 20% | - | - | - | 29% | - | 50% | - | - | - | - | - | - | 50% | |
| Alto crecimiento del número de clientes | 32% | 27% | - | 50% | - | 32% | - | 33% | 40% | - | - | 33% | - | 80% | - | - | - | 29% | 67% | - | - | - | - | - | - | - | 50% | |
| Oportunidad de negocio | 32% | 18% | - | - | - | 30% | 67% | 83% | 40% | - | - | 33% | - | 40% | - | - | - | 43% | 33% | 50% | 100% | - | 100% | - | - | - | 50% | - |
| Requerimientos de los clientes | 24% | 45% | - | 50% | - | 17% | 67% | 50% | 40% | - | - | 33% | - | 20% | - | - | 100% | 43% | 33% | 50% | - | - | - | - | - | - | 100% | |
| Mala experiencia con NAT444, 6to4 y otras tecnologías no nativas IPv6 | 5% | 9% | - | - | - | 5% | 33% | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| Otras | 6% | - | - | - | - | 5% | - | 17% | 20% | 100% | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 50% | - | - | - | - | - | - | 50% | - |
| Base | 193 | 11 | - | 2 | - | 133 | 3 | 6 | 5 | 1 | - | 3 | 2 | 5 | 1 | - | 3 | 7 | 3 | 2 | 1 | - | 1 | - | - | 2 | 2 | |
| Base | 1135 | 146 | 1 | 11 | 1 | 691 | 26 | 51 | 18 | 3 | 2 | 20 | 9 | 12 | 2 | 1 | 17 | 48 | 10 | 12 | 9 | 6 | 9 | 1 | 2 | 2 | 5 | 20 |
| Aplica | 17% | 8% | 0% | 18% | 0% | 19% | 12% | 12% | 28% | 33% | 0% | 15% | 22% | 42% | 50% | 0% | 18% | 15% | 30% | 17% | 11% | 0% | 11% | 0% | 0% | 0% | 40% | 10% |
| No Aplica | 83% | 92% | 100% | 82% | 100% | 81% | 88% | 88% | 72% | 67% | 100% | 85% | 78% | 58% | 50% | 100% | 82% | 85% | 70% | 83% | 89% | 100% | 89% | 100% | 100% | 100% | 60% | 90% |

8.2.8 ISP que iniciaron el despliegue de IPv6. Principales dificultades encontradas

Las principales dificultades encontradas en el despliegue de IPv6, superando en general el 50% de las respuestas, son las siguientes:

1. Equipamiento de red no totalmente compatible IPv6.
2. Terminales no totalmente compatibles IPv6.
3. Curva de aprendizaje del personal.

4. Aplicaciones que no soportan direccionamiento IPv6.
5. Falta de soporte de los proveedores.

Principales dificultades encontradas en el despliegue de IPv6.

| PAÍS | Total | Argentina | Belice | Bolivia | Bonaire | Brasil | Chile | Colombia | Costa Rica | Cuba | Curazao | Ecuador | El Salvador | Guatemala | Guyana | Haiti | Honduras | México | Nicaragua | Panamá | Paraguay | Perú | Rep. Dominicana | San Eustaquio | Suriname | T. y Tobago | Uruguay | Venezuela |
|--|-------|-----------|--------|---------|---------|--------|-------|----------|------------|------|---------|---------|-------------|-----------|--------|-------|----------|--------|-----------|--------|----------|------|-----------------|---------------|----------|-------------|---------|-----------|
| Equipamiento de red no totalmente compatible IPv6 | 66% | 46% | - | 50% | - | 74% | 67% | 67% | 60% | 100% | - | 33% | 50% | 20% | 100% | - | - | 43% | 33% | 50% | - | - | 100% | - | - | - | 100% | 100% |
| Terminales no totalmente compatibles IPv6 | 65% | 36% | - | 50% | - | 71% | 67% | 67% | 80% | - | - | 67% | 50% | 60% | - | - | - | 43% | 100% | 50% | 100% | - | - | - | - | - | 100% | 50% |
| Curva de aprendizaje del personal | 63% | 73% | - | - | - | 64% | 33% | 67% | 60% | - | - | 100% | 100% | 40% | - | - | 100% | 0% | 67% | 100% | 100% | - | 100% | - | - | - | 100% | 100% |
| Aplicaciones que no soportan direccionamiento o IPv6 | 52% | 36% | - | 50% | - | 59% | 67% | - | 60% | - | - | 67% | 50% | 40% | - | - | - | 57% | 33% | 50% | - | - | - | - | - | - | - | 50% |
| Falta de soporte de los proveedores | 44% | 55% | - | 50% | - | 48% | 33% | 17% | 20% | 100% | - | 33% | 50% | 20% | 100% | - | 33% | 14% | - | 100% | - | - | 100% | - | - | - | 50% | - |
| Costos mayores a los estimados | 22% | 9% | - | - | - | 26% | 67% | 33% | - | - | - | 33% | 50% | - | - | - | - | - | - | 50% | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Dificultades con los sistemas BSS - OSS | 20% | 27% | - | - | - | 23% | - | 17% | 20% | - | - | - | 50% | - | - | - | - | 14% | - | 50% | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Otra | 14% | - | - | - | - | 12% | - | 33% | 20% | - | - | - | - | 40% | 100% | - | - | 29% | 33% | - | - | - | 100% | - | - | - | - | 50% |
| Base | 193 | 11 | - | 2 | - | 133 | 3 | 6 | 5 | 1 | - | 3 | 2 | 5 | 1 | - | 3 | 7 | 3 | 2 | 1 | - | 1 | - | - | - | 2 | 2 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|------|-----|------|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|------|------|------|-----|-----|
| Base | 1135 | 146 | 1 | 11 | 1 | 691 | 26 | 51 | 18 | 3 | 2 | 20 | 9 | 12 | 2 | 1 | 17 | 48 | 10 | 12 | 9 | 6 | 9 | 1 | 2 | 2 | 5 | 20 |
| Aplica | 17% | 8% | 0% | 18% | 0% | 19% | 12% | 12% | 28% | 33% | 0% | 15% | 22% | 42% | 50% | 0% | 18% | 15% | 30% | 17% | 11% | 0% | 11% | 0% | 0% | 0% | 40% | 10% |
| No Aplica | 83% | 92% | 100% | 82% | 100% | 81% | 88% | 88% | 72% | 67% | 100% | 85% | 78% | 58% | 50% | 100% | 82% | 85% | 70% | 83% | 89% | 100% | 89% | 100% | 100% | 100% | 60% | 90% |

8.2.9 ISP que iniciaron el despliegue de IPv6. Resultado de la operación IPv6.

Luego de realizado el despliegue, el 58% de quienes respondieron la encuesta a nivel regional observó que éste ha sido favorable para el resultado del negocio.

8.2.10 No ISP que no ha iniciado el despliegue de IPv6. Razones.

En el caso de los No ISP, aunque la situación es diferente según los países, en aproximadamente la tercera parte de los casos a nivel regional las razones han sido las siguientes:

1. Teme dificultades de despliegue y operación.
 2. No lo ha considerado aún.
 3. La infraestructura actual presenta problemas para la transición a IPv6.
- Estas entidades no tienen en general rápido crecimiento en la cantidad de usuarios por lo que las dificultades mencionadas son razones suficientes para postergar el despliegue y esperar.

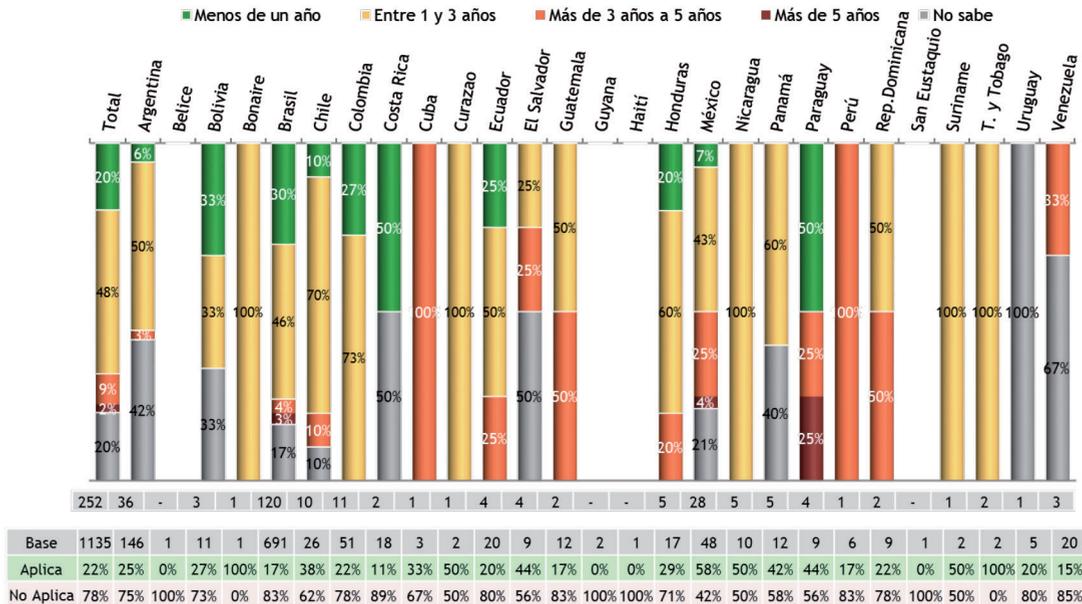
¿Por qué razones no ha considerado desplegar IPv6?

| PAÍS | Total | Argentina | Belice | Bolivia | Bonaire | Brasil | Chile | Colombia | Costa Rica | Cuba | Curazao | Ecuador | El Salvador | Guatemala | Guyana | Haiti | Honduras | México | Nicaragua | Panamá | Paraguay | Perú | Rep. Dominicana | San Eustaquio | Suriname | T. y Tobago | Uruguay | Venezuela |
|--|-------|-----------|--------|---------|---------|--------|-------|----------|------------|------|---------|---------|-------------|-----------|--------|-------|----------|--------|-----------|--------|----------|------|-----------------|---------------|----------|-------------|---------|-----------|
| Teme dificultades de despliegue y operación | 35% | 31% | - | 33% | - | 39% | 10% | 27% | 100% | - | - | 75% | 50% | 100% | - | - | 60% | 21% | 40% | 60% | - | - | - | - | - | - | - | 67% |
| No lo ha considerado aún | 34% | 36% | - | - | - | 31% | 40% | 27% | - | - | - | 25% | 50% | - | - | - | 40% | 50% | 20% | 60% | 50% | - | 50% | - | 100% | - | 100% | 33% |
| La infraestructura actual presenta problemas para la transición a IPv6 | 29% | 19% | - | 33% | 100% | 35% | 10% | 27% | - | 100% | - | 50% | 25% | 50% | - | - | 20% | 21% | 40% | 20% | 25% | - | - | - | - | 50% | - | - |
| Inversión no justificada por las necesidades de la organización | 17% | 14% | - | - | - | 18% | 30% | 27% | - | - | - | 25% | 25% | - | - | - | - | 25% | - | - | 25% | - | - | - | - | - | - | - |
| El ISP no soporta IPv6 | 16% | 17% | - | 100% | - | 11% | 40% | 9% | - | 100% | - | - | - | 50% | - | - | 20% | 4% | 20% | 40% | 25% | 100% | 50% | - | - | - | - | 67% |
| Otra | 20% | 28% | - | - | - | 16% | 30% | 55% | 50% | - | 100% | - | 50% | - | - | - | 40% | 11% | 20% | - | 25% | - | - | - | - | 50% | - | - |
| Base | 252 | 36 | - | 3 | 1 | 120 | 10 | 11 | 2 | 1 | 1 | 4 | 4 | 2 | - | - | 5 | 28 | 5 | 5 | 4 | 1 | 2 | - | 1 | 2 | 1 | 3 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|------|-----|------|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|------|-----|-----|
| Base | 1135 | 146 | 1 | 11 | 1 | 691 | 26 | 51 | 18 | 3 | 2 | 20 | 9 | 12 | 2 | 1 | 17 | 48 | 10 | 12 | 9 | 6 | 9 | 1 | 2 | 2 | 5 | 20 |
| Aplica | 22% | 25% | 0% | 27% | 100% | 17% | 38% | 22% | 11% | 33% | 50% | 20% | 44% | 17% | 0% | 0% | 29% | 58% | 50% | 42% | 44% | 17% | 22% | 0% | 50% | 100% | 20% | 15% |
| No Aplica | 78% | 75% | 100% | 73% | 0% | 83% | 62% | 78% | 89% | 67% | 50% | 80% | 56% | 83% | 100% | 100% | 71% | 42% | 50% | 58% | 56% | 83% | 78% | 100% | 50% | 0% | 80% | 85% |

8.2.11 No ISP que no ha iniciado el despliegue de IPv6. Plazo en que considera empezar el despliegue

En cuanto al plazo, un 20% de los No ISP considera empezar el despliegue en 2016. La inmensa mayoría considera empezar el despliegue entre 1 y 3 años.



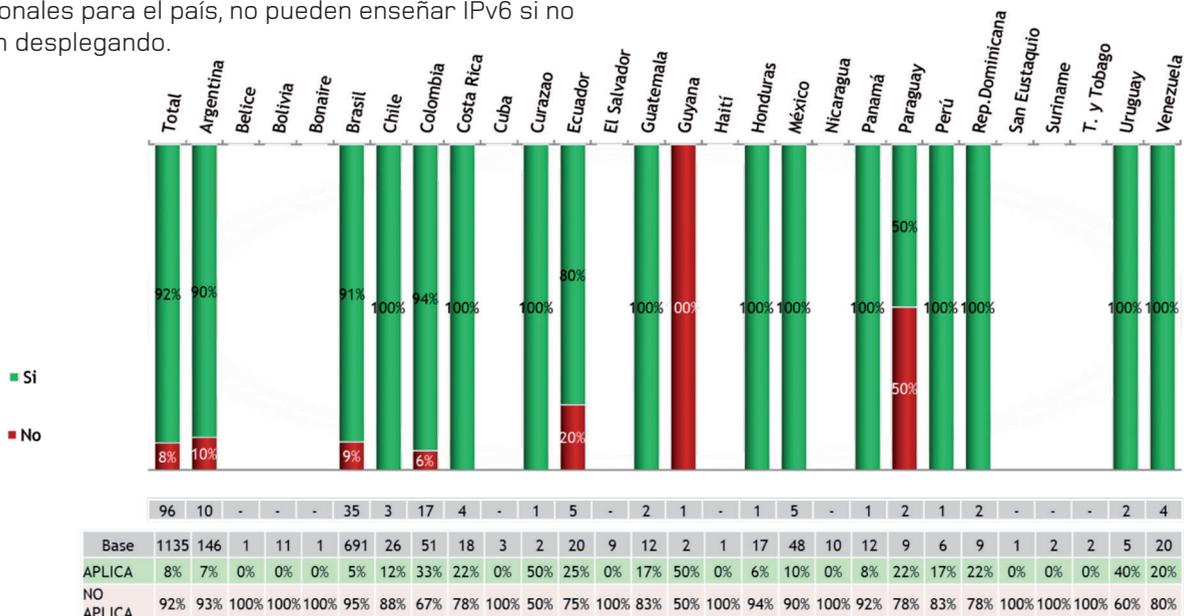
8.2.12 No ISP que está desplegando IPv6. Razones para el despliegue.

La principal razón por la cual estos miembros de LACNIC iniciaron el despliegue de IPv6 es para impulsar su desarrollo y las entidades académicas son las principales promotoras, manifestando esta razón en el 93% de los casos a nivel regional.

Esta razón ha sido manifestada por prácticamente todas las entidades académicas entrevistadas, entendiendo que como instituciones involucradas en la formación de profesionales para el país, no pueden enseñar IPv6 si no lo están desplegando.

8.2.13 No ISP que está desplegando IPv6. Resultado para la institución

La casi totalidad de las instituciones han manifestado que considera favorable haber iniciado el despliegue de IPv6, llegando al 92% a nivel de la región. Una posible razón para ello es que estas instituciones en general tienen respaldo técnico principalmente a través de las redes universitarias, o de departamentos especializados en el caso de las grandes entidades gubernamentales.



8.2.14 Conclusiones

1. En la mayoría de los países existen todavía miembros No Grandes que no tienen asignaciones de bloques IPv6. En cuanto a las entidades universitarias la cantidad de países que están en esta situación es del orden del 30%. Aproximadamente la mitad ya están considerando la solicitud pero no lo han hecho.
2. Se observa que el nivel de despliegue de IPv6 está bastante bajo todavía, menos del 25% de entidades, lo cual fue verificado en las reuniones en los países visitados.
3. Con la salvedad de que puede no haber contestado algún operador relevante, se observa una variabilidad grande entre países en cuanto al % de clientes que tienen asignado IPv6 nativo, y un porcentaje a nivel regional del 32% que tienen más del 0,5% de clientes.
4. Entre los ISP que no han desplegado IPv6, las principales razones esgrimidas son: 1. La infraestructura actual presenta problemas para la transición a IPv6 y 2. Prevé dificultades de despliegue y operación. El uso de CGNAT, y que ello sea suficiente para la base actual de clientes y su crecimiento, es la razón menos indicada por los ISP.
5. Ambas razones se van a diluir en el tiempo considerando que los ISP pueden no tener una red apta en este momento, pero se ha observado que casi todos los operadores entrevistados están avanzando en la adecuación de sus redes y sistemas; y por otra parte debido a las acciones que está desarrollando LACNIC, y que continuará realizando, que irán reduciendo o eliminando los temores a las dificultades a encontrar.
6. Aproximadamente un tercio de los encuestados consideran comenzar el despliegue en 2016, aunque la situación es dispar según los países.
7. La casi totalidad de los ISP encuestados que han iniciado el despliegue de IPv6 han optado por Dual Stack con CGNAT.
8. Entre las principales razones para el despliegue se encuentran las siguientes: Disponibilidad decreciente y costos crecientes de direcciones IPv4, Imagen corporativa, Es mejor solución económica migrar ya a IPv6, y no crecer en IPv4, Alto crecimiento del número de clientes y Oportunidad de negocio.
9. Las principales dificultades encontradas en el despliegue de IPv6, superando en general el 50% de las respuestas, son las siguientes: Equipamiento de red no totalmente compatible IPv6, Terminales no totalmente compatibles IPv6, Curva de aprendizaje del personal, Aplicaciones que no soportan direccionamiento IPv6 y Falta de soporte de los proveedores.
10. En un porcentaje importante de quienes respondieron la encuesta, 58% a nivel regional, se indica que luego del despliegue observaron que éste ha sido favorable para el resultado del negocio.
11. En cuanto a los No ISP que no han iniciado el despliegue, a nivel regional principalmente señalaron como razones las dificultades de despliegue y operación, su infraestructura actual y que no lo han considerado aún.
12. En cuanto al plazo, un 20% de los No ISP consideran empezar el despliegue en 2016. La inmensa mayoría considera empezar el despliegue entre 1 y 3 años. Este plazo extendido se debería principalmente a lo que consideran como razones para no empezar en este momento.
13. La principal motivación de los No ISP que iniciaron el despliegue de IPv6 es para impulsar su desarrollo; las entidades académicas son las principales promotoras, manifestando esta razón en el 93% de los casos a nivel regional.
14. La casi totalidad de las instituciones No ISP han manifestado que consideran favorable haber iniciado el despliegue de IPv6, llegando al 92% a nivel de la región.

9. DIAGNÓSTICO DEL ESTADO DE SITUACIÓN DEL DESPLIEGUE DE IPV6 EN LA REGIÓN DE LACNIC . TRABAJO DE CAMPO .

En esta sección se efectúa un resumen del diagnóstico obtenido a través de las reuniones durante el trabajo de campo. Las opiniones y la información que a continuación se ponen a disposición de la comunidad es el resultado de las entrevistas realizadas, y de la desinteresada y valiosa colaboración de las múltiples partes interesadas con las que hemos trabajado en los diferentes países.

Su publicación en este documento no significa que LACNIC necesariamente valide todas estas opiniones e información. La información completa se encuentra en el Anexo I. Trabajo de Campo.

1. El crecimiento del despliegue de IPv6 masivo en los cuatro países que superan el 1% de usuarios habilitados para IPv6 se debe a muy pocos operadores. En Bolivia, Ecuador y Perú se debe a un operador en cada país y en Brasil se debe a más de un operador.

2. Existen todavía miembros que han sido entrevistados y que no disponen de asignaciones de direcciones IPv6. Algunos de ellos por desconocer los procedimientos o la necesidad de ir avanzando a través de este primer paso. Se observó principalmente en instituciones gubernamentales o universitarias que usan bloques de sus proveedores.

3. Independientemente de que hay países con stocks de direcciones IPv4 que no les imponen obligaciones de transición a IPv6, se entiende que la Internet de las Cosas finalmente producirá un aumento importante de demanda de direcciones que impulsará el despliegue masivo de IPv6.

4. Autoridades gubernamentales.

a. La gran mayoría de las autoridades gubernamentales responsables de las compras públicas y/o de las TIC no han aprobado lineamientos con relación a las compras públicas compatibles con IPv6 en cuanto a hardware, software y accesos. Tampoco en cuanto a acompañar estos lineamientos con otros relativos a la seguridad de los sistemas.

b. Dada la importancia de estas acciones gubernamentales, se considera como una buena práctica la emisión de estos instructivos.

c. Adicionalmente el gobierno electrónico es visto como un impulso al despliegue de IPv6 desde el punto de vista del indicador de Contenido.

d. Un regulador ha indicado su política en cuanto a crear el sentido de urgencia, desarrollar acciones de capacitación y concientización, trabajar en conjunto con todas las partes interesadas e impulsar el despliegue de IPv6 en las instituciones del Estado. Se entiende que es una iniciativa destacable en la región.

5. Redes universitarias.

a. En los países donde las redes universitarias intervienen incluyendo en las compras la compatibilidad del hardware, software y accesos con IPv6, generan en los ISP la necesidad de comenzar su despliegue en al menos el core y los accesos de las instituciones.

b. Existe suficiente evidencia en la región en cuanto a este papel de las redes universitarias. Adicionalmente cuando las universidades despliegan IPv6 internamente pasan a impulsar el % de Usuarios a nivel del país.

6. ISP de servicios masivos.

a. Se observan avances dispares en la región, principalmente debido a los diferentes momentos en que comenzaron el proceso de transición hacia IPv6.

b. El proceso de transición implica múltiples acciones que dependen de las características propias de las redes, sistemas y demás aspectos de cada operador.

c. Las acciones principales están orientadas a actuar sobre las siguientes áreas: core, redes de distribución, redes de acceso, sistemas de soporte al negocio (BSS) y de soporte a la operación (OSS), inteligencia del negocio, atención de post venta, registros por requerimientos legales y capacitación.

d. En general se le da un peso similar a las dificultades emergentes de las redes en sí hasta los accesos, que a las que surgen de actualizar el resto de las áreas internas.

e. Es común observar que surgen dificultades inesperadas que retrasan los avances hacia IPv6, principalmente debidas a la falta de uniformidad en las características de cada área de cada empresa respecto de otras empresas. Por ejemplo, los problemas con los CPE de una empresa no son similares a los de otras, y la solución que encuentra una no es aplicable a las otras. Estos problemas surgen con más fuerza en todo lo relativo a las áreas internas, por ejemplo en el "provisioning".

f. Se ha observado al menos un caso en que el ISP tiene desplegado un alto porcentaje de CPE Dual Stack pero no pudo avanzar suficientemente en el resto de las áreas como para poder prestar servicio masivo en IPv6.

g. Igualmente ha empezado a haber una difusión de conocimiento para enfrentar estas dificultades que va a facilitar la transición a medida que pasa el tiempo.

h. Aquellos ISP que han iniciado tempranamente el proceso de transición empezando por un inventario de la situación en las distintas áreas involucradas incluyendo hardware, software, procesos y procedimientos, han podido hacer una mejor planificación de transición progresiva con inversiones marginales o despreciables a medida que se debían sustituir activos por obsolescencia. Especialmente en el core, la sustitución de equipos obsoletos por otros IPv6 compatibles no ha significado inversión adicional.

i. Por ello se observa, en conclusión, la importancia del inicio temprano de la transición a través de un programa que alinee en forma óptima las inversiones y acciones necesarias con las previsiones de escasez de direcciones IPv4.

j. La casi totalidad de los operadores se encuentran prestando servicios, o consideran prestarlos usando Dual Stack, en general combinado con CGNAT.

k. Los operadores de redes fijas tendrán un avance más lento debido a que van a sustituir los CPE por Dual Stack a medida que haya que sustituirlos por obsolescencia, considerando el alto impacto de esta inversión en la inversión total de la transición.

l. Los operadores de redes móviles evolucionarán más rápidamente debido a que el terminal lo paga el usuario y además suele cambiarlo en periodos cortos. Por otra parte, su propia expansión hace que deban comprar equipamiento que ya viene preparado para IPv6.

m. En general existe escasez de direcciones IPv4 que ha llevado al uso de CGNAT e impulsado el despliegue de IPv6. Aun así, muy pocos operadores de la región han realizado despliegues importantes a nivel masivo. La mayoría han mencionado 2016 como el año del inicio del despliegue masivo y muchos han mencionado más años debido a su stock de direcciones IPv4.

n. Cuando se presentan problemas con algunas aplicaciones atrás del CGNAT los ISP que disponen de direcciones suficientes le proveen el servicio con una IP pública, manteniendo el CGNAT para los demás clientes.

o. Ante el necesario uso de CGNAT hasta la transición final a IPv6, las imposiciones legales de registro de usuario – dirección física (Dirección IP + Puerto) pueden convertirse en una carga económica muy importante para los ISP.

7. ISP de servicios corporativos.

a. Estos ISP pueden prestar servicios con protocolo IPv6 en forma mucho más simple que los operadores de servicios masivos.

b. En general no tienen problemas de escasez de direcciones IPv4 y sus clientes no le solicitan servicios en IPv6. Más aún, se ha mencionado en algunos casos que los clientes no quieren pasar a usar IPv6.

8. ISP mayoristas.

En general la mayoría de ellos está preparada para prestar servicios IPv6 incluyendo el peering, aunque no siempre lo realiza debido a que sus clientes no lo requieren.

9. IXP.

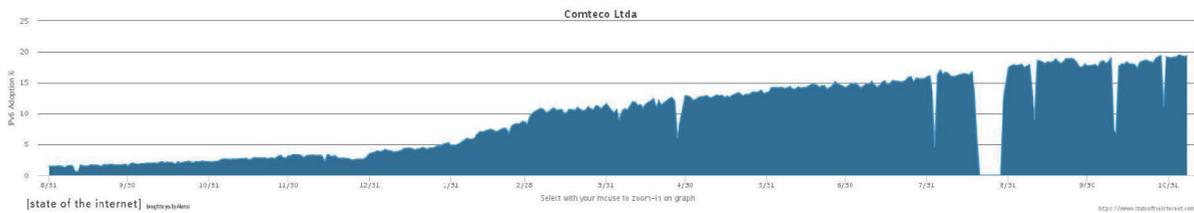
Los IXP están en general preparados para IPv6 pero no tienen solicitudes de interconexión en IPv6, posiblemente hasta 2016 cuando empiecen los despliegues a nivel de usuarios.

10. ANÁLISIS DE CASOS DE ÉXITO EN LA REGIÓN LACNIC.

10.1 Principales despliegues masivos en la región

Existen en la región solo cuatro países que han alcanzado valores del indicador de Usuarios mayores al 1%. En tres de ellos ha sido un operador en cada uno el que impulsó el despliegue en el país. Ellos son:

1. Bolivia. COMTECO es quien impulsó el despliegue masivo al usuario final. Al 19 de noviembre presenta un porcentaje de 19,4% de usuarios en IPv6 de acuerdo a la metodología de Akamai. Se puede observar un crecimiento progresivo desde al menos un año y medio.



2. Brasil. En este caso son varios los ISP que están impulsando reciente, rápida y fuertemente el % de usuarios con IPv6, el que del 13 de julio al 17 de noviembre se multiplicó por 2,5 en promedio de Google y APNIC, llegando a 7,58%.

La gráfica que sigue muestra cómo pasa de casi 0% a principios de 2015 al valor actual según Akamai.



Brasil Operadores.

a. Los operadores que están impulsando este crecimiento son, entre otros, Oi, GVT y Vivo. Los valores son al 12 de noviembre.

b. Oi – Telemar con un 1,3% según Akamai empezando a fines de mayo de 2015.

c. Oi – Brasil Telecom con 0,9% según Akamai, empezando en la misma fecha.

d. GVT, pasando de 3,5% a 14,76% en 6 meses según World IPv6 Launch¹⁵.

e. Vivo, pasando de 1,9% a 3,04% en 30 días según World IPv6 Launch.

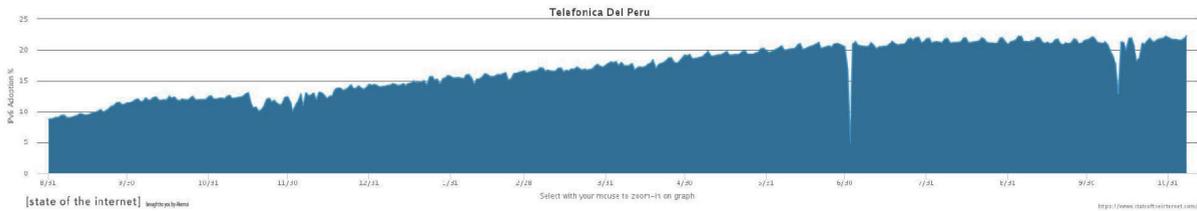
3. Ecuador. La CNT es quien impulsó el despliegue de IPv6 pasando este ISP del 1% al 14,8% en un año, según Akamai.



15- <http://www.worldipv6launch.org/measurements/>

4. Perú.

Telefónica del Perú es el operador que da lugar al alto valor de despliegue de IPv6 en un proceso progresivo que llega a 22,3% al 17 de noviembre según Akamai.



Los casos de éxito que se presentan con detalle en esta sección corresponden a los países de la muestra que han sido visitados y que fueron entrevistados.

El caso de Brasil ha surgido muy recientemente como un caso de rápido despliegue.

En la investigación de los casos de éxito en los países de la muestra se consideran dos tipos: un ejemplo de operador que se ha preparado en forma importante, y desde hace varios años, estando pronto para el despliegue masivo, y los que ya lo han comenzado en forma exitosa. La diferencia entre ambos casos es principalmente un tema de oportunidad, en cuanto a que como el despliegue de IPv6 está hasta el momento principalmente motivado por la escasez de direcciones IPv4, pueden existir operadores que han dado tempranamente todos los pasos de transición pero que aún no requieren el despliegue masivo hasta el usuario final.

O sea, han previsto tempranamente la necesidad de iniciar la transición, la han ido realizando progresivamente minimizando inversiones a medida que debieron sustituir equipamientos, han ido adaptando sus sistemas al nuevo protocolo, pero no han dado el paso del acceso final al usuario por cuestiones económico – financieras. Esta última parte es la que requiere mayores inversiones, por lo que la oportunidad del despliegue se posterga hasta que sea realmente necesario.

Los casos de éxito que se han analizado durante este trabajo son los siguientes.

10.2 Operador importante. Exitosa preparación para la transición

Si bien no puede catalogarse estrictamente como caso de éxito por los resultados actuales en términos del indicador LACNIC/CAFIcAv6, un ISP grande multinacional que presta servicios residenciales, mayoristas, móviles y corporativos, tiene un plan perfectamente definido y avanzado para el despliegue de IPv6. Es de interés

observar el trabajo realizado y la orientación dada a su proyecto.

A nivel internacional se adoptó hace unos 5 años la estrategia de migrar a IPv6 en todas las operaciones. En ese momento en que se estaban estableciendo las técnicas de Dual Stack y DS-Lite, se adoptó la primera de ellas. Las razones principales fueron en primer lugar para afrontar tempranamente la situación de escasez de direcciones IPv4 con altas tasas de crecimiento de la banda ancha, y adicionalmente razones institucionales. Este plan se inició con un inventario detallado de todos los equipos de la red y en cuanto a su capacidad de ser actualizado para IPv6, si ya estaba preparado, etc.

En general los agregadores fueron los que presentaron mayor necesidad de ser cambiados.

La operación que se comenta, en uno de los países visitados, comenzó hace unos dos años con las pruebas de concepto, experiencias piloto, acondicionamiento de equipos, adecuación de los sistemas, etc. en todas las áreas de negocio y principalmente en los minoristas fijo y móvil. Debido a las dificultades propias de las redes móviles, las pruebas piloto para las redes fijas pudieron terminarse primero. La red de transporte de este operador integrado está operando hace años en IPv6 usando 6VPE. Los sistemas de provisioning y otros sistemas también están preparados para IPv6, así como los agregadores y los CPE xDSL.

Los clientes corporativos no presentan requerimientos actuales ni futuros acuciantes como para que se les provean los servicios en IPv6, por lo que este servicio carece de valor comercial. Igualmente se les provee IPv6 sobre MPLS usando 6VPE con CPE y routers en Dual Stack. Esta observación es importante pues es válida independientemente del país y del proveedor.

En cuanto a los clientes mayoristas hace tiempo que este operador ya está suministrando servicios, incluyendo peering en IPv6. La razón principal es que los clientes mayoristas, en cuanto disponen o prevén

disponer clientes finales con IPv6, requieren disponer de servicios IPv6 de tránsito o peering.

Con relación a los clientes minoristas fijos y móviles el IPv6 no tiene valor comercial, por lo que también en este caso el despliegue se dará de acuerdo a las necesidades o estrategia de desarrollo asumidas por el operador.

La modalidad adoptada a nivel de todas las operaciones es la de Dual Stack con acceso nativo IPv6, y CGNAT44 dinámico para seguir soportando los servicios que todavía requieren IPv4. Es una estrategia interesante que minimiza las inversiones desechables en el futuro, bajando la demanda de las direcciones IPv4 para todos los servicios que se pueden prestar sobre IPv6. Mientras que al principio el CGNAT es centralizado, la evolución de los servicios de alta velocidad, como el video, están impulsando el modelo descentralizado acercando los NAT a los bordes donde está la agregación.

El consultor hace notar que esta estrategia da lugar a mayores costos de O&M de la red por tener que mantener el Dual Stack, pero el Operador indicó que los estudios económicos fueron favorables a esta solución.

Los despliegues de alta velocidad son principalmente sobre la base de FTTC y VDSL.

La estrategia no implica la sustitución total de terminales de clientes por Dual Stack, lo que no es requerido por los clientes por ser agnósticos a la tecnología mientras reciban un servicio de calidad. La sustitución de terminales se hará gradualmente a medida que les llegue la obsolescencia, o que sea requerido por la prestación del servicio. El consultor hace notar que el costo de los terminales es un porcentaje importante de la inversión en el despliegue de IPv6 en el acceso, como se ve en el estudio de costos en el modelo. Por otra parte, en cuanto a los móviles, la propia reposición acelerada por parte de los clientes hace que se espere un despliegue con impacto importante en el ISP móvil.

10.3 Caso de éxito. Cooperativa de Telecomunicaciones Cochabamba Ltda. (COMTECO)

La Cooperativa de Telecomunicaciones de Cochabamba es el operador que ha impulsado hasta el momento el despliegue de IPv6 en Bolivia, siendo responsable del alto indicador relativo de Bolivia en cuanto a usuarios potencialmente habilitados para IPv6. Es prestadora de servicios de televisión por cable, telefonía móvil a través de su participada NUEVATEL - VIVA, larga distancia, banda ancha, internet satelital, televisión satelital y otros.

A fines de 2010 tomó la decisión de desplegar IPv6 en su red, en 2012 solicitó un prefijo IPv6 a LACNIC y en

2013 levantó un enlace BGP en IPv6 con su proveedor de tránsito y publicó el prefijo 2803:9400::/32. En las primeras pruebas observó que si bien los ruteadores de borde, los DNS, algunos modelos de módem y demás, operaban en IPv6, no era así con el AAA.

En paralelo, a principios de 2013, realizó una licitación para cambiar el core de la plataforma y en la misma se incluyó la compatibilidad con IPv6. En marzo de 2014 se realizaron las primeras pruebas y se inició el despliegue al cliente el 22 de agosto de 2014 con la técnica Dual Stack.

El Operador entiende que no necesitará CGNAT hasta 2017. Por ello es el único caso de éxito observado que ha tomado una decisión temprana de planificación y despliegue de IPv6 sin estar necesitado todavía de usar CGNAT. O sea que ha aprovechado la sustitución de equipos, o de instalación de nuevos equipos, para adelantarse a una necesidad futura, teniendo en cuenta que para este operador recién en 2017 comenzarían a escasear las direcciones IPv4.

Para diciembre de 2014 registraba 4.000 usuarios de IPv6 en la hora pico, con 300 Mbps. de tráfico en IPv6.

En octubre de 2015 estos valores pasaron a 17.000 usuarios y 2 Gbps. de tráfico total.

Para este momento el 40% de los clientes están preparados para IPv6.

COMTECO entiende que los usuarios no han percibido si usan IPv4 o IPv6, pero sí se ha notado más latencia en los sitios IPv6 en algunas ocasiones.

Actualmente, mientras crece su base de usuarios IPv6, continúa desarrollando estas tareas de transición a IPv6: configuración de los elementos de la granja de servidores, DNS, Firewalls, Antispam y portales de autenticación.

Estas acciones surgen de la previsión temprana de la necesidad de migrar a IPv6 y de la oportunidad de tener que sustituir equipamiento, el que ya fue comprado compatible con IPv6, en particular en las compras de los CPE.

No encontró problemas ni necesidad de cambios en el BSS, en parte debido a que la tarifa es plana.

10.4 Caso de éxito. Corporación Nacional de Telecomunicaciones E.P. (CNT)

La CNT adoptó la decisión estratégica temprana de desplegar IPv6, impulsada por dos acuerdos del Ministerio de Telecomunicaciones y Sociedad de la

Información de 2011 y 2012¹⁶ destinados al desarrollo de redes IPv6 en Ecuador, y por la escasez prevista en el stock de direcciones IPv4.

Adicionalmente la CNT comenzó a crecer en forma muy importante en cantidad de clientes de acceso fijo a Internet, lo que impuso más exigencias a su stock de direcciones IPv4. Al 30 de junio de 2015 la CNT tenía 814.143 cuentas de acceso dedicado a Internet¹⁷ y el 57,47% del mercado. Este crecimiento fue de varias veces en pocos años, lo que agregado a la escasez de direcciones IPv4, colaboró a la más rápida toma de decisión del despliegue de IPv6 en la red fija.

El despliegue en la red fija es con la técnica Dual Stack y CGNAT, en una decisión alineada con las de la casi totalidad de los operadores de la región. Por el momento el esfuerzo está concentrado en la red fija, dejando para más adelante la decisión con relación a la red móvil en la cual se está usando CGNAT. Uno de los posibles problemas que requieren atención en esta red móvil son los terminales.

En cuanto a los clientes corporativos se manifiesta que éstos no desean pasar a IPv6.

En la red fija el despliegue comenzó tempranamente en 2011 - 2012. En este despliegue se destaca el empleo temprano de CPE inalámbricos Dual Stack desde 2012, en que aprovechando una alta tasa de reposición se logra tener al día de hoy más CPE Dual Stack que usuarios a los cuales se les pueda habilitar IPv6 por cuestiones ajenas al CPE. O sea que ha habido grandes avances en los terminales de acceso, lo que dará lugar a un aumento también importante de usuarios en cuanto se completen despliegues menores en la red de acceso, como son algunos BRAS. Por otra parte todo el core es Dual Stack y no presenta ningún problema a nivel de sistemas y demás equipamientos en el backoffice.

En resumen, es una red totalmente preparada para IPv6, con avances importantes en el despliegue de CPE Dual Stack, por lo que se espera que en el futuro próximo se observen avances importantes en la cantidad de cuentas con IPv6. El consultor hace notar que la mayoría de los operadores encuentran en el costo del despliegue del CPE uno de los obstáculos para el aumento rápido en la cantidad de usuarios fijos IPv6. Por ello es que, en general, deciden pasar a IPv6 en las etapas de sustitución de equipamiento. En este caso fue temprana la sustitución por CPE IPv6 compatibles.

Los clientes no han encontrado diferencias perceptibles. El despliegue fue cuidadoso, a través de dos planes piloto

sucesivos, durante los cuales se fueron solucionando problemas que surgieron, y al día de hoy el despliegue no presenta problema alguno.

En las pruebas piloto se iniciaron los servicios con el Dual Stack operando. Al suceder ciertos problemas con los CPE desconectaron una de las alternativas, detectando un problema que se solucionó con actualización de software.

En este momento la CNT se encuentra trabajando en mejorar los sistemas de gestión de la red a los efectos de obtener mayor eficiencia operativa.

En conclusión, la toma de acciones tempranas, aprovechando sustituciones naturales de equipos por nuevos que operen en IPv6, dio lugar a una transición ordenada y sin mayores problemas, dejando igualmente preparada la red para una evolución de acuerdo al avance de contenidos y aplicaciones IPv6, reduciendo progresivamente el uso de IPv4.

10.5 Caso de éxito. Telefónica del Perú S.A.

Este operador presenta los indicadores más altos de despliegue en la región.

Considerando las altas tasas de crecimiento y su estrategia para enfrentar la futura terminación de stock de direcciones IPv4, principalmente comandada por los servicios móviles y también por los servicios fijos ADSL (Speedy) cuyo crecimiento natural es alto y principalmente en HFC, el operador desarrolló tempranamente desde 2008 una estrategia para un despliegue intenso, acompañada de acciones de culturización con sesiones dirigidas a empresas e instituciones que son importantes para acompañar el desarrollo, así como de transmisión de conocimiento, etc. Por tanto, la percepción temprana del agotamiento de las direcciones IPv4 fue la principal razón de todo el proyecto de transición a IPv6. Con la estrategia adoptada se comenzaron a liberar direcciones IPv4 en el área de servicios ADSL, permitiendo usar las direcciones liberadas en una evolución más suave en las demás áreas.

Como parte de este plan empezaron con las pruebas en 2010.

Este despliegue hizo que la operación en Perú liderara el despliegue de IPv6 de las diferentes operaciones de Telefónica en la región. A continuación se describen las etapas principales, según la presentación realizada por la empresa en LACNIC 24 LACNOG en Bogotá, 2015.

16- 0133-2011 y 007-2012

17- <http://www.arcotel.gob.ec/servicio-acceso-internet/>

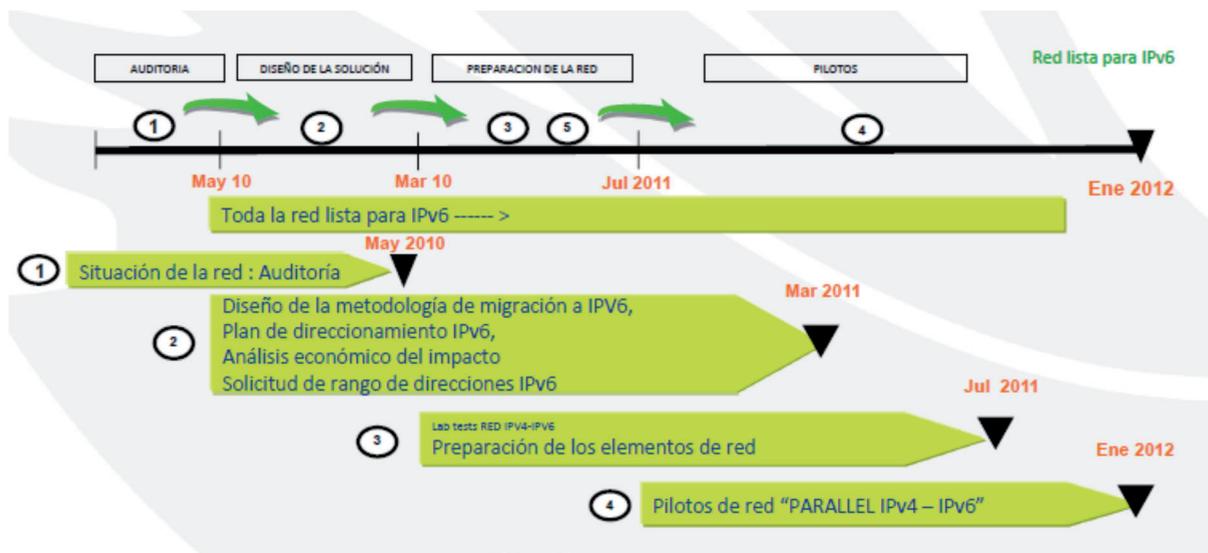
En 2009 existieron alarmas de agotamiento de direcciones IPv4 por lo que se observó que era necesario empezar a usar IPv6 en 2012. Para ese momento otros operadores como NTT, Orange y COMCAST ya habían empezado el despliegue.

En ese momento Telefónica tenía unas 1,2 millones de direcciones IPv4 y 1,1 millones de clientes fijos. Al mismo tiempo los clientes móviles ya estaban usando servicios a través de CGNAT. De esta manera les resultó imprescindible pasar a usar Dual Stack con CGNAT.

En resumen su estrategia fue:

1. Usar Dual Stack con CGNAT en todo el crecimiento futuro de la red.
2. Mantener a los clientes de alto valor con direcciones IPv4 públicas.
3. Ofrecer servicios IPv6 para todos los prestadores de contenido que lo solicitaran.

Se desarrolló un plan de transición que se observa en la gráfica siguiente:



Se identificaron como acciones principales:

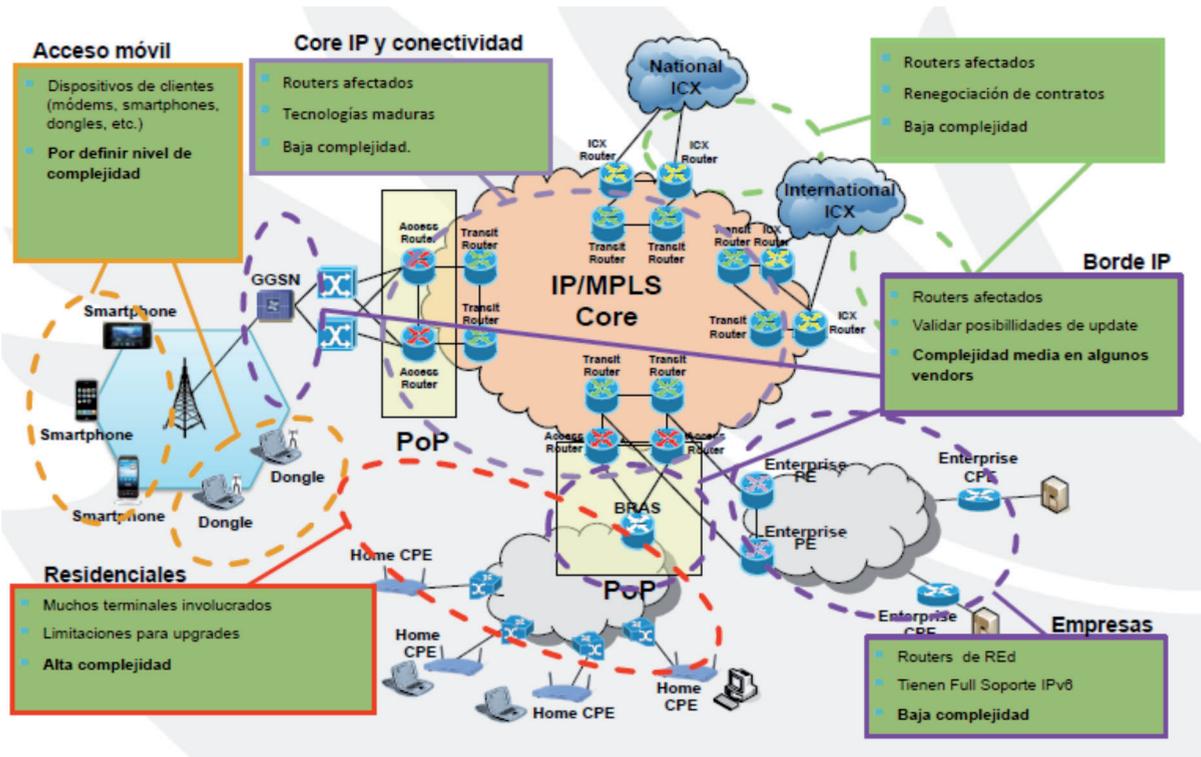
1. Asegurar que progresivamente los CPE soporten Dual Stack.
2. Prover capacidad Dual Stack en el borde (BRAS y GGSN) y DNS.
3. Asegurar que los sistemas OSS soporten Dual Stack.

La gráfica siguiente muestra las diferentes partes de la red, dificultades y procedimientos a seguir. Es un interesante ejemplo de una estructura completa de red fija y móvil de un operador integrado horizontalmente y los principales puntos y asuntos de atención. Cada parte de esta red ha sido analizada individualmente a partir de un inventario realizado en el principio del proceso de transición de Telefónica.

Al momento actual Telefónica del Perú cuenta con 1,6 millones de clientes de acceso fijo, lo que supera ampliamente la cantidad de direcciones IPv4. Por esta razón la situación es la siguiente:

1. El 27% de las direcciones IPv4 está siendo usado a través de CGNAT y el 83% restante se usa como IPv4 públicas.
2. En cuanto al uso de las direcciones públicas, el 20% son IPv6 y el 80% son IPv4.

Se observa que las direcciones IPv6 cumplen un papel importante junto con el 27% de las direcciones IPv4 usadas a través de NAT.



La adopción temprana de medidas de mitigación de la reducción del stock de direcciones IPv4 ha permitido que Telefónica ya esté desplegando direcciones IPv6, las que quitan presión sobre el uso de las direcciones IPv4, de las que muchas pueden ser todavía usadas como públicas. Esto habilita un camino progresivo sin presiones por problemas de calidad derivados de altas comparticiones de las direcciones IPv4. Por otra parte, esta adopción temprana ha permitido el despliegue de red Dual Stack a través de las actualizaciones progresivas de la red, sin necesidad de realizar inversiones exclusivamente para la transición.

El plan general implica:

1. Se empezó a desplegar IPv6 en la red ADSL en 2012 con CPE Dual Stack y WiFi.
2. Para 2016 se empezaría a desplegar IPv6 para los clientes corporativos para los cuales la red está pronta, y para los de la red HFC.
3. Se estima que en 2017 el despliegue llegue a los servicios móviles siguiendo la misma técnica de Dual Stack con CGNAT.

Todas las altas de servicios se efectúan con CPE Dual Stack, y como se ha visto más arriba, el avance del uso de CGNAT se efectúa por nodos en los que se requiera ir reduciendo el uso de IPv4 públicas.

En cuanto a grandes clientes, solo las universidades solicitan IPv6; no se ha percibido demanda por parte de los clientes corporativos, ni siquiera los de terminación internacional en el Perú.

Debido a la adopción temprana de la estrategia de transición, los sistemas internos fueron siendo actualizados progresivamente donde fue necesario, lo que no les ha representado problemas. Los sistemas BSS son transparentes al direccionamiento empleado y solo fue necesario actualizar el provisioning.

Con respecto al sistema HFC se encuentran trabajando en el provisioning y en la validación de los CM. Los CMTS ya se encuentran validados. Por el momento se encuentran usando direcciones públicas, pero también en este servicio se empleará Dual Stack con CGNAT.

11. EXPERIENCIAS EXITOSAS EXTRA REGIÓN LACNIC.

En esta sección se hace una breve descripción de otros casos seleccionados de despliegue importante en el mundo. Se usa como referencia un documento de marzo de 2015 elaborado por un grupo de expertos de la Unión Europea y China¹⁸.

11.1 France Telecom – Orange

Es una empresa multinacional con operaciones en 32 países con unos 250 millones de clientes. Opera principalmente en el mercado móvil, en el acceso a Internet de banda ancha y en servicios corporativos.

En 2008 lanzó un programa para realizar un inventario de todos los equipos y sistemas que podían ser potencialmente afectados por la implantación de IPv6, evaluando el impacto técnico y económico. Este programa fue organizado en tres fases para todos sus servicios fijos móviles, residenciales y corporativos.

1. Introducción, en 2008 – 2009.
2. Migración de servicios, de 2009 a 2013.
3. Producción.

Esta fase se inició a partir de 2013 de acuerdo a las necesidades originadas en la escasez de direcciones de cada una de las operaciones.

Se adoptó la técnica de Dual Stack, que es considerada la que permite la transición más eficiente y directa desde los puntos de vista técnico y económico. Se destacan los siguientes aspectos de su arquitectura:

1. Los CPE son routers Dual Stack.
2. Tanto a los CPE (fijo) como a los UE (móvil) se les asigna dinámicamente por defecto un prefijo IPv6 /56 sea residencial o corporativo, al menos en la región RIPE. Los clientes corporativos pueden solicitar un /48 como opción. Los prefijos son asignados a los CPE a través de DHCPv6.
3. Los UE soportan CLAT y se les asigna un /56. A los clientes móviles se les provee una conexión solo IPv6 basada en un solo contexto PDP19 IPv6.

De todas maneras las operaciones de Orange, dependiendo del desarrollo de sus redes y de las

condiciones comerciales, pueden optar por ir por una fase transitoria de Dual Stack y usando dos contextos PDP distintos, o un solo contexto Dual Stack, IPv4v6.

4. En el core el tráfico IPv6 es transportado nativamente en una red 6PE sobre MPLS. De esta manera los routers se convierten en Dual Stack sin cambiar nada de la red IPv4 MPLS.

Orange ha provisto peering IPv6 desde 2002 y servicios VPN IPv6 desde 2009.

Orange de Polonia ha sido la primera operación en comenzar a prestar servicios masivos fijos y móviles IPv6 en noviembre y marzo de 2013, respectivamente.

En diciembre de 2014 el 25% del tráfico de Orange en Polonia era IPv6.

Otras operaciones como las de España y Francia comenzarían el despliegue masivo en 2016 o 2017. En Francia se han llevado a cabo pruebas internas durante 2013 y para 2015 se planeaba iniciar la prueba de campo con más de 100.000 clientes de FTTH.

Para África, Orange está trabajando intensamente en la preparación de la transición aunque no prevé escasez de direcciones IPv4 hasta 2019. Este movimiento está principalmente motivado en la previsión de que comenzará a haber contenido solo en IPv6, al que no podrían acceder los clientes si se mantienen solo en IPv4.

Por otro lado prevé el desarrollo de la Internet de las Cosas que seguramente va a distorsionar la situación actual de la Internet. Observa los siguientes desafíos:

1. La necesidad de que se puedan identificar inequívocamente todos y cada uno de los objetos, independientemente de la tecnología y de si son fijos o móviles.
2. La capacidad de soportar un aumento importante del tráfico en los accesos y en el core, lo que impactaría fuertemente en su diseño considerando el volumen y el perfil del tráfico que se generará entre las cosas.
3. Las características de los servicios prestados, que impactarán en las políticas de gestión del tráfico, la

18- Proyecto financiado por la Unión Europea para fortalecer la cooperación de la Unión Europea y China en el despliegue de IPv6 y en las actividades de investigación y experimentación de la Internet futura (FIRE).

19- El contexto en estos casos hace referencia al circuito virtual de datos, o túnel, desde el terminal del usuario a la red de paquetes externa a la del servicio móvil. También llamado contexto PDP/PDN en las redes GPRS/UMTS. PDP es el Protocolo de Paquetes de Datos y PDN es la Red de Paquetes de Datos, ambos por sus siglas en inglés. En las redes LTE estos circuitos virtuales reciben el nombre de portadoras EPS y cumplen una función similar. EPS es el Sistema Evolucionado de Paquetes, también por su sigla en inglés.

priorización (por ejemplo en los servicios médicos), la confiabilidad y robustez de las rutas, etc.

Orange considera muy importante que los vendors estén alineados con los planes de los operadores para dar soporte a los desafíos de la transición. También entiende que la educación y la capacitación en IPv6 deben ser permanentes para lograr el éxito a través del conocimiento de todas las partes interesadas.

Reitera lo que también se ha observado en las reuniones realizadas con LACNIC en los países de la región, en cuanto a que los problemas a resolver son variados, no principalmente técnicos y de diferente grado de dificultad según cada caso: capacitación para el NOC, el personal de marketing y los gerentes, entre otros; las plataformas de servicios, los sistemas en general, etc.

11.2 Deutsche Telekom

En diciembre de 2012 Hrvatski Telekom, una operación de Deutsche Telekom (DT) en Croacia que provee servicios fijos y móviles residenciales y empresariales, lanzó la prueba de TeraStream, una red nativa IPv6 basada en una combinación de vanguardia de tecnologías de red y de la nube que DT considera desplegar en sus operaciones.

Más en general DT provee servicios móviles IPv6 en 16 países y servicios fijos en 11 países, en todos los casos debido al agotamiento de las direcciones IPv4. Desde 2012 todos los servicios fijos nuevos son provistos con Dual Stack.

Respecto de las redes móviles, DT considera lo siguiente:

1. Existen dos impactos principales de IPv6 en sus redes: las plataformas que transportan el tráfico y las plataformas que procesan direcciones IP en la capa de aplicaciones.
2. El soporte de Dual Stack es como sigue:
 - a. Dos portadoras PDP primarias IPv4 e IPv6 desde el Rel-99 del 3GPP.
 - b. Nueva red de datos (PDN) IPv4v6 desde el Rel-8 de LTE y Rel-9 de redes 2G/3G.
3. El desarrollo del soporte IPv6 es requerido en los terminales, el core, la red de transporte y en los sistemas OSS/BSS.
4. Las nuevas arquitecturas de red como TeraStream muestran que IPv6 da una mejora sustancial de la experiencia de los clientes y ahorros significativos de costos para el operador.

11.3 Telefónica

Se analizan dos temas principales en la transición hacia IPv6 desde la óptica de Telefónica. Ya se ha visto en el análisis de los distintos países de la muestra cómo sus operaciones en la región se han ido alineando con estos lineamientos corporativos desde 2009 - 2010.

11.3.1 Metodología de transición hacia IPv6

La metodología más común adoptada en cada operación de Telefónica es bastante similar a la tomada en España.

1. Pruebas tempranas en los laboratorios de red y de I&D. La mayoría de las redes fueron involucradas en las pruebas de IPv6 desde hace unos 15 años, principalmente a través de proyectos colaborativos con las universidades o dentro de iniciativas nacionales y regionales. El más notorio fue el Euro6IX financiado por la Unión Europea y que se desarrolló entre 2002 y 2006.
2. Auditoría del impacto de las redes. Muchas de las redes ya han pasado por esta fase donde las partes afectadas son identificadas y las acciones y los costos relacionados se prevén. Las áreas bajo estudio son los nodos de peering, el core, los nodos de acceso, CPE y UE, BSS/OSS y las áreas de marketing (definición del servicio / producto).
3. Transición de la red core y de los nodos de acceso. Esta área de trabajo involucra intensa y esencialmente a los recursos humanos de los departamentos de planificación e ingeniería de redes de cada operación.

Los trabajos de transición en el core y en los nodos de tránsito y o peering, son los más simples y a su vez esenciales antes de desarrollar IPv6 en otras partes de la red. Usualmente el tráfico del core es llevado sobre la red MPLS luego de habilitar 6PE en los ruteadores de borde. En cuanto a la transición de la red de acceso, se debe seleccionar primero una estrategia y luego migrar los nodos que no soportan IPv6 a nivel de carrier. La estrategia depende de varios factores como el estado actual de la red, el stock de direcciones IPv4, la maduración y disponibilidad del equipamiento requerido por cada técnica, etc.

Como el despliegue de IPv6 empieza cuando comienzan a escasear las direcciones IPv4, el Dual Stack puro con IPv4 globales en general debe combinarse con otras técnicas de compartición de direcciones IPv4.

4. Despliegue comercial de IPv6. Esta fase compleja implica la definición de los servicios, la ingeniería de red y las áreas de operación y gestión. En España esta etapa no comenzó aún, habiendo priorizado otros despliegues como LTE y redes de fibra.

11.3.2 Estrategia de transición hacia IPv6

Como se ha mencionado, Telefónica entiende que no hay una única solución para todas las operaciones debido a la diversidad de arquitecturas, equipamiento, servicios y agendas de despliegue. En general los siguientes aspectos pueden ser una guía:

1. Redes fijas residenciales de banda ancha. La técnica de Dual Stack será la estrategia principal siempre que ello sea posible. Si existe escasez de direcciones IPv4 se debe apelar a los CGNAT. Las técnicas de PCP (Port Control Protocol) son necesarias debido al doble NAT a nivel del carrier y del cliente, de forma que el terminal pueda controlar cómo los paquetes IPv4 e IPv6 son traducidos y enviados por el ruteador que opera como NAT. En España se les provee a los clientes una dirección IPv4 dinámica, un prefijo dinámico IPv6 /60 y uno dinámico /64 para la conectividad WAN del ruteador.

2. Banda ancha móvil. En este momento se le suministra a los usuarios una dirección IPv4 privada en el contexto PDP principal. En cuanto a IPv6, se le suministrará un bloque dinámico /64 en el mismo contexto PDP (3GPP Rel-8 LTE y Rel-9 2G/3G). O sea que usa la técnica del Dual Stack en un solo contexto o portadora EPS.

11.4 Conclusiones

De esta breve reseña de casos de éxito de fuera de la región, se concluye lo siguiente:

1. Orange comenzó a trabajar tempranamente en la preparación para el despliegue de IPv6 a través de un programa de tres fases que culminaron en 2013.

2. El despliegue se está realizando en las operaciones a medida que se dan las condiciones necesarias, habiendo empezado Polonia en 2013.

3. En África no se prevé escasez de direcciones IPv4 hasta 2019, pero de todas maneras Orange está trabajando en la preparación del despliegue previendo que pueden empezar a desarrollarse sitios accesibles solamente en IPv6.

4. Se considera muy importante que los vendors estén alineados con los planes de los operadores para dar soporte a los desafíos de la transición.

5. También se entiende que la educación y la capacitación en IPv6 deben ser permanentes para lograr el éxito a través del conocimiento de todas las partes interesadas

6. La duración del proyecto de transición puede llevar de varios meses a varios años dependiendo de las particularidades de las redes, tamaño del país, etc.

7. DT entiende que el despliegue de IPv6 afecta no solo la red sino todos los sistemas como los OSS/BSS.

8. El uso de IPv6 nativo da una mejora sustancial de la experiencia de los clientes y ahorros significativos de costos para el operador.

9. Telefónica presenta las etapas principales para el despliegue de IPv6, que están alineadas con las de otros operadores y con la lógica del despliegue: pruebas previas de laboratorio, auditoría del impacto del IPv6 en toda la red y los sistemas, transición del core y de los nodos de acceso y finalmente el despliegue al cliente masivo.

10. Telefónica ha optado por el Dual Stack para las redes fijas y el Dual Stack en el mismo contexto para las redes móviles.

12. IMPORTANCIA ESTRATÉGICA DEL DESPLIEGUE IPV6

La importancia estratégica de este despliegue se observa en dos planos: a nivel de país a través de las prestaciones del servicio de Internet a los usuarios, y a nivel de los proveedores.

Respecto de los proveedores, que son los agentes más activos en este despliegue, ya se han analizado extensamente en las secciones anteriores todos los aspectos involucrados, tanto desde el punto de vista cualitativo como cuantitativo, delineando la importancia estratégica que tiene para ellos y cómo están enfrentando eficientemente la transición.

En esta sección se analizará la importancia estratégica a nivel del país.

12.1 Impacto principal actual de la adopción de IPv6 en la productividad en los sectores público y privado

En esta sección se analiza el impacto de la transición hacia IPv6 con las condiciones actuales del mercado. En la siguiente sección se analizan ciertas tendencias que pueden dar lugar a cambios más drásticos en el despliegue.

El impacto sobre la productividad puede provenir de dos aspectos principales que ya se han analizado: la calidad de servicio que influye en las operaciones que se realizan sobre Internet (consultas, intercambio de documentos y otros), y la posibilidad o no del uso de determinados contenidos y aplicaciones. Este impacto es similar en las actividades de ocio.

Mientras un ISP provee servicios de acceso a Internet con direcciones IPv4 y sin compartirlas, como es el caso cuando tiene stock suficiente en relación a su crecimiento en cantidad de clientes, el usuario no encontrará problemas y no encontraría mejora si además el ISP le proveyera direcciones IPv6, por ejemplo a través del Dual Stack.

En el caso de los mercados que tienen suficientes direcciones IPv4, como en Chile, donde hay stock como para al menos dos años, o de los ISP de bajo crecimiento de usuarios como los que son solo corporativos, no existe una fuerte presión para pasar a compartirlas, por lo que la solución de seguir usando direcciones IPv4 públicas es adecuada si al mismo tiempo se prevé y se inicia el proceso de transición.

Esta situación se puede mantener estable mientras no comiencen a aparecer contenidos y aplicaciones que solo sean accesibles con IPv6. Si bien no hay estudios que indiquen cuándo podría darse esta situación, hay operadores que ya iniciaron el proceso de migración

para prevenirla, aun teniendo suficiente stock de direcciones IPv4, como Orange en sus operaciones de África.

En los mercados del acceso a Internet en competencia existe una retroalimentación que hace que los ISP presten el servicio con la calidad requerida por los usuarios, y que adopten la transición oportuna hacia IPv6 tan pronto vean o prevean los efectos negativos de mantenerse compartiendo direcciones IPv4. Algunas veces, como se ha observado durante las entrevistas, los ISP despliegan IPv6 y continúan usando CGNAT, pero entregan direcciones IPv4 públicas cuando los clientes reclaman por la calidad. Todo esto es parte de un equilibrio que optimiza las inversiones de los ISP manteniendo la calidad del servicio. Por ello el impacto sobre la productividad de la transición hacia IPv6, y del momento de inicio y de la velocidad de despliegue, se ve muy amortiguado.

Adicionalmente los ISP proveen direcciones IPv4 públicas a sus clientes corporativos o instituciones estatales y universitarias, ya que las direcciones IPv4 compartidas no soportarían comparticiones importantes y simultáneas en las redes privadas al interior de las empresas, y porque así lo exigen sus clientes. Por tanto, donde la compartición de direcciones IPv4 más podría afectar la productividad, esta situación no se da.

En conclusión, la competencia entre los ISP los lleva a adoptar un conjunto de medidas, tanto en el mercado masivo como en el corporativo, que eliminan o amortiguan en forma importante los posibles impactos negativos sobre la productividad durante el período de transición hacia IPv6 y en las condiciones actuales.

12.2 Impacto con visión prospectiva de la adopción de IPv6 en la productividad en los sectores público y privado

El impacto analizado en la sección anterior refiere al comportamiento a nivel macro, que muestra una retroalimentación que lleva a una convergencia general de la oferta con la demanda en las condiciones actuales.

Es decir que los ISP buscan la forma más eficiente de satisfacer la demanda en volumen y calidad del servicio. En esta sección se hace un análisis cualitativo con visión prospectiva de otros efectos que puede tener la transición a IPv6 sobre la productividad, de acuerdo a como se adapte a los nuevos requerimientos. Un análisis cuantitativo requeriría avanzar en un conocimiento más preciso sobre la evolución futura de la transición, las políticas adoptadas por los ISP, la adecuación de los ISP a los nuevos requerimientos, la adaptación de

los usuarios y desarrolladores de aplicaciones, y los requerimientos de las tecnologías emergentes que se apoyan en Internet, entre otros.

Las dificultades que siempre pueden sobrevenir con ciertas aplicaciones en las redes con CGNAT, aunque los ISP adopten medidas de mitigación a nivel macro, tienen efectos económicos debido a la incertidumbre respecto de los costos adicionales de transacción en aquellas aplicaciones que usan Internet. Al introducirse la incertidumbre en cuanto a si una aplicación determinada va a operar en diferentes ambientes, por ejemplo en ambientes de usuarios que se encuentran en redes con CGNAT, se aumentan los costos de transacción y por tanto se desestimula el emprendedurismo. Las grandes empresas que desarrollan servicios en Internet no tienen problemas mayores con estas dificultades generando una barrera para las pequeñas empresas.

Por otro lado se observa que el uso de CGNAT aumenta el retardo del orden del 15% al 40% según cuál sea la fuente de información o el protocolo de medida. Existe en este momento gran cantidad de aplicaciones en desarrollo o implementación como es el control de vehículos en movimiento, accionamientos remotos, tele cirugía y otras similares relativas a la Internet de las Cosas (IoT) para las cuales la reducción del retardo es esencial y necesariamente debe estar por debajo de ciertos umbrales de seguridad. El uso del CGNAT debería evitarse en estas aplicaciones.

La IoT aplicada a nivel empresarial también requiere de la posibilidad de construir varias subredes independientes para funciones tales como seguridad, controles del ciclo productivo, administración y otras. Estas subredes se ven facilitadas mediante el empleo de direcciones IPv6.

Al mismo tiempo empiezan a aparecer otros tipos de objeciones respecto de IPv4, como la del Gerente de Proyectos de tecnologías emergentes de SK Telecom, cuando indicó en @Scale 2015 que aplicaciones sensibles a los retardos, como los controles vehiculares, no serían factibles con IPv4. Este tipo de asuntos recientemente emergentes, relativos a la IoT, deberían ser objeto de seguimiento por cuanto parecen no encajar en las previsiones a través de acciones a nivel macro que se indican en la sección anterior.

Estas son solo algunas de las objeciones que se van encontrando a medida que se desarrollan nuevas aplicaciones, principalmente las relativas a la Internet de las Cosas; esto podría imponer una aceleración en el despliegue de IPv6.

Se considera que el avance de la IoT va a generar un impacto importante en la Internet debido a la prevista conexión de miles de millones de dispositivos inteligentes

y direccionables independientemente. Uno de los fundamentos de la IoT es que sin el uso de direcciones públicas las posibilidades se ven seriamente reducidas.

Cuando se acelere este avance, y para explotar al máximo sus prestaciones, será necesario poder identificar unívocamente cada dispositivo independientemente de la tecnología, si es fijo o móvil o aún si cambia de ISP; deberá ser posible la movilidad y el "multi homing"; habrá que poder gestionar el tráfico que va a crecer en forma muy importante, proveer rutas robustas, asegurar la confidencialidad, permitir la autoconfiguración de los dispositivos y permitir la priorización selectiva del tráfico.

Este conjunto de condiciones que exige el desarrollo de la IoT será un fuerte incentivo para el despliegue y provisión de servicios en IPv6, porque solo los servicios basados en este protocolo las cumplen, y además permiten extender la Internet a los dispositivos del usuario, a los sistemas y a prácticamente cualquier equipo o cosa que se beneficie de la conectividad a Internet.

12.3 Ganancias de eficiencias técnica y económica del despliegue de IPv6

Las múltiples mejoras técnicas repercuten sobre la eficiencia económica en forma directa (por ejemplo en el uso reducido de CGNAT) o indirecta (por ejemplo por la mejor operación de aplicaciones, el uso de subredes conectadas directamente a la Internet en las corporaciones, y otros). Los siguientes aspectos, que se encuentran entre los principales, permiten mejorar la eficiencia técnica y económica con el uso de IPv6.

1. Permite expandir la cantidad de usuarios de una red con direcciones públicas a pesar del agotamiento de las direcciones IPv4, manteniendo los principios de conectividad de extremo a extremo y la simplicidad de la red de acceso y de transporte, trasladando la inteligencia a los extremos de los usuarios. Permite en definitiva la conexión simple, directa y eficiente entre cualesquiera dos usuarios de la Internet.
2. Debido a la cantidad de direcciones disponibles es posible tener subredes en cada cliente final para diferentes propósitos (red administrativa, red de cámaras de seguridad, etc.) con conexiones directas extremo a extremo sin necesidad de usar servidores intermedios.
3. La comunicación en redes móviles implica actualmente que el tráfico en desplazamiento sea siempre comandado centralmente por el operador, lo que presenta dificultades. Se está trabajando para que en IPv6 sea posible la gestión distribuida de la movilidad, como se

observa en la RFC 7429 de enero de 2015, mejorando la calidad y simplificando la gestión, principalmente frente a la expansión masiva de dispositivos móviles. En este sentido, la movilidad implica moverse de una red a otra manteniendo la dirección IP, mientras que el multihoming permite estar conectado a más de un ISP al mismo tiempo.

4. Solo los servicios que ofrezcan IPv6 permiten el desarrollo completo de las prestaciones de la IoT.

5. El ruteo es más simple. Es posible la agregación de prefijos de los usuarios de una misma red en un solo prefijo para su publicación, y además se elimina el control de error en cada salto de red. Esto es posible debido a los controles de error en otras capas arriba y debajo de la de red, donde opera el protocolo IP, y a la mayor calidad de la transmisión en las redes actuales.

La posibilidad de agregar rutas en IPv6 es muy superior que en IPv4, ya que este último protocolo permite longitudes variables para los hosts y las redes, mientras que IPv6 ha reservado una porción definida de 64 bits para identificar cada parte de la dirección: la red y la interfaz (host) dentro de la red. De esta manera es posible agregar cada vez más a medida que se sube en la red: /56, /48, etc.

6. Se produce un aumento del retardo cuando se usa CGNAT, lo que empeora las prestaciones para aplicaciones para las que el retardo es crítico.

7. La red IPv6 permite la autoconfiguración “stateless” de los hosts en cuanto a la asignación de direcciones. El ruteador envía el prefijo y el host puede configurar la dirección usando su dirección MAC, o en forma aleatoria para no revelar su MAC. Recientemente han salido nuevas formas de configurar las direcciones para no usar la dirección MAC. Por ejemplo, RFC7217 especifica direcciones de privacidad que son las que se usarán por default en los Linux.

13. RECOMENDACIONES Y GUÍAS PARA EL DESPLIEGUE, ALCANCE, INSTRUCTIVOS Y CAPACITACIÓN

Estas recomendaciones y guías parten de una de las conclusiones principales de este trabajo:

No se puede obligar externamente a ninguna parte interesada a que inicie o acelere la transición hacia IPv6. Cada decisión está sustentada en su estrategia de desarrollo y en la evaluación económica de ella, basadas ambas en una visión prospectiva de los requerimientos y condicionamientos futuros y su impacto.

Por ello estas recomendaciones y guías están orientadas principalmente a generar el conocimiento profundo en las partes interesadas de todas las implicancias actuales y futuras del despliegue o no de IPv6, procurando que ambas se internalicen en el acto de decisión de la estrategia a seguir. Toda la información contenida en este documento, incluyendo el modelo económico de comparación de alternativas de transición o no, puede ser usada como apoyo a estas guías y recomendaciones.

13.1 Principales problemas en la transición en los países de la región. Desafíos de la región

La región, en promedio, muestra un indicador LACNIC/CAF ICAv6 sensiblemente menor que el correspondiente a los países seleccionados para la comparación internacional. En cuanto a los indicadores parciales, el de Usuarios es el indicador parcial de despliegue de IPv6 en el que la región se encuentra más alejada de los países más avanzados. Se observan los valores en la tabla que sigue:

| Indicador | Región LACNIC | Países referenciales | Países referenciales / región LACNIC |
|------------------|---------------|----------------------|--------------------------------------|
| LACNIC/CAF ICAv6 | 21,39% | 39,59% | 1,85 |
| Planificación | 18,08% | 28,89% | 1,60 |
| AS de tránsito | 55,30% | 79,23% | 1,43 |
| Contenido | 50,77% | 49,96% | 0,98 |
| Usuarios | 1,31% | 15,08% | 11,51 |

El indicador LACNIC/CAF ICAv6 está orientado a países en proceso inicial de despliegue de IPv6, por lo que le da un peso del 30% a lo relativo a la planificación y a los primeros pasos de despliegue, como es disponer de tránsito IPv6 en los sistemas autónomos. En estos dos indicadores los países de la región están bastante por debajo de los países seleccionados, pero el avance en ellos se logra con esfuerzos pequeños en relación al esfuerzo total de despliegue. El avance en estos dos indicadores está muy directamente relacionado a la profundidad del conocimiento que se tenga de todos los asuntos relativos a la migración a IPv6, aparte de los temas estrictamente técnicos. En este sentido, las acciones de LACNIC orientadas a profundizar ese

conocimiento son la herramienta más eficaz, por sí o en conjunto con otras partes interesadas como las universidades, redes académicas y gobiernos.

Respecto del contenido, se observa que el porcentaje de contenido accesible con IPv6 es similar en todo el mundo, y por otra parte no existen acciones eficientes para mejorar esta situación. Como excepción se puede indicar que la expansión del gobierno electrónico y de los contenidos pedagógicos, todo en IPv6, pueden aumentar este porcentaje aunque no en forma muy relevante. De todas maneras esta expansión hacia IPv6 está en el desarrollo futuro ineludible.

Finalmente el indicador de Usuarios, que representa el porcentaje de usuarios que está potencialmente en condiciones de operar en IPv6, es muy bajo en la región.

Es en definitiva el indicador principal que mantiene la brecha con los países más avanzados y es el principal desafío a superar.

Al respecto de este indicador se observa a través de la encuesta que alrededor de un 30% de los encuestados piensa comenzar el despliegue en los accesos en 2016.

En las reuniones realizadas en los países, la casi totalidad de los ISP con servicios masivos, y principalmente medianos y grandes, considera comenzar este despliegue en 2016.

A los efectos de alinear la situación de la región con los países más avanzados se entiende que se deberían atender las siguientes recomendaciones.

13.2 Ajustes a los esquemas regulatorios y políticas que faciliten el despliegue de IPv6

Se analizan los principales esquemas regulatorios que pueden facilitar el despliegue de IPv6. Éste es necesario para evitar algunos de los problemas a nivel del país tratados en otras secciones:

1. Algunos ISP que no empiecen la transición a tiempo pueden tener problemas con el uso exclusivo de CGNAT debido a que hay aplicaciones que no trabajan atrás de los CGNAT, y a que esta solución limita la cantidad de puertos que se suministran a cada usuario. La calidad del servicio se deteriora en estas circunstancias.
2. El despliegue de IPv6 mejora la calidad de las comunicaciones, por ejemplo en el retardo, como está siendo manifestado actualmente por empresas como Facebook y Verizon.
3. Muchos operadores, como lo manifiesta Orange, consideran que se debe iniciar la transición aunque se disponga de stock de direcciones IPv4 debido a que en el futuro cercano puede empezar a haber sitios de acceso exclusivo en IPv6.
4. A nivel del país, el inicio temprano de las acciones de transición a IPv6, por ejemplo sustituyendo equipamiento obsoleto por equipos IPv6 compatibles, reduce las inversiones nacionales requeridas en el futuro cuando los problemas obliguen al despliegue.

Todos estos problemas y acciones se relacionan con la calidad del servicio (retardos, funcionamiento y calidad del uso de las aplicaciones en sí, etc.) de acceso a la Internet en el país y con la reducción del costo social

de las inversiones. Asimismo la calidad del servicio se relaciona con el costo social recurrente de la reducción de calidad o de la limitación de las aplicaciones. Por ello resulta de interés analizar la aplicabilidad de medidas regulatorias para impulsar este despliegue.

13.2.1 Marco de regulación de las telecomunicaciones

Entre los principios básicos de la regulación de las telecomunicaciones se encuentra el de Neutralidad Tecnológica, que es independiente y de mayor rango que el de Neutralidad de Red.

En la Declaración de Principios de la Cumbre Mundial sobre la Sociedad de la Información, organizada por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU), publicada el 12 de mayo de 2004, se señala: "El estado de derecho, acompañado por un marco de política y reglamentación propicio, transparente, favorable a la competencia, tecnológicamente neutro, predecible y que refleje las realidades nacionales, es insoslayable para construir una Sociedad de la Información centrada en la persona. Los gobiernos deben intervenir, según proceda, para corregir los fallos del mercado, mantener una competencia leal, atraer inversiones, intensificar el desarrollo de infraestructura y aplicaciones de las TIC, aumentar al máximo los beneficios económicos y sociales y atender a las prioridades nacionales". (Sección B6, Entorno Propicio, principio 39). Este principio es recogido en la regulación comparada antes y después de esta Cumbre. A modo de ejemplo:

La Ley 8642 General de Telecomunicaciones (30 de junio de 2008) de Costa Rica establece en sus considerandos: "La Ley General de Telecomunicaciones es una ley moderna y de las primeras leyes en convergencia del continente americano. (...) La regulación en convergencia implica garantizar la interconexión entre diferentes tipos de redes, constituir una autoridad reguladora fuerte e independiente, e introducir el principio de neutralidad tecnológica, como un principio central de todo el ordenamiento. (...)"

La Ley de Telecomunicaciones de El Salvador (actualizada al 25 de noviembre de 2010), establece en su artículo 10 una disposición aplicable a los servicios móviles cuando dice: "El Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias deberá respetar las normas y recomendaciones pertinentes emitidas por la UIT, sin impedir el uso alternativo del espectro por diferentes tecnologías".

El principio de neutralidad tecnológica aparece en 1999 en la regulación europea en la revisión del marco normativo. Se adoptó como uno de los cinco principales que regían el marco regulador de las comunicaciones electrónicas en la Unión Europea. El preámbulo de la Directiva Marco 21/2002/CE6, y más

recientemente el articulado de la Directiva 2009/140/CE, lo incorporan como principio básico de regulación de las comunicaciones electrónicas propias de un entorno convergente.

Por todo lo anterior no resultaría consistente con la regulación comparada y violaría un principio básico, establecer una reglamentación que obligue a utilizar determinada tecnología como ser el protocolo IPv6; salvo por lo que se comenta a continuación.

El consultor entiende conveniente que en cada caso se analice la compatibilidad de este principio universal con la imposición de condiciones en la emisión de nuevos títulos habilitantes, que según los países y alcance se pueden llamar licencias, permisos, concesiones, autorizaciones o similares.

En primer lugar, obligar al despliegue del protocolo IPv6 no es una imposición frente a varias alternativas tecnológicas, sino solamente adelantar el uso de esa tecnología que ineludiblemente cualquier operador deberá emplear en el futuro más o menos cercano. Por otra parte esta obligación resulta siempre en una reducción de costos y problemas futuros, problemas que pueden afectar la calidad del servicio y por ello estar incluida en las potestades usuales de los reguladores. En definitiva no es una violación pura del principio ya que, sin lugar a duda, no existen otras alternativas.

Aclarado este tema se debe analizar cuándo puede establecerse esta obligación.

Claramente no en los casos de títulos habilitantes ya concedidos. Cuando el operador presentó su aspiración al título no existía una obligación de usar IPv6. Por ello, y este tema cae fuera del alcance del regulador, el operador estructuró su plan de negocio sobre la base del principio de neutralidad tecnológica y tiene el derecho a que no se le cambien las condiciones preexistentes a la adjudicación del título habilitante.

Es distinta la situación en el caso de nuevos títulos ya que concurren varias razones para soportar el establecimiento ex ante de la obligación de desplegar IPv6:

1. El regulador incluiría la condición en el conjunto de condiciones para otorgar el título, entre las que se pueden encontrar obligaciones de universalización, despliegue de banda ancha en determinadas zonas rurales, dispersas o deprimidas, etc.
2. El aspirante puede no interesarse en ese caso, o lo que es usual, incluir la obligación en el plan de negocios.

3. Esta condición claramente no implica una limitación distorsionante del mercado sino un ordenamiento para adelantar algo inevitable y de beneficio para los ciudadanos en general.

Por lo anterior, el consultor entiende que el ordenamiento del sector podría modificarse sin violar ese principio si se incluye la obligación de desplegar IPv6 en la instancia del otorgamiento de nuevos títulos habilitantes.

A este respecto se ha observado en un caso concreto, analizado en la región durante las visitas a los países, que un operador entrante de alta tasa de crecimiento e importantes inversiones no tenía previsto el despliegue de IPv6 hasta el momento de la reunión. Estas situaciones son las que habría que procurar evitar a través de la capacitación y de las acciones ex ante mencionadas.

13.2.2 Autoridades rectoras de las TIC

Estas autoridades que existen en la mayoría de los países, velan por el desarrollo de las TIC en general, incluyendo la difusión y fomento del conocimiento que la población necesita para entrar a la Economía Digital.

Siendo tan importante para los países la evolución temprana hacia IPv6, o al menos que todas las partes interesadas tengan todo el conocimiento necesario para la toma correcta de decisiones eficaces y eficientes, se recomienda que las autoridades de las TIC se involucren, a través de una línea especial de intervención, en la difusión del conocimiento sobre IPv6. LACNIC desempeña un papel muy destacado en la región como para dar el soporte que sea necesario en estas acciones. Esa transmisión de conocimiento podría estar alineada con los temas principales que se incluyen en este documento.

13.2.3 Marco de reglamentación de las compras públicas

El consultor entiende que el único marco regulatorio en que se puede y se debería actuar es el relativo a la reglamentación de las compras públicas. En muchos casos las grandes instituciones públicas incluyen el soporte de IPv6 en sus compras. Pero también en muchos casos las instituciones pequeñas o medianas no lo hacen, o lo hacen en forma incompleta. Por ejemplo cambiando parte de la red con equipos que son IPv6, pero dejando todos los equipos de acceso inalámbrico en solo IPv4.

Por ello, tanto para las grandes instituciones como para las pequeñas y medianas es muy conveniente que existan lineamientos generales y uniformes que aseguren que la transición hacia IPv6 sea eficiente, ordenada y completa.

Esa reglamentación tiene varias ventajas importantes:

1. Se concentra la elaboración de las normas principales en un equipo altamente especializado en la transición, por lo que se asegura que no existan brechas en la consistencia del avance de las redes institucionales hacia IPv6.
2. Se uniformizan los requerimientos en las compras públicas de hardware, software y conectividad, que en conjunto son muy importantes en volumen para los diferentes agentes del mercado como los ISP, los proveedores de software y hardware, y los proveedores de equipos terminales, entre otros.
3. Se asegura que aún las compras pequeñas estén alineadas con la política general expresada a través de los lineamientos.
4. Esta uniformización genera eficiencias a través de uno de los principales demandantes de equipamiento IP. Este aumento de eficiencia alcanza no solamente a las instituciones públicas sino también a los ISP y demás partes interesadas.

Esta reglamentación debe complementarse con otra relativa a garantizar la seguridad de las redes y la privacidad de la información propia y de los ciudadanos, que pueden presentar puntos de vulnerabilidad en el proceso de transición.

Las fases generales de la transición hacia IPv6 presentan muchas similitudes con las desarrolladas por algunos ISP para la evolución de sus redes propias. Lo siguiente es solamente una referencia ilustrativa.

1. Definir los grandes lineamientos técnicos a emplear, como la técnica de transición, planes de direccionamiento, gestión de inventario de direcciones IPv4 e IPv6,
2. Disponer un inventario de todo el hardware, software, servicios internos y conectividad, que será la base sólida de diagnóstico a partir de la cual realizar la transición. Incluye cada elemento de la red y servicios (servidor web, correo electrónico, etc.), su estado actual, posibilidades de actualización o requerimientos de sustitución.
3. Efectuar un inventario de los equipos y sistemas que dan seguridad y privacidad a la red de la institución.
4. Desarrollar un plan detallado de transición que considere el inventario y los requerimientos actuales y futuros, presupuesto, etapas de transición, etc.

Este plan debe incluir el plan de seguridad y privacidad a implementar simultáneamente con la transición de la red y su conectividad.

5. Definir las especificaciones requeridas para asegurar la transición hacia IPv6, incluyendo hasta los equipos más simples como los hot spots.
6. Establecer los protocolos de homologación y pruebas de los equipos.
7. Definir los cursos de capacitación a realizar tanto en asuntos técnicos como operativos y de conocimiento general de la institución.
8. Definir procedimientos para la instalación de los nuevos equipos o de las actualizaciones y los mecanismos de homologación de su funcionamiento.
9. Validar la compatibilidad IPv6 de todos los equipos, software, aplicaciones, sistemas y conectividad antes de su puesta en servicio.
10. Validar las políticas de seguridad y confidencialidad.
11. Realizar pruebas de funcionamiento de todos los equipos de red, software, aplicaciones, sistemas y conectividad.
12. Realizar pruebas de funcionamiento de la seguridad y la confidencialidad.

13.3 Redes académicas y universidades

Las redes académicas y las universidades cumplen un papel crucial en el desarrollo del IPv6, desde cuatro puntos de vista principales y de acuerdo a la evidencia recogida durante el trabajo:

1. **Formación.** Las universidades son las principales instituciones formadoras del conocimiento tecnológico de Internet. Se entiende que con respecto al IPv6 el alcance del conocimiento debería extenderse más allá del protocolo en sí, y de los temas estrictamente vinculados a él. Considerando el papel en la toma de decisiones o en la operación que van a desempeñar en muchos casos los egresados o estudiantes, sería importante transmitirles también conocimiento vinculado a los impactos del despliegue o no de IPv6, pudiendo recoger las líneas generales expresadas en este documento.
2. **Capacitación.** Con su conocimiento acumulado, las redes académicas y las universidades son uno de los aliados naturales de LACNIC en la capacitación de las partes interesadas: personal de ingeniería, operación y mantenimiento de los ISP, proveedores de contenido, instituciones gubernamentales, sitios web y otros. Es importante que esta capacitación llegue también a las universidades no tecnológicas en las cuales, por su propia naturaleza, el personal técnico de sus redes puede no estar suficientemente preparado para recibir y ejecutar la transición hacia IPv6.

3. Principales impulsores del despliegue. Existe suficiente evidencia de cómo las redes académicas en primer lugar, y las universidades aisladas en segundo lugar, han desempeñado un papel preponderante en los despliegues iniciales e inclusive en el trabajo colaborativo con los proveedores, en los instantes iniciales de los despliegues en varios países de la región. Este efecto se produce cuando en sus compras de equipamiento y conectividad se establece la compatibilidad con IPv6, impulsando así a algunos proveedores todavía no involucrados en este despliegue de IPv6, a preparar sus redes y servicios para poder competir en la compra.

4. Capacitación interna. Existen casos en que las redes académicas llegan con despliegues de IPv6 hasta el borde de algunas universidades pero ese despliegue no se continúa en la red interna. De allí la importancia de la transmisión de conocimiento a todas las instituciones y principalmente a las no especializadas en estas tecnologías.

Por ello se entiende que las redes académicas y las universidades son agentes de innovación de primer orden y en consecuencia desempeñan un papel muy importante en el despliegue oportuno del IPv6. Frente a la situación constatada de disparidad de avance o estancamiento en la región, las acciones de LACNIC con foco en este estado de situación, y en el sentido de la capacitación sobre los detalles extra tecnología como parte de los desarrollados en este trabajo, pueden hacer más eficiente el avance, y generar resultados positivos a nivel del país. Son esenciales para el despliegue oportuno los asuntos prácticos del despliegue desde los puntos de vista económico, de calidad de servicio, de liberación de las ventajas del IPv6 y de las restricciones del uso de solo IPv4, entre otros.

13.4 Empresas

Sus redes internas están preparadas para el uso de NAT y el personal está familiarizado con esta operativa. La evolución hacia IPv6 implica inversiones que suelen no ser necesarias por otras razones, y adicionalmente el cambio de protocolo puede traer problemas de compatibilidad que potencialmente afecten toda su red y sus aplicaciones.

No obstante, se observa que el desarrollo futuro de la Internet, y especialmente la Internet de las Cosas o la aparición de sitios solo IPv6, pueden generar problemas a la operación eficiente de las empresas si no migran a IPv6.

La progresiva transición a IPv6 se considera esencial para que las empresas ingresen también progresivamente a los adelantos que traerá este avance de la Internet.

Por lo anterior se recomienda que tanto LACNIC como las Universidades, en forma conjunta o separada, avancen en la capacitación de las empresas a través de las instituciones aglutinantes de ellas, como suelen ser las Cámaras, para hacerles conocer las consecuencias reales de no adoptar acciones tempranas más o menos profundas en la transición hacia IPv6.

13.5 ISP

Los ISP han de adoptar las acciones relativas a la transición hacia IPv6 de acuerdo a las evaluaciones económico – financieras, comerciales, estratégicas y tecnológicas que cada uno efectúe. A pesar de ello es conveniente que tengan en consideración ciertos aspectos que surgen de los resultados de este trabajo.

1. Iniciar las acciones tendientes a la transición hacia IPv6 lo más temprano posible. Hay suficiente evidencia en la región y en el mundo de que la transición presenta dificultades, muchas inesperadas, que se encuentran no solamente en la red, sino también en los sistemas y servicios internos y periféricos, como se describe en el análisis de la situación en la región en el Anexo I – Trabajo de Campo, así como en los casos de éxito internacionales y de la región.

2. Cuanto antes se inicie el proceso no se producirán apremios ante el agotamiento de las direcciones IPv4; y además, principalmente muchas de las acciones de transición se pueden desarrollar durante el proceso natural de sustitución o actualización de equipos y sistemas obsoletos, o que es requerida por otras razones ajenas a IPv6. En estos casos la inversión adicional por IPv6 puede ser marginal o nula. Lo mismo se aplica inclusive a los CPE.

3. El proceso debería iniciarse con una capacitación básica sobre IPv6 en todas las áreas relevantes de la empresa, y fuertemente en ingeniería y operación si estas no existieran.

4. Luego se debería continuar con una fase de realización de un inventario completo de equipos y sistemas, software y conectividad, en que se determine la preparación de cada ítem para la transición. En el caso de los equipos más importantes se requiere también realizar una evaluación de costos y de oportunidad de la sustitución o actualización.

5. Desarrollar una estrategia de transición que incluya las técnicas a emplear y las fases de avance esperado, de acuerdo a las exigencias previstas por la demanda y el stock de direcciones IPv4.

6. Esta estrategia en general sigue un camino de trabajo progresivo, inicial y simultáneo en el core y en los nodos de acceso, así como en los sistemas (OSS, BSS, inventarios de direcciones, inteligencia del negocio, etc.) y servicios centrales (DNS, Firewall, etc.). Finalmente se llega al despliegue en el acceso.

7. Desarrollar la estructura principal de los pliegos de compras con condiciones específicas que alcancen los objetivos de transición, así como los protocolos de homologación y prueba de los equipos.

8. Desarrollar un plan de capacitación progresiva adecuada al despliegue.

9. Efectuar las evaluaciones económico-financieras de alternativas a partir de un análisis que incluya el impacto de la estrategia que se adopte a lo largo de los próximos 5 años. Para este análisis se puede usar como base de trabajo el modelo desarrollado para este estudio, que es idóneo para ajustar las expectativas operativas a las financieras. Este modelo es muy modular y parametrizable.

13.6 Hoja de ruta para favorecer la transición oportuna hacia IPv6 en la región. Plan de capacitación

En esta hoja de ruta el papel de LACNIC es esencial para que se den las condiciones para la oportuna transición a IPv6. El trabajo de LACNIC es permanente en cuanto a concientizar a los miembros y gobiernos e impulsar el despliegue, y es muy reconocido a nivel regional, lo que en este caso particular se ha reflejado en los resultados de la encuesta y en las reuniones mantenidas en todos los países.

Surge de este trabajo que sería conveniente que la actividad de LACNIC hiciera foco en algunos asuntos que impulsaran el inicio oportuno de la transición hacia IPv6. Cuando se habla de inicio oportuno se hace referencia a que la transición no se puede imponer, por lo que las acciones están dirigidas a proveer todos los elementos de juicio y el conocimiento, para que ella sea eficiente y a tiempo. Entre estos asuntos prioritarios se encuentran para 2016:

1. Desarrollar un conjunto de actividades que lleven a todos los agentes de la transición al conocimiento de todas las implicancias que tiene el agotamiento de las direcciones IPv4. Estas implicancias deben incluir los múltiples aspectos contemplados en este documento: problemas con el uso de CGNAT, importancia del despliegue de IPv6 en los accesos desde los puntos de vista de la calidad del servicio y de la eficiencia en la aplicación de los recursos, estado actual y comportamiento de los diferentes agentes, evaluación

económica de las alternativas disponibles según cada ISP, mejores prácticas adoptadas en la región y en el mundo, importancia del inicio temprano del proceso de preparación para la transición, acciones gubernamentales adecuadas y necesarias para facilitar la transición, e importancia de las universidades y redes universitarias.

2. Realizar actividades orientadas al desarrollo de políticas públicas y lineamientos que uniformicen y aseguren a nivel del país:

a. La realización de las compras públicas de hardware, software, sistemas y conectividad que permitan operar en IPv6.

b. Las compras y procedimientos que den altos estándares de seguridad durante la transición hacia IPv6.

c. El desarrollo del gobierno electrónico y de los contenidos pedagógicos estatales con acceso IPv6.

d. Redes de universalización como ser WiFi comunitario (plazas, escuelas, otros) y similares que sean Dual Stack.

3. Elaborar modelos de políticas y lineamientos que surjan de las mejores prácticas y que puedan ser usados como insumo de las actividades anteriores, y como referencia para los países.

4. Actualizar la estructura del sitio web de LACNIC en lo referente al Observatorio sobre la transición hacia IPv6.

a. Considerar la implementación de algún tipo de distintivo "IPv6 destacado" o similar, con resultados publicados en la web de LACNIC para países y partes interesadas que cumplan determinadas condiciones en el proceso de la transición hacia IPv6.

b. Mantener una publicación actualizada en la página web de LACNIC del indicador LACNIC/CAF ICAv6 y de los indicadores parciales, que sirva de benchmarking de los países y operadores.

c. Poner a disposición en la página web el modelo de evaluación económica de alternativas.

d. Incluir un blog sobre asuntos varios de la transición hacia IPv6, que destaque los casos de éxito.

e. Expandir el repositorio de documentos relevantes, que podría incluir todas las referencias utilizadas en este trabajo, entre otros documentos.

5. Lograr el objetivo de que al final de 2016 el 100% de sus miembros tengan asignados bloques IPv6. Los resultados de la encuesta son ilustrativos en cuanto a que en la mayoría de los países existen todavía ISP No Grandes que no tienen asignaciones de bloques IPv6. En cuanto a las entidades universitarias, aproximadamente el 30% de los países están en esta situación.

Considerando lo dinámica que es la situación en cuanto al despliegue de IPv6 se recomienda elaborar a mediados de 2016 un plan para 2017 que recoja los nuevos requerimientos que pueden surgir durante las actividades de 2016.

ANEXO I . TRABAJO DE CAMPO

Las opiniones y la información que a continuación se ponen a disposición de la comunidad es el resultado de las entrevistas realizadas, y de la desinteresada y valiosa colaboración de las múltiples partes interesadas con las que hemos trabajado en los diferentes países. Su publicación en este documento no significa que LACNIC necesariamente valide todas estas opiniones e información.

1. ARGENTINA

Entre las instituciones entrevistadas se incluye la Asociación de Redes de Interconexión Universitaria, CABASE y NIC Argentina, así como algunos operadores integrados horizontal o verticalmente, los ISP grandes y menores, ISP fijos HFC y no HFC y móviles, ISP de tránsito, proveedores mayoristas, corporativos y minoristas. Entre ellos se encuentran: Cablevisión, Gigared, iPlan, Level (3), Telecentro, Telecom – Personal y Telefónica – Movistar, Los aspectos relevantes encontrados son los siguientes.

1.1 Asociación de Redes de Interconexión Universitaria (RIU)

La RIU ha sido un importante vector del despliegue de IPv6 en Argentina cuando tempranamente empezó a solicitar la provisión de servicios IPv6 en sus compras grandes.

En su licitación de 2007 era mandatorio que la salida internacional desde el centro de la estrella de la red universitaria fuera IPv6. Una de las razones era que ya desde 2003 las universidades estaban trabajando en IPv6 y era imprescindible poder salir al mundo en este protocolo.

En ese momento no estaban preparados los operadores, por lo que formaron un equipo de trabajo conjunto con el contratista para poner en operación el IPv6. De esta manera en 2008 estuvo pronta la conectividad en IPv6, y en 2009 entró en operación sobre el backbone del operador.

Este papel de la RIU fue importante tanto por impulsar los primeros despliegues de IPv6 a nivel de operadores, como porque dio lugar a un trabajo conjunto que lo facilitó. De todas maneras, la RIU ya tenía desde el principio IPv6 a través de la Red CLARA.

A partir de este momento otros clientes comenzaron a usar la red IPv6 de backbone que había sido desplegada.

En 2011 se llamó a licitación nuevamente, ganando otro operador, que también desplegó IPv6 en el backbone para dar servicio a la RIU.

En cuanto a su despliegue, es todo Dual Stack y tienen peering IPv6 con CABASE, Google y otros.

También han detectado que en las distintas instituciones académicas puede haber firewalls que no soporten IPv6 y en su mayoría las redes WiFi no lo soportan. Por ello el tráfico IPv6 observado es sensiblemente menor que el tráfico potencial.

El uso de software libre facilitó el uso de IPv6 por haber estado preparado antes que el software propietario.

En definitiva, el papel de la RIU ha sido de impulsor del IPv6 en Argentina, por ser pioneros en su despliegue, el conocimiento disponible y las compras que exigían esta conectividad.

1.2 ISP grandes que prestan servicios masivos al cliente final

1.2.1 Caso 1

Si bien no puede catalogarse estrictamente como caso de éxito por los resultados actuales en términos del indicador LACNIC/CAF ICAv6, un ISP grande multinacional que presta servicios residenciales, mayoristas, móviles y corporativos, tiene un plan perfectamente definido y avanzado para el despliegue de IPv6. Es de interés observar el trabajo realizado y la orientación dada a su proyecto.

A nivel internacional se adoptó hace unos 5 años la estrategia de migrar a IPv6 en todas las operaciones. En ese momento en que se estaban estableciendo las técnicas de Dual Stack y DS-Lite, se adoptó la primera de ellas. Las razones principales fueron en primer lugar afrontar tempranamente la escasez de direcciones IPv4 con altas tasas de crecimiento de la banda ancha, y adicionalmente razones de estrategia institucional.

Este plan se inició con un inventario detallado de todos los equipos de la red y en cuanto a su capacidad de ser actualizado para IPv6, si ya estaba preparado, etc. En general los agregadores fueron los que presentaron mayor necesidad de cambio.

La operación en Argentina comenzó hace unos dos años con las pruebas de concepto, experiencias piloto, acondicionamiento de equipos, adecuación de los sistemas, etc. en todas las áreas de negocio y principalmente en los minoristas fijo y móvil. Debido a las dificultades propias de las redes móviles, las pruebas piloto para las redes fijas pudieron terminarse primero.

La red de transporte de este operador integrado está operando hace años en IPv6 usando 6VPE. Los sistemas de provisioning y otros sistemas también están

preparados para IPv6, así como los agregadores y los CPE xDSL.

Los clientes corporativos no presentan requerimientos actuales ni futuros acuciantes como para que se les provean los servicios en IPv6, por lo que este servicio carece de valor comercial. Igualmente se les provee IPv6 sobre MPLS usando 6VPE con CPE y routers en Dual Stack. Esto es válido independientemente del país y del proveedor.

En cuanto a los clientes mayoristas hace tiempo que este operador ya está suministrando servicios, incluyendo peering en IPv6. La razón principal es que los mayoristas, en cuanto tienen o prevén tener clientes finales con IPv6, requieren disponer de servicios IPv6 de tránsito o peering.

Con relación a los clientes minoristas, fijos y móviles, el IPv6 en sí no tiene valor comercial por lo que también en este caso el despliegue se dará de acuerdo a las necesidades o estrategia de desarrollo asumidas por el operador.

La modalidad adoptada a nivel de todas las operaciones es la de Dual Stack con acceso nativo IPv6, y CGNAT44 dinámico para seguir soportando los servicios que todavía requieren IPv4. Es una estrategia interesante que minimiza las inversiones desechables en el futuro, bajando la demanda de las direcciones IPv4 para todos los servicios que se pueden prestar sobre IPv6. Mientras que al principio el CGNAT es centralizado, la evolución de los servicios de alta velocidad, como el video, están impulsando el modelo descentralizado acercando los NAT a los bordes donde está la agregación.

Los despliegues de alta velocidad son principalmente sobre la base de FTTC y VDSL.

La estrategia no implica la sustitución total de terminales de clientes por Dual Stack, lo que no es requerido por los clientes por ser agnósticos a la tecnología mientras reciban un servicio de calidad. La sustitución de terminales se hará gradualmente a medida que les llegue la obsolescencia, o que sea requerido por la prestación del servicio. El costo de los terminales es un porcentaje importante de la inversión en el despliegue de IPv6 en el acceso, como ya se vio en el estudio de costos en el modelo. Por otra parte, en cuanto a los móviles, la propia reposición acelerada por parte de los clientes hace que se espere un despliegue con impacto importante en el ISP móvil.

1.2.2 Caso 2

Otro ISP grande que también ha optado por el Dual Stack con CGNAT como estrategia de desarrollo, manifiesta

motivaciones similares en cuanto al despliegue en la red de acceso. Debido a que los clientes finales fijos no presentan tasas altas de crecimiento se mantienen todavía con IPv4 sin CGNAT. Por ello el esfuerzo de despliegue está colocado en los servicios móviles que muestran altas tasas de crecimiento, y en ellos se aplica el CGNAT.

En cuanto a la red móvil, también se ha tomado un conjunto de medidas que han incluido la optimización del uso de las direcciones IPv4, liberando recursos para poder seguir creciendo sin problemas innecesarios de escasez de direcciones. De todas maneras el despliegue de IPv6 en el acceso se dará con la incorporación de terminales DS que ya han sido homologados, en paralelo con el mantenimiento del CGNAT que se encuentra en operación desde hace unos tres años.

Indican que los principales problemas a resolver con los sistemas son en relación al mantenimiento del stock de direcciones, la atención post venta y el provisionamiento.

Es de hacer notar que hasta ahora la dirección asignada no era una cuestión para los sistemas ni para el personal, debido a la simplicidad del proceso en el mercado masivo con una dirección asignada a cada terminal en forma transparente.

Han detectado que los clientes más chicos, sean mayoristas o corporativos, no requieren IPv6.

En cuanto a la capacitación requerida para este despliegue se entiende que es muy importante a todo nivel pero principalmente en la operación.

Un aspecto destacable manifestado es el de desarrollar también aspectos nuevos de la inteligencia del negocio como ser sistemas de tráfico, el registro de los clientes que migran a IPv6 y su seguimiento, la atención de los asuntos judiciales, la mitigación de ataques, etc. Es un conjunto importante de asuntos que se deben resolver en paralelo con los relativos a la red y los sistemas.

1.2.3 Caso 3

Este caso es de un proveedor multiservicio que usa redes HFC.

Este operador considera que no tendrá problemas con CGNAT si la asignación es dinámica y adicionalmente usa Dual Stack. Entiende que sí puede haber problemas con los CPE, coincidiendo con la opinión de otros operadores en cuanto a que en el equipamiento nuevo no hay total compatibilidad IPv6. Es un asunto en el que se encuentran trabajando y no reciben todo el apoyo necesario de los proveedores de equipos, un asunto considerado recurrente.

El consultor observa que la motivación para el despliegue será principalmente debido a necesidades del operador más que de requerimientos de los clientes.

1.3 Otros ISP que no prestan servicios masivos

En general ya tienen desplegado IPv6 en el core y en algunos casos en los accesos corporativos. También en este caso el consultor observa que el camino a seguir es el Dual Stack al cliente final y 6VPE para IPv6 en el backbone ya que es MPLS. Se dan casos en que les llegan pedidos del exterior para terminación corporativa en IPv6.

Una opinión aceptada es que los problemas básicos no son tanto en la red como en los sistemas.

Observan que las corporaciones y las instituciones gubernamentales suelen solicitar la provisión de bloques IPv4 junto con el servicio, lo cual podría estar motivado por el conocimiento del agotamiento cuando el pedido excede la cantidad de direcciones razonable.

1.4 NIC.ar

Ha habido un movimiento hacia el despliegue de IPv6 en NIC.ar, y por otra parte está promoviendo en forma importante el inicio de este despliegue a nivel de las instituciones gubernamentales a través de la Subsecretaría de Ciberseguridad de la Presidencia de la Nación.

1.5 Conclusiones

1. Se espera que Argentina tenga un rápido crecimiento en el indicador de Usuarios, a partir del 0,02% actual, lo que impulsará el indicador conglobado reflejando el acceso nativo IPv6, principalmente a través de las redes móviles.
2. La RIU ha sido un protagonista importante en este despliegue a través de compras con exigencia de IPv6, la acumulación de conocimiento que fue compartido a su momento y el haber sido pioneros.
3. En general se ha observado que todas las instituciones entrevistadas han detectado, en diferentes momentos, problemas de compatibilidad total IPv6, y principalmente en los CPE.
4. Otro problema recurrente en los de servicios masivos es el de los sistemas y principalmente en el "provisioning", en el inventario, la asignación, el CRM, centro de atención, inteligencia del negocio, registros, etc. Los diferentes entrevistados están también en diferentes etapas y niveles de preocupación.

5. En general el consultor observa que comienza a afectar la escasez de direcciones IPv4 y principalmente cuando se entre en la Fase 3.

6. La necesidad de capacitación, principalmente en cuestiones prácticas de las redes de acceso a través de talleres con simuladores (CMTS, CM, xDSL, DSLAM, etc.), es manifestada en aquellos ISP que no tienen soporte importante a través de operaciones multinacionales.

7. A nivel gubernamental NIC.ar está impulsando el inicio del despliegue en las instituciones del Estado.

8. En cuanto a los grandes ISP:

a. Iniciaron la preparación del despliegue hace años y el despliegue en sí a nivel de core, hace unos dos a tres años.

b. En los accesos han optado por el Dual Stack con CGNAT, aunque aún ninguno de ellos está prestando el servicio masivo.

c. El core está totalmente preparado para IPv6, así como los sistemas y los equipos de distribución y acceso, incluyendo la homologación de los CPE y de los terminales móviles (UE).

d. A nivel mayorista ya proveen servicios en IPv6, e inclusive disponen de peering IPv6 con otros operadores.

e. Se espera que el crecimiento de los accesos IPv6 será mucho más intenso en la red móvil considerando la rápida sustitución de terminales por parte de los clientes que naturalmente migrarán a Dual Stack en los nuevos equipos.

f. El crecimiento en los clientes fijos se observará en principio de acuerdo a cómo se vayan sustituyendo los CPE. Por el momento la estrategia es la de mantener el servicios en IPv4 con direcciones públicas. De futuro siempre es posible usar CGNAT y entregar direcciones públicas a quienes reclaman debido a las aplicaciones que suelen usar.

g. Las aplicaciones que se ven afectadas por CGNAT, como P2P, PS3 o Netflix, no son esenciales en la red móvil por lo que el efecto negativo del CGNAT sobre ellas sería irrelevante. Inclusive no es usual usar dongles para estas aplicaciones.

2. Bolivia

En Bolivia se ha realizado una reunión en la que participaron varios ISP junto con autoridades gremiales de los ISP, en la sede y con la participación de la Autoridad de Transporte y Telecomunicaciones (ATT). Estuvieron presentes la ATT, AXS, CATELBO, COMTECO, COTAS, COTEL, ENTEL, FECOTEL, NUEVATEL – VIVA y TELECEL - TIGO.

Posteriormente se efectuó una reunión con el Viceministerio de Telecomunicaciones y la ATT.

2.1 Caso de éxito. Cooperativa de Telecomunicaciones Cochabamba Ltda. (COMTECO)

La Cooperativa de Telecomunicaciones de Cochabamba es el operador que ha impulsado hasta el momento el despliegue de IPv6 en Bolivia, siendo responsable del alto indicador relativo de este país en cuanto a usuarios potencialmente habilitados para IPv6.

Es prestadora de servicios de televisión por cable, telefonía móvil a través de su participada NUEVATEL - VIVA, larga distancia, banda ancha, internet satelital, televisión satelital y otros.

A fines de 2010 tomó la decisión de desplegar IPv6 en su red, en 2012 solicitó un prefijo IPv6 a LACNIC y en 2013 levantó un enlace BGP en IPv6 con su proveedor de tránsito y publicó el prefijo 2803:9400::/32. En las primeras pruebas observó que si bien los ruteadores de borde, los DNS, algunos modelos de módem y demás, operaban en IPv6, no era así con el AAA.

En paralelo, a principios de 2013, se realizó una licitación para cambiar el core de la plataforma y en la misma se incluyó la compatibilidad con IPv6. En marzo de 2014 se realizaron las primeras pruebas y se inició el despliegue al cliente el 22 de agosto de 2014 con la técnica Dual Stack.

Entiende que no necesitará CGNAT hasta 2017, siendo el único caso de éxito observado que ha tomado una decisión temprana de planificación y despliegue de IPv6 sin estar necesitado todavía de usar CGNAT. Ha aprovechado la sustitución de equipos o la instalación de nuevos equipos para adelantarse a una necesidad futura, teniendo en cuenta que para este operador recién en 2017 comenzarían a escasear las direcciones IPv4.

Para diciembre de 2014 registraba 4.000 usuarios de IPv6 en la hora pico, con 300 Mbps. de tráfico en IPv6.

En octubre de 2015 estos valores pasaron a 17.000 usuarios y 2 Gbps. de tráfico total. Para este momento

el 40% de los clientes están preparados para IPv6.

COMTECO entiende que los usuarios no han percibido si usan IPv4 o IPv6, pero sí se ha notado más latencia en los sitios IPv6 en algunas ocasiones. El consultor hace notar que al no usar CGNAT no se está considerando el retardo mayor observado con este equipamiento de compartición.

Actualmente, mientras crece su base de usuarios IPv6, continúa desarrollando estas tareas de transición a IPv6: configuración de los elementos de la granja de servidores, DNS, Firewalls, Antispam y portales de autenticación

Estas acciones surgen de la previsión temprana de la necesidad de migrar a IPv6, y de la oportunidad de tener que sustituir equipamiento, el que ya fue comprado compatible con IPv6, y en particular en las compras de los CPE.

El Operador no encontró problemas ni necesidad de cambios en el BSS, en parte debido a que la tarifa es plana.

2.2 Cooperativa principal que provee múltiples servicios

Esta cooperativa provee múltiples servicios de telefonía fija cableada e inalámbrica, acceso a Internet por par de cobre, acceso por GPON y servicios convergentes sobre su red híbrida de Fibra y Cable (HFC), servicios de telefonía, Internet y datos por satélite, televisión por red HFC y por satélite, entre otros.

Se encuentra trabajando en un proyecto piloto que incluye hasta el CPE. Ya dispone de todo su core en IPv6 y estima que empezaría con el despliegue a sus clientes a principios de 2016.

Este operador saldría simultáneamente en sus tres tipos de acceso: CM, ADSL y GPON cuando quede pronto su sistema de provisioning integrado para estas tecnologías, que es de diseño propio pues no obtuvieron respuesta adecuada de sus proveedores.

También en este caso hubo un inicio temprano tanto con equipamiento como con capacitación a pesar de que aún tienen direcciones IPv4, al menos hasta 2017. Por ello tampoco prevén desplegar CGNAT hasta 2017.

2.3 Tercera cooperativa del eje La Paz, Cochabamba y Santa Cruz

Esta tercera cooperativa está empezando a planificar el despliegue de IPv6, considerando la transición del core

en 2016. No dispone todavía de CPE IPv6 compatibles.

2.4 Operador importante a nivel nacional, incluyendo móviles

Este operador tiene aproximadamente el 40% de sus CPE en Dual Stack y en este momento se encuentra trabajando en el core en etapa de planificación, continuando luego con la distribución (BRAS, etc.).

El equipo de desarrollo de IPv6 en sus operaciones móviles es diferente, y según afirmó en la reunión, se encuentran en proceso de unificar dicho equipo con el de acceso fijo.

También en este caso el sistema de provisioning es de desarrollo propio.

Este operador tiene suficientes direcciones IPv4 por lo que no está usando CGNAT por el momento.

En su red FTTH, considerando que son inversiones recientes, podrían llegar al 80% de sus clientes en IPv6, estimados en un total de 95.000 a fines de octubre de 2015.

2.5 Operador móvil que también presta servicios fijos

Este operador entiende que está llegando al límite de sus direcciones IPv4 por lo que prevé comenzar a usar CGNAT en 2016, junto al despliegue de IPv6 en sus operaciones fijas. Se encuentra muy avanzado en el despliegue habiendo ya publicado prefijos IPv6 (tienen un prefijo /32 de LACNIC), luego de pruebas internas de toda la infraestructura para GPON y HFC durante 2015, que resultaron satisfactorias. En cuanto a los CPE de las redes fijas casi todos ellos son Dual Stack debido a que son redes de reciente despliegue. Tienen 13.000 sobre 20.000 CM y del orden de 1.500 con GPON.

En cuanto a sus operaciones móviles se encuentra considerando desarrollar dos etapas:

1. DS.

2. Solo IPv6 con NAT64/DNS64 o probablemente 464XLAT.

Como requieren la renovación de todo el core móvil están previendo el inicio del despliegue para 2017 – 2018 cuando comenzarían con Dual Stack.

2.6 Operador móvil participado por una cooperativa

Este operador se encuentra evaluando toda su red previendo realizar las compras que incluyen la actualización para IPv6 para 2016 – 2017.

Usará Dual Stack, y en este momento están empleando CGNAT.

2.7 Operador multiservicios, incluyendo mayorista

Este operador ha realizado pruebas a nivel del core y está todo preparado para IPv6 salvo cambios menores. Comenzaría sus primeras pruebas en el acceso a Internet en 2016 con Dual Stack.

Ya han realizado pruebas con carriers y con servicios dedicados.

Se encuentran planificando el despliegue de CGNAT y estiman que las direcciones IPv4 se acabarán en 2017.

2.8 Reunión con el Viceministerio de Telecomunicaciones y la ATT

Hasta el momento no existe una política respecto de IPv6 para las instituciones públicas.

El Punto de Interconexión de Internet que está instalado en la ATT y al cual se hayan interconectados todos los principales operadores de Bolivia, está totalmente preparado para intercambiar tráfico IPv6.

2.9 Conclusiones

1. Se observa que en general no hay problemas de escasez de direcciones IPv4, por lo que la mayoría de los operadores entrevistados han indicado que no estarían necesitando usar CGNAT hasta aproximadamente 2017.

2. COMTECO es el único caso de éxito en que el despliegue no ha sido motivado por escasez inminente de direcciones IPv4. Ha aprovechado la sustitución de equipos o de instalación de nuevos para adelantarse a una necesidad futura, teniendo en cuenta que para este operador recién en 2017 comenzarían a escasear las direcciones IPv4. El 40% de sus clientes ya están preparados para IPv6.

3. Otra cooperativa de las tres principales, que provee múltiples servicios convergentes, se encuentra muy avanzada como para empezar a desplegar IPv6 en sus tres modalidades de acceso, CM, ADSL y GPON, para principios de 2016. Su actividad de trabajo temprano en este aspecto ha incluido hasta el desarrollo de su propio sistema de provisioning integrado en las tres plataformas. En este caso tampoco existe escasez de direcciones IPv4, considerando usar CGNAT recién en 2017.

4. Un operador importante a nivel nacional tiene porcentajes altos de CPE preparados para IPv6 (40% en ADSL y 80%

en FTTH), pero se encuentra trabajando en el core y en la distribución. Se estima que el despliegue efectivo será intenso cuando se terminen las actividades de red.

5. Un operador móvil que provee servicios fijos se encuentra muy avanzado para comenzar el despliegue de IPv6 ya que tiene un muy alto porcentaje de CPE preparados para IPv6.

6. En general los tres operadores móviles están previendo el inicio del despliegue de IPv6 para no antes de 2017.

7. Hasta el momento no existe una política respecto del IPv6 para las instituciones públicas.

8. El Punto de Interconexión de Internet que está instalado en la ATT, y al cual se hayan interconectados todos los principales operadores de Bolivia, está totalmente preparado para intercambiar tráfico IPv6.

3. Colombia

Durante las actividades en Colombia se han realizado entrevistas con las siguientes partes interesadas: Oficina de Tecnologías de la Información del MINTIC y RENATA, así como los ISP BT, Claro, ETB, IFX, Mercanet, Telefónica, UNE y Verizon,

3.1 Operador multiservicios

Presta servicios de acceso a Internet con tecnologías ADSL, GPON, HFC y Móvil. Es propiedad de una empresa nacional y se ha fusionado con un operador internacional con operaciones móviles en varios países de la región. También prestaba servicios con tecnología WiMax pero los ha discontinuado a principios de 2015.

Entiende que los CPE de ADSL son los que han presentado más problemas, y adicionalmente requieren actualización de software los CPE más modernos de la red.

Igualmente la estrategia es no crecer en ADSL y pasar a GPON. Para los demás CPE será necesaria la sustitución.

En general indica que:

1. Entiende que los CPE son los que pueden presentar más problemas en la transición.
2. En los BRAS no ha tenido problemas.
3. El core está actualizado a IPv6.
4. Tiene conexiones al NAP Colombia en IPv6.

5. El DNS está en IPv6.

6. El sitio corporativo presta acceso IPv6.

7. Todavía existen algunas actualizaciones a realizar en los sistemas de gestión, las que agregan costos a la transición.

8. Con los servicios empresariales GPON con routers no ha observado problemas, aunque los clientes en general no hacen uso intensivo ni tienen requerimientos importantes del IPv6.

Por otra parte el consultor observa que, como ya han mencionado otros operadores en otros países, las actualizaciones del software del equipamiento interno suelen ser costosas.

En la red móvil está usando CGNAT y de esa manera mantiene un stock necesario de IPv4 para todos sus servicios. Es posible que finalmente despliegue Dual Stack o 464XLAT, pero no hay una decisión tomada hasta el momento. Se prestan servicios de acceso a Internet fijo con LTE donde no hay cobertura cableada.

Se estima que se inicie el despliegue masivo a partir de finales de 2016.

3.2 Operador grande multinacional

En 2014 comenzó a desplegar servicios móviles pero no fijos con CGNAT. De esta manera libera direcciones de la red móvil (aproximadamente 1 millón) y las usan en la red fija, en la que por ahora no usa CGNAT debido a los problemas con los contenidos y las aplicaciones. Tiene tres POP y usa un CGNAT en cada región.

En cuanto al despliegue de IPv6 entiende que su infraestructura soporta IPv6 en un 95%, excluyendo los CPE. El core de Internet es único para fijo y móvil y está preparado para IPv6 usando Dual Stack.

Presta servicios corporativos IPv6.

Para el servicio masivo fijo se encuentra modificando sus BSS donde observa más dificultades y espera tener estos sistemas prontos para IPv6 a mediados de 2016. También está trabajando en paralelo con los CPE.

En general, en este caso también, se espera el despliegue en el mercado masivo en 2016.

3.3 Operador multinacional corporativo

Tiene POP propios en Brasil, Colombia y Méjico, y coubica POP en operadores en otros países.

Presta servicios a clientes multinacionales solamente en IPv4, y ninguno de sus clientes le ha solicitado IPv6.

El consultor hace notar que esta situación depende los operadores, ya que en otros casos los clientes

corporativos con casas matrices en Asia o similares solicitan la terminación en IPv6 como parte de una estrategia corporativa.

3.4 RENATA

RENATA es un actor importante en la promoción del despliegue de IPv6 desde el punto de vista de las instituciones de su área de influencia. Adicionalmente ha participado en 2011 en las políticas de compras IPv6 según la Res. 002/11 del MINTIC.

Su importancia estratégica radica en que soporta la red nacional del Sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación que incluye a 1.024 instituciones de Colombia con un total de 4,5 millones de usuarios: unas 400 universidades con 1,5 millones de usuarios, museos, bibliotecas y hospitales, entre otros.

Ha optado adicionalmente por un backbone de fibra oscura lo que le da independencia en la configuración de los servicios, aun cuando la operación se encuentre en manos privadas.

El contrato por 10 años con un operador importante de Colombia, que se firmó a principios de octubre de 2015, incluye 19.400 Kms. de fibra, entregados en 22 nodos nacionales y últimas millas en 220 centros.

Los servicios que el operador presta a través de una membresía incluyen asuntos estratégicos para las instituciones como ser: acceso IPv6 a Internet comercial y académica; colaboración en el despliegue de videoconferencia, servicios en la nube, LAN, streaming y otros; formación en IPv6 y seguridad y gestión.

La red es Dual Stack con direcciones públicas. Las acciones desarrolladas por RENATA son, a juicio del consultor, un muy importante avance en el despliegue de IPv6 y en la incorporación de usuarios nativos IPv6.

De todas formas, el consultor considera que es necesario asegurar simultáneamente el despliegue interno en las instituciones, y principalmente en los puntos más importantes como los firewalls y las redes WiFi. Existen antecedentes de redes que llegan en IPv6 al router de borde de la universidad pero luego el firewall no deja pasar tráfico IPv6, o las redes WiFi son solo IPv4.

3.5 Operador importante regional

Este operador presta servicios fijos de acceso a Internet en el mercado masivo y en el corporativo. Su core del negocio es a través de DSL y está evolucionando a GPON.

Su core es Dual Stack y presta servicios IPv6 Dual Stack a los clientes corporativos (universidades, etc.).

Su estrategia es de usar CGNAT en la red DSL, liberando direcciones para su red GPON en que usa solamente direcciones públicas. En muchos casos el cliente DSL migra a GPON por lo que no se logra ahorro de direcciones IPv4. Estima empezar a introducir IPv6 en 2 a 2 ½ años, en principio usando NAT64, aunque la decisión no ha sido tomada.

En cuanto a la preparación de la red el core ya es Dual Stack, así como el DNS, los portales y demás. El Operador se encuentra trabajando en los sistemas y principalmente en el provisionamiento. En cuanto a los CPE, a medida que se vuelven obsoletos se sustituyen por IPv6 compatibles.

Manifiesta que de acuerdo a los proveedores el uso del CGNAT puede generar problemas en las aplicaciones en el 5% al 10% de los clientes, y en esos casos es necesario pasar a IPv4 pública.

Una preocupación importante ya encontrada en otros países es la necesidad de conservar por 5 años la información de los usuarios que usan determinada dirección IPv4, lo que le significa un costo operativo de US\$ 1 millón por año. Para cumplir con la legislación está en tratativas para que se les solicite la información del usuario a partir de la dirección y el puerto.

3.6 MINTIC

El Ministerio tiene internamente un 92% de compatibilidad IPv6, y este año se tendría IPv6 en los accesos y en los servicios en la nube con prefijos propios.

Ha emitido dos documentos de lineamientos referentes a IPv6 que pueden ser considerados como buenas prácticas para la región:

1. "Guía de Transición de IPV4 a IPV6 para Colombia".²⁰ El objetivo es la implementación del Dual Stack.
2. "Guía para el Aseguramiento del Protocolo IPV6".²¹

La Guía de Transición establece:

"Así mismo, para cumplir con los objetivos de innovación tecnológica que exige el país, las entidades del país deben entrar en el proceso de transición del protocolo IPv4 hacia el nuevo protocolo IPv6 siguiendo las instrucciones descritas en la Circular 002 del 6 de julio de 2011 del Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, que busca promover la adopción de IPv6 en Colombia".²²

20- http://www.mintic.gov.co/gestionti/615/articles-5482_transicion_IPV4.pdf
21- http://www.mintic.gov.co/gestionti/615/articles-5482_Protocolo_IPV6.pdf
22- Circular 002 de 6 de julio de 2011: Plan de transición para la adopción de IPv6 en coexistencia con IPv4.

Establece además las distintas etapas y tareas para que las instituciones del Estado efectúen su transición hacia IPv6:

“Para entrar en el proceso de adopción de este nuevo protocolo, se recomienda realizar un inventario de los activos de información, revisar su actual infraestructura de computación y de comunicaciones, validar todos los componentes de hardware y software de que se disponga, revisar los servicios que se prestan, los sistemas de información, revisión de estándares y políticas para conocer el impacto de adopción de la nueva versión del protocolo IP, a fin de facilitar las labores de planeación e implementación de IPv4 a IPv6, garantizando que las operaciones continúen funcionando normalmente dentro de las entidades del estado.

Así mismo, para atender esta necesidad inminente de innovación tecnológica en el país, el MINTIC, mediante este instrumento, desea proyectar los lineamientos necesarios para diagnosticar, sensibilizar, desarrollar e implementar el protocolo IPv6 en las entidades del estado, con el propósito de adoptar el nuevo esquema de funcionamiento de manera paralela con el actual protocolo IPv4, de conformidad con la Circular 002 de julio de 2011, garantizando que las infraestructuras de hardware, software y servicios continúen operando normalmente en las distintas instituciones del país.

Finalmente, el mismo documento, será el apoyo al plan guía de acompañamiento, que facilitará las acciones necesarias para la adopción del nuevo protocolo en las entidades del país, partiendo de la fase inicial de diagnóstico de las infraestructuras de TI (Hardware y el Software), hasta la fase final que contemple la implementación y el monitoreo del nuevo protocolo en las distintas instituciones”.

Es un documento muy completo que incluye los detalles de las fases de transición con entregables para cada una, para asegurar el cumplimiento de las metas, los requerimientos para cada fase, los aspectos técnicos, la capacitación y otros.

La Guía para el Aseguramiento del Protocolo IPV6 es también un documento muy completo en todo lo relativo a la seguridad en los sistemas propios y en la nube, análisis y mitigación de riesgos, RPKi y otros. Expresa:

“Este documento, presenta los lineamientos y políticas que se requieren tener en cuenta para el aseguramiento del protocolo IPv6, en las distintas infraestructuras de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones que las Entidades del Estado, teniendo en cuenta su aplicación en todo el ciclo de desarrollo por fases que sigue el nuevo protocolo, en un ambiente controlado y

seguro que permita consolidar el proceso de adopción de IPv6 con alta seguridad un nivel de impacto altamente positivo en todas las organizaciones del país”.

Y su objetivo general es el siguiente:

“Presentar un marco de referencia sobre lineamientos de seguridad en IPv6, que sea referente para abordar el plan de diagnóstico, plan de implementación y monitoreo del proceso de transición de IPv4 a IPv6 en cada una de las Entidades del Estado, para adoptar el protocolo IPv6 con base en las características de Confidencialidad, Integridad, Disponibilidad y Privacidad de la información; a fin de generar mecanismos de direccionamiento IP de acceso seguro y uso eficiente de las infraestructuras de información y comunicación de los diferentes organismos del Estado”.

En conjunto con el documento anterior es un marco muy bueno para afrontar la transición con seguridad en todas las instituciones del Estado.

Este accionar incluye obviamente todo lo que es Gobierno en Línea y accesos gratuitos WiFi en todo el país.

3.7 Operador multiservicios multinacional

Este operador presta servicios de telefonía fija y móvil, televisión por suscripción y acceso a Internet, así como servicios corporativos, de Data Center y en la nube.

El acceso a Internet fijo es a través de múltiples redes HFC en distintas regiones de Colombia, usando en promedio dos CM por cliente. Algunas redes no son todavía totalmente bidireccionales.

Dispone de un core Dual Stack y ya presta servicios corporativos IPv6 Dual Stack (por ahora solo a universidades) en al menos el 80% del país.

Recientemente ha recibido solicitudes de servicios IPv6 de corporaciones internacionales.

Para los servicios fijos residenciales está actualizando su red de acceso comprando CM DOCSIS 3.0 compatibles IPv6 los que ya alcanzan a aproximadamente un tercio de las redes. Por otra parte se encuentra en proceso de actualización de los CMTS, y del backoffice: falta actualizar el provisioning pero el resto de los sistemas como DNS, web site, etc., ya están en IPv6. Su estrategia sería la de emplear Dual Stack con CGNAT.

Debido a los plazos propios de actualización de los sistemas se estima que comenzaría el despliegue de IPv6 en el segundo semestre de 2016.

Para los servicios móviles por ahora está usando CGNAT.

3.8 Operador corporativo

Es un operador pequeño de servicios corporativos que hace tiempo se ha ido preparando para IPv6. Los requerimientos de IPv6 le llegan principalmente por los clientes multinacionales.

3.9 Operador grande multinacional corporativo

Podría migrar a IPv6 a través de un plan de la corporación a nivel de Latinoamérica.

Algunos clientes le han solicitado IPv6 aunque no existen contratos todavía. En algunas regiones de la red podría prestar servicios en IPv6 y ya dispone de interconexiones en IPv6.

3.10 Operador pequeño corporativo

Parte de su core ya es IPv6 pero no ha tenido requerimientos de los clientes en cuanto a servicios IPv6.

3.11 Conclusiones

1. Dos de los principales drivers del despliegue de IPv6 se encuentran en estado avanzado de planificación.

a. El MINTIC ha desarrollado dos documentos trascendentales como son los lineamientos o guías para la transición segura hacia IPv6.

b. RENATA se encuentra desplegando una red muy extensa que soporta IPv6 y que abarca a 1.200 instituciones del Estado: universidades, museos, hospitales y demás.

2. Las redes tienen en general un avance de despliegue IPv6 en el core y en los sistemas, los cuales todavía tienen aspectos a desarrollar principalmente en el provisioning.

3. Hay avances importantes y sin problemas en el despliegue del acceso corporativo en IPv6 con Dual Stack en casi todos los operadores. Los requerimientos por parte del cliente provienen casi exclusivamente de los corporativos multinacionales, especialmente de Asia.

4. Todavía no existe despliegue en los accesos residenciales principalmente por dificultades con los CPE. En algunos casos podrán hacer actualizaciones de software, en otros casos se deben sustituir los CPE, y uno de los proveedores importantes ya tiene sus CPE compatibles IPv6 en un porcentaje importante de la red. En ningún caso se ha observado todavía el despliegue de IPv6 en los accesos.

5. Existe una amplia coincidencia en que el despliegue al cliente masivo será comenzado en 2016, principalmente en el segundo semestre.

6. También hay coincidencia en cuanto a los altos costos de actualizaciones de los equipos y sistemas, lo que dificulta el avance.

7. El uso de CGNAT en los servicios móviles es mayoritario, y la evolución puede ser hacia Dual Stack o 464 XLAT. Este uso de CGNAT permite liberar direcciones para los accesos fijos.

8. En las redes fijas por ahora no se observa una tendencia mayoritaria a usar CGNAT, pero sí hacia Dual Stack con CGNAT.

9. Uno de los operadores se encuentra usando CGNAT en la red ADSL liberando direcciones para la red GPON en que no usa NAT. Este mismo operador considera empezar el despliegue de IPv6 en unos dos años y usando NAT64, aunque la decisión final no ha sido tomada.

10. Un operador de red HFC tiene preparada una importante proporción de su red para IPv6 en los CM, pero no tanto así en los CMTS.

11. En general se observa que el despliegue empezaría en 2016 por la conjunción de varios operadores.

4. CHILE

Se han desarrollado tres reuniones que a su vez incluyeron múltiples partes interesadas de la comunidad. Se tuvieron dos reuniones en la Subsecretaría de Telecomunicaciones (SUBTEL) y una en la Red Universitaria Nacional (REUNA). La primera reunión en la SUBTEL fue con el Subsecretario y profesionales de su gabinete. La segunda reunión incorporó a múltiples ISP, entre ellos: Telefónica - Movistar, Claro, ENTEL, GTD, VTR, Torres Unidas y WOM.

4.1 Subsecretaría de Telecomunicaciones

La subsecretaría en sí tiene asignado un bloque IPv6 e internamente opera en IPv6.

En cuanto a establecer disposiciones relativas a compras de software, hardware y conectividad que soporten IPv6 para todas las entidades del Estado, se encuentra en proceso de definir la autoridad responsable para emitir esta disposición y con poder para su cumplimiento. En principio se hace referencia a la Unidad de Modernización del Estado.

Se manifiesta especial interés en este asunto y se considera que se establecerá las disposiciones correspondientes en un plazo razonable.

4.2 Reunión con varios ISP en la SUBTE

Esta reunión permitió recabar información de los principales ISP del país y mantener un intercambio de opiniones entre ellos. Los principales resultados son los siguientes.

La interconexión nacional en IPv6 es casi nula, y hasta hace un año aproximadamente no ofrecía IPv6 ningún proveedor de conectividad nacional.

En general se observa que ahora no existe alto crecimiento en los accesos fijos, debido a los altos crecimientos en años anteriores, por lo que el agotamiento de direcciones IPv4 no afecta en forma importante a los operadores. En general estiman que tienen direcciones IPv4 para unos dos años para la red fija.

Los principales ISP (uno de ellos principalmente corporativo) ya han desplegado IPv6 en el core y han actualizado sus sistemas. Todos ellos manifiestan que empezaron el despliegue hace 4 – 6 años y han ido solucionando problemas que han aparecido.

Cualesquiera de ellos entiende que el despliegue en el core ha presentado problemas, menores que en los accesos donde los problemas han sido más complejos, pero que de todas formas han requerido tiempo para su solución. Incluyen a los Help Desk como secciones de la empresa que hubo que actualizar para responder consultas que involucran clientes en IPv6.

Uno de los operadores principales ha manifestado que el alto churn, en que se pierde el CPE junto con el cliente, hace que por el momento sea difícil sustituir los CPE por otros que soporten IPv6 a los efectos de reducir los costos relativos a los CPE. El objetivo es reducir los costos por la vía de no instalar CPE más caros. Además se recuerda en este caso que la introducción de nuevos CPE requiere de largo tiempo de homologación para asegurar que trabaje con unas tres decenas de tarjetas que se encuentran desplegadas en los accesos.

Al no observarse un diferenciador para el cliente, el despliegue de IPv6 en el acceso se estará realizando intensamente cuando se extingan las direcciones IPv4.

Dos de los principales operadores indican que ya han empezado a usar CGNAT en sus operaciones móviles. Manifiestan que si bien en Chile también se

suelen usar los terminales móviles como Hot Spots, no se han manifestado problemas con los contenidos y aplicaciones.

4.3 REUNA

Es una entidad integrada por universidades, centros de investigación de excelencia y grupos astronómicos internacionales. Brinda una plataforma de comunicaciones que interconecta las entidades del sistema de ciencia, educación y cultura nacional, y les da conectividad con el exterior.

REUNA está conformada por más de 30 instituciones y hasta ahora provee cobertura a doce regiones, entre Arica y Osorno, y aspira a sumar a todas las regiones. Además, se encuentra interconectada a sus pares internacionales: en América Latina (RedCLARA), América del Norte (Internet2 y Canarie), Europa (GÉANT), Asia (APAN) y Oceanía (AARNET). A través de esta conexión internacional REUNA amplía las posibilidades de colaboración de sus socios a más de 1.400 instituciones en Latinoamérica y más de 40.000 a nivel global.

Es una institución de primer nivel de importancia para respaldar el despliegue de IPv6 en Chile.

Hace 5 años comenzaron a requerir IPv6 a su proveedor de conectividad. Las instituciones que no contratan la conectividad a Internet con REUNA igualmente están solicitando IPv6 a sus proveedores. En cuanto a la red, todos los routers son Dual Stack desde el año 2000, tienen interconexión IPv6 con Google y acceso internacional en IPv6, pero no nacional pues aún no existe conectividad nacional en IPv6 con todos los ISP. Se estima que en menos de un año podrá estar disponiendo de conectividad IPv6 nacional.

Igualmente no está claro en este momento el nivel de despliegue de equipamiento preparado para IPv6 al interior de las instituciones interconectadas, independientemente de las exigencias en cuanto a la conectividad.

REUNA ha detectado que en alguna institución, que por su especialidad no dispone de recursos humanos fuertes en Internet, al sustituir su router el proveedor se lo entregó con gestión en la nube y usando NAT, lo que ya fue corregido. En el ínterin se había reducido el uso del ancho de banda a la mitad, seguramente debido a la compartición de sesiones.

Este tipo de situaciones muestra la importancia de que la gestión de las redes, sobre todo cuando se evoluciona hacia IPv4 – IPv6, sea realizada por los equipos técnicos de las redes universitarias centralizadas.

Entiende que la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO), una entidad importante desde hace décadas, y que promueve proyectos para el desarrollo productivo, podría estimular el despliegue de IPv6 con sus proyectos de ciudad inteligente e Internet de las Cosas (por ejemplo el proyecto piloto de estacionamiento en Concepción).

4.4 Conclusiones

1. En Chile se observa una baja tasa de crecimiento de las conexiones fijas a Internet lo que motiva que no existan problemas de escasez de direcciones IPv4 por al menos 2 años. Una explicación de esta situación, compartida por varios ISP, es que las altas tasas de crecimiento se han dado en momentos de que no había problemas con la disponibilidad de direcciones IPv4 por parte de LACNIC.

En el momento actual ya no existen altas tasas de crecimiento por lo que no se siente la escasez que existe a nivel de la región.

2. En general se detecta una baja interconexión en IPv6 a nivel nacional, seguramente debido a la misma causa anterior, ya que los operadores trabajan principalmente en IPv4.

3. La baja tasa de usuarios que están potencialmente en condiciones de acceder por IPv, no debe ser observada como indicador de atraso, sino que es un indicador de altas tasas de crecimiento de las conexiones a Internet en los años pasados, lo que está llevando a una reducción del crecimiento actual.

4. Igualmente se estima por parte de la SUBTEL que los requerimientos de direcciones se incrementarán en Chile a través del desarrollo de la Internet de las Cosas. A este respecto existen unos proyectos iniciales como el de los estacionamientos en Concepción, dirigido por la CORFO.

5. Se ha comenzado a usar CGNAT en al menos dos de las redes móviles.

6. En las redes fijas no se observa por el momento la escasez de direcciones IPv4, aunque la mayoría de ellas ya empezaron hace 4 – 6 años con el despliegue en su red y con la preparación de los sistemas.

7. REUNA ha adoptado las provisiones para el tránsito hacia IPv6, pero no tiene incidencia al interior de las instituciones interconectadas, ni en su conectividad a Internet en la mayoría de los casos. Todavía no dispone de conectividad nacional en IPv6 debido a que no todos los ISP están interconectados con este protocolo.

5. ECUADOR

Las reuniones en Ecuador fueron realizadas con el Consorcio Ecuatoriano para el Desarrollo de Internet Avanzado (CEDIA), con el IXP AEPROVI quien a su vez organizó una reunión con múltiples partes interesadas como Telecable, Netlife, Cablenet, el regulador ARCOTEL, entidades empresariales, la CNT y PuntoNet.

5.1 Caso de éxito. Corporación Nacional de Telecomunicaciones E.P. (CNT)

La CNT adoptó la decisión estratégica temprana de desplegar IPv6, impulsada por dos acuerdos del Ministerio de Telecomunicaciones y Sociedad de la Información de 2011 y 2012²³ destinados al desarrollo de redes IPv6 en el Ecuador, y por la escasez prevista en el stock de direcciones IPv4.

Adicionalmente la CNT comenzó a crecer en forma muy importante en cantidad de clientes de acceso fijo a Internet, lo que impuso más exigencias a su stock de direcciones IPv4. Al 30 de junio de 2015 la CNT tenía 814.143 cuentas de acceso dedicado a Internet²⁴ y el 57,47% del mercado. Este crecimiento fue de varias veces en pocos años, lo que agregado a la escasez de direcciones IPv4, colaboró a la más rápida toma de decisión del despliegue de IPv6 en la red fija.

El despliegue en la red fija es con la técnica Dual Stack y CGNAT, en una decisión alineada con las de la casi totalidad de los operadores de la región. Por el momento el esfuerzo está concentrado en la red fija, dejando para más adelante la decisión con relación a la red móvil en la cual se está usando CGNAT. Uno de los posibles problemas que requieren atención en esta red móvil son los terminales.

En cuanto a los clientes corporativos se manifiesta que éstos no desean pasar a IPv6.

En la red fija el despliegue comenzó tempranamente en 2011 - 2012. En este despliegue se destaca el empleo temprano de CPE inalámbricos Dual Stack desde 2012, en que aprovechando una alta tasa de reposición se logra tener al día de hoy más CPE Dual Stack que usuarios. O sea que ha habido grandes avances en los terminales de acceso, lo que dará lugar a un aumento también importante de usuarios en cuanto se completen despliegues menores en la red de acceso, como son algunos BRAS. Por otra parte todo el core es Dual Stack y no presenta ningún problema a nivel de sistemas y demás equipamientos en el backoffice.

En resumen, es una red totalmente preparada para IPv6, con avances importantes en el despliegue de CPE Dual Stack, por lo que se espera que en el futuro próximo se

23- 0133-2011 y 007-2012

24- <http://www.arcotel.gov.ec/servicio-acceso-internet/>

observen avances importantes en la cantidad de cuentas con IPv6. El consultor hace notar que la mayoría de los operadores encuentran en el costo del despliegue del CPE uno de los obstáculos para el aumento rápido en la cantidad de usuarios fijos IPv6. Por ello es que en general deciden pasar a IPv6 en las etapas de sustitución de equipamiento. En este caso fue temprana la sustitución por IPv6 compatibles.

Los clientes no han encontrado diferencias perceptibles. El despliegue fue cuidadoso, a través de dos planes piloto sucesivos, durante los cuales se fueron solucionando problemas que surgieron; y al día de hoy el despliegue no presenta problema alguno.

En las pruebas piloto se iniciaron los servicios con el Dual Stack operando. Al suceder ciertos problemas con los CPE desconectaron una de las alternativas, detectando un problema que se solucionó con actualización de software.

En este momento la CNT se encuentra trabajando en el mejoramiento de los sistemas de gestión de la red a los efectos de obtener mejor eficiencia operativa.

En conclusión, se observa como la toma de acciones tempranas para aprovechar sustituciones naturales de equipos por nuevos que operen en IPv6, da lugar a una transición ordenada y sin mayores problemas, dejando igualmente preparada la red para una evolución de acuerdo al avance de contenidos y aplicaciones IPv6, reduciendo progresivamente el uso de IPv4.

5.2 Consorcio Ecuatoriano para el Desarrollo de Internet Avanzado (CEDIA)

CEDIA es la Red Nacional de Investigación y Educación Ecuatoriana. Dentro de sus actividades ha actuado como consultora para el MINTEL con relación al desarrollo de lineamientos para las compras públicas. Han usado como referencia los lineamientos RIPE 554²⁵ para la compra de hardware y software que soporte IPv6. De cualquier forma el Ministerio ya ha emitido dos acuerdos en 2011 y 2012, referentes al despliegue de IPv6, que han impulsado a operadores y a CEDIA a comenzar el trabajo en este sentido.

CEDIA ha desarrollado una red importante para prestar servicios académicos y comerciales de acceso a Internet a través de dos VLAN con direcciones públicas. Entendió que desde un punto de vista académico las universidades no podrían mantenerse usando IPv4. Dispone de un Sistema Autónomo que en un 100% soporta IPv6.

Provee acceso a 35 universidades interconectadas a través de un anillo de 1 Gbps., expandible próximamente a 10 Gbps., con accesos a las universidades en 1 Gbps.

y a la Red Clara en Guayaquil. Toda la infraestructura y la gestión son realizadas por TELCONET. Esta red fue el resultado de una compra en la cual se exigió que el servicio fuera IPv6 nativo.

CEDIA estima que un 70% de las universidades está preparado para trabajar en IPv6 aunque por el momento solo pocas lo hacen. Se espera que cuando todas las universidades terminen sus planes de despliegue IPv6, y principalmente en los firewall, se sumará una cantidad muy importante de usuarios IPv6.

Tienen un caché de Google Dual Stack.

5.3 Operador mediano residencial y corporativo

Han iniciado los trabajos de transición a partir de los acuerdos ministeriales de 2011 y 2012 para prepararse frente a las futuras compras públicas.

Disponen de una red nacional MPLS. Proveen servicios IPv6 a clientes universitarios sobre MPLS y a clientes corporativos cuando se lo solicitan. Usan Dual Stack con los clientes corporativos.

Para los clientes residenciales han definido usar DS – Lite y lo han implementado en una red piloto con clientes activos y ya tienen homologados dos modelos distintos de CPE de distintas marcas. Sin embargo no está tomada la decisión final de lanzamiento a la espera de ciertas inversiones en los NAT.

Han activado dos de los tres proveedores de acceso en IPv6 y realizan peering nacional en IPv6.

Por el momento se ha prorrogado el avance en la transición residencial y se continúa trabajando en diversos aspectos de la red y de los sistemas y procedimientos de

Operación y Mantenimiento.

5.4 AEPROVI

Es el IXP de Ecuador con POP en Guayaquil y Quito. Esta institución organizó una reunión a la que asistieron ISP grandes y pequeños, así como ARCOTEL y otras instituciones socias de AEPROVI.

Este IXP de Ecuador está totalmente equipado para IPv6 en Dual Stack. En este momento cualquier participante de AEPROVI puede establecer una conexión IPv6 sobre la misma conexión física de IPv4. Da alojamiento a los principales CDN como Google y Akamai, los que también prestan servicios en IPv6.

Durante esta reunión un ISP relativamente pequeño manifestó que ha desplegado IPv6 solamente residencial en Quito desde hace seis meses (abril 2015),

25 <https://ripe68.ripe.net/presentations/340-RIPE-554bis.pdf>

bajo la técnica de Dual Stack. Las empresas pequeñas no desean IPv6 debido a los cambios que deben hacer internamente y a que no sienten la necesidad de hacerlo. Un ISP con red HFC está estudiando la técnica a emplear, la que seguramente será Dual Stack.

5.5 Conclusiones

1. La CNT E.P. está liderando el despliegue IPv6 con toda su infraestructura fija en Dual Stack, y con un porcentaje grande de CPE Dual Stack.
2. Respecto de la banda ancha móvil no han iniciado el despliegue y están usando CGNAT.
3. Existen dos acuerdos ministeriales de 2011 y 2012 propiciando el despliegue de IPv6, que han dado un impulso inicial al despliegue.
4. CEDIA, que interconecta las universidades, ha contratado un anillo y los accesos así como las interconexiones en IPv6. Salvo algunas, las universidades están algo demoradas en sus propios despliegues. Cuando lo hagan ya dispondrán de acceso IPv6 nacional e internacional, incluyendo a la red Clara, sobre la base de dos VPN comercial y académico.
5. Un ISP mediano residencial ha realizado pruebas en DS-Lite pero aún no ha decidido la técnica que finalmente empleará.
6. Se encuentra en estudio el diseño de una política relativa a las empresas públicas.

6. PANAMÁ

Se han desarrollado reuniones con la Universidad Tecnológica Nacional, la Agencia Nacional de la Innovación Gubernamental (AIG), la Autoridad Nacional de Servicios Públicos (ASEP), y los ISP Cable Onda, Cable & Wireless, Claro, Digicel, y Unión Fenosa.

6.1 Universidad Tecnológica Nacional

En 2005 obtuvo prefijos IPv6 e inició su conectividad IPv6 a través de un túnel. A partir de allí ha desarrollado una intensa actividad de despliegue interno, incluyendo los Access Points; el principal problema encontrado ha sido en el Firewall, una cuestión bastante común en el despliegue de IPv6, inclusive para los ISP. También en esa fecha se constituyó el Grupo de Trabajo IPv6 Panamá que incluye a todas las partes interesadas, y que hace dos años ha retomado sus actividades.

El accionar de la Universidad será sin duda un pilar en la promoción del desarrollo del IPv6, junto a las demás partes interesadas que integran el Grupo de Trabajo.

6.2 Agencia Nacional de la Innovación Gubernamental (AIG)

Esta Agencia está involucrada en el desarrollo positivo de los indicadores de Internet de Panamá, como parte del posicionamiento general del país. Forman parte del Grupo de Trabajo sobre este tema con la ASEP, NIC Panamá, la Universidad Tecnológica y otros.

Una de sus acciones, que se entiende muy importante, es que van a establecer normas para que las más de 100 instituciones del Estado efectúen sus compras exigiendo la operación IPv6. Junto con esto están elaborando una circular para todos los proveedores avisando de la exigencia de la provisión en IPv6 en todas las compras públicas.

Adicionalmente operan la red de Internet para Todos, con accesos públicos que son usados por aproximadamente 180.000 personas, y van a empezar a desplegar IPv6 en ella.

A esto se agrega el plan de disponer de un servidor propio también basado en IPv6, para dar alojamiento a instituciones del Estado, como por ejemplo a la de turismo.

6.3 Autoridad Nacional de los Servicios Públicos (ASEP)

Entiende que se debería comenzar a indicar no solamente la velocidad de los servicios, sino también si soportan IPv6. Parece ser una interesante consideración.

En pocos meses se debería renovar la Red Nacional Multiservicios (RNMS) operada por la AIG. Entiende la ASEP que si la AIG condicionara el suministro al cumplimiento de IPv6 sería un importante impulso para su despliegue.

Forma parte del Grupo de Trabajo, dentro del cual hay alineamiento en cuanto a las acciones a seguir, principalmente en cuanto a la concientización y las compras públicas.

6.4 Operador multiservicios

Este operador presta servicios de telefonía fija y móvil, acceso de banda ancha y televisión de abonado.

Hace 6 años que se adoptó la decisión estratégica de que toda compra de equipamiento fuera también IPv6, sobre la base de Dual Stack con CGNAT. De esa manera su red en el core y en el edge se fue preparando progresivamente, y hoy se encuentra con un grado de desarrollo total en IPv6.

A partir de allí, y se encuentran muy avanzados en este momento, se modificaron y adaptaron o cambiaron los sistemas. Adicionalmente se inició la capacitación y la actualización del DNS a IPv6. Los accesos mayoristas contratados ya son IPv6 y se planifica avanzar con las interconexiones IPv6 aguas arriba.

En cuanto al despliegue del acceso IPv6, al igual que otros ISP entrevistados en otros países, lo harán en la medida en que sea necesario su sustitución por obsolescencia o cuando el cliente migre a acceso por fibra.

Desde una óptica interesante, considera que con el despliegue de IPv6 en la red móvil se obtendrán ahorros debido a que al no tener que operar el “keep alive”, como cuando se usa NAT solamente, se reduce el uso de la Red Inalámbrica de Acceso (RAN) (aproximadamente 5%), y del firewall por las mismas razones de reducción de tráfico improductivo.

También, en general, los costos del uso de NAT son importantes debido a la exigencia del mantenimiento de los registros de direcciones y puerto por razones legales durante 24 meses, lo que implica un alto porcentaje del costo de la red. Indica que en EEUU AT&T y Verizon recurrieron al Congreso y lograron reducir el plazo de registro a 3 meses.

6.5 Operador entrante

Este operador es parte de una empresa con múltiples operaciones. No existe todavía un plan corporativo que haya sido transmitido, pero esto es habitual, por lo que se espera que en los meses venideros este operador esté entrando en el proceso de despliegue IPv6.

6.6 Operador entrante

Con relación al uso de las direcciones IP este operador entrante presta servicios móviles. Como parte de una corporación multinacional, sus decisiones están alineadas con las disposiciones que se adopten para todas las operaciones. Estas decisiones se podrían adoptar en forma inminente estimándose el inicio del despliegue para 2016, lo que ya ha sido previsto por el operador en los planes de ese año. Hace tiempo que han liberado direcciones IPv4 a través de NAT, a los efectos de poder avanzar progresivamente en el despliegue de IPv6, llegando a porcentajes de uso del 40% al 60%.

La técnica a emplear será el DS con CGNAT, tal como se ha observado en otros países en la región.

Entiende que el perfil de sus clientes, por ser de Panamá, es particular: en la media emplean teléfonos de gama media y alta, usan muy intensamente sus dispositivos como Hot Spots, compartiendo la conectividad vía WiFi;

por lo que las aplicaciones que usan en el vehículo o en el hogar son similares a las que usan mayoritariamente los clientes fijos (Torrent, Netflix, etc.). En efecto, es común que el terminal móvil funcione como dongle dando lugar a tráficos no usuales para el uso móvil puro. Esta observación, constatada en la realidad a través de altas tasas de consumo y requerimientos de velocidad de descarga, hace que el comportamiento del cliente móvil se asimile en alto grado al cliente de banda ancha fija usando P2P, Netflix, PS y otros.

Esta última observación muestra que en Panamá el uso de CGNAT podría dar lugar a problemas similares a los de los terminales fijas en cuanto a los problemas de aplicaciones que no trabajan bien detrás de NAT.

6.7 Operador multiservicio con red HFC

Es un operador que se encuentra muy avanzado en todos los aspectos del despliegue de IPv6 empleando la técnica del Dual Stack con CGNAT. Se encuentra terminando la actualización del sistema de provisioning, que sería la última limitante para poder iniciar el despliegue comercial. Ha cambiado el equipamiento necesario incluyendo el CMTS.

Hace unos años reestructuró la cantidad de direcciones públicas entregadas a sus clientes logrando una masa de direcciones que le permitió desarrollar tranquilamente la fase de transición.

Se estima que el despliegue a nivel masivo se realizará a partir de 2016; mientras, se irá proveyendo a nivel corporativo.

6.8 Operador mayorista

Este operador mayorista actúa principalmente en el mercado de infraestructura de fibra óptica oscura y transporte a nivel de capa 2. No provee servicios de capa 3 por el momento. Su área de servicio a nivel corporativo es Centro América hasta Guatemala y Colombia.

No tiene planes de pasar a IPv6 y se estima que cuando tome esa decisión será a nivel de la región de operación. Sin embargo está preparado para efectuar interconexiones en IPv6.

6.9 Conclusiones

1. Las instituciones gubernamentales como la ASEP, la AIG y la UNT se encuentran alineadas en la promoción del uso de IPv6 a través del Grupo de Trabajo, y además están adoptando las medidas adecuadas en ese mismo sentido. Se entiende que constituyen un importante motor para la concientización de la importancia y fomento del despliegue de IPv6 en Panamá.

2. La renovación de la Red Nacional Multiservicio puede ser una oportunidad para impulsar el despliegue de IPv6.

3. Un operador multiservicio importante tiene toda su red preparada para IPv6 y sus sistemas y demás aspectos en la fase final de la puesta en operación comercial.

4. Un operador HFC está en condiciones de empezar el despliegue próximamente.

5. Un operador entrante considera que de acuerdo a la planificación corporativa empezaría su despliegue en 2016 con Dual Stack y CGNAT.

Según sus estimaciones de uso de los teléfonos móviles, en Panamá el uso de CGNAT podría dar lugar a problemas similares a los de las terminales fijas en cuanto a los problemas de aplicaciones que no trabajan bien detrás de NAT.

6. El tema del registro por razones legales por el uso de CGNAT es importante dado el plazo necesario, lo que redundaría en costos también importantes e inevitables ya que el CGNAT o similares técnicas son imprescindibles en la transición.

7. La técnica adoptada en los ISP que ya se han definido es la Dual Stack con CGNAT.

8. 2016 sería en principio el año del despliegue a nivel masivo en Panamá, y antes con todos los clientes corporativos que lo deseen.

7. PERÚ

Se han desarrollado reuniones con la Oficina Nacional del Gobierno Electrónico (ONGEI), el Instituto Nacional de Investigación y Capacitación de Telecomunicaciones del Perú (INICTEL), NAP Perú, la Universidad de San Marcos, y los ISP Bitel, ENTEL, Telefónica del Perú y Level (3),

7.1 Caso de éxito. Telefónica del Perú S.A.

Este operador presenta los indicadores más altos de despliegue en la región. Considerando las altas tasas de crecimiento, y procurando enfrentar la futura terminación de stock de direcciones IPv4, principalmente comandada por los servicios móviles y los servicios fijos ADSL (Speedy) cuyo crecimiento natural es alto, y en forma destacada en HFC, el operador desarrolló tempranamente desde 2008 una estrategia para un despliegue intenso, acompañada de acciones de culturización con sesiones dirigidas a empresas e instituciones que son importantes para acompañar el desarrollo, así como transmisión de conocimiento, etc.

Por tanto, la percepción temprana del agotamiento de las direcciones IPv4 fue la principal razón de todo el proyecto de transición a IPv6. Con la estrategia adoptada se comenzaron a liberar direcciones IPv4 en el área de servicios ADSL, permitiendo usar las direcciones liberadas en una evolución más suave en las demás áreas.

Este despliegue hizo que la operación en Perú liderara el despliegue de IPv6 de las diferentes operaciones en la región. A continuación se describen las etapas principales, según la presentación realizada por la empresa en LACNIC 24 LACNOG en Bogotá, 2015.

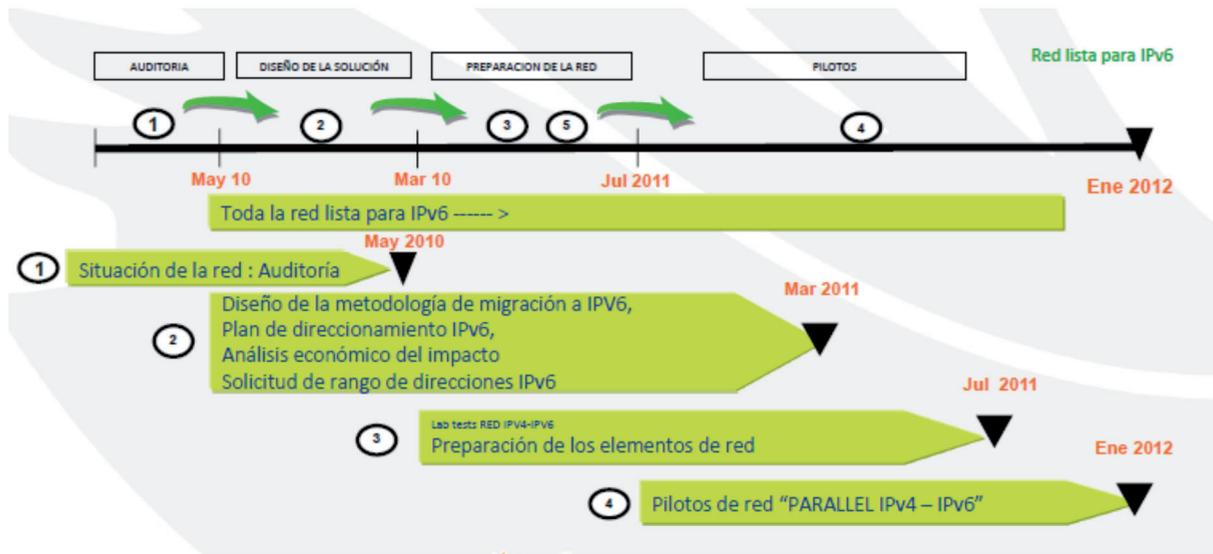
En 2009 existieron alarmas de agotamiento de direcciones IPv4 por lo que se observó que era necesario empezar a usar IPv6 en 2012. Para ese momento otros operadores como NTT, Orange y COMCAST ya habían empezado el despliegue.

En ese momento Telefónica tenía unas 1,2 millones de direcciones IPv4 y 1,1 millones de clientes fijos. Al mismo tiempo los clientes móviles ya estaban usando servicios a través de CGNAT. De esta manera les resultó imprescindible pasar a usar Dual Stack con CGNAT. Como parte de este plan empezaron con las pruebas en 2010.

En resumen su estrategia fue:

1. Usar Dual Stack con CGNAT en todo el crecimiento futuro de la red.
2. Mantener a los clientes de alto valor con direcciones IPv4 públicas.
3. Ofrecer servicios IPv6 para todos los prestadores de contenido que lo soliciten.

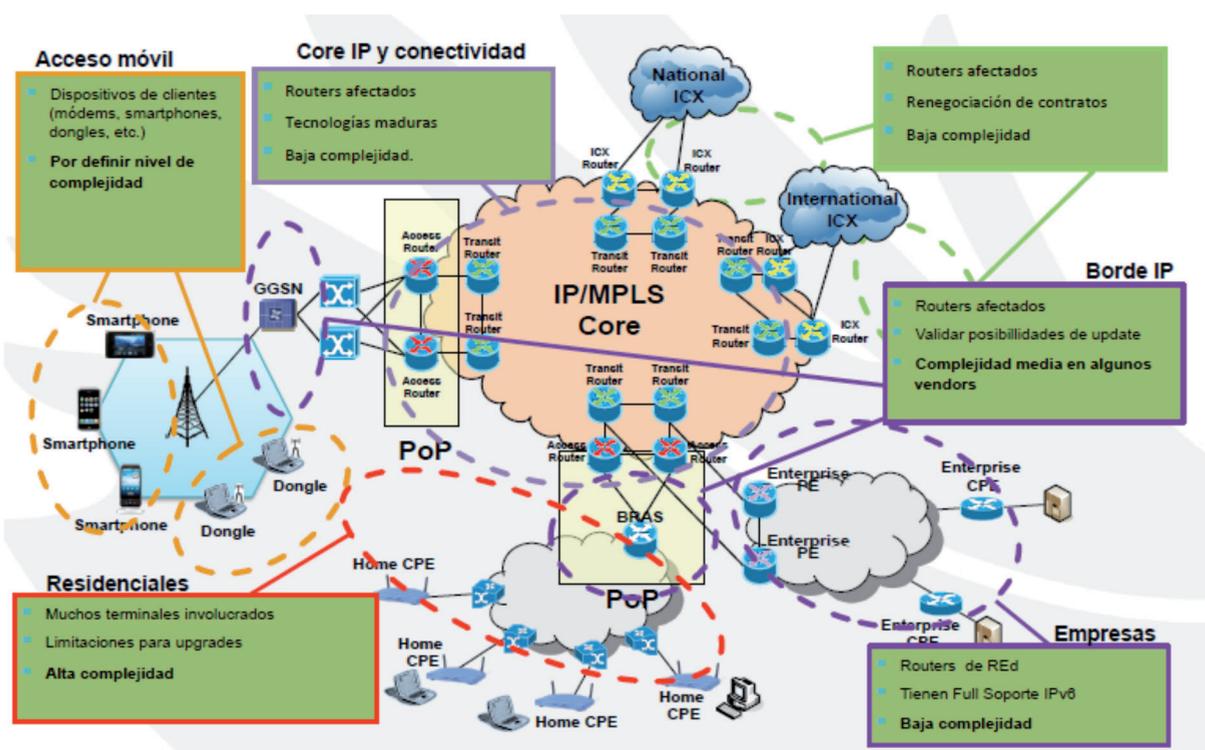
Se desarrolló un plan de transición que se observa en la gráfica siguiente:



Se identificaron como acciones principales:

1. Asegurar que progresivamente los CPE soporten Dual Stack.
2. Proveer capacidad Dual Stack en el borde (BRAS y GGSN) y en el DNS.
3. Asegurar que los sistemas OSS soporten Dual Stack.

La gráfica siguiente muestra las diferentes partes de la red, dificultades y procedimientos a seguir. Es un interesante ejemplo de una estructura completa de red fija y móvil de un operador integrado horizontalmente y los principales puntos y asuntos de atención. Cada parte de esta red ha sido analizada individualmente a partir de un inventario realizado en el principio del proceso de transición de Telefónica.



Al momento actual, Telefónica del Perú cuenta con 1,6 millones de clientes de acceso fijo, lo que supera ampliamente la cantidad de direcciones IPv4. Por esta razón la situación es la siguiente:

1. 27% de las direcciones IPv4 están siendo usadas a través de CGNAT y el 83% restante se usa como IPv4 públicas.
2. En cuanto al uso de las direcciones públicas, el 20% son IPv6 y el 80% son IPv4.

Se observa que las direcciones IPv6 cumplen un papel importante junto con el 27% de las direcciones IPv4 usadas a través de NAT.

La adopción temprana de medidas de mitigación de la reducción del stock de direcciones IPv4 ha permitido que Telefónica ya esté desplegando direcciones IPv6 que quitan presión sobre el uso de las direcciones IPv4, de las que muchas pueden ser todavía usadas como públicas. Esto habilita un camino progresivo sin presiones por problemas de calidad derivados de altas comparticiones de las direcciones IPv4. Por otra parte esta adopción temprana ha permitido el despliegue de red Dual Stack a través de las actualizaciones progresivas de la red, sin necesidad de realizar inversiones exclusivamente para la transición.

El plan general implica:

1. Se empezó a desplegar IPv6 en la red ADSL en 2012 con CPE Dual Stack y WiFi.
2. Para 2016 se empezaría a desplegar IPv6 para los clientes corporativos para los cuales la red está pronta, y los de la red HFC.
3. Se estima que en 2017 el despliegue llegue a los servicios móviles siguiendo la misma técnica de Dual Stack con CGNAT.

Todas las altas de servicios se efectúan con CPE Dual Stack, y como se ha visto más arriba, el avance del uso de CGNAT se efectúa por nodos en los que se requiera ir reduciendo el uso de IPv4 públicas.

En cuanto a grandes clientes, solo las universidades solicitan IPv6 pero no se ha percibido demanda por parte de los clientes corporativos, ni siquiera los de terminación internacional en el Perú.

Debido a la adopción temprana de la estrategia de transición, los sistemas internos fueron siendo actualizados progresivamente donde fue necesario, lo que no les ha representado problemas. Los sistemas

BSS son transparentes al direccionamiento empleado y solo fue necesario actualizar el provisioning.

Con respecto al sistema HFC, se encuentran trabajando en el provisioning y en la validación de los CM. Los CMTS ya se encuentran validados. Por el momento se encuentran usando direcciones públicas, pero también en este servicio se empleará Dual Stack con CGNAT.

7.2 NAP Perú

NAP Perú tiene habilitado IPv6 pero solamente cuatro operadores grandes y una institución están interconectados en IPv6, sobre un total de doce miembros: Level (3), Claro, Telefónica del Perú, Optical IP y la Red Científica Peruana (RCP).

7.3 Operador exclusivamente corporativo y mayorista importante

Este operador internacional indica que solamente los ISP grandes le piden servicios en IPv4 – IPv6, aunque su red y sus sistemas están totalmente preparados para IPv6.

7.4 Oficina Nacional del Gobierno Electrónico e Informática (ONGEI)

A nivel gubernamental en 2008 empiezan las actividades de recomendaciones de uso de IPv6, y en 2011 se inaugura la plataforma de interoperabilidad de entidades públicas, alojada en el BCP.

En este momento la ONGEI ha elaborado un proyecto de Decreto Supremo para hacer obligatorio que todas las entidades de la Administración Pública implementen “progresivamente el uso del protocolo IPv6 en sus recursos informáticos, según el caso y de acuerdo al Plan de Migración e implementación del protocolo IPv6 de su entidad”.

Para ello “Toda adquisición de hardware y software que realicen las entidades de la Administración Pública, que haga uso de Internet, deberá tener implementado en forma nativa el IPv6 con soporte al protocolo IPv4.” Caso contrario deberán ser autorizadas por la ONGEI.

También obliga a la preparación de un Plan de Migración que deberá recibir la previa opinión de la ONGEI.

Y principalmente “La ONGEI se encargará de la elaboración de un Manual de Implementación del Protocolo IPv6; y establecerá los plazos y las metas para su implementación por las entidades”.

Se establecen plazos y se definen planes de asistencia técnica y capacitaciones a cargo de la ONGEI.

El consultor entiende que esta acción, a partir de su aprobación, será un fuerte impulso para que se produzca un despliegue que abarque a los operadores que aún no han desplegado IPv6, y al mismo tiempo aumente el número de usuarios operando en IPv6.

7.5 Operador móvil entrante

Este operador, subsidiario de otro operador móvil latinoamericano, todavía tiene suficiente cantidad de direcciones IPv4 y considera comenzar el despliegue de IPv6 en 2016.

Como tiene un porcentaje muy alto de sus terminales compatibles con IPv6, su foco es en este momento la planificación y las acciones preliminares en la red y en los sistemas de soporte al negocio (BSS). Su núcleo de red tiene desplegado MPLS y ha decidido emplear 6PE.

7.6 Operador de servicios corporativos

Este operador se encuentra en una operación importante de despliegue de fibra óptica para sus clientes corporativos y está operando totalmente en Dual Stack.

7.7 Instituto Nacional de Investigación y Capacitación de Telecomunicaciones del Perú (INICTEL)

Este instituto ha contratado los servicios de acceso de un proveedor que les entrega IPv6. En todas sus aulas se tiene Dual Stack y la red inalámbrica también está preparada.

La última fase será la migración de la red administrativa.

7.8 Operador entrante de servicios móviles

Este operador se encuentra en una fase de despliegue que incluye también un avance de 17.000 Kms. de fibra óptica en todo el país, cubriendo la mitad de los Distritos (950), brindando servicios de telefonía 3G en más de 17.000 localidades, considerando prestar también servicios fijos masivos de Internet en el futuro.

Actualmente tiene del orden de 1 millón de clientes móviles, todos en 3G, y del orden de 5.000 entre corporativos y escuelas con FTTH, habiendo comenzado oficialmente su operación hace un año.

Toda su red está preparada para IPv6 y el core operará con 6PE, aunque aún no ha comenzado a prestar el servicio con este protocolo, lo que esperan sea en unos dos meses.

Usará Dual Stack con CGNAT.

7.9 Conclusiones

1. Telefónica del Perú S.A. ha comenzado tempranamente su preparación y despliegue de IPv6 logrando al momento actual el nivel más alto para la región en cuanto a usuarios preparados para IPv6.
2. Un operador móvil entrante que está desplegando una extensa red de fibra óptica, y que considera prestar servicios fijos masivos en el futuro (actualmente tiene unos 5.000 corporativos y escuelas), tiene toda su red preparada para IPv6 y considera empezar el despliegue a sus clientes en unos dos meses.
3. Otro operador móvil entrante considera empezar el despliegue a nivel masivo en 2016. Tiene un porcentaje muy alto de sus terminales compatibles con IPv6; su foco es en este momento la planificación y las acciones preliminares en la red y en los sistemas de soporte al negocio (BSS). Su núcleo de red tiene desplegado MPLS y ha decidido emplear 6PE.
4. El NAP Perú está preparado para IPv6 pero solo tiene 5 miembros de 12 intercambiando tráfico en IPv6.
5. El ONGEI ha preparado un proyecto de decreto para alinear a las entidades de la Administración Pública en sus compras que soporten IPv6.

8. REPÚBLICA DOMINICANA

SE han desarrollado reuniones con el INDOTEL y la OPTIC, así como con el NAP Caribe, Claro – CODETEL y Wind.

8.1 Operador mayor

El operador principal, que presta servicios fijos, móviles y de televisión de abonado (DTH y cableado), presenta distintas situaciones en cuanto al despliegue de IPv6 según los servicios que presta. En general no tiene un problema actual de escasez de direcciones IPv4 pero ha iniciado el trabajo de migración. Las decisiones sobre la técnica de transición presentan dificultades de diversos tipos, muy similares a otros casos, como ser la escasez de personal que pueda ser dedicado en exclusividad a estudiar el tema para su red en particular, y las señales de diverso tipo que llegan sobre las mejores técnicas de transición pero sin mostrar los detalles prácticos que son muy importantes, algún proveedor ha aconsejado no ir por DS y esperar. Entienden, también al igual que en otros casos, que sería de gran utilidad disponer de información en detalle, o de casos de éxito, que permitan mostrar el camino más adecuado.

Está usando 6VPE en el backbone y en las salidas internacionales, y tiene conexiones IPv6 con los proveedores de contenido. Han comprado equipos CGNAT y están probando 6rd en los accesos ADSL pero si bien algunos DSLAM lo soportan, los CPE no, y deben ser cambiados. Estas pruebas se alinean con un ISP que no presenta problemas por el agotamiento de IPv4 y quiere empezar la transición IPv6, ya que no apunta a resolver los problemas de escasez.

El próximo paso es trabajar con GPON.

Respecto de los móviles, han desplegado LTE con equipamiento que soporta IPv6 pero la definición final de la transición la esperan tomar en 2016. Por ahora usan CGNAT.

En conclusión, este operador está trabajando en la preparación para el despliegue de IPv6 tanto en sus redes como en los sistemas internos, pero sin manifestar por el momento una definición final.

8.2 Operador menor

También se ha entrevistado a un operador menor de servicios dedicados y servicios finales usando WiMax y más recientemente desplegando LTE y Fibra Óptica, el que presta servicios de Televisión de abonado con LMDS, acceso a Internet con TD-LTE (banda 41: 2496 – 2690 MHz), voz sobre IP y servicios corporativos y mayoristas.

Este operador ha iniciado en 2012 los estudios para definir la transición a IPv6 debido a una decisión estratégica, y porque ya no tiene cantidad suficiente de direcciones IPv4 como para soportar crecimientos importantes. En general, si bien ha recibido apoyo de los proveedores, ha tenido problemas con las técnicas que ha probado. Tiene un importante avance de despliegue en el backbone, backhaul, sistemas, etc.

Para los clientes importantes de universidades y el Estado está proveyendo servicios en Dual Stack.

Entre los temas que está trabajando para el despliegue es el de tener su DNS en IPv6, lo que espera terminar antes de octubre, ya que en el momento de la entrevista estaba arrendando el servicio.

En este momento está desactivando parcialmente la red WiMax, que puede soportar solo IPv4, y está migrando los clientes, el espectro y las direcciones hacia la red TD-LTE. En este proceso de transición pueden surgir problemas relativos a la escasez de direcciones IPv4.

Ha encontrado problemas con los CPE de los clientes corporativos y los proveedores se encuentran

trabajando en ellos para que soporten Dual Stack. Para los clientes masivos no tiene problemas pues los CPE fueron comprados hace menos de un año para el despliegue de LTE, y solamente cambiando de versión de software ha podido ver que operan perfectamente en Dual Stack.

En cuanto a los sistemas, un asunto de importancia con el CGNAT es el de las respuestas a los requerimientos judiciales en que se le solicitan datos del usuario de la IPv4 pública, sin mayor información. Se encuentra en las tratativas para una solución en que en el requerimiento se incluyan el puerto, y quizás el protocolo, aparte de la dirección IPv4, o que se acepte que se entregue solamente la lista de usuarios de esa dirección a la hora solicitada.

En cuanto a pruebas de técnicas, una de ellas, la de NAT64, presentó problemas con Skype y con voz sobre Whatsapp. Cuando intentó hacer pruebas con MAP, sus proveedores de CPE les indicaron que ellos estaban primero dedicando sus esfuerzos a terminar las adaptaciones a Dual Stack.

Por estas razones el Dual Stack con CGNAT es seguramente su técnica seleccionada finalmente para los clientes masivos y para la que están preparados, aparte de que para los corporativos ya es una decisión generalizada que surge de acuerdos previos con ellos y requiere cambiar el CPE. Ha mencionado que en consultas con otros operadores similares de Latinoamérica todos los consultados, salvo uno de Centro América, han experimentado los mismos problemas, por lo que también piensan adoptar el Dual Stack. El operador de Centro América está considerando trabajar con Skype para solucionar el problema.

Otro problema que ha encontrado es que los equipos del usuario final, las computadoras, tienen a veces sistemas operativos que no soportan IPv6, como el XP o las versiones anteriores del OS X, por lo que se mantendrían trabajando en IPv4 a pesar de que se migre el CPE.

En conclusión, ya está migrando a sus clientes corporativos y mayoristas a IPv6 con 6VPE y la entrega de CPE nuevos; va a mantener a los clientes WiMax en IPv4 por imposibilidades del equipamiento de red, y va a migrar sus clientes masivos LTE a IPv6, seguramente con Dual Stack para el cual están preparados.

8.3 OPTIC

La Oficina Presidencial de Tecnologías de la Información y Comunicación fue creada con la responsabilidad de planificar, dirigir y ejecutar las acciones necesarias para implementar el Gobierno Electrónico en el país, mediante

la difusión y uso de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC).

Respecto de las direcciones IPv6 y su despliegue, la OPTIC no tiene potestades para hacerlo obligatorio en las instituciones del Estado. Sin embargo ha adoptado la iniciativa de establecer un conjunto de Mejores Prácticas en las compras estatales que incluyen la adopción de IPv6. Adicionalmente otorga un certificado de cumplimiento de estas prácticas cuando la institución las cumple. Si bien no hay datos disponibles, se entiende que muchas de las instituciones están adoptando IPv6 en las compras que realizan.

Estas acciones comenzaron en 2014 a partir de una encuesta realizada por el INDOTEL.

8.4 INDOTEL

El INDOTEL ha resuelto exhortar el despliegue del protocolo IPv6 en la República Dominicana por Resolución No. 021/15 de julio de 2015.

La misma establece, a partir de un informe diagnóstico sobre el nivel de preparación de las instituciones del Estado de la República Dominicana para la implementación de IPv6: "EXHORTAR a las prestadoras de servicios de telecomunicaciones a implementar y ofrecer IPv6 en la totalidad de sus distintas tecnologías tanto para redes fijas como móviles, tecnologías de alta gama empresarial y de usuarios residenciales, en orden de satisfacer la demanda de sus clientes y de nuevos usuarios".

Adicionalmente adopta por esta resolución la realización de acciones tendientes a promover el uso de IPv6. Dispone la realización de un encuentro de las partes interesadas para tomar conocimiento del Informe realizado e "INSTRUIR al Director Ejecutivo para que en coordinación con el Equipo Técnico vinculado al IPv6 y a la Gerencia de Comunicación del INDOTEL desarrolle y difunda materiales informativos y publicitarios sobre la importancia del despliegue del IPv6 para contribuir a la seguridad y estabilidad de la infraestructura de redes del país".

A los efectos del cumplimiento de la resolución el INDOTEL ha elaborado un Plan de Trabajo que culmina en diciembre de 2015.

El informe diagnóstico sobre la preparación de las instituciones del Estado para usar IPv6 se basó principalmente en los resultados de una encuesta efectuada a 66 instituciones con una respuesta de 53 de ellas, a través de 24 preguntas en un período de relevamiento de mayo a junio de 2015.

Entre los datos relevantes que presenta este informe diagnóstico se encuentran los siguientes:

1. Un 87% de las instituciones no tiene el personal con entrenamiento en IPv6, aunque todas ellas manifestaron que conocen el tema y lo relacionado con el agotamiento de IPv4.
2. En cuanto a la presencia de IPv6 en su institución, el 87% indicó que no tiene, el 9% que la tiene en pruebas solamente y un 2% solo en la Internet o solo en redes internas.
3. El 87% no cuenta con planes de transición de la plataforma tecnológica a IPv6.
4. En cuanto a solicitud de bloques de direcciones IPv6, el 75% no tiene planes de solicitarlos, y solamente el 13% sí tiene.
5. Un 57% de las instituciones no ha considerado contemplar el IPv6 en el diseño de su red. El 43% lo ha considerado pero no lo ha iniciado.
6. El 70% ha comprado recientemente software que soporta IPv6.

Los pasos siguientes que está adoptando el INDOTEL son consecuencia directa de las conclusiones y recomendaciones de la sección 6 del Informe, originalmente enfocado en la situación de las instituciones del Estado, entre ellas:

1. De acuerdo a los datos mostrados en el informe diagnóstico y a la realidad expuesta en la introducción entiende que se encuentra "ante un hecho trascendental por lo que desplegar el protocolo IPv6 adquiere hoy más que nunca un sentido de urgencia, volviéndose inevitable e inaplazable".
2. "Es necesario impulsar planes de concientización, capacitación técnica y planes de asesoría para la adopción del protocolo de Internet en las instituciones públicas, esto con el fin de impulsar al país, siendo el Estado el catalizador de este despliegue".
3. "Realizar un encuentro con las instituciones del Estado y los diversos sectores del país, o crear espacios de concentración que permita presentarles los resultados de este informe. Todo esto con la finalidad de motivar y exhortarles las implicaciones de no desplegar el Protocolo, impulsando así la masificación del uso de Internet y lograr en el menor tiempo la adopción de IPv6 en República Dominicana".

4. “Que el Estado lidere la adopción de IPv6 en las redes gubernamentales”.

5. “Proponer que en las instituciones del Estado las nuevas contrataciones y compras de productos tecnológicos que utilicen el Protocolo IP, tengan como exigencia principal la compatibilidad con el protocolo IPv6, para evitar repetir dichas inversiones”.

6. “Realizar planes de promoción y divulgación”.

7. “Exhortar a las prestadoras de servicios de telecomunicaciones que deben comenzar a ofrecer IPv6 para que satisfagan la demanda de sus clientes y de nuevos usuarios”.

8. “Llevar a cabo talleres de capacitación y asesoría en general para adoptar el protocolo a IPv6 y disminuir la resistencia al cambio”.

9. “A partir de los talleres de capacitación, dar un plazo para que las entidades gubernamentales incluyan en sus administraciones un “Plan de Transición para la Adopción de IPv6 en Coexistencia con IPv4”, para que permita una transición segura, para garantizar la efectividad de las tareas a desarrollar durante el período de despliegue del Protocolo IPv6”.

En conclusión el INDOTEL está adoptando un plan de trabajo que tiene como ejes principales: crear el sentido de urgencia, desarrollar acciones de capacitación y concientización, trabajar en conjunto con todas las partes interesadas e impulsar el despliegue de IPv6 en las instituciones del Estado en concordancia con la OPTIC. Estos ejes están de acuerdo a las mejores prácticas de las acciones gubernamentales para el despliegue de IPv6.

8.5 NAP del Caribe

Este NAP presta múltiples servicios en la República Dominicana: conectividad internacional (a través de proveedores mayoristas nacionales), IXP, hosting, coubicación, máquinas virtuales y demás servicios propios de un NAP.

La plataforma IXP soporta IPv6 pero no ha habido proveedores interesados en interconectarse en este protocolo. En cuanto al NAP en sí faltan solamente algunas actualizaciones para prestar los servicios en IPv6.

La falta de disponibilidad de direcciones IPv4 le plantea la necesidad de desplegar IPv6, y lo más viable podría ser hacerlo en Dual Stack. No han considerado usar NAT64. Entienden importante la iniciativa gubernamental de

promocionar el IPv6 como un mecanismo para que empiece a desarrollarse en el país.

8.6 Conclusiones

1. El INDOTEL está adoptando un importante plan de trabajo que tiene los siguientes ejes principales: crear el sentido de urgencia, desarrollar acciones de capacitación y concientización, trabajar en conjunto con todas las partes interesadas e impulsar el despliegue de IPv6 en las instituciones del Estado en concordancia con la OPTIC. Estos ejes están de acuerdo a las mejores prácticas de las acciones gubernamentales para el despliegue de IPv6.

2. La OPTIC no tiene potestades para hacer obligatorio su despliegue en las instituciones del Estado. Sin embargo han adoptado la iniciativa de establecer un conjunto de Mejores Prácticas en las compras estatales que incluyen la adopción de IPv6. Adicionalmente otorgan un certificado de cumplimiento de estas prácticas cuando la institución las cumple.

3. El operador mayor no tiene requerimientos urgentes de direcciones IPv4 debido a medidas de prevención que han sido tomadas hace tiempo. Está usando 6VPE en el backbone y en las salidas internacionales, y tiene conexiones en IPv6 con los proveedores de contenido.

Por ahora usa CGNAT y se espera que en 2016, por decisión corporativa, comience el despliegue de IPv6.

4. Un operador menor de WiMax está migrando a TD-LTE. Este operador ha iniciado en 2012 los estudios para definir la transición a IPv6 debido a una decisión estratégica, y porque ya no tiene cantidad suficiente de direcciones IPv4. En los clientes importantes de universidades y el Estado están proviendo servicios en Dual Stack con 6VPE. El Dual Stack con CGNAT es seguramente su técnica seleccionada finalmente para los clientes masivos y para la que están preparados, aparte de que para los corporativos ya es una decisión generalizada que surge de acuerdos previos con ellos y requiere cambiar el CPE.

9. TRINIDAD & TOBAGO

Se realizaron reuniones con varios ISP que proveen acceso a Internet: TSTT (Blink y BMobile – servicios fijos y móviles), Columbus Communications (Flow – servicios fijos HFC), Digicel (servicios móviles y fijos por fibra), Open Telecom (accesos inalámbricos residencial y corporativo) y LISA Communications (corporativo), y con el IXP TTIX. Por otra parte se mantuvieron reuniones con el regulador (TATT) y con el Ministerio de Administración Pública, con responsabilidad sobre las TIC. En el ámbito

académico las reuniones fueron con University of the West Indies (UWI), Trinidad and Tobago Research & Education Network (TTRENT) y University of Trinidad and Tobago (UTT).

Los dos principales operadores ya tienen Google cachés pero se desconoce si están implantados en IPv6.

9.1 Operador principal

En cuanto a la provisión de servicios en IPv6 a los clientes finales masivos, el operador principal no está proveyendo servicios IPv6 ni planificándolos en el futuro próximo pues, según indica, de momento tiene suficiente cantidad de direcciones IPv4. Por el momento está planificando hacer actualizaciones en IPv6 en el core. El consultor entiende que esta estrategia es consistente con una visión económica.

9.2 Operador de accesos inalámbricos residenciales y corporativos

Este operador de acceso inalámbrico no se encuentra prestando servicios en IPv6.

9.3 Operador móvil y de FTTH

El operador móvil y de FTTH ha iniciado recientemente el despliegue de IPv6 en el acceso a través de 1.000 clientes de red fija y esperaba tener un despliegue importante de IPv6 para 2015, junto con FTTB. Es de hacer notar que su red nueva ya está preparada para IPv6 desde su instalación. Tiene el core completo operando en IPv6 y está en este momento trabajando en el despliegue móvil que espera comenzar temprano en 2016. Para FTTH está usando Dual Stack con CGNAT. Para los servicios móviles no ha decidido la técnica a emplear pero posiblemente use Dual Stack en las pruebas iniciales, haciendo notar que han aparecido algunos problemas con los terminales, algo observado en otros operadores. Por el momento no está prestando servicios corporativos en IPv6.

9.4 Operador HFC

El operador que emplea una red HFC tiene un core en Dual Stack y ha implementado CGNAT en algunas áreas. Ya se encuentra en condiciones de prestar servicios corporativos sobre su red de cable, pero aún no para los clientes residenciales. Sus Cable Módems son DOCSIS 2.0 y 3.0, por lo que el consultor considera que una parte de ellos estarían preparados para IPv6. Proveen tránsito IPv6.

En estas condiciones prevén estar desplegando IPv6 a sus clientes residenciales a mediados de 2016. Este operador tiene la ventaja de disponer de un sistema centralizado de provisioning para varias islas (Trinidad,

Curazao, Granada, etc.) por lo que cuando se encuentre pronto el sistema de Trinidad lo estará también en otras islas.

9.5 Operador puro de servicios corporativos

En este caso el operador tiene cantidad suficiente de direcciones IPv4 por lo que no está considerando el despliegue de IPv6.

9.6 TTIX

Esta reunión fue muy destacada por la visión general sobre el mercado en Trinidad y Tobago y las tendencias que se observan respecto de IPv6. Los comentarios recibidos reafirman las opiniones recibidas en las reuniones con los ISP.

Se indicó que existe peering bilateral en el IXP, que se está discutiendo el inicio de acuerdos de peering en IPv6, y también se espera que haya más tránsito en IPv6. Ninguna de las dos universidades, UTT y UWI, están conectadas al IXP debido a los costos de los enlaces necesarios, a pesar de disponer de sistemas autónomos.

El intercambio de tráfico es a través de los ISP que les prestan servicio. Considera que las universidades comenzarán en IPv6 en cuanto los ISP presten el servicio. Por ejemplo, UTT tiene acceso a la Internet con dos proveedores por lo que con alguno de ellos podrá iniciar el servicio en IPv6. No existe intercambio masivo de tráfico internacional en el IXP.

Se han instalado servidores de Google, Akamai y Netflix en el país.

9.7 TATT

Se entiende que cuando se defina la nueva política con relación a las inversiones en el sector público, será la oportunidad de incluir los lineamientos para desplegar IPv6 en las instituciones del Estado a medida que ellas vayan invirtiendo.

9.8 Ministerio de Administración Pública (ex Ministerio de Ciencia y Tecnología)

GobNETT conecta todos los sitios de gobierno y puede tener una en el orden de 15.000 usuarios. Si bien el despliegue de IPv6 es considerado en las licitaciones, no existe un énfasis importante por el momento. Por el momento GobNETT está usando NAT.

No existen lineamientos por el momento con relación a las compras públicas. iGovTT se encuentra revisando lineamientos pero aún no hay ninguno aprobado.

9.9 University of West Indies

Se encuentra trabajando en IPv6 desde 2009. Ha efectuado trabajos de laboratorio con IPv6 con relación a la actividad académica.

En cuanto a la preparación en sí, todos sus puntos de acceso inalámbrico son IPv4.

El consultor observa que este problema se repite en los ámbitos universitarios, lo que significa una limitación en el uso real de IPv6 aun cuando se llegue con este servicio a la institución.

Esta Universidad se encuentra usando Dual Stack y tiene todo el equipamiento preparado para IPv6 salvo el Firewall. Está esperando por el servicio IPv6 del ISP para actualizar el Firewall. Un aspecto a destacar es que no ha tenido costo adicional hasta este momento pues en todas las compras de equipos ha solicitado compatibilidad IPv6.

En este momento se encuentra esperando que los ISP le puedan suministrar servicios en IPv6. Mientras tanto usa una conexión a través de Miami que soporta IPv6, y la mayoría de su contenido usa esta ruta.

Su incorporación a la operación IPv6, suponiendo la actualización de los Hot Spots, alcanzaría a 17.000 estudiantes y 3.000 docentes.

9.10 Trinidad and Tobago Research and Education Network (TTRENT)

TTRENT provee de conectividad a ciertas universidades pero ellas son responsables por sus propias redes. Tienen conexiones con UWI, UTT, COSTTAAT y con USC, y tienen conexiones hacia el exterior a través de GEANT y de RedCLARA.

Se encuentra trabajando en un proyecto denominado EDUROAM para que los estudiantes tengan acceso inalámbrico cualquiera sea el sitio donde vayan.

Se estima que el total de usuarios promedio de todas las instituciones que emplean TTRENT es de 50.000 a 60.000.

Se considera que con el nuevo gobierno existe la posibilidad de que TRENT y el portafolio de la educación terciaria se integren con el Ministerio de Educación (primaria y secundaria). De esta forma las medidas que se tomen hacia el despliegue de IPv6 en la educación tendrán un impacto mucho mayor en los indicadores nacionales.

9.11 University of Trinidad and Tobago

Esta Universidad tiene incorporado el estudio de IPv6 en su currículum, pero se alcanzan solamente los aspectos técnicos y no las repercusiones que la adopción o no tiene sobre el uso de la Internet y sobre la sociedad en general. No existe la percepción de la importancia de este despliegue, y éste es un asunto a considerar. Se desconoce la existencia de proyectos de los estudiantes en este sentido. La educación en este tema es importante para cuando los estudiantes lleguen a trabajar a los ISP, las instituciones de gobierno, etc.

9.12 Conclusiones

1. La situación es dispar entre los ISP. El ISP principal no se encuentra con necesidad de desplegar IPv6 debido a que tiene stock de direcciones IPv4.
2. El operador móvil y de FTTH/FTTB se encuentra en una etapa muy avanzada con alrededor de 1.000 clientes conectados en IPv6 en su red fija, previendo un despliegue más importantes para fines de año. Usa Dual Stack con CGNAT.
3. El operador de HFC ya tiene el core en Dual Stack y ha implementado CGNAT en algunas áreas.
4. En cuanto a los servicios móviles este operador está en etapas iniciales con un core Dual Stack y espera brindar servicios IPv6 temprano en 2016. Ya dispone de CPE DOCSIS 2.0 y 3.0 por lo que espera empezar a desplegar IPv6 a mediados de 2016.
5. No existe todavía peering IPv6 en el IXP.
6. No se ha definido aún una política a nivel del gobierno en cuanto al despliegue de IPv6. Hay trabajo avanzado en este sentido.
7. En el ámbito universitario la UWI se encuentra avanzada salvo sus Hot Spots y su Firewall, dos aspectos importantes.
8. Es importante que existan cursos que contengan los aspectos no meramente técnicos de IPv6 debido a las repercusiones que tienen los egresados en la sociedad.

10. VENEZUELA

En Venezuela se han realizado reuniones con la CONATEL y con la CNTI, así como con los ISP CANTV – Movilnet, Digitel y Telefónica.

10.1 CNTI

El Centro Nacional de Tecnologías de la Información es una institución del Estado, adscrita al Ministerio del Poder Popular para Educación Universitaria, Ciencia y Tecnología (MPPEUCT), dedicada a la promoción de las Tecnologías de Información (TI) Libres en la Administración Pública venezolana. Fortalece el gobierno electrónico, apoya a las instituciones públicas en la formación de su personal y promueve e impulsa las políticas en materia de actualización tecnológica del Estado venezolano.

Provee conectividad a cincuenta universidades y atiende a más de trescientas. CANTV le provee la conectividad IPv4 e IPv6 hasta el ruteador de la universidad y es responsable de la operación y mantenimiento de sus redes. Trabaja con la red CLARA e Internet 2 de EEUU.

Entre 2004 y 2007 hubo un impulso de IPv6 desarrollándose lineamientos en conjunto con el Ministerio del Poder Popular para la Ciencia y la Tecnología. La CONATEL ha desarrollado cursos y trabajado con la comunidad.

10.2 CONATEL

La CONATEL se encuentra considerando en este momento el desarrollo de una propuesta de política pública orientada al despliegue de IPv6 en las instituciones del Estado. La situación económica actual dificulta la aplicación inmediata de una política de este estilo.

En Venezuela no existe la exigencia de suministrar información de los usuarios que en determinado momento usan una determinada dirección IP.

10.3 Operador importante multiservicios que es ISP fijo y móvil

Este operador se encuentra en etapas previas de planificación para el despliegue de IPv6 con foco principal en el backbone, tomando ventaja de que debe de todas maneras actualizar su red. Dada la importancia de considerar este despliegue, aunque aún dispone de suficiente cantidad de direcciones IPv4, el trabajo sobre el backbone continuará en otras áreas.

10.4 Operador de telefonía móvil y de servicios corporativos. Caso 1

En cuanto a los servicios móviles, una de las alternativas que están considerando es Dual Stack con CGNAT, y la otra podría ser XLAT en que registran en el HLR si el terminal soporta XLAT y si es así prestan esta técnica; pero no es todavía una decisión tomada por las dificultades que registra esta última opción debido a no ser automática.

Las operaciones móviles son las primeras en ser consideradas para la transición a IPv6, aunque consideran que llevará cierto tiempo. Por ahora emplean CGNAT pero les ha traído problemas cuando las traslaciones quedan detenidas y para restablecerlas deben mandar paquetes administrativos en ambos sentidos usando los canales de señalización, lo que genera tráfico que afecta algo la operación. Se encuentran ampliando su CGNAT.

El core estaría pronto para IPv6 a fines de 2015, al igual que el DNS, los sistemas de facturación y demás infraestructuras, las que consideran que no provocarán problemas.

En cuanto a terminales están iniciando pruebas pero prevén que tendrán problemas con los suministros.

Tienen muy pocos servicios requeridos en IPv6 a nivel corporativo y consideran trabajar en este tema luego de los móviles.

10.5 Operador de telefonía móvil y servicios corporativos. Caso 2

Este operador es parte de una empresa multinacional que ha iniciado la planificación y avance hacia IPv6 desde 2008.

Se encuentran usando NAT desde hace dos años y la técnica a emplear será la de Dual Stack con CGNAT. El uso del NAT es considerado como beneficioso pues evita los flujos entrantes, no funciona el push hacia los dispositivos, entre otros aspectos que han mejorado el uso de los paquetes de banda ancha por parte de los clientes debido a su menor consumo. Los NAT empleados les dan prioridad a las aplicaciones que necesitan más sesiones.

En este momento, el único asunto a resolver para poder lanzar el servicio es la actualización del sistema de tasación que no opera en IPv6. En este caso se requiere una inversión importante que no se puede realizar por el momento debido a cuestiones ajenas a la empresa.

En los cuatro años anteriores se realizaron compras de equipos que soportan IPv6 cada vez que era necesario actualizar la red o los sistemas.

Sus clientes disponen de smartphones que están preparados para IPv6 debido al perfil socio económico de sus clientes.

En cuanto a los clientes corporativos no tiene problema para prestar estos servicios en IPv6.

10.6 Conclusiones

1. Se tiene la percepción de la importancia de los lineamientos para el sector público a nivel de la CONATEL.
2. El operador principal se encuentra en etapa de estudios previos para el despliegue en el backbone.
3. Los otros operadores grandes se encuentran muy avanzados y tienen solamente problemas puntuales a resolver para poder comenzar el despliegue móvil a nivel masivo.
4. Para el despliegue corporativo no existen problemas.
5. Las dificultades económicas del país están impidiendo un avance en el despliegue de IPv6.
6. En los casos de los operadores no principales la técnica a emplear será la de Dual Stack con CGNAT.

11. AKAMAI

Akamai es una importante red de distribución de contenido con presencia en más de 110 países con 200.000 servidores en 1.400 redes. A fines de 2015, ha desplegado servidores que proveen servicios en IPv6 en 95 países.

En este período de transición en el despliegue de IPv6, uno de los principales desafíos surge porque muchos Data Centers donde se aloja Akamai, aun cuando sus servidores son IPv6, no le proveen la conectividad IPv6 para poder ser accedidos por los usuarios que ya se encuentran preparados. Esta observación refuerza la situación encontrada en los países en cuanto a que el despliegue de IPv6 en el núcleo de las redes no es total. En estos casos el usuario todavía puede acceder al contenido provisto por Akamai en IPv6 pero desde servidores más lejanos, o, debido a protocolos en el equipo del usuario, aunque esté preparado para IPv6 éste termina accediendo localmente en IPv4 como elección más eficiente para descargar el contenido.

Ésta es una situación que se observa en este momento en Asia y en América Latina.

En general sus clientes principales ofrecen servicios en Dual Stack, por lo que sea a través de los servidores propios, como a través de los de Akamai, el acceso puede ser en IPv6. Puede darse el caso en que, por ejemplo, una señal de noticias provee el acceso a contenido sujeto a cambios frecuentes (como textos) a través de sitios propios, y entrega contenido de cambios menos frecuentes (fotos y videos) a través de los servidores de Akamai.

Igualmente, si un cliente mantiene aún sus servidores en IPv4 puede hacer llegar el contenido a sus usuarios sea en IPv4 o en IPv6, según que esté alojado en su propio servidores o en los de Akamai que proveen IPv6.

Otro punto importante a destacar es la necesidad de que progresivamente, pero lo antes posible, existan redes de peering e interconexión en IPv6 que sean al menos similares a las actuales en IPv4. De esta forma el contenido en IPv6 será accedido compitiendo en igualdad de condiciones con el contenido en IPv4. Se observa que al no haber la misma calidad de conectividad IPv6 a nivel país o regional, los accesos al contenido pueden priorizar el IPv4.

Este asunto relativo a los peering, se suma a los ya reconocidos respecto del Happy Eyeball, la configuración de los CPE, entre otros, favorecen el acceso IPv4 sobre el mismo contenido en IPv6.

12. GOOGLE

Por razones obvias de confidencialidad, la información suministrada es escasa en cuanto a detalles pero igualmente ha presentado algunos asuntos relevantes.

El traspaso de bloques debido a las ventas en el mercado secundario generaproblemas con la geolocalización, lo que en parte es corregido con información adicional del posicionamiento del usuario (por ejemplo los WiFi hot spots).

Los CGNAT también complican su operación como ya se ha mencionado debido al número de sesiones, y a que una misma dirección pública puede estar siendo usada en lugares geográficos suficientemente distintos, lo que también provoca problemas de geolocalización.

ANEXO II. MEJORES PRÁCTICAS PARA LA TRANSICIÓN HACIA UNA RED IPV6

1. ASPECTOS GENERALES

La transición de una red IPv4 a una red IPv6 puede ser realizada por tres modalidades básicas:

1. Doble Pila (Dual Stack) en que ambos protocolos coexisten y operan simultáneamente en toda la red y en los dispositivos de usuario. Esta modalidad puede ser usando direcciones públicas IPv4 si se dispone de suficiente cantidad, o combinada con CGNAT en caso contrario.

2. Tunelado. Dos instancias IPv6 se comunican a través de túneles armados en la red IPv4. Estas tecnologías se encuentran prácticamente abandonadas en este momento, por razones de costos, ruptura de principios básicos de la Internet como la conectividad de extremo a extremo, problemas con las listas de bloqueo de acceso, necesidad de mantener registros de direcciones y de puertos, etc.

3. Traducción. Es un conjunto de técnicas que permite, sin realizar túneles sobre redes IPv4, la comunicación de dispositivos IPv6 con dispositivos IPv4.

Los traductores traducen paquetes IPv6 en paquetes IPv4, y viceversa, usando la traducción de dirección y puerto. En esta sección no se considera la técnica NAT444 pues no es recomendable al tender a mantener la dependencia de direcciones IPv4 sin exigir el uso de IPv6. No sería por tanto una técnica específica de transición.

2. BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS TÉCNICAS DE TRANSICIÓN A IPV6

Esta breve descripción de las mejores prácticas para la transición a IPv6 está basada en un libro publicado por

el Capítulo Argentino de ISOC, al que se puede recurrir para mayor información²⁶.

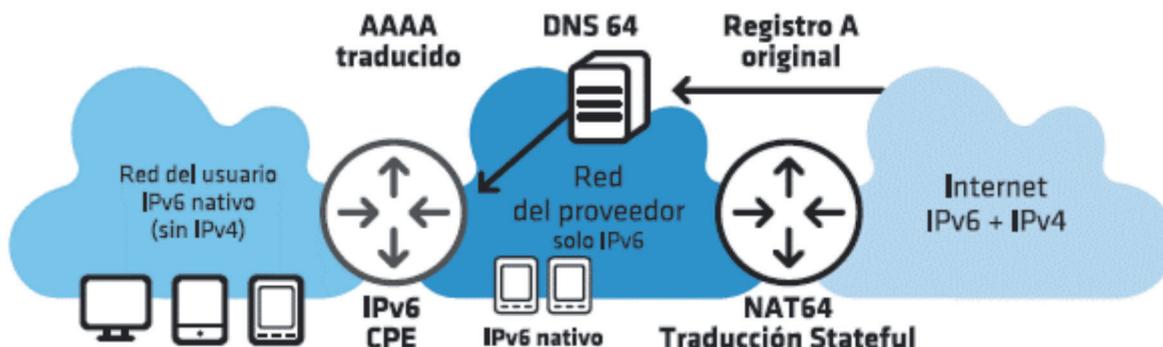
Se analizarán principalmente las nuevas técnicas de transición, luego de que se fueron descartando técnicas que estaban basadas en túneles, y que casi no se usan.

1. NAT64/DNS64
2. 464XLAT
3. DS-Lite
4. MAP-T
5. MAP-E
6. Doble Pila (Dual Stack)
7. 6PE/6VPE

2.1 NAT64/DNS64

NAT64²⁷ es una técnica stateful para traducción de paquetes y puertos IPv6 a IPv4, y permite el uso compartido de direcciones IPv4. DNS64 es una técnica auxiliar de la NAT64 que permite el mapeo de nombres.

Ambas técnicas permiten que para los usuarios nativos IPv6, quienes inclusive pueden recibir solo estas direcciones del ISP, parezca que todos los servicios y sitios de la Internet sean IPv6, pudiendo acceder sin problemas inclusive al mundo IPv4. Por supuesto que accede al mundo IPv6 en forma directa. Como contrapartida, para los servicios y sitios de Internet en IPv4 parece que la conexión del usuario de esta técnica se origina en una dirección IPv4 compartida. El esquema del uso de esta técnica es como sigue:



26- "IPv6 para Operadores de Red" 1ª Edición. 2014, Ebook, ISBN 978-987-45725-0-9. ISOC – Ar, Asociación Civil de Ingenieros Argentinos en Internet. Ésta es también la fuente de las imágenes empleadas.

27- Descrita junto con la DNS64 en las RFC 5146 y 6147.

La base de la operativa es que las direcciones IPv4 se mapean a un prefijo IPv6 de tamaño /96 de la red del proveedor. Si bien puede ser usado cualquier prefijo del proveedor, existe un bloque reservado para este uso, el 64:ff9b::/96²⁸. Una dirección IPv4 203.0.113.1 se traduce en 64:ff9b::203.0.113.1.

La operación complementaria del DNS64, propio del proveedor, es la siguiente:

cuando el usuario requiere acceder a algún recurso de la Internet usa el DNS como es habitual, en este caso el DNS64. Este DNS64 actúa como un recursivo común pero si el nombre no tiene originariamente un registro AAAA, es decir que no pueda devolver una dirección IPv6, simula una respuesta al usuario como si tuviera un registro AAAA y devuelve una dirección IPv6 del recurso construida con la misma regla ya mencionada para el mapeo IPv4 – IPv6. Recibida esta dirección simulada, el requerimiento se hace con esa dirección de destino, que por enrutamiento de la red del proveedor se envía al dispositivo NAT64 que hace la traducción stateful a IPv4. El paquete que sigue en la red IPv4 lleva como dirección de origen una de las direcciones IPv4 de un pool del proveedor. La respuesta sigue el camino inverso. Esta técnica se puede clasificar como CGNAT, aunque tiene la ventaja de realizar una sola traducción e incorporar una red IPv6 de transporte del proveedor, y atender a usuarios IPv6 nativos sin usar direcciones IPv4. Existe igualmente la necesidad de conservar un registro de los puertos de origen para identificar los accesos realizados a los recursos en IPv4 con direcciones compartidas, lo que aumenta los costos y la complejidad del núcleo de la red y rompe la conectividad de extremo a extremo.

Un problema es que no opera bien para aplicaciones que funcionan correctamente solo con direcciones IPv4. Un ejemplo de esta situación es la condición que acaba de imponer Apple para acceder con aplicaciones a la Apple Store para su iOS9, en que se exige que las aplicaciones sean operables en IPv6. Por otra parte, esta técnica tiene como ventaja que al ser todos usuarios nativos

IPv6 y sin asignaciones IPv4, cuando se llegue a una situación de transición general en la red, estos usuarios continuarán operando transparentemente en IPv6. En otras técnicas de transición, como el usuario tiene direcciones IPv4 e IPv6, permanentemente existe la posibilidad de que continúe usando IPv4 a pesar de no ser necesario.

Un aspecto importante de esta técnica es que es muy adecuada para los servicios móviles, porque consigue que todos los usuarios se conecten solo en IPv6 y a su vez que tengan acceso a servicios en IPv4.

Pero subsiste el problema con las aplicaciones que solo operan en IPv4. Esto es que hay aplicaciones cuyos sockets están codificados en IPv4 y se encuentran con puertos que ofrecen solamente IPv6, o usan direcciones literales IPv4 sin usar DNS, como son los casos de Skype y Spotify. En estos casos las aplicaciones no operan con DNS64/NAT64.

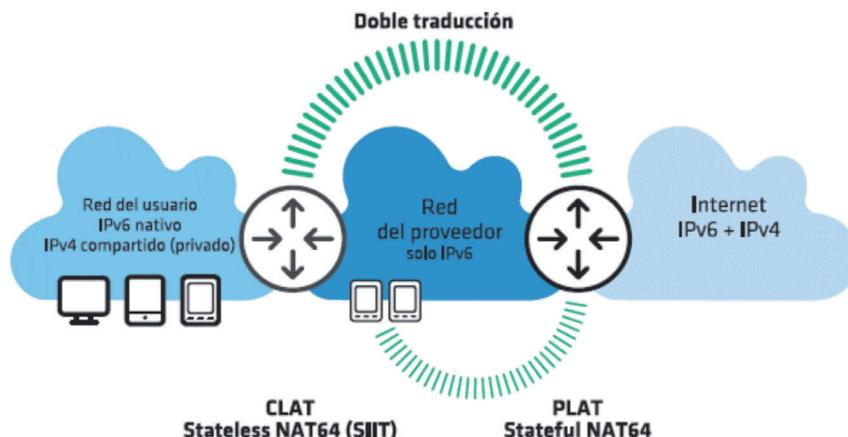
Por ello se ha desarrollado la técnica 464XLAT.

2.2 464XLAT

Esta técnica²⁹ es un complemento de la técnica NAT64. Es una combinación de una traducción stateful IPv6 – IPv4 igual a la NAT64 descrita antes, muy conocida y desplegada en el núcleo de la red del proveedor, y según la misma RFC 6146, con una traducción stateless denominada SIIT (Stateless IP/ICMP Translation Algorithm)³⁰. Es una técnica simple y escalable para que los usuarios dispongan de IPv4 en una red IPv6.

La razón de su desarrollo es permitir que operen las aplicaciones que todavía son solo IPv4, no soportando IPv6. Con la segunda traducción stateless se le puede dar una dirección IPv4 privada al usuario para que pueda operar con esas aplicaciones.

Esta segunda traducción permite asignar los dos tipos de direcciones a los usuarios, y puede ser introducida en la red o en el dispositivo del usuario sin alterar el resto de la red existente que ya use NAT64.



28- Descrito en la RFC 6052.

29- XLAT es abreviatura de Translator. Descrita en la RFC 6877.

30- Descrita en la RFC 6145.

Se mantiene en este caso que como el usuario es nativo IPv6, puede operar en este protocolo en forma transparente. Cuando el recurso buscado o la aplicación no operen en IPv6, el usuario pasa a usar la doble traducción. El CLAT aprende el prefijo usado por el PLAT y de esta forma se establece una especie de túnel IPv4 sobre la red IPv6. Por ello en esta técnica no se usa el DNS64.

Se usa principalmente en los operadores móviles, siempre que NAT64/DNS64 no sean viables debido a las aplicaciones. Es también un tipo de CGNAT. Ya existen equipos móviles que incorporan el CLAT (464XLAT) de acuerdo a un informe de ARIN³¹ actualizado a junio de 2015. Allí se indica que los sistemas operativos Android 4.4 y Windows Phone 8.1 soportan NAT64 CLAT según la RFC 6877. También en el WWDC 2015 de Apple, desarrollado en junio, se anunció que el iOS 9 soportará servicios de redes “IPv6 only” DNS64/NAT64.

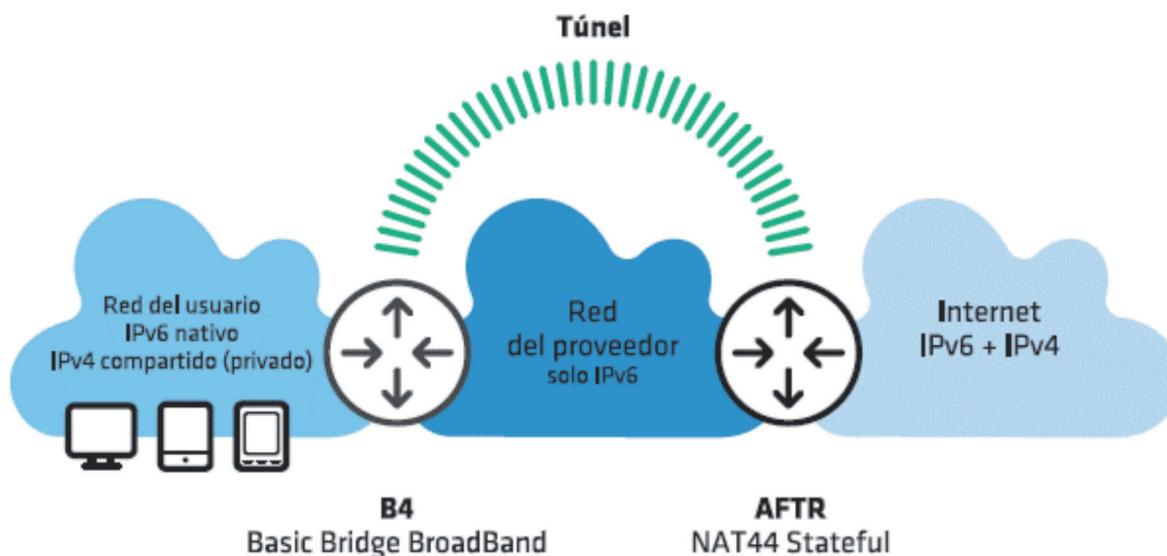
Adicionalmente anunció que las aplicaciones que se publiquen en Apple Store deben soportar DNS64/NAT64 desde los primeros meses de 2016.

Si bien esta técnica es muy adecuada para los servicios móviles, en las entrevistas realizadas y en la encuesta, se observó que en la región hay una preferencia por el Dual Stack.

2.3 DS-Lite

La técnica, Dual Stack Lite³² resuelve los problemas de trabajo de aplicaciones que solo operan en IPv4 en forma similar que la técnica 464XLAT, pero utilizando un túnel que encapsula IPv4 sobre IPv6 en lugar de doble traducción. El usuario, también en este caso, se puede comunicar en forma nativa en IPv6 recibiendo adicionalmente una dirección IPv4 privada.

Es también una clase de CGNAT pues requiere un NAT44 Stateful en el núcleo de la red del proveedor. El equipo que provee el NAT44 se denomina AFTR (Address Family Transition Router). Del lado del usuario el CPE recibe el nombre de B4 (Basic Bridge BroadBand) y actúa como un bridge para el IPv4, en la terminación del túnel.



Uniendo la función del NAT44 con el bridge en el CPE del usuario en realidad, el NAT44 conecta directamente el puerto del usuario, en una forma similar a que si fuera un NAT del usuario.

Se repiten en este caso los inconvenientes del uso de NAT: que es necesario llevar un registro de puertos y direcciones incrementando los costos, no se tiene conectividad de extremo a extremo, etc.

El uso de esta técnica es recomendable para los proveedores de acceso a la Internet en general.

2.4 MAP

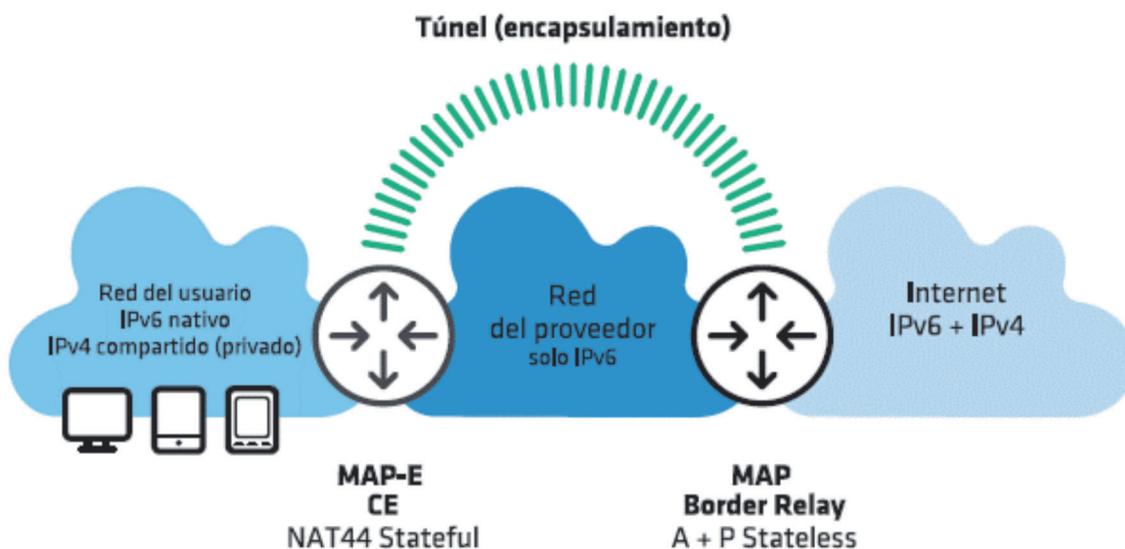
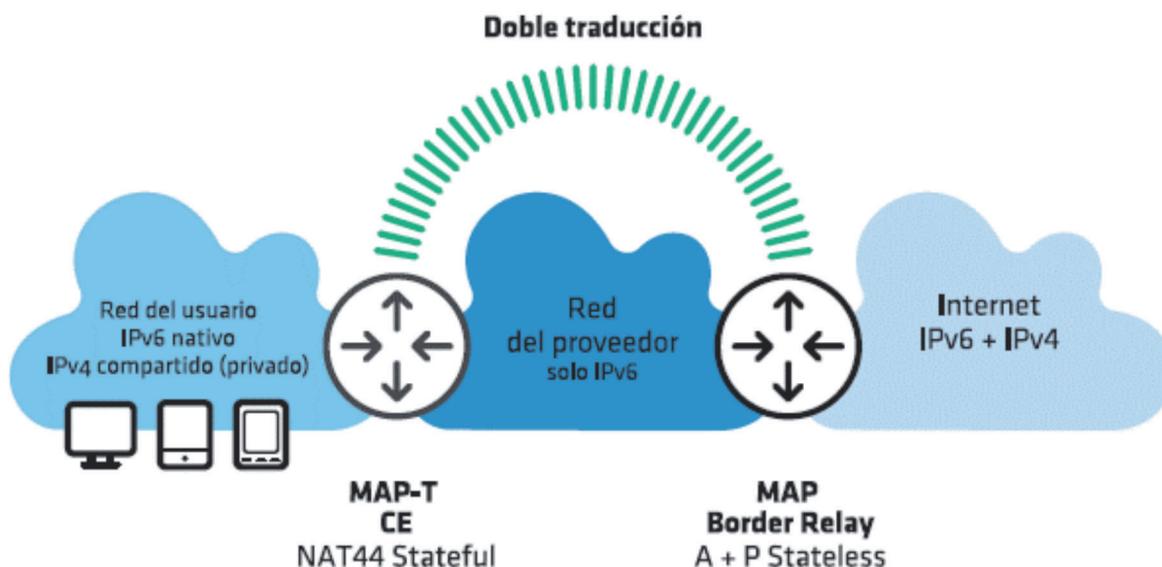
Esta técnica es muy similar a la DS-Lite y a la 464XLAT desde el punto de vista del usuario. Existen dos versiones cuyas RFC³³ fueron emitidas en julio de 2015, la MAP-T y la MAP-E (Mapping of Address and Port using Translation and Encapsulation).

En estos casos el usuario también está conectado nativamente IPv6 y usando direcciones privadas IPv4.

31- <https://getipv6.info/display/IPv6/3GPP+Mobile+Networks>
 32- Descripta en la RFC 6233.
 33- RFC 7597 para MAP-E y RFC 7599 para MAP-T.

La versión MAP-T realiza una traducción entre IPv4 e IPv6 en forma similar a la técnica 464XLAT. La versión MAP-E emplea un túnel de IPv4 sobre IPv6 en forma similar a DS-Lite.

En ambos casos el ruteador responsable de compartir las direcciones IPv4 se denomina MAP Border Relay. En el lado del usuario el CPE se denomina MAP CE y en ambos casos es NAT44 stateful.



La principal diferencia con las demás técnicas es que no es CGNAT ya que no usa NAT en el núcleo de la red del proveedor de acceso. El uso compartido de las direcciones IPv4 se realiza a través de la técnica A+P (Address plus Port)³⁴. A+P permite compartir direcciones IPv4 en modalidad stateless ya que si bien una misma dirección IPv4 válida se asigna a varios usuarios independientes, a cada uno de ellos también se les asigna un determinado rango de puertos. Luego cada CPE es responsable de establecer un NAT44 stateful en

que asigna direcciones privadas a sus usuarios finales, sin que ellos conozcan las limitaciones de puertos. Del lado del proveedor la traducción A+P se realiza mediante un algoritmo por lo que esta solución es menos consumidora de recursos, más barata y más escalable que los NAT44.

Es la técnica que presenta menos problemas operativos tanto para el proveedor como para los usuarios, por lo que es recomendada para los proveedores de acceso.

34- Descripta en la RFC 6346

2.5 Doble Pila (Dual Stack)

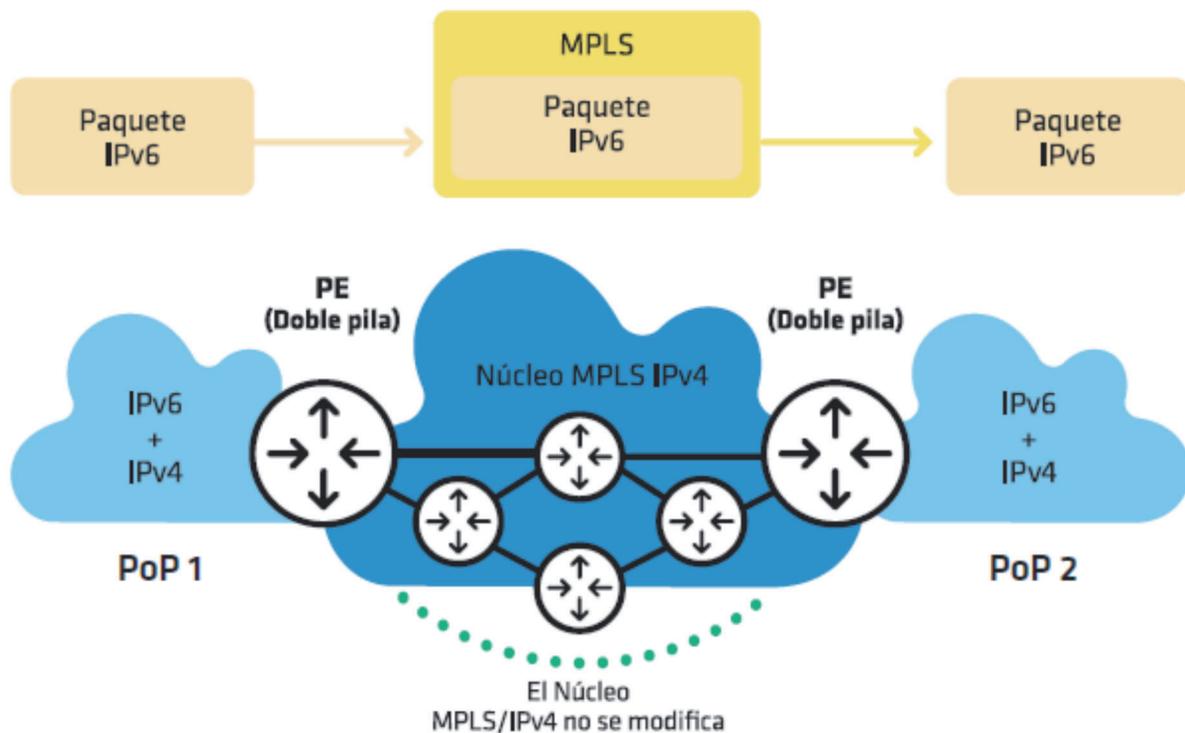
Esta técnica requiere que tanto los dispositivos conectados a la red como la misma red operen en paralelo con ambas pilas de protocolos IPv4 e IPv6. De esta forma todos los nodos de la red tienen implementados ambos protocolos y pueden tener acceso a ambos tipos de red. Si ambos extremos de la comunicación soportan IPv6 se comunicarán con este protocolo, pero si alguno de ellos es solo IPv4 la comunicación se entabla en IPv4. Más en general, la elección del protocolo en cada caso estará de acuerdo a la política del administrador de la red.

Es una técnica mayoritariamente elegida en los países de la región como ha resultado de las entrevistas realizadas y de la encuesta.

2.6 6PE/6VPE

Estas técnicas³⁵ operan sobre una red MPLS sin alterarla, lo que representa una gran ventaja para quienes la usan, red que a su vez está implementada sobre IPv4. Se hace notar que aún no existe MPLS sobre IPv6. Por todo esto son las tecnologías de transición que se recomiendan para los operadores que disponen de MPLS en su Núcleo de Red, y son muy usadas en la región. Son maduras, muy utilizadas y son soportadas por los principales fabricantes.

La estructura de la red que soporta esta tecnología es la siguiente:



Aparte de establecer la nueva configuración, solamente es necesario actualizar el software de los routers de borde, o "provider edge" (PE).

Cuando se usa MPLS en lugar de transportar datagramas salto por salto, se establecen caminos (paths) identificados por origen y destino. De esa manera se convierte una red ruteada en algo parecido a una red conmutada, basada en los caminos, obteniendo eficiencia en el transporte aparte de otras prestaciones. Los caminos en los que se basa el MPLS se llaman precisamente caminos conmutados por etiquetado, o "label-switched paths" (LSP). Ambas técnicas

usan MP-BGP³⁶ (multiprotocol BGP) sobre IPv4 para intercambiar rutas IPv6. Solo los routers de borde deben ser necesariamente doble pila.

Con 6PE se mantiene una única tabla de enrutamiento por lo que es adecuada para la Internet en general. En 6VPE es posible mantener varias tablas por lo que es adecuada cuando se usan redes privadas virtuales (VPN).

Es una técnica muy empleada en las redes de transporte de los ISP de la región de LACNIC.

35- Descritas en las RFC 4798 y 4659
36- IETF RFC 4760

ANEXO III. ANÁLISIS DETALLADO DE LA INFORMACIÓN CUANTITATIVA RELEVANTE RELATIVA A LA TRANSICIÓN HACIA UNA RED IPV6

El objetivo de esta investigación es encontrar información primaria y secundaria publicada y actualizada en el mundo sobre despliegue de IPv6 en toda la cadena de valor, que permita elegir y calcular indicadores para evaluar el desarrollo de IPv6 por país de LACNIC, y de otros países seleccionados como referenciales. Esta investigación incluye aquellas informaciones publicadas por LACNIC con diferentes ópticas, por los diferentes RIRs en general, por proveedores de equipamiento y servicios como Akamai, Cisco y Google, y por organismos internacionales.

Respeto de los registros históricos se puede ver que en general, a través de las gráficas, que no responden a funciones de evolución que sirvan para obtener conclusiones sobre las proyecciones del despliegue IPv6. La mayoría de las gráficas históricas presentan valores discretos o con variaciones abruptas que, aunque muestran tendencias al crecimiento durante períodos cortos de registro, corresponden en general a valores muy bajos de los indicadores, y por tanto con variaciones o tasas de crecimiento poco representativas todavía.

Cuando los indicadores analizados abarcan regiones o inclusive son de nivel mundial, se pueden observar curvas de crecimiento más regulares como por ejemplo la de tráfico IPv6 respecto del tráfico IPv4 en los servidores de Google, que además se registra desde 2008. Pero esta información agregada no provee detalles por país, que es el objetivo de este trabajo.

Por esta razón, si bien se establecen referencias importantes para profundizar en las variaciones históricas, se opta por investigar la situación en la región LACNIC, y en los países elegidos a nivel internacional, sobre la base de una selección cuidadosa de indicadores a partir de la abundante información disponible. Estos son representativos de diferentes aspectos actuales del despliegue de IPv6, y pueden considerarse indicadores claros de los avances en diferentes campos del despliegue IPv6, los que se analizarán.

1. INFORMACIÓN SOBRE LA EVOLUCIÓN HISTÓRICA PUBLICADA POR LACNIC

LACNIC³⁷ presenta una interesante apertura de indicadores de despliegue IPv6 en la región y desde diferentes ópticas, con aperturas que incluyen por ejemplo a los países y a los miembros mayores de LACNIC. Este observatorio de la Internet está siendo ampliado en este momento. Se recomienda analizar esta información si se desea disponer de la evolución histórica de algún indicador específico. La misma abarca:

1. Estadísticas IPv6 x ASN miembros de la categoría Mayor de LACNIC.
2. Estadísticas de penetración IPv6 por país (actualizado a diario).
3. Atribuciones IPv6 por país (LACNIC).
4. Penetración de IPv6 en el sector académico.
5. Estadísticas IPv6 x País según Akamai (LACNIC).
6. Anuncios de prefijos IPv6 BGP Inter-RIR.
7. Websites actuales con IPv6.
8. Embriones de Websites.

2. INFORMACIÓN SOBRE LA EVOLUCIÓN HISTÓRICA PUBLICADA POR RIPE

La página principal de estadísticas de RIPE³⁸ también publica información sobre distintas métricas relativas a IPv6, incluyendo información de países de fuera de su región.

Es información no esencial para este análisis pero complementaria en cuanto a tener detalles sobre el despliegue de IPv6 en el mundo.

Al igual que en LACNIC, las estadísticas se actualizan periódicamente y se van ampliando a lo largo del tiempo. Entre ellas se encuentran la cantidad de LIR de la región, los LIR que tienen atribuciones IPv6 vs. los que no tienen, cantidad de transferencias de bloques IPv4 (las que crecen fuertemente a fines de 2014), atribuciones y asignaciones IPv6 en la región RIPE y en todo el mundo, así como otras estadísticas desde distintos puntos de vista.

3. INFORMACIÓN PUBLICADA POR GOOGLE

Google ha estado permanentemente relevando información sobre el uso de IPv6 desde 2008³⁹. La información que proporciona es relevante considerando su participación en el tráfico mundial. Se observan datos de interés para el 8 de junio de 2011 (Día Mundial de IPv6) y el 6 de junio de 2012 (Día Mundial del Lanzamiento del IPv6). Entre esos dos días el tráfico IPv6 nativo se duplicó del 0,3% al 0,61% y el tunelado (6to4 y Teredo) cayó del 0,04% al 0,01%.

37- <http://stats.labs.lacnic.net/>

38- <https://labs.ripe.net/statistics/?az=true>

39- <http://www.google.com/intl/es/ipv6/statistics.html>

Al 17 de noviembre de 2015 el tráfico mundial nativo IPv6 alcanzó un promedio de 7,40 %, con tendencia de permanente crecimiento y con variaciones diarias del orden de +/- 1 pp., frente a un valor estancado de tunelado del 0 al 0,01%. Esta tendencia a desaparecer el tunelado frente al IPv6 nativo empezó a partir de mediados de marzo de 2010, y se fortaleció a partir del Día Mundial del IPv6.

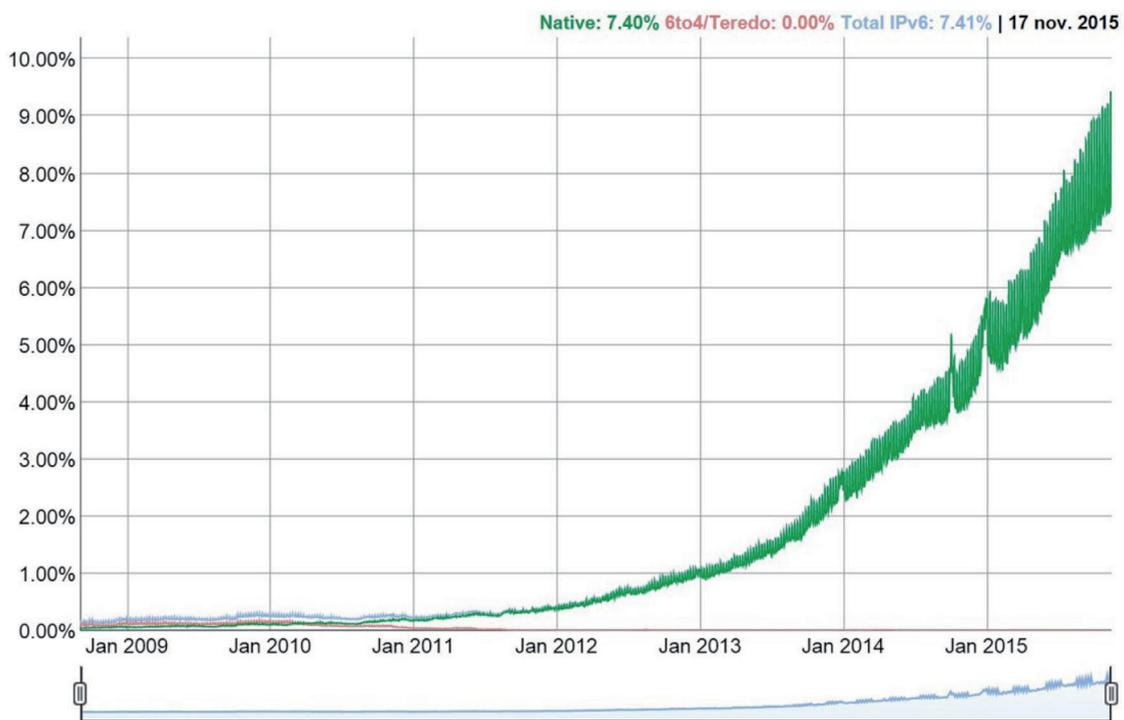
Google usa un mecanismo especial⁴⁰ para determinar la capacidad de los clientes de usar IPv6: usa sus puntos de servicio configurados con doble stack de protocolos IPv4 e IPv6, y recuenta cuántos clientes a los que contacta el mecanismo instalado en el sitio web, establecen el servicio usando el IPv6. La metodología se basa en solicitar a los clientes web una HTTP Request a un host solo IPv4 o a un host Dual stack y comparar los

resultados. Esto se realiza modificando apenas las respuestas a una pequeña y seleccionada aleatoriamente fracción de las solicitudes de búsqueda en Google.

En principio, Google brinda la gráfica que sigue en la que provee información global de adopción de IPv6.

Además Google provee datos actuales del porcentaje de adopción de IPv6 de casi todos los países, los que son usados en el indicador conglobado que se desarrolla en este trabajo. Se usa este indicador en cuanto a evaluar la capacidad final del usuario de acceder en IPv6 en forma nativa, junto a la información publicada por APNIC.

A continuación se verá la otra fuente similar que es Akamai.



Google permite también, para el público en general, verificar si el equipo propio está preparado para IPv6⁴¹.

4. INFORMACIÓN PUBLICADA POR AKAMAI

En su página principal⁴² sobre IPv6 presenta, por regiones, estadísticas generales de los "hits" por segundo recibidos por los servidores de Akamai en IPv6 desde el 28 de marzo de 2012.

Akamai también publica información sobre los porcentajes de adopción de IPv6 por país y por región⁴³.

Presenta información histórica por país o por operador desde el 31 de Agosto de 2014. Estos porcentajes son calculados dividiendo la cantidad de requerimientos de contenido realizado a Akamai sobre IPv6, por la cantidad total de requerimientos realizados a Akamai (sobre IPv4 e IPv6) en los servidores Dual – Stack de Akamai.

Es un indicador similar al de Google, aunque aparentemente sin usar retorno de software de testeo.

40- <http://static.googleusercontent.com/media/research.google.com/es//pubs/archive/36240.pdf>

41- ipv6test.google.com

42- <http://www.akamai.com/ipv6>

43- <http://www.stateoftheinternet.com/trends-visualizations-ipv6-adoption-ipv4-exhaustion-global-heat-mapnetwork-country-growth-data.html#networks>

5. INFORMACIÓN PUBLICADA POR CISCO

En esta sección se describe la información primaria y secundaria publicada por Cisco con relación a la adopción de IPv6, los indicadores que usa y la justificación de acuerdo a sus propios documentos⁴⁴. En el sitio web de IPv645 se presenta la evolución histórica de los indicadores.

La variada información publicada, elaborada u homologada por Cisco, permite utilizarla para una evaluación del despliegue de IPv6 en los países de la región LACNIC y su comparación internacional.

Adicionalmente crea un par de indicadores conglobados que incluyen en forma ponderada tres ópticas sobre la adopción de IPv6 para cada país o región. Existen varios documentos publicados por Cisco y se emplea uno de ellos como referencia sobre la metodología empleada.

En esta sección se explica detalladamente cómo Cisco elabora los indicadores seleccionados, incluyendo los conglobados, de forma que se puedan apreciar mejor sus fundamentos de medida y cálculo.

La generación de las estadísticas de Cisco se basa en métricas que apuntan a cuatro grupos principales de acciones y resultados, que se aplican en la cadena de valor de la Internet durante la adopción de IPv6. Esta visión responde a la orientación definida para esta óptica de evaluación de la situación en los países y procura identificar estados y avances en sectores de la red que son medibles a través de procedimientos a veces complejos.

1. Planificación.

La asignación de un prefijo es la primera fase en el camino de la adopción de IPv6. La medida del crecimiento

de las asignaciones es un indicador del despliegue futuro. Adicionalmente, el porcentaje de estos prefijos en la tabla de ruteo BGP es una métrica del despliegue corriente, al hacer ruteables a esos prefijos. Si bien no son indicadores con alta correlación con el despliegue IPv6, son indicadores de tendencias de adopción.

2. Núcleo de la red o Core.

Como el primer lugar en el cual es necesario desplegar IPv6 es en el Core de la Red (Proveedores de Tránsito de Internet), resulta lógico determinar la penetración de IPv6 en el núcleo de la red, la que se puede medir a través de la Tabla Global de Ruteo de Internet.

3. Contenido.

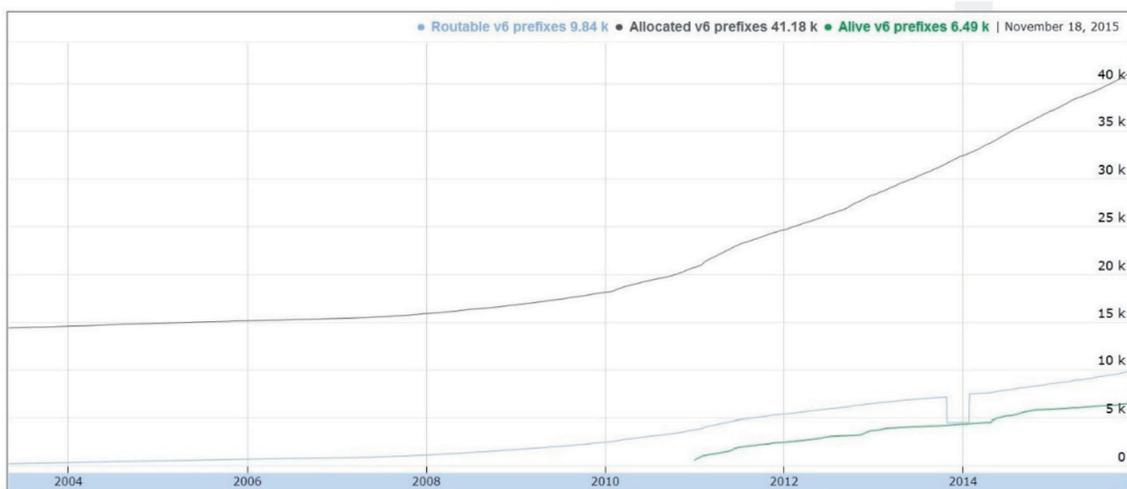
Luego que el Core está habilitado para IPv6, los proveedores de contenido y aplicaciones pueden comenzar a habilitar sus instalaciones para proveer sus servicios con conectividad IPv6. La preparación de estos proveedores permite obtener otro indicador de adopción de IPv6 y del potencial uso por parte de usuarios habilitados con IPv6.

4. Usuarios.

Finalmente es importante determinar el grado de avance en el acceso IPv6 de los usuarios.

5.1 Planificación. Atribución y ruteo

Cisco presenta una gráfica como la siguiente para relacionar tres métricas respecto de las asignaciones de prefijos IPv6 a nivel mundial. Se aprecian las cantidades de prefijos atribuidos por los RIR, la cantidad de éstos que son ruteables y los que están "vivos".



44- Olivier Bournez. "Internet IPv6 Adoption: Methodology, Measurement and Tools." Cisco Francia. 2012. <http://6lab.cisco.com/stats/data/Internet%20IPv6%20Adoption.pdf>
 45- <http://6lab.cisco.com/stats/>

Los prefijos atribuidos se obtienen analizando las tablas “whois” de los RIR.

Los prefijos atribuidos y ruteables se obtienen analizando la tabla global BGP del “route-views Project”, la que resulta de la agregación de las tablas BGP de los ISP Tier 1 y de los mayores IXP. El indicador se calcula a través de un “cross check” entre la tabla de prefijos atribuidos y todos los destinos de la tabla BGP.

Para calcular los prefijos “vivos” Cisco usa la base de datos suministrada por Geoff Huston⁴⁶ usando un programa en Java que se dispara en la publicidad de Internet. Se desconoce en qué sitios se aplica el algoritmo, por razones de confidencialidad, pero Cisco entiende que usa Google, aunque no solamente Google.

El programa analiza los prefijos que presentan actividad. Adicionalmente Cisco usa los datos de Eric Vyncke, en que mide el tráfico IPv6 en la red peer to peer BitTorrent. Eric Vyncke usa esta red porque por ella se transporta una buena parte del tráfico de la Internet, y porque su estructura y funcionalidades permiten el rápido descubrimiento de gran cantidad de nodos en todo el mundo. Los usuarios P2P prefieren IPv6 pues no tiene los problemas que le presentan los NAT con IPv4, y los largos períodos de uso de los enlaces establecidos permiten un mejor descubrimiento de actividad de los prefijos. La descripción detallada del procedimiento se encuentra en un Internet Draft de la IETF de 2012⁴⁷.

Cuando Cisco observa tráfico de un prefijo según alguna de estas dos fuentes, entiende que el prefijo está “vivo”.

A partir de estos tres tipos de información, Cisco calcula los siguientes indicadores:

1. Porcentaje de prefijos IPv6 atribuidos que son ruteables, respecto de la cantidad total de prefijos IPv6 atribuidos. Estos porcentajes se publican en valores y

con distintos colores en el mapa mundial de Cisco⁴⁸.

2. Porcentaje de prefijos IPv6 atribuidos respecto de los prefijos IPv4 atribuidos. Este valor, que se obtiene de los RIR, se publica para cada país.

3. Porcentaje de los prefijos IPv6 atribuidos desde los cuales se ha observado tráfico, respecto del total de prefijos IPv6 atribuidos. Este valor también se encuentra publicado para cada país.

5.2 Núcleo de la red. Core. Sistemas Autónomos (AS) que ofrecen tránsito IPv6

La adopción de IPv6 en el core de la red se observa analizando el comportamiento de los AS de tránsito. En esta sección Cisco busca determinar cuál es un AS de tránsito, si es IPv6 y cuál es su peso en la red para determinar la presencia ponderada de AS de tránsito IPv6.

Para analizar el core de la Internet, sea a nivel global o local, se usan las tablas de ruteo a través de los datos que provee el proyecto Route Views⁴⁹, las mismas usadas para observar los prefijos IPv6 ruteables. Con estos datos se obtiene la información de ruteo perteneciente a múltiples ruteadores, de los mejor conectados del mundo, de los que se supone que contienen una tabla BGP global o tabla global de ruteo, por lo que esas tablas no contienen rutas por defecto para encaminar un paquete a varios AS de destino. Esto asegura una identificación inequívoca de AS de origen a AS de destino.

Así se obtienen dos grandes tablas, una en IPv4 y otra en IPv6. Estas tablas, aunque algunos ruteadores sean Dual – Stack, son bien diferentes entre ellas. El resultado son miles de líneas de información con esta estructura relevante para el trabajo:



Cisco asume que todos los AS que están en el camino son considerados de Tránsito, por lo que para el estudio se eliminan de las tablas los AS de origen y destino. Para ponderar la importancia de un AS de Tránsito se

determina la cantidad de veces que aparece cada AS en todas las rutas de la tabla. Se eliminan también los AS repetidos y consecutivos en una misma ruta, salvo uno, lo que a veces es así por cuestiones de ingeniería de tráfico.

46- Científico Jefe de APNIC.
 47- <https://tools.ietf.org/html/draft-vyncke-ipv6-traffic-in-p2p-networks-01>
 48- <http://6lab.cisco.com/stats/index.php?option=prefixes>
 49- <http://www.routeviews.org/>

Los indicadores de adopción de IPv6 en el core son los siguientes:

1. % ponderado de las cantidades de AS que son tránsito en IPv6 respecto de la cantidad de AS que son tránsito en IPv4. (AS de tránsito IPv6). Un AS de tránsito IPv6 es aquel que provee tránsito en ambas redes IPv4 e IPv6.
2. % ponderado de AS de tránsito en IPv4 que tiene asignado al menos un prefijo IPv6, respecto de la cantidad de AS que son tránsito IPv4. (AS de tránsito que tiene prefijo IPv6). Un AS de tránsito, que tiene prefijo IPv6, es aquel que es tránsito en la red IPv4 y tiene al menos un prefijo IPv6 pero que no es necesariamente un AS de tránsito en IPv6.

Los AS son ponderados en cada red (IPv4 o IPv6) con un ponderador que se describe y justifica en el documento de referencia⁵⁰. No es relevante en este momento pues es solamente un ponderador adecuado para obtener una mejor aproximación, y está estrecha y exclusivamente vinculado a la cantidad de veces que aparece un AS en las tablas globales de ruteo.

5.3 Contenido. Sitios web

Cisco testea y mide dos métricas en esta categoría.

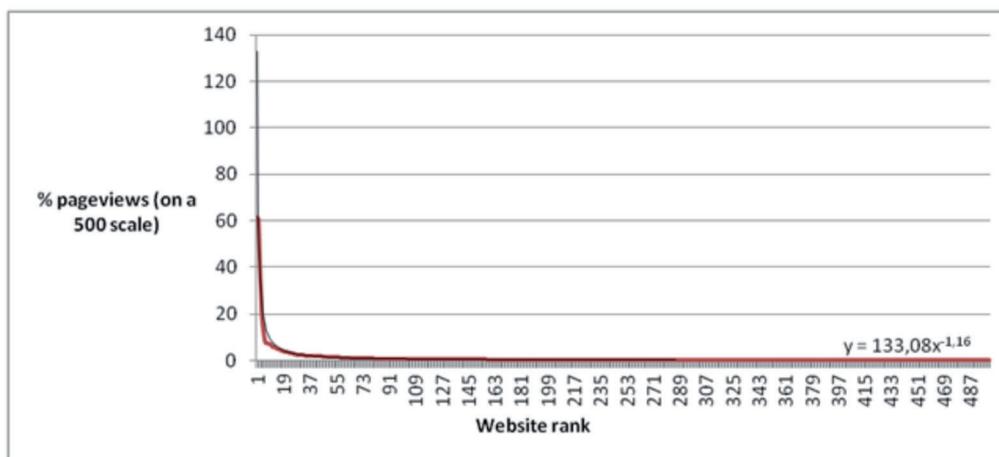
1. El número de sitios web que están anunciados como IPv6 en un servidor DNS (que tiene un registro AAAA).
 2. El número de sitios web que cumplen la anterior condición y que son efectivamente accesibles en IPv6.
- Usualmente los operadores de sitios web lanzan un sitio de prueba en IPv6 antes de salir en producción, los llamados "embriones IPv6" según LACNIC. El nombre del dominio de esos sitios que son clones del principal, suelen identificarse como ww6.dominio o IPv6.dominio, u otros similares. Por ello se buscan también estos prefijos de nombre de dominio a los efectos de ver la tendencia hacia el IPv6.

Por otra parte, considerando que un pequeño número de sitios web concentran la mayor cantidad de usuarios y de volumen de información intercambiada, se efectúa el testeo solamente en los principales 500 sitios de acuerdo con Alexa⁵¹, correspondientes a 130 países. El resto de los sitios web no son realmente representativos. A cada sitio se le asignó un ponderador por la cantidad de páginas visitadas - usuarios únicos, también según Alexa.

Se obtiene así un valor de ponderador por cada sitio web de los principales 500 del mundo. Estos ponderadores, calculados a partir del promedio mensual de la cantidad de usuarios únicos visitantes y de páginas accedidas por día, se ordenan de mayor a menor y se obtiene una gráfica como la que sigue, que refleja la preponderancia de algunos sitios principales. Se usan esos mismos ponderadores para los sitios web visitados desde cada país, en orden de mayor a menor, considerando los primeros 100. Alexa suministra públicamente la información de los 500 sitios visitados desde cada país, ordenados por la ponderación de visitas y páginas. Es un método de aproximación adecuado considerando que Alexa provee el orden de importancia (visitas – páginas) de cada país.

Para cada sitio, obtenido a partir del relevamiento de los 500 sitios más visitados de cada país, se hacen requerimientos AAAA a los servidores DNS usando el nombre exacto del dominio, y también para posibles sitios de prueba como ww6.dominio o ipv6.dominio. De acuerdo a las respuestas positivas que se obtengan se calculan los indicadores.

Sumando ahora los ponderadores correspondientes a cada sitio habilitado con IPv6, se puede obtener una estimación del % ponderado de sitios que son accesibles en IPv6, de acuerdo al perfil de visitas de cada país. Es bueno recordar que no todos los sitios visitados son residentes en el país, y precisamente en los países chicos éstos son muy pocos en la lista de Alexa.



Nota: El peso que se obtiene para un sitio web X representa la probabilidad de que un usuario aleatorio, en un país aleatorio, acceda a una página aleatoria que pertenezca al sitio X.

50- Olivier Bournez. "Internet IPv6 Adoption: Methodology, Measurement and Tools." Cisco Francia. 2012. <http://6lab.cisco.com/stats/data/Internet%20IPv6%20Adoption.pdf>
51- www.alexa.com

Los indicadores son los siguientes:

1. % ponderado de sitios accesibles en IPv6 (considera la cantidad de páginas – usuarios). Se muestra también la cantidad de sitios habilitados sobre el total de 500 por país.
2. A prueba: nombre de dominio de prueba en IPv6. % ponderado de dominios a prueba correspondientes a los 500 sitios analizados.
3. Falla: los registros AAAA existen pero la página web no está operativa en IPv6. % de dominios que presentaron fallas de acceso IPv6 sobre 500.
4. Otros: Sitios web no habilitados para IPv6. % sobre 500 sitios. Estos indicadores permiten determinar aproximadamente el tráfico web total IPv6 si todos los usuarios estuvieran habilitados para operar en IPv6.

5.4 Usuarios

El análisis de los usuarios de IPv6 no es simple, y requiere una importante cantidad de datos proveniente de varias fuentes. Google y APNIC labs usan el mismo método de carga de pixels IPv4 e IPv6. Ambas fuentes empleadas por Cisco son diferentes, siendo más precisa Google para los países pequeños ya que tiene un alcance uniforme en todos ellos, en tanto que países como China presentan resultados no tan representativos con Google.

Los indicadores publicados por Cisco son los de Google y APNIC, siendo los porcentajes de búsqueda en los servidores seleccionados con potencial de acceso IPv6, sobre el total de búsquedas.

Google aplica la metodología a sus sitios web y publica los datos recabados, tal cual se describió más arriba en la sección “3 Información publicada por Google.” El indicador es la cantidad de usuarios que pueden acceder usando IPv6 respecto del total de usuarios que acceden.

Respecto de los datos provistos por APNIC, éstos son generados país por país y día por día. El indicador de usuarios de IPv6 sobre el total de usuarios se encuentra publicado en la página de los laboratorios de APNIC⁵², junto con muchos otros datos sobre cantidades absolutas de usuarios, población, PIB, PIB por /32, etc.

El procedimiento de APNIC⁵³ responde a la pregunta: “¿Qué proporción de usuarios de Internet son capaces de usar IPv6 cuando se les ofrece una elección entre ambos protocolos?” O sea, cuán lejos están los usuarios de diferentes países de poder acceder a sitios web

en IPv6. Para ello, en forma similar a Google se usa un test silencioso, no disruptivo y muy “liviano” en términos de tráfico y procesamiento. El mecanismo para inyectar este software de testeo es usar las redes de distribución de publicidad on line.

Estos dos datos, país por país, presentan una correlación muy fuerte entre ellos.

5.5 Métricas compuestas de Cisco

Cisco presenta dos métricas compuestas por país, las que son destacables para comparaciones internacionales, aunque no se adaptan a las condiciones de la región LACNIC. Cuando se indicó la elaboración del indicador “LACNIC/CAF ICAv6” se analizaron las razones.

% de despliegue conglobado de IPv6 de Cisco

Este indicador se elabora a partir de tres de las cuatro categorías de métricas anteriormente descritas, y los siguientes indicadores seleccionados de cada categoría:

1. **AS de tránsito:** según los documentos de referencia originales de Cisco este valor era representado por el % ponderado de AS de tránsito en IPv4 que tiene un prefijo IPv6 (incluye los AS que son tránsitos IPv6), respecto de la cantidad de AS que son tránsito IPv4. De los valores para el % conglobado de despliegue IPv6 que se publican en el mapa de Cisco, se deduce que a julio de 2015 se usa un indicador compuesto calculado como:

$$\% \text{ AS de Tránsito} = \% \text{ AS tránsito IPv6} + 0,2 * (\% \text{ tránsito que tiene prefijo IPv6} - \% \text{ AS tránsito IPv6})$$

2. **Contenido:** % ponderado de sitios habilitados en IPv6.
3. **Usuarios:** % de búsqueda en los servidores seleccionados con preferencia IPv6.

La fórmula para calcular el indicador conglobado es la siguiente:

$$\% \text{ conglobado de despliegue IPv6} = \frac{\% \text{ AS de Tránsito} + 3 * \sqrt{\% \text{ Contenido} * \% \text{ Usuarios}}}{4}$$

Este indicador tiene en cuenta lo siguiente:

1. El factor de preparación del país para IPv6 (readiness factor) es el AS de tránsito y se lo pondera 25%.
2. El 75% restante se asigna a la media geométrica del contenido y los usuarios. Si se considera que el producto de los Usuarios por el Contenido disponible para estos usuarios da una estimación simple del tráfico real IPv6 del país, se justifica usar la media geométrica y no la aritmética.

52- <http://labs.apnic.net/dists/v6dcc.html>

53- http://www.circleid.com/posts/20120625_measuring_ipv6_country_by_country/

Promedio e índice comparativo de países de Cisco

Se definen dos indicadores conglobados más:

1. El Indicador Promedio Relativo (IPR) de un país respecto del resto del mundo. Usa los mismos ponderadores y métricas que el % de despliegue conglobado de IPv6, pero con cada término relativizado al máximo respectivo a nivel mundial (Max Mund).

2. El Indicador Relativo (IR) de un país respecto del resto del mundo. Es el cociente del IPR del país por el mayor IR a nivel mundial y normalizado a valores de 0 a 10. Cuanto menor resulta este valor para un país, es menor su estado de despliegue de IPv6, con valores entre 0 y 10 para el país más preparado.

Las fórmulas son las siguientes:

$$IPR = 0,25 * \frac{\% AS de Tránsito}{Max Mund (\% AS de Tránsito)} + 0,75 * \frac{\sqrt{\% Contenido * \% Usuarios}}{Max Mund (\sqrt{\% Contenido * \% Usuarios})}$$

$$IR = 10 * \frac{IPR}{Max Mund (IPR)}$$

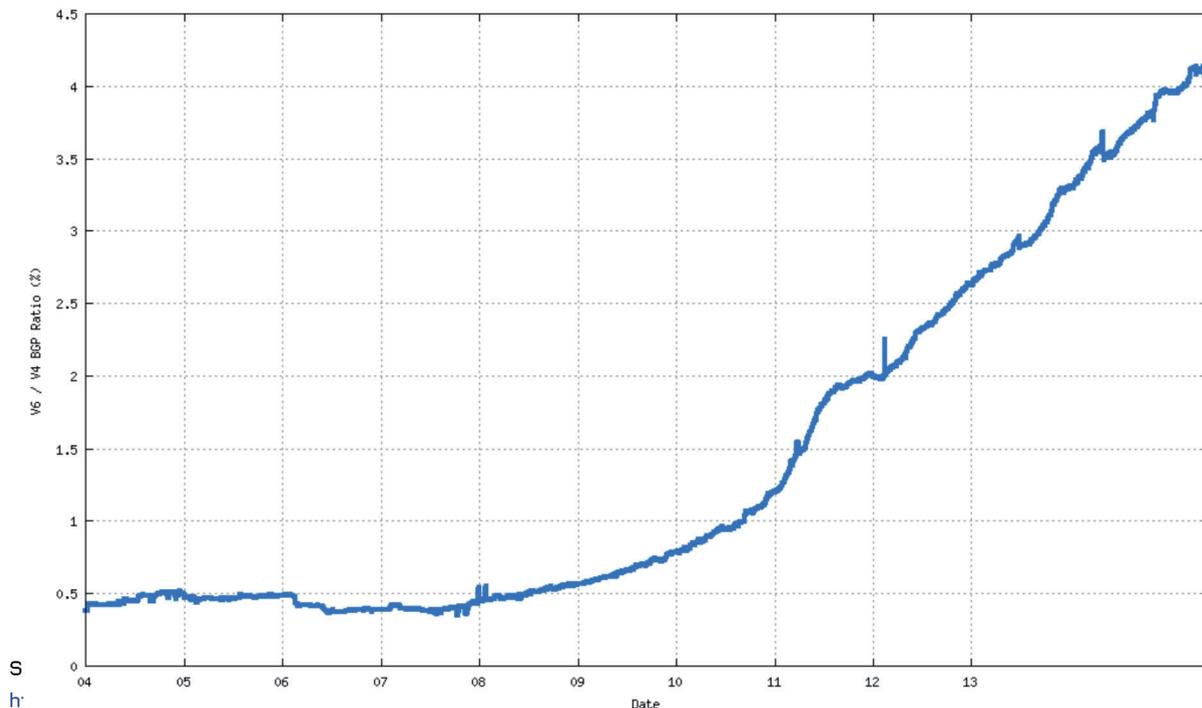
6. INDICADORES PROPUESTOS POR LA OECD

Esta clasificación toma en consideración la óptica de la OECD para la medida de la transición hacia IPv6 en un documento trabajado durante 2013⁵⁴ y publicado en 2014. Los indicadores que propone están alineados con los que se usan en este trabajo.

Este documento presenta también las fuentes de información de cada óptica del despliegue, las que coinciden en varios casos con otras similares de diferentes fuentes.

6.1 Indicadores usando los sistemas de ruteo

En este sistema se analiza la cantidad de rutas publicadas en los protocolos IPv4 e IPv6 en el sistema global de ruteo. Una forma de visualizar este indicador es a través de la proporción del tamaño de la tabla de ruteo de IPv6 (prefijos publicados) respecto del tamaño de la tabla de ruteo de IPv4. En la figura se observa el crecimiento de esta proporción⁵⁵:



Un indicador más preciso para analizar el despliegue es contabilizar la cantidad de Sistemas Autónomos de ruteo que rutean cada tipo de dirección. De esta manera cada entidad autónoma es contada una sola vez, y no se cuentan las entradas en el sistema de ruteo, lo que es más indicativo del despliegue. Una diferencia

importante con el sistema anterior de conteo de entradas en las tablas de ruteo, es que en el caso de IPv4 se ha heredado una fragmentación importante de rutas, aparte de los fraccionamientos derivados de las transferencias de bloques, lo que no se observa en el ruteo IPv6.

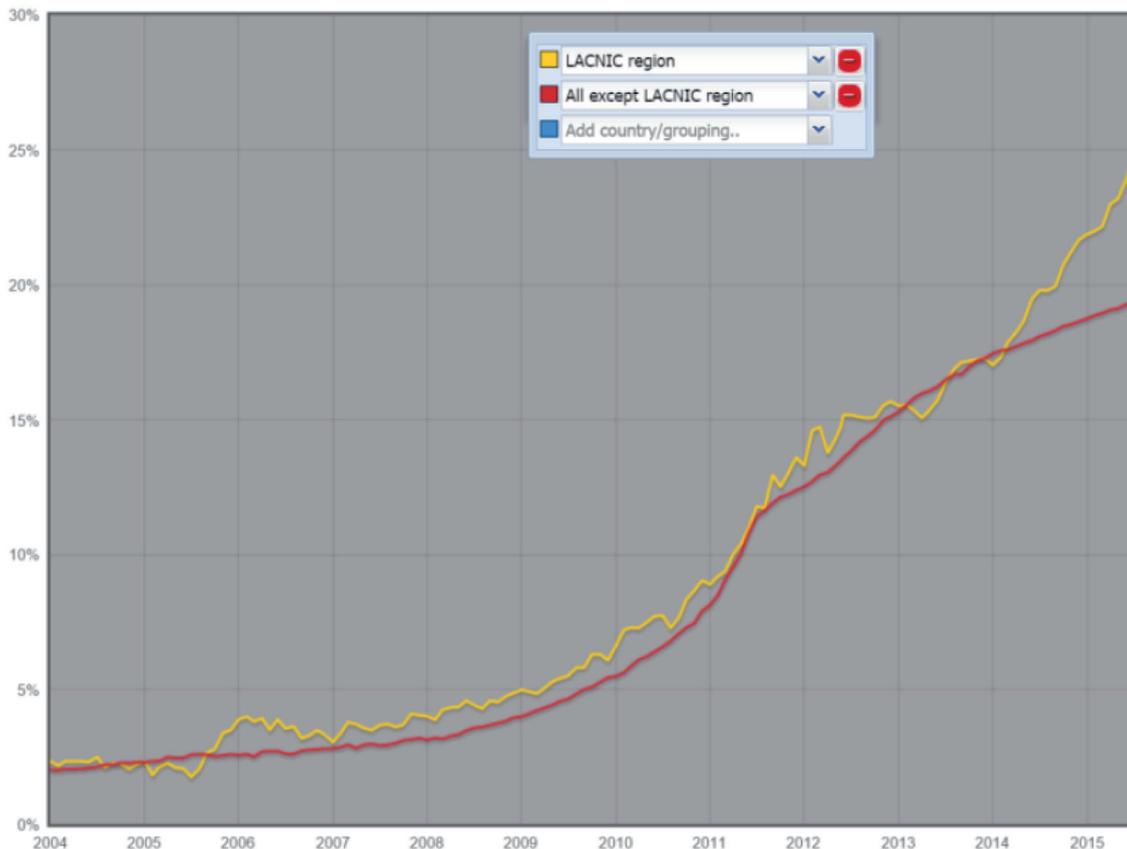
55- Fuente: <http://bgp.potaroo.net/stats/nro/v6>. Update on the statistics presented in the NRO report to the OECD Working Party on Communication and Infrastructure Services Policy, June 2009. <http://www.nro.net/news/cispiipv6.pdf>

Adicionalmente, en IPv6 está facilitada la agregación de rutas. Por tanto las proporciones de entradas IPv4 vs. IPv6 no se corresponden con la realidad de las direcciones registradas debido a los diferentes tamaños de las rutas.

la evolución histórica. Es posible también disponer de la evolución histórica desde 2004 para una cantidad importante de países que pueden ser seleccionados y comparados entre ellos, incluyendo países de la región de LACNIC.

En la tabla siguiente se observa el % de los AS que publican un prefijo IPv6 respecto del total de AS56. RIPE usa en este caso una metodología similar a la usada por Cisco, y también en este caso se puede observar

La gráfica siguiente muestra la interesante evolución de los países de la región LACNIC, que es superior al promedio de todos los países de las demás regiones a partir de 2014.



Como se ve, este indicador da una visión más clara y positiva sobre el despliegue de IPv6. Es solo un proxy del despliegue real ya que no permite deducir los servicios realmente prestados sobre IPv6, ni los paquetes IPv6 enviados a través de la red; pero se considera importante en cuanto a la preparación de la red de cada país para dar tránsito en IPv6.

El conteo de la cantidad de dominios configurados con una dirección IPv6 puede dar una visión adicional sobre el despliegue de IPv6, pero tampoco por sí solo es un indicador que aporte datos relevantes sobre el despliegue real.

Cisco presenta dos indicadores de Tránsito, elaborados de la misma manera, tal como se ha descrito.

Un enfoque para estimar este indicador sería observar qué proporción de los dominios más importantes tiene una dirección IPv6. La fuente más usada de los nombres de dominios más populares es Alexa⁵⁷. Identificados los dominios más importantes se procede a relevar cuáles usan una dirección IPv6.

6.2 Indicador usando el DNS

Cuando un cliente desea establecer una conexión con un servidor que opera con IPv6 pasa necesariamente por el DNS.

Esta información puede ser observada en el sitio de World IPv6 Launch⁵⁸. Allí se observa el promedio de los 1.000 principales sitios web según Alexa, consolidados y

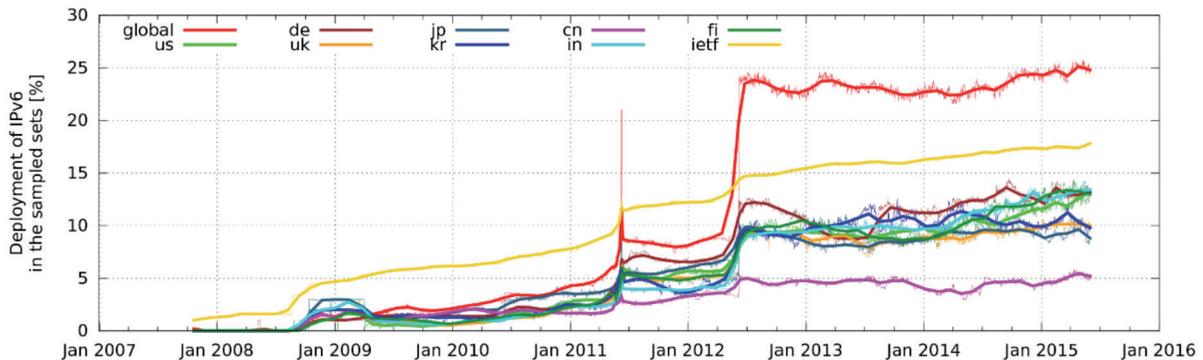
57- www.alexa.com
58- <http://www.worldipv6launch.org/measurements/>

también desagregados por red y por ASN. Al 1 de junio de 2015 el 15,9% de estos sitios usan dirección IPv6.

También ha sido relevado este indicador por Lars Eggert⁵⁹ desde 2007, pero sobre la base de 500 sitios, y se observan las siguientes gráficas globales y por países seleccionados hasta junio de 2015. Los resultados no son totalmente concordantes con los de World IPv6 Launch pero es necesario observar que son diferentes sitios web. Se observan picos de crecimiento para julio de 2011 y de 2012, meses siguientes al Día del IPv6 y del de su lanzamiento.

suele no estar disponible al público por ser reservada de las empresas operadoras. Este problema se soluciona recurriendo a IXP que publican estos resultados como los indicados en las estadísticas de LACNIC. Entre ellos se encuentra el de Ámsterdam. El DE-CIX de Alemania no está publicando esta información a junio de 2015 debido a un problema en su plataforma. Por tanto este indicador, que sería muy importante de analizar por su relevancia, es casi imposible de ser desarrollado debido a que no se dispone de información.

6.4 Capacidades del cliente final



Otro indicador originado también en el DNS es la proporción de clientes que pueden resolver nombres de dominios usando el protocolo DNS sobre transporte IPv6. No es un indicador relacionado con capacidades del cliente en sí, sino una medida general sobre la capacidad de la red de Internet, y en particular de la infraestructura de DNS, para operar en la modalidad de doble protocolo IPv4 e IPv6, e igualmente de operar sobre IPv6 como lo hace sobre IPv4. En setiembre de 2012 se observó que el 18% de una muestra de 2.000.000 de clientes usaron DNS con capacidad de soportar consultas sobre IPv6.

Este indicador, presentado por la OECD, también es desarrollado por Cisco bajo la categoría de Contenido, usando también a Alexa para obtener los 500 sitios más visitados, en general y por país, y buscando la resolución IPv4 e IPv6 en los DNS.

6.3 Indicador usando el tráfico de Internet

Otro indicador del despliegue de IPv6 es ver los volúmenes de tráfico sobre IPv4 y sobre IPv6. Esta información

Los indicadores analizados hasta ahora se refieren a partes del sistema de Internet y no aseguran necesariamente que la experiencia completa y final del cliente sea correcta sobre IPv6. Para que ello sea así, cada una de las partes del sistema de Internet debe ser capaz de soportar IPv6.

Una forma simple de medir la cantidad de clientes capaces de usar IPv6 es usar un punto de servicio con doble stack de protocolos IPv4 e IPv6, y contar la cantidad de clientes que pueden establecer el servicio usando el IPv6. Google y Akamai han estado usando su infraestructura para brindar estos datos tal cual se analizó en la sección anterior, pero no solamente observando el acceso en IPv6 sino el potencial acceso.

6.5 Conclusiones sobre OECD

La OECD hace propuestas de análisis de despliegue de IPv6 en su documento de 2014 usando metodologías similares a las desarrolladas en este trabajo y a las empleadas por Cisco y otros referentes internacionales.

59- L. Eggert: www.eggert.org/meter/ipv6



El crecimiento de internet está llevando al inminente agotamiento de direcciones de IPv4. El despliegue de IPv6 representa la alternativa más sustentable para que la red de redes pueda seguir desarrollándose de una forma segura y estable.

Este trabajo repasa diversos aspectos que inciden en la transición hacia IPv6 en la región. Se trata de un estudio diagnóstico sobre la situación actual de despliegue IPv6 en América Latina y el Caribe que resume indicadores por país y genera evidencia para facilitar la toma de decisiones de grandes y pequeños ISPs, proveedores de contenido, redes académicas, universidades y gobiernos de la región.

LACNIC, el Registro de Direcciones de Internet para América Latina y Caribe, es la organización responsable de la asignación y administración de las Direcciones IP y Recursos Relacionados para la región de América Latina y el Caribe, siendo uno de los cinco Registros Regionales en el mundo. Más información en www.lacnic.net.

CAF - banco de desarrollo de América Latina- tiene como misión impulsar el desarrollo sostenible y la integración regional, mediante el financiamiento de proyectos de los sectores público y privado, la provisión de cooperación técnica y otros servicios especializados. Constituido en 1970 y conformado en la actualidad por 19 países -17 de América Latina y el Caribe, junto a España y Portugal- y 14 bancos privados, es una de las principales fuentes de financiamiento multilateral y un importante generador de conocimiento para la región. Más información en www.caf.com.