

PROYECTO FINAL DE INGENIERÍA

OPTIMIZACIÓN DE ENLACES WAN (WIDE AREA NETWORK)

Burrieza, Luis Marcelo – LU95447

Ingeniería en Comunicaciones

Palacios, Javier – LU95597

Ingeniería en Comunicaciones

Tutor:

Filipich, Juan Carlos, UADE

Marzo 18, 2014



**UNIVERSIDAD ARGENTINA DE LA EMPRESA
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS EXACTAS**

1. Agradecimientos

Agradecemos a Daniel Rising, de Cisco Systems, a Gustavo Paz, de Riverbed Technology, a Ignacio Conti de Blue Coat Systems y a Kevin Sutor de Exinda Networks por la información técnica y cotizaciones provistas para poder realizar este trabajo.

Queremos agradecer también a nuestro tutor, Juan Carlos Filipich por el tiempo, consejos y el apoyo aportado para realizar el proyecto correctamente.

2. Resumen

Este Proyecto Final de Ingeniería va a desarrollar la factibilidad técnica y económica-financiera del uso de optimizadores de WAN en redes corporativas latinoamericanas. Los estudios actuales sobre el tema son generales y no están pensados para solucionar los problemas típicos de Latinoamérica, ya que la región tiene grandes diferencias de infraestructura de telecomunicaciones, como por ejemplo: El tendido de fibra óptica en USA y Europa alcanza no solo a las grandes ciudades, sino también a ciudades medianas y pequeñas. En cambio en Latinoamérica es poco común encontrar tendidos de fibra óptica fuera de las principales ciudades de cada país, hecho que obliga la implementación de enlaces de menor performance como puede ser radio enlaces, tecnologías xDSL o satelitales. Estas diferencias hacen difícil la implementación de sistemas y aplicaciones unificadas en ambientes corporativos, que normalmente son diseñados y desarrollados en las casas matrices de cada empresa. Es común que estas definiciones se realicen fuera de la región y por lo tanto se desconozcan estas diferencias. Por todo esto, al implementar los sistemas en Latinoamérica se generan problemas causados por el uso de enlaces de WAN con características diferentes.

Los proveedores de servicios de telecomunicaciones normalmente ofrecen aumentar las velocidades de WAN cuando un cliente tiene problemas de performance, ya que al hacerlo se incrementa también el abono que dicho cliente paga por el servicio. El problema de esta práctica radica en que la limitante no es solo de ancho de banda disponible, sino también de otras características que limitan la performance de los enlaces como ser la latencia, jitter y/o la pérdida de paquetes, que serán analizadas detalladamente en este trabajo. Al aumentar el ancho de banda solo se logra atacar una parte del problema. La solución definitiva para mejorar la performance normalmente radica en cambiar por completo la tecnología del enlace de WAN para lograr reducir la latencia y la pérdida de paquetes, algo que es muy costoso y no es posible de realizar en sitios menos desarrollados.

La tecnología de optimización de WAN mejora la performance de la red sin cambiar la arquitectura o tecnología de los enlaces de WAN. Por un lado mitiga la latencia del enlace optimizando el protocolo de transporte TCP. Utiliza protocolos de corrección de errores y retransmisiones más avanzados que los tradicionales, que ayudan a sobrellevar la pérdida de

paquetes de las redes sin perder performance. También implementa optimizaciones a nivel aplicación, para mitigar la latencia de ciertas aplicaciones corporativas populares.

En este proyecto se demostrará que esta tecnología de optimización mejora sustancialmente la performance de las redes en casos donde no es posible cambiar la tecnología de los enlaces de WAN utilizados por falta de infraestructura. El objetivo es mejorar la performance de las redes de los países en desarrollo de Latinoamérica para que las empresas en dicha región tengan igualdad de condiciones y oportunidades que las empresas situadas en países con infraestructura de telecomunicaciones más avanzadas.

Tomaremos como caso testigo a la red corporativa de la empresa donde nos desempeñamos profesionalmente: Level 3 Communications. La misma tiene presencia mundial y está afectada por problemas de integración de sistemas entre las distintas regiones. Uniformizar la infraestructura de IT permite la generación de nuevos puestos de trabajo en la región, ya que otros costos operativos locales, como las remuneraciones, bienes raíces e impuestos son menores a otras regiones más industrializadas.

3. Abstract

This Final Engineering Project will develop the technical and financial feasibility of WAN optimizers in Latin-American corporate networks. Current studies on the subject are general and not intended to solve typical Latin-American problems; the region has large differences in telecommunications infrastructure, like fiber optic network availability in small and medium sized cities. In Latin America it is not common to find fiber optics services outside the main cities of each country and instead replace them with lower performance services like radio, xDSL and satellite. These differences cause difficulties when implementing systems and unified applications in corporate environments, which are usually designed and developed at each company headquarters. It is common that these definitions are created outside the region and therefore the regional differences are unknown. Implementing the same corporate tools in Latin America often generates problems caused by the use of different WAN technologies.

The telecom service providers typically offer WAN speeds increases when a customer has performance problems, as doing so also increases the service expenses. The problem with this practice is that the available bandwidth is not the only disadvantage. Latency, jitter and / or links packet loss are also important and will be deeply analyzed in this work. Increasing the bandwidth can solve only one part of the problem. The ultimate solution to improve the performance usually lies in completely changing the WAN technology, to achieve lower latency and packet loss, which is very expensive and it is not a possible option in less developed sites.

The WAN optimization technology improves the network performance without changing the architecture or technology. It mitigates the link latency optimizing the TCP transport protocol. Advanced error correction and retransmission mechanisms help overcome the network packet loss, without losing performance. WAN optimization also implements application-level optimizations to mitigate the latency of certain popular corporate applications.

This project will demonstrate that this technology substantially improves the network performance where it is not possible to change the WAN technology. The objective is to improve the WAN performance in Latin America, so the enterprises on this region have equal

opportunities. We will take an example case scenario implementing this technology in our corporate network at Level 3 Communications, which is a global corporation that is facing integration problems between the different regions. When the IT infrastructure is uniform, new jobs can be generated on the region, because other local operative costs like wages, real state and tax are lower than other developed regions.

4. Contenidos

1.	Agradecimientos	2
2.	Resumen	3
3.	Abstract.....	5
4.	Contenidos	7
5.	Estudio de Factibilidad Técnica y/o Económico-Financiera	10
5.1.	Introducción.....	10
5.1.1.	Objetivos.....	10
5.1.2.	Alcance	11
5.1.3.	Aportes.....	11
5.1.4.	Recursos.....	12
5.2.	Descripción	13
5.2.1.	Limitaciones de los Enlaces WAN	13
5.2.1.1.	El problema de la Distribución de Aplicaciones	13
5.2.1.2.	Redes disponibles en Latinoamérica	15
5.2.1.3.	La WAN es la barrera para la consolidación	16
5.2.1.4.	¿Por qué no alcanza con aumentar el ancho de banda?	18
5.2.2.	La Latencia y las limitaciones de las redes WAN	19
5.2.2.1.	Latencia de la Red	19
5.2.2.2.	Latencia del protocolo de transporte TCP	20
5.2.2.3.	Ventana TCP.....	21
5.2.2.4.	Producto de Ancho de Banda por Retardo o BDP (Bandwidth Delay Product)	
	21	

5.2.2.5.	TCP en Sistemas Operativos Windows	22
5.2.2.6.	Incremento de la ventana TCP durante una transferencia	24
5.2.2.7.	Pérdida de Paquetes de la Red	25
5.2.3.	Resumen de los Problemas Típicos de los Enlaces de WAN.....	26
5.2.4.	Optimizaciones de los enlaces WAN	27
5.2.4.1.	Optimización de la Latencia de la Red	27
5.2.4.2.	Optimización de la Latencia del Protocolo de Transporte mediante la Aceleración TCP.....	28
5.2.4.3.	Optimización de la Latencia del Protocolo de Transporte mediante el manejo adaptativo de la congestión.....	29
5.2.4.4.	Optimización de la Latencia de las Aplicaciones	30
5.2.5.	Resumen de las Soluciones Posibles	31
5.2.6.	Integración de los Optimizadores de WAN en las Redes Actuales.....	32
5.3.	Antecedentes	34
5.3.1.	Modelo de Negocio y Factibilidad	35
5.3.2.	Modelo de evaluación de 5C y 4P's	37
5.3.3.	Análisis FODA	38
5.3.4.	Proyecto de Consolidación de Data Centers.....	39
5.4.	Metodología y Desarrollo	42
5.4.1.	Selección de Proveedores	42
5.4.1.1.	Matriz de Selección	44
5.4.1.2.	Evaluación Económica	46
5.4.1.3.	Calculo del Flujo de Caja (Cash-flow) y Retorno de la Inversión (ROI) del Proyecto	48
5.4.2.	Pruebas de Performance	56
5.5.	Cronograma de Implementación del Proyecto	56

5.6.	Resultados.....	57
6.	Conclusiones y Observaciones	58
7.	Bibliografía	60
8.	Anexos	61
8.1.	Anexo A: Especificaciones Técnicas.....	61
8.2.	Anexo B: Cálculos Económicos Financieros	61
8.3.	Anexo C: Pruebas de Performance	61

5. Estudio de Factibilidad Técnica y/o Económico-Financiera

5.1. Introducción

5.1.1. Objetivos

Mejorar la performance de las redes actuales mediante la optimización de enlaces WAN. Muchas aplicaciones actuales utilizadas en ambientes corporativos no fueron pensadas para operar en los tipos de enlaces de WAN disponibles en Latinoamérica, sino en entornos LAN o enlaces WAN disponibles únicamente en USA, Europa y algunos países de Asia, que cuentan con despliegues de fibra óptica de última generación aun en ciudades pequeñas.

Reducir costos de conexión y el ancho de banda requerido en los sitios centrales y sucursales de empresas que requieren conectividad mediante el uso de optimizadores de WAN. La optimización de WAN no solo permite ofrecer servicios con mejor performance, sino también reducir el ancho de banda requerido por sitio.

Impulsar la centralización de la información de las empresas en Data Centers, retirando servidores locales de las sucursales, ya que son difíciles y costosos de mantener. Esta centralización les permite a las empresas reducir sus costos de operación de IT (Tecnología de la Información), mejorar la seguridad de sus datos críticos y aumentar disponibilidad de la información. También impulsa la oferta de los servicios de Data Center que la empresa donde nos desempeñamos profesionalmente tiene en la región.

Fidelizar clientes entregando una performance superior a la competencia.

Reducir los reclamos asociados con problemas de latencia, jitter y pérdida de paquetes de las redes actuales.

5.1.2. Alcance

Analizar los distintos tipos de optimizaciones de WAN que se pueden realizar con el fin de aportar una mejor performance a las redes actuales. Analizar las características de cada tipo de optimización existente y el posible beneficio que pueden entregar.

Evaluar la factibilidad técnica del uso de optimización de WAN en los enlaces típicos ofrecidos en Latinoamérica. Diseñar distintas topologías de redes que incluyan el uso de optimizadores de WAN y determinar en qué casos se justifica su uso.

Evaluar distintos proveedores de equipos de optimización de WAN para seleccionar el que mejor se ajusta a las necesidades de Latinoamérica y otras regiones.

Diseñar y evaluar la optimización de la red corporativa de la empresa Level 3 Communications como caso de ejemplo.

5.1.3. Aportes

Las diferencias de costos de los enlaces de WAN y las tecnologías existentes en la región respecto de otras regiones hacen que estos optimizadores sean adecuados para muchos casos que en otros países no se justifican.

El aporte principal del proyecto es mejorar la performance de las redes de los países en desarrollo de Latinoamérica mediante el uso de optimizadores de WAN, para que las empresas en dicha región tengan igualdad de condiciones y oportunidades que las empresas situadas en países con infraestructura de telecomunicaciones más avanzadas.

Es muy común que en Latinoamérica se deba recurrir a enlaces de Radio, Satelitales o contratar a terceros como cooperativas o empresas locales para cubrir algunas de las sucursales de empresas multinacionales. Esto se debe a la gran extensión territorial de la región, el reducido desarrollo tecnológico de ciertas zonas y al hecho que no existe una única empresa de telecomunicaciones que cubra todo Latinoamérica. Estos enlaces tienen características de latencia y pérdida de paquetes superiores a otros enlaces terrestres que normalmente se ofrecen en la mayoría de las ciudades de Norte América o Europa. Por requerirse utilizar distintos tipos de tecnologías para cada sucursal existen también diferencias aun dentro de la región.

Otro aporte importante es para los negocios tradicionales de Latinoamérica, que son en su mayoría agrícola-ganaderos, petroleros o mineros. A las empresas se les hace muy difícil conseguir conectividad aceptable en sitios remotos como puede ser un sitio de acopio de granos, una mina o para exploración de petróleo. Observamos que se está produciendo una concentración de grupos económicos que se dedican a estos negocios. Estas empresas requieren que en dichos sitios remotos los empleados accedan a las mismas herramientas corporativas que el resto de la empresa y que la performance de las aplicaciones sea aceptable. Al uniformizar la infraestructura de IT, se fomenta la generación de nuevos puestos de trabajo en la región, ya que otros costos operativos locales son menores, como ser las remuneraciones, bienes raíces e impuestos.

Por último, entendemos que este tipo de tecnologías de optimización de WAN tendrán más relevancia en el futuro, pues ya se están comenzando a integrar en muchas empresas multinacionales. Por lo tanto es recomendable incluir el conocimiento de estas tecnologías avanzadas de optimización de WAN en la currícula de materias del último año de la carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones.

5.1.4. Recursos

No requerimos recursos económicos de la Universidad o externos para desarrollar este Proyecto Final de Ingeniería en Comunicaciones. Sin embargo se necesitó espacio físico para reuniones con el tutor y entre los participantes, como así también el uso de la biblioteca para investigación de bibliografía. Posiblemente se requiera un espacio para realizar reuniones con proveedores de equipos.

5.2. Descripción

5.2.1. Limitaciones de los Enlaces WAN

5.2.1.1. El problema de la Distribución de Aplicaciones

En la actualidad existen dos tendencias que se contraponen en las empresas:

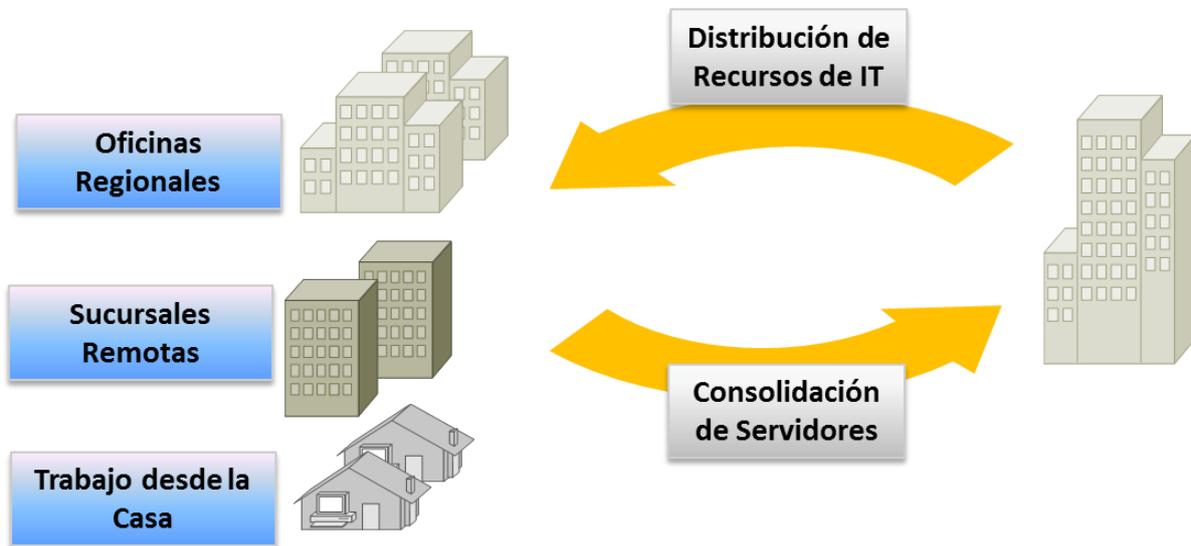


Figura 1: El problema de la distribución de aplicaciones

- La concentración de negocios locales o regionales en multinacionales. En la mayoría de los casos las economías de escala que se obtienen al concentrar las empresas hace que muchos negocios tiendan a agruparse. Las multinacionales expanden sus operaciones adquiriendo empresas más chicas que operan en otros mercados. Para las multinacionales tiene mucho sentido consolidar sus operaciones de IT en Data Centers, ya que esto les permite administrar, operar y proteger menos equipamiento e información. La reducción de equipamiento involucra una reducción de personal capacitado y un ahorro de costos operativos importante. La operación de IT centralizada también permite proteger de forma

más eficiente a la información importante para la empresa, mejorar la seguridad de los datos y reducir nuevamente los costos asociados.

- La distribución de las fuerzas de ventas y soporte en todos los mercados. Esta estructura genera la necesidad de ubicar personal en sitios separados en sucursales, en lugar de concentrar toda la operación humana en un sitio centralizado. Se está desarrollando además un incremento del trabajo en la casa (Home Office), que agrega enlaces con conexiones hogareñas en lugar de corporativas, lo mismo que las conexiones móviles que también están ganado terreno. Este proceso genera la necesidad de distribuir los recursos de IT a estos sitios remotos, de forma que todos los empleados tengan acceso a todas las herramientas informáticas disponibles. Los enlaces de WAN permiten conectar los sitios remotos con las casas centrales, pero debido al punto anterior es cada vez más común que estos enlaces sean de mayor distancia, muchas veces internacionales.

5.2.1.2. Redes disponibles en Latinoamérica

Existe una tendencia mundial en utilizar redes IP MPLS (Multi-Protocol Label Switching), propiedad de empresas de telecomunicaciones, para dar conectividad a los sitios de la red corporativa de una empresa que contrata el servicio de accesos de WAN. Latinoamérica no escapa de esta tendencia. Al contrario de otras regiones, es muy común ver estas redes interconectadas con redes más antiguas para llegar a todos los sitios. Asimismo se suelen usar redes de terceros como otros proveedores o hasta cooperativas telefónicas locales para proveer las últimas millas en sitios alejados de las ciudades principales o donde el proveedor no tiene red propia.

La definición de WAN en estas redes con múltiples equipamientos integrados, que muchas veces no son de un mismo proveedor, provoca que no todas las sucursales de una misma empresa puedan obtener la misma calidad de servicio de red.

El cliente no puede saber previamente la topología de la red del proveedor de telecomunicaciones, ya que la misma es dinámica y parte de esta red puede estar subcontratada a uno o varios proveedores.

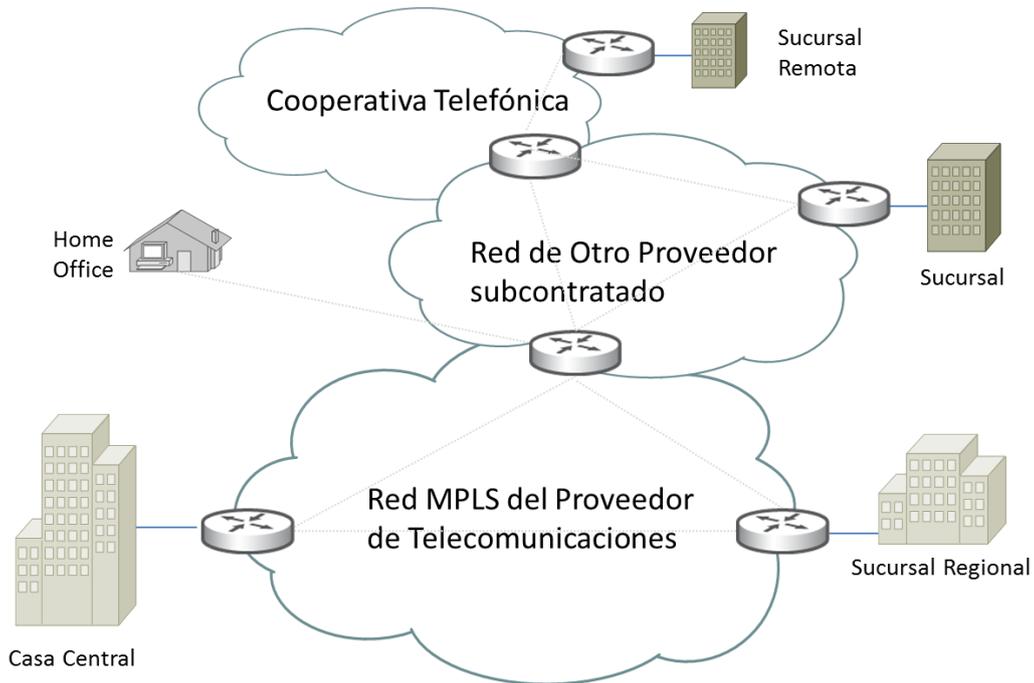


Figura 2: Ejemplo de diagrama de Red WAN

5.2.1.3. La WAN es la barrera para la consolidación

Dentro de una LAN (Local Area Network o LAN de Area Local) existen pocas limitaciones de ancho de banda, la latencia es baja y en la mayoría de los casos las conexiones están siempre disponibles por estar integradas con simples cables y switches. Estas condiciones son ideales para el funcionamiento de las aplicaciones.

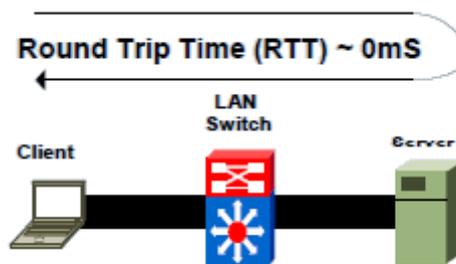


Figura 3: Características de la LAN

Las WAN en cambio tienen como ya vimos limitaciones de ancho de banda, es posible que exista una mayor probabilidad de congestión, la latencia es superior y también es mayor

la probabilidad de errores o paquetes perdidos dado que interactúan muchos más dispositivos de red y tecnologías.

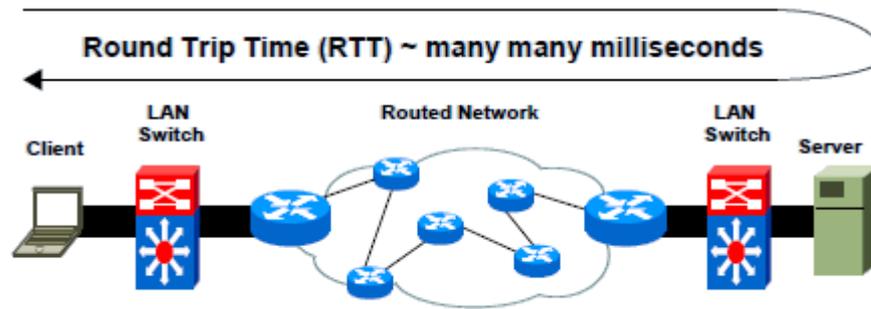


Figura 4: Características de la WAN

5.2.1.4. ¿Por qué no alcanza con aumentar el ancho de banda?

Ante un problema de performance en una red, la primera recomendación de las empresas de telecomunicaciones es aumentar el ancho de banda, ya que esto incrementa el abono de forma directa y no es un trabajo complejo de realizar en la mayoría de los casos. Si bien muchas veces este incremento mejora en algún grado la performance, vemos que en muchos otros casos esto no ocurre. Las aplicaciones corporativas no suelen consumir grandes anchos de banda y por lo general una red bien diseñada no llega fácilmente a un estado de saturación constante de sus enlaces. El uso de características de QoS (Quality of Service o Calidad de Servicio) en las redes permite asignarle alta prioridad a las aplicaciones importantes aun en momentos de saturación. El QoS además permite bajar las pérdidas de paquetes de aplicaciones importantes en situaciones de congestión utilizando diferentes colas de prioridad. En muchos casos la baja performance de una aplicación se debe a otros problemas, como de latencia.

Al aumentar el ancho de banda también se incrementa el costo de conexión. Si bien parece obvia esta afirmación, es un tema importante a considerar en empresas con muchas sucursales y un presupuesto acotado. En ciertos casos el incremento del costo es demasiado alto, como ocurre cuando se requiere cambiar de tecnología para ampliar la velocidad, en enlaces satelitales o al utilizar últimas millas de otras empresas.

Al aumentar el ancho de banda no se baja la latencia, el Jitter o la pérdida de paquetes de la red. Estas características son intrínsecas de la tecnología utilizada para el enlace de WAN. La única forma de mejorar la latencia o la pérdida de paquetes en estos casos es cambiando la tecnología de la red, que es un proceso costoso y poco viable en muchos casos.

5.2.2. La Latencia y las limitaciones de las redes WAN

En los enlaces de WAN podemos identificar 3 tipos de latencia:

- **Latencia de Red.** Es el tiempo necesario para que un mensaje atraviese la red.
- **Latencia de Transporte.** Es el tiempo necesario para que el mecanismo de transporte de una red, como TCP (Transmission Control Protocol), se cerciore que la información llegue correctamente al destinatario: Genere los ACKs (acknowledges o reconocimientos) y retransmita la información si se perdió algún paquete de datos.
- **Latencia de Aplicación.** Dependiendo de la aplicación, se pueden requerir que múltiples mensajes atraviesen la red para que se genere una simple acción.

5.2.2.1. Latencia de la Red

La velocidad de transferencia en muchas de las redes actuales de datos está en gran medida determinada por la velocidad del enlace o ancho de banda disponible. Sin embargo en enlaces con alto tiempo de retardo o RTT (Round Trip Time), cada paquete de datos es también importante. En algunos casos unos pocos milisegundos de latencia pueden causar problemas de performance en ciertas aplicaciones. Cada vez que una computadora le hace a un servidor una consulta, existe un retardo RTT hasta recibir la respuesta. Los paquetes de datos tienen que atravesar la red: Una serie de routers que pueden estar congestionados. Además siempre tenemos la limitación de la velocidad de la luz cuando se consideran largas distancias en los sistemas de comunicación.

A modo de ejemplo vamos a examinar el caso extremo de una computadora que se conecta a un servidor mediante una conexión satelital geoestacionaria. Cada paquete de datos transmitido por la computadora cliente debe viajar al menos 35.786 km hasta el satélite, luego otros 35.786 km nuevamente hasta la tierra hasta que llega al server. Cuando el servidor envía su respuesta, los datos deben viajar nuevamente la misma distancia hasta el cliente (35.786 + 35.786) km. Por lo tanto el paquete de datos y la respuesta deben viajar 143.144 km hasta volver a la fuente. Considerando que la velocidad de la luz es de 299.792.458 metros por segundo, podemos concluir que el mínimo RTT en una conexión satelital geoestacionaria es

de alrededor de medio segundo (477ms). El mismo cálculo puede realizarse para enlaces terrestres de larga distancia, como enlaces internacionales o intercontinentales.

En Latinoamérica son comunes los enlaces terrestres con RTT de 50 a 250ms o más, al considerar el retardo generado por la distancia del enlace más los tiempos de procesamiento y buffering de los paquetes en cada equipo de la red.

5.2.2.2. Latencia del protocolo de transporte TCP

El protocolo de transporte TCP fue diseñado para garantizar la transferencia segura de datos en redes que pueden tener problemas de congestión, latencia o pérdida de paquetes. Fue originalmente desarrollado en los años 1970s. En 1974 la IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers) publicó un paper denominado "*A Protocol for Packet Network Intercommunication.*" en donde los autores describieron el protocolo de Internetworking para compartir recursos en redes de paquetes switcheados. Ese mismo año, el IETF (Internet Engineering Task Force) publicó la RFC 675 (Request for Comments): "*Internet Transmission Control Program*", en donde se especifica el protocolo TCP.

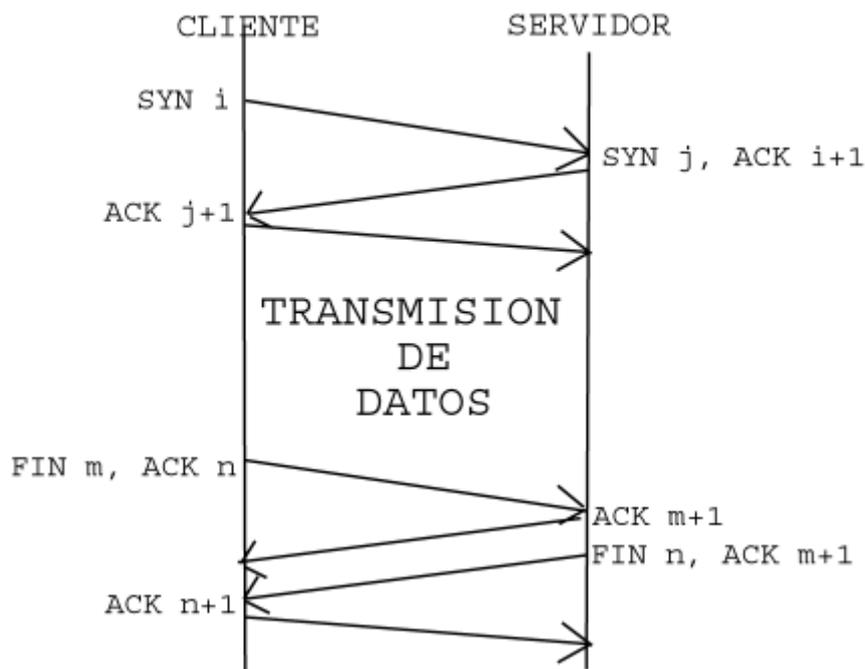


Figura 5: Funcionamiento del Protocolo TCP

TCP es un protocolo seguro, que garantiza la entrega de paquetes de datos transmitidos de una forma confiable, ordenada y sin errores. Para garantizar esto, TCP debe establecer una conexión bidireccional entre el emisor y el receptor (SYN). Luego que se establece la conexión también se debe dar una numeración (SEC o Secuencia) y acuso de recibo (ACK o Acknowledges) de los paquetes transmitidos, de forma de asegurarle al emisor que todos sus paquetes de datos llegaron a destino.

5.2.2.3. Ventana TCP

La ventana TCP es la cantidad de datos pendientes (no reconocido por el receptor) que pueden permanecer en una red. Luego de enviar dicha cantidad de datos, el emisor debe parar la transmisión y esperar por los acknowledges (reconocimientos) del receptor. Este valor es probablemente el más importante para ajustar en las transmisiones en redes con latencia elevada. La ventana TCP es negociada al comienzo de cada conexión y algunos sistemas permiten ajustar la ventana durante una transmisión.

En el estándar TCP/IP original, la ventana TCP de recepción (RWIN por Receive Window o Ventana de Recepción) está limitada a 64K (65535), dado que existen 16 bits en el encabezado TCP y $2^{16}=64K$. En 1992 la RFC1323 agregó las extensiones de encabezados llamadas TCP Options (opciones TCP), que expande la ventana en un byte adicional. Las opciones TCP actúan como un multiplicador del RWIN. Muchos equipos actuales no soportan aun estas extensiones por lo que su utilización no es generalizada. En computadoras con sistemas operativos Windows, el uso de una ventana inicial pequeña produce problemas de performance si luego no se pueden ajustar correctamente las ventanas durante la transmisión.

5.2.2.4. Producto de Ancho de Banda por Retardo o BDP (Bandwidth Delay Product)

El BDP determina la cantidad de información que puede estar en tránsito en una red (al igual que el RWIN). Es el producto del ancho de banda disponible y la latencia. El Bandwidth delay product también es un concepto importante en protocolos como TCP, ya que limita el throughput que puede tener una red.

$BDP \text{ (bits)} = \text{Ancho de Banda (bits/segundos)} * \text{Latencia (segundos)}$

¿Qué significa todo esto?

El BDP y el RWIN limitan la velocidad de la conexión al producto de la latencia y el ancho de banda. Una transmisión TCP no puede exceder el valor de $RWIN / \text{Latencia}$, por lo cual la latencia juega un papel muy importante en la performance del protocolo TCP.

5.2.2.5. TCP en Sistemas Operativos Windows

El tradicional “slow-start” (comienzo lento) y el algoritmo de manejo de la congestión en TCP ayudan a sobrellevar la congestión de las redes. Estos métodos incrementan gradualmente la ventana TCP al comienzo de una conexión hasta que se llega al valor de RWIN máximo o se pierde algún paquete de datos. En enlaces de alta velocidad con un retardo elevado (BDP alto), estos algoritmos no incrementan la ventana TCP lo suficientemente rápido para utilizar todo el canal disponible.

En Windows XP (Altamente utilizado por las empresas en la actualidad) el RWIN inicial lo calcula el sistema operativo, ronda el valor de 8760. En un enlace con alta latencia, como puede ser un enlace satelital, el máximo RWIN ronda el valor de 24K ya que Windows toma la latencia como un factor negativo en el cálculo de la ventana optima de TCP.

Entonces, el Throughput para una única conexión TCP en un enlace de 500ms de RTT da:

$$8 \text{ (bits/byte)} * 8760 \text{ bytes} / 500 \text{ (ms)} = 140 \text{ Kbits/s}$$

La máxima transferencia que se podría lograr en este enlace para una única conexión TCP luego de ajustar la ventana al valor que el sistema operativo considera “optimo” es:

$$8 \text{ (bits/byte)} * 24000 \text{ bytes} / 500 \text{ (ms)} = 384 \text{ Kbits/s}$$

Considerando otro ejemplo, en este caso un enlace terrestre real T1 (1,544Mbps) internacional con 80ms de retardo, no lograremos obtener una tasa mayor a 500Kbps por los mismos motivos:

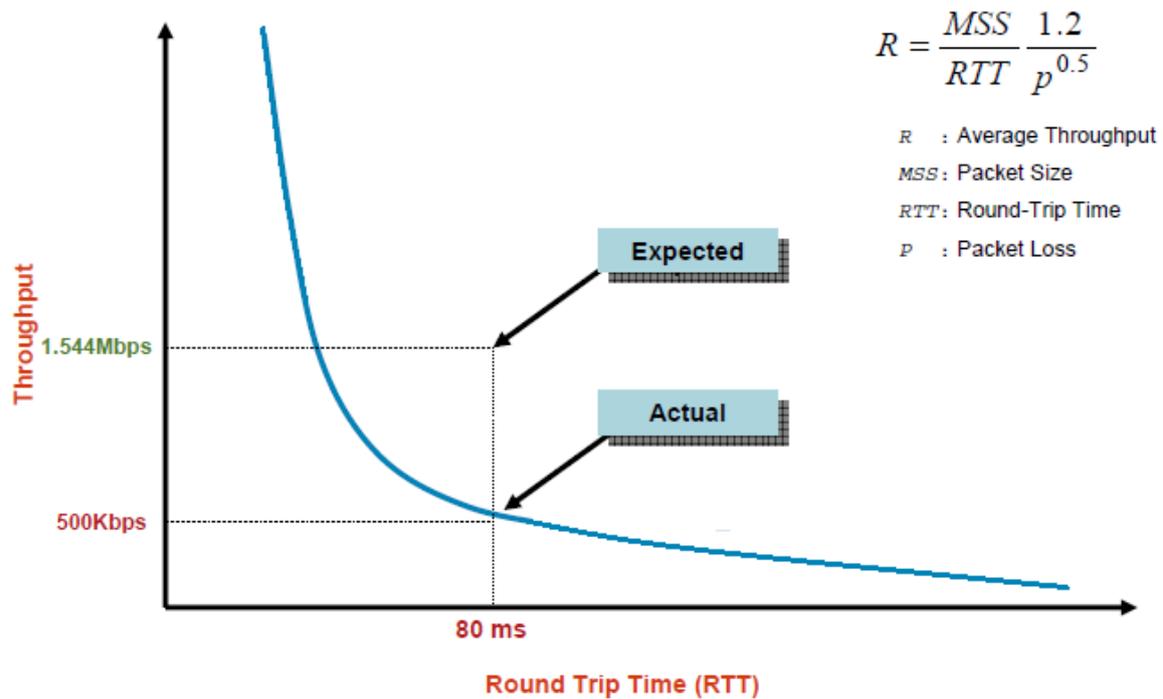


Figura 6: Variación del Throughput en función del RTT

Entonces, incluso si existiera mucho más ancho de banda disponible, no será posible superar esta tasa de transferencias por las limitaciones del protocolo TCP. La única opción para aumentar la tasa sin cambiar el enlace es utilizar múltiples conexiones TCP que trabajen en paralelo, algo que la mayoría de las aplicaciones corporativas no pueden hacer.

5.2.2.6. Incremento de la ventana TCP durante una transferencia

En el siguiente diagrama se puede ver como la ventana TCP varía durante una transferencia:

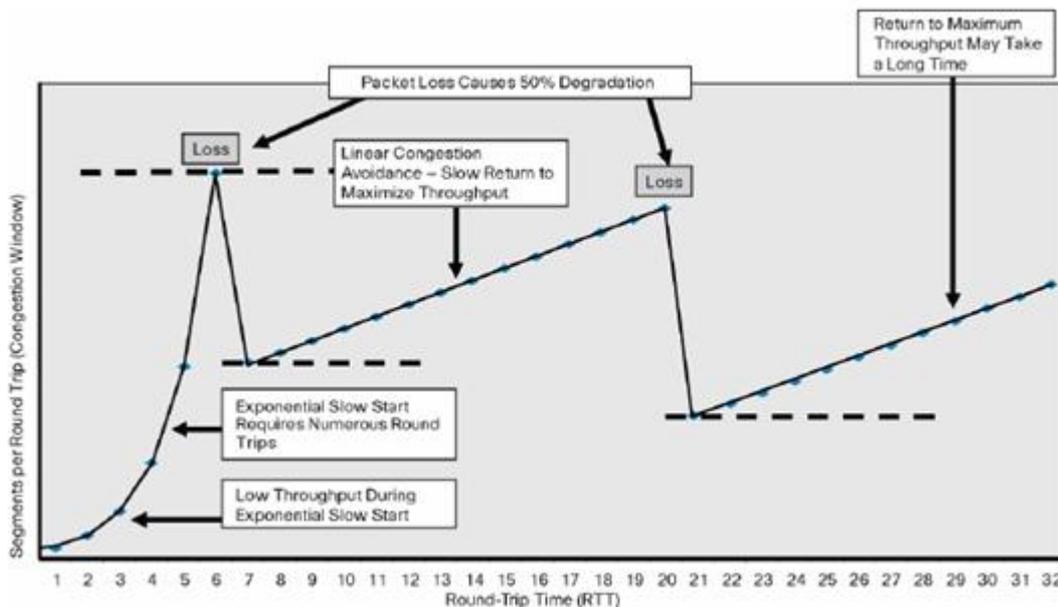


Figura 7: Variación de la Ventana TCP en función del tiempo

Al comienzo de una conexión TCP nueva, la ventana es normalmente baja y aumenta de forma exponencial (Slow-Start) al realizar una transferencia de datos, hasta que se produce la pérdida de paquetes en la transmisión y se llega a un estado de congestión. Al perder paquetes y tenerlos que retransmitir, la ventana es reducida automáticamente a la mitad del valor anterior. De aquí en más crecerá de forma lineal y no exponencial hasta que nuevamente se llegue al estado de congestión. Por lo tanto la ventana no es constante durante una transmisión, siempre trata de tomar todo el ancho de banda disponible.

El problema del sistema estándar de manejo de las ventanas TCP es que fue diseñado en los años 1970s y luego modificado en los 1990s, cuando las redes eran tecnológicamente diferentes a las actuales. Las velocidades disponibles en la actualidad son mucho mayores a las redes típicas de hace 20 años y su confiabilidad en muchos casos también es mayor. Estas diferencias provocan que las ventanas TCP comiencen con un valor muy bajo y que el

crecimiento no sea suficiente para llegar rápidamente a un estado de congestión. De esta forma se subutilizan los enlaces y el throughput real es mucho menor a la velocidad del canal.

5.2.2.7. Pérdida de Paquetes de la Red

Las pérdidas de paquetes en las redes causan retransmisiones en el protocolo TCP. La mayor causa de pérdidas de paquetes en las redes actuales es debida a la congestión de los enlaces o ruteadores y no a la tecnología o medio utilizado que son muy confiables. Cuando un enlace congestionado descarta un paquete de datos, TCP debe retransmitir todo el segmento TCP definido por la ventana RWIN.

Este proceso de descarte de paquetes causa que una pequeña probabilidad de descarte de paquetes ocasione un impacto grande en las velocidades de transferencia cuando el RWIN es alto. A continuación se puede observar una gráfica donde vemos que para un enlace internacional de 100ms de RTT, utilizando paquetes de 1250 bytes de tamaño, un 0.1% de probabilidad de pérdida de paquetes causa que las transferencias de datos TCP no puedan superar los 10Mbps, sin importar la velocidad real del enlace:

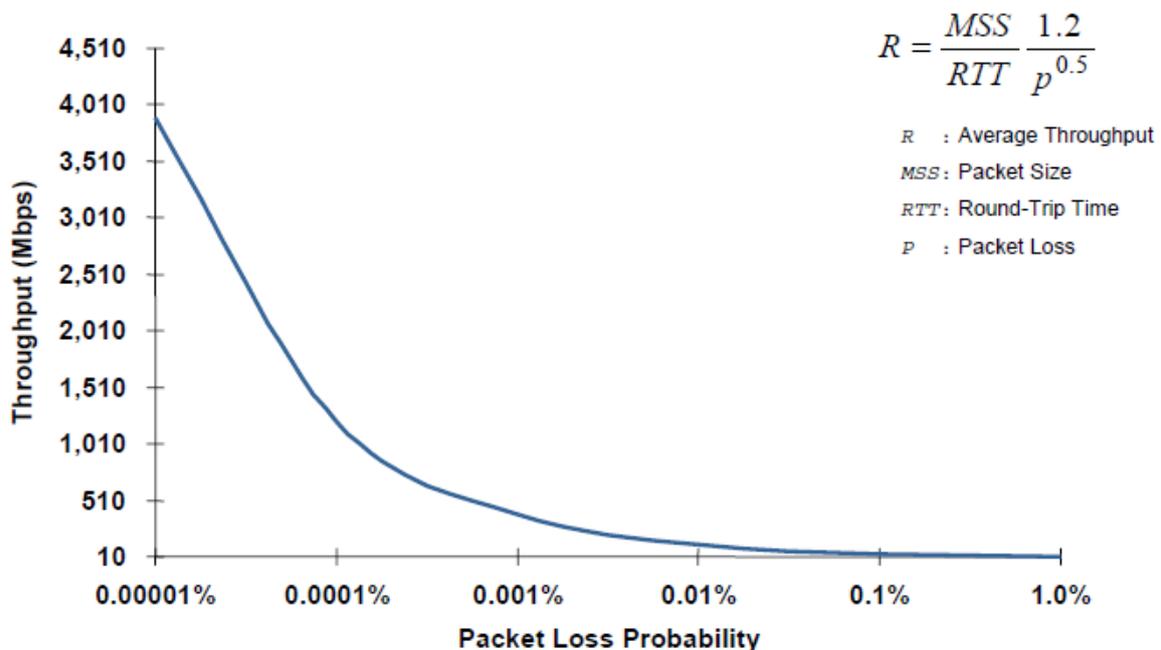


Figura 8: Variación del Throughput en función de la pérdida de paquetes

5.2.3. Resumen de los Problemas Típicos de los Enlaces de WAN

Tabla 1: Resumen de los Problemas Típicos de las WAN

Problema	Resumen
Saturación del Enlace	Cuando la cantidad de información que se quiere transmitir supera la capacidad del enlace, se produce un estado de saturación que primero aumenta la latencia y luego puede generar pérdida de paquetes
Latencia de la Red	Tiempo necesario para que un mensaje atraviese la red, normalmente relacionado con la tecnología utilizada
Latencia de Transporte	Tiempo necesario para que el mecanismo de transporte de una red, como TCP (Transmission Control Protocol), se cerciore que la información llegue correctamente al destinatario
Latencia de Aplicación	Tiempo necesario para que una aplicación concluya las funciones y operaciones que realiza habitualmente
Jitter de la Red	Las diferencias de la latencia causadas por saturación variable de los enlaces y/o el uso de múltiples caminos en las redes MPLS provocan una variación de la Latencia de la Red en el tiempo, que es llamada Jitter. Puede provocar problemas en aplicaciones que funcionan en tiempo real, por ejemplo para video conferencia, Voz sobre IP, etc.
Pérdida de paquetes de la WAN	Las pérdidas de paquetes en las redes causan retransmisiones en el protocolo de transporte y hasta a nivel aplicación si se exceden los tiempos máximos o timers de la aplicación

5.2.4. Optimizaciones de los enlaces WAN

5.2.4.1. Optimización de la Latencia de la Red

Existen varios mecanismos para optimizar la latencia de la red:

- El más simple desde el punto de vista de la red es cambiar la tecnología utilizada para la transmisión de los datos. Como ya lo comentamos, esta opción no siempre está disponible y menos en los países latinoamericanos. Se requieren grandes inversiones en infraestructura para actualizar una tecnología de backbone dentro de una empresa de telecomunicaciones, nuevos tendidos de cables de fibra óptica y equipamiento avanzado que normalmente solo llega a las ciudades importantes, donde se justifican económicamente dichas inversiones por la densidad de clientes potenciales.
- El uso de compresión de datos. Al comprimir los datos, se requiere transferir menos información. De esta forma se baja la latencia al transmitir menos bits. Los compresores de datos existen desde hace muchos años y su costo es comparativamente mucho menor al cambio de la tecnología de WAN.
- Data Referencing o de-duplicación de datos. Esta técnica ataca al tráfico repetitivo en un enlace, que es muy común en redes con múltiples usuarios. Por ejemplo si cada persona dentro de una sucursal ingresa a una Intranet o página web interna, existe mucha información que se transmite más de una vez a cada usuario como fotos, texto, etc. Lo mismo pasa si el mismo email se envía a todo el personal en forma de una circular o si el inicio de una consulta a una base de datos trae siempre los mismos valores iniciales. Los equipos que optimizan por de-duplicación se dividen en dos tipos: Los basados en archivos como los llamados “Cache” y los basados en patrones de tráfico que son más sofisticados. Los optimizadores de WAN basados en patrones de tráfico generan una base de datos local con patrones de tráfico y luego al recibir un nuevo tráfico comparan el mismo con su base de datos. Si llegan a existir coincidencias solo envían un índice o “Signatura” en lugar de enviar todo el tráfico.

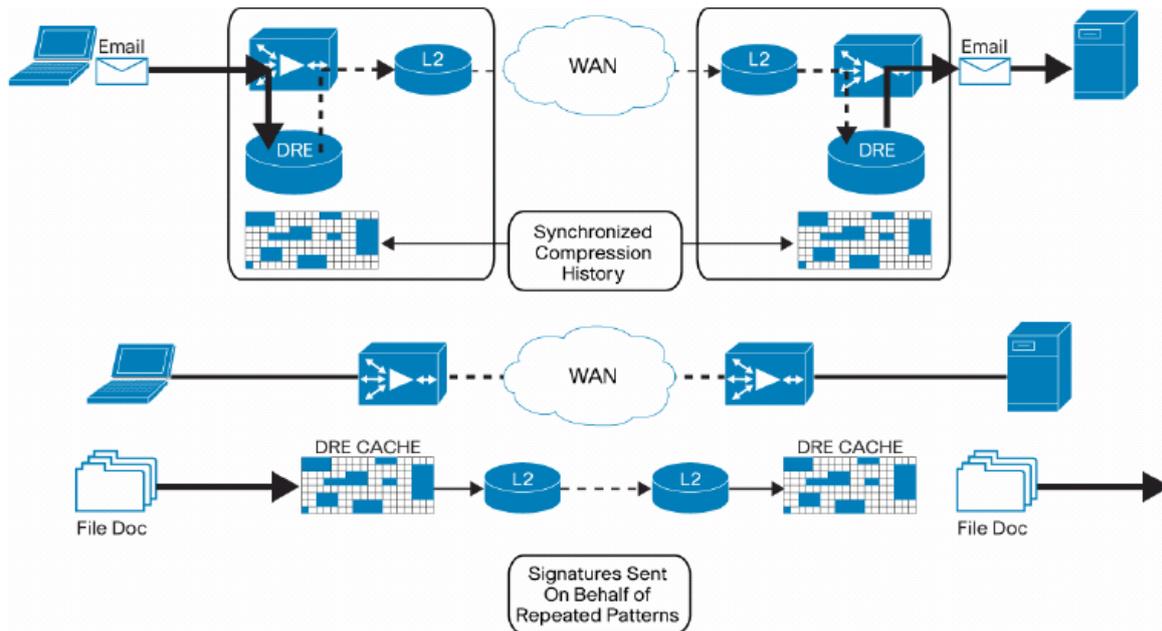


Figura 9: Funcionamiento de la de-duplicación de datos

5.2.4.2. Optimización de la Latencia del Protocolo de Transporte mediante la Aceleración TCP

El principal mecanismo de optimización del protocolo de transporte es llamado Aceleración o Spoofing TCP. Los aceleradores TCP pueden ser equipos independientes o estar integrados dentro de dispositivos de red como routers o compresores. La principal función es la de responder localmente al tráfico TCP de forma que la latencia del enlace no sea una limitante del throughput. Estos equipos ajustan las ventanas de TCP a los valores óptimos para el enlace e implementan versiones modificadas del protocolo TCP dentro de la WAN para mejorar la performance.

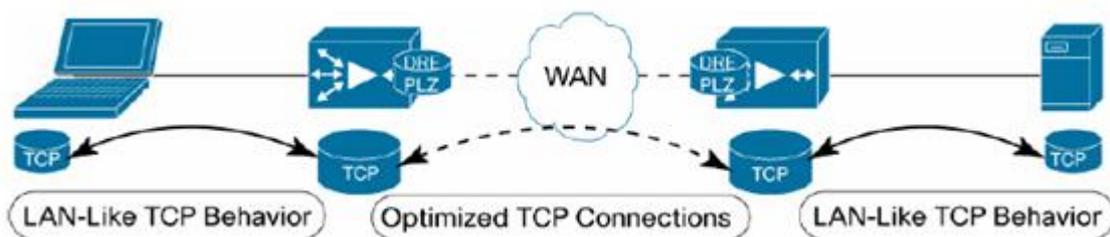


Figura 10: Aceleración TCP

5.2.4.3. Optimización de la Latencia del Protocolo de Transporte mediante el manejo adaptativo de la congestión

Las RFCs 1323, 2001, 2581, 2582, 3090 y 3649 tratan las limitaciones del funcionamiento de las ventanas TCP e introducen los conceptos de TCP Options, Selective Acknowledgements Options, Fast Recovery Algorithm, TCP Initial Window y HS TCP (High Speed TCP o TCP de alta velocidad). En todos los casos se intenta mejorar la performance del protocolo TCP en redes de alta velocidad.

En el siguiente diagrama se puede ver el comportamiento de las ventanas TCP cuando se aplica aceleración TCP y los nuevos métodos para controlar la congestión:

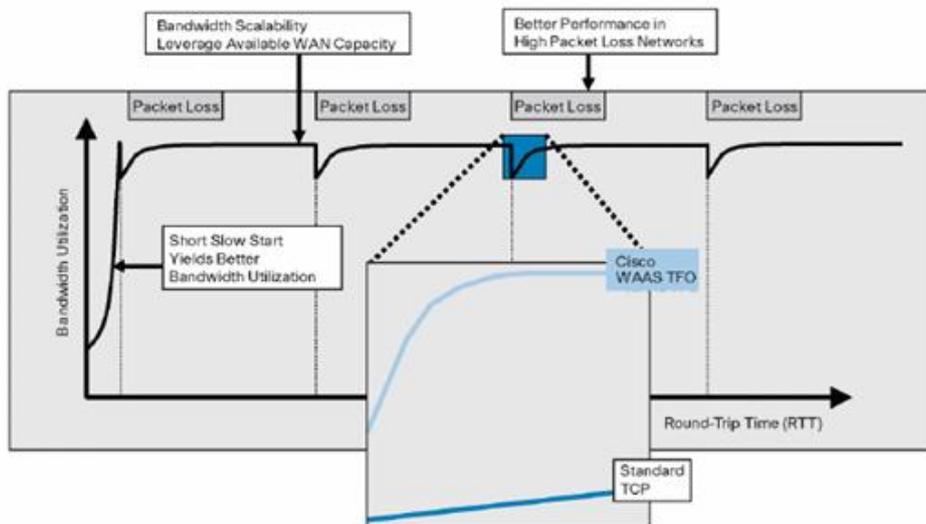


Figura 11: Manejo adaptativo de la congestión

La ventana inicial es mayor al estándar TCP y el método de short Slow-Start incrementa rápidamente la ventana hasta llegar al límite del enlace.

Al llegar al estado de congestión, en lugar de reducir la ventana TCP a la mitad, solo se baja al 85% del valor anterior con lo cual la velocidad de transferencia no bajará abruptamente. Luego se produce un incremento gradual de la ventana que intenta ajustar el valor al máximo posible sin llegar a la congestión.

5.2.4.4. Optimización de la Latencia de las Aplicaciones

Las formas posibles de optimizar la latencia de las aplicaciones son:

- Modificar la aplicación para que funcione correctamente en enlaces con latencia. Esta técnica solo es posible de realizar en aplicaciones propietarias creadas para un uso específico. Las corporaciones normalmente utilizan aplicaciones comerciales enlatadas y no específicas. De esta forma es necesario involucrar al desarrollador de la aplicación comercial para modificarla. En la mayoría de los casos no es una tarea viable, ya que el desarrollador tiene una agenda distinta y otras prioridades.
- Cambiar la aplicación por otra más eficiente. Si bien esta opción es posible, muchas veces las multinacionales no quieren realizar cambios de aplicaciones porque son muy costosos. Tampoco es muy aceptado el uso de aplicaciones diferentes en distintas regiones para realizar tareas similares.
- Instalar aceleradores de aplicaciones. Estos equipos normalmente están desarrollados para las aplicaciones más utilizadas por las corporaciones y pueden optimizar la performance sin tener que cambiar la plataforma ni realizar cambios en las aplicaciones. Normalmente pueden acelerar: HTTP (Intranet, Internet), HTTPs (HTTP seguro/SSL), CIFs (Transferencias de Windows), FTP (File Transfer Protocol), POP/SNMP/IMAP/MAPI (Correo electrónico), Lotus Notes, SAP, Oracle Forms, etc.

5.2.5. Resumen de las Soluciones Posibles

Problema	Soluciones Posibles
Saturación del Enlace	<ul style="list-style-type: none"> • Incrementar la velocidad del enlace. Al llegar a la velocidad máxima es necesario cambiar la tecnología de la red utilizada. • Comprimir y de-duplicar la información a transmitir mediante un acelerador de WAN.
Latencia de la Red	<ul style="list-style-type: none"> • Cambiar la tecnología de la red utilizada. • Comprimir y de-duplicar la información a transmitir mediante un acelerador de WAN. Al tener que transmitir menos información, se tarda menos tiempo
Latencia de Transporte	<ul style="list-style-type: none"> • Cambiar la tecnología de la red utilizada. • Cambiar el protocolo de transporte utilizado por todos los servidores y máquinas de la red. • Optimizar el protocolo de transporte mediante un acelerador de WAN. Se utilizan características como Selective Acknowledge, TCP initial Windows y High Speed TCP.
Latencia de Aplicación	<ul style="list-style-type: none"> • Cambiar la tecnología de la red utilizada. • Cambiar las aplicaciones por otras que se adapten mejor a los problemas de latencia y pérdida de paquetes. • Optimizar las aplicaciones mediante un acelerador de WAN.
Jitter de la Red	<ul style="list-style-type: none"> • Cambiar la tecnología de la red utilizada. • Optimizar la red existente mediante un acelerador de WAN. Por ejemplo mediante el uso de pre-catching y protocolos de transporte más eficientes.
Pérdida de paquetes de la WAN	<ul style="list-style-type: none"> • Incrementar la velocidad del enlace si los descartes son generados por saturación de los enlaces • Cambiar la tecnología de la red utilizada. • Optimizar la red existente mediante un acelerador de WAN.

Por ejemplo mediante el manejo adaptativo de la congestión.

5.2.6. Integración de los Optimizadores de WAN en las Redes Actuales

Los optimizadores o aceleradores de WAN son equipos que se pueden utilizar para mejorar la performance de las redes sin cambiar la arquitectura de la WAN. Como vimos en el capítulo anterior, pueden comprimir y de-duplicar los datos para reducir el ancho de banda necesario al mismo tiempo que reducen la latencia, aceleran el protocolo de transporte, las aplicaciones y mitigan los efectos de las pérdidas de paquetes optimizando el protocolo de retransmisión de la información.

Los aceleradores se pueden integrar a las redes de diferentes formas, dependiendo de la marca de optimizador utilizada y las características de las redes. Parte de la selección del proveedor de estos equipos radica en encontrar una solución que se adapte mejor a la mayoría de los casos y que sea simple de implementar.

La integración de red más simple es la llamada “En Línea” o “En Serie” con el tráfico, ya que el equipo acelerador se coloca entre el router de WAN y la red LAN. Esta forma de integración en conjunto con el uso de transparencia de red, que integra el acelerador como un bridge o switch a la red sin modificar direccionamiento o ruteo IP, permite una rápida integración ya que se preserva la configuración IP y el ruteo previo, es decir que no es necesario cambiar la configuración del router del sitio. Además permite que también se mantenga la calidad de servicio, ya que los paquetes de datos que transitan la WAN no cambian los encabezados IP ni los puertos TCP utilizados originalmente.

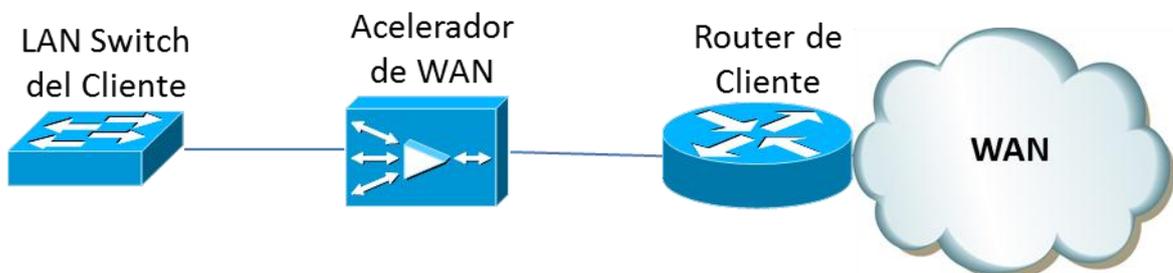


Figura 12: Integración Serie del Acelerador en la Red

Existe también otro tipo de integración llamada integración “Fuera de Línea” o “En Paralelo”, donde el acelerador se interconecta al router del cliente mediante una interface dedicada. El uso de transparencia puede mantener la calidad de servicio existente en esta topología, pero será necesario de todas formas configurar un tipo de interceptación de tráfico en el router que permita que el tráfico llegue al acelerador y pueda funcionar la optimización. Entre los métodos de interceptación más comunes se encuentran los “Policies” o políticas de enrutamiento, el cambio del ruteo o el protocolo WCCP (Web Cache Communication Protocol). Si bien este tipo de topología parece más compleja en principio, en algunos casos que requieren redundancia de aceleradores con balanceo de tráfico o en grandes Data Centers que no permiten que se interrumpa el tráfico por temas de disponibilidad hace viable este tipo de topología.

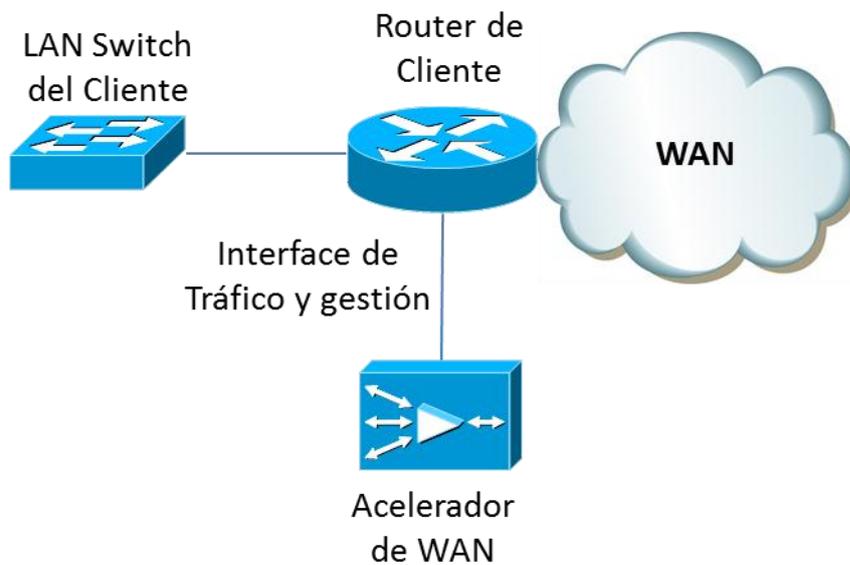


Figura 13: Integración Paralela del Acelerador en la Red

5.3. Antecedentes

Se ha analizado el mercado corporativo de telecomunicaciones, las arquitecturas de redes que se requieren y los tipos de enlaces de WAN que utilizan las empresas para dar conectividad a sus sucursales.

Se observó una tendencia marcada hacia la concentración de las empresas en grupos económicos que favorece la consolidación de los recursos de IT de las corporaciones en Data Centers. También se evidenció una tendencia contrapuesta en las empresas que apunta a la distribución geográfica de la fuerza de venta y el empleo del Home Office. Muchos sitios no pueden moverse geográficamente ni centralizarse por ser fábricas localizadas estratégicamente en zonas francas o con acuerdos de reducción de impuestos, centros de distribución o zonas rurales, minas o pozos de extracción de petróleo. Se hace evidente la necesidad de una infraestructura de conectividad que no está disponible en todas las regiones de Latinoamérica.

Los enlaces de WAN disponibles en Latinoamérica son muy dispares comparados con otras regiones como Norteamérica o Europa. Existen diferencias marcadas entre los distintos países y aún más entre regiones de un mismo país. Normalmente las principales ciudades cuentan con una conectividad aceptable, pero en ciudades más pequeñas o alejadas es mucho más complejo para las empresas. La conectividad internacional tampoco está al nivel de otras regiones. Para las multinacionales es un tema complejo ya que no existe ninguna empresa de telecomunicaciones que pueda cubrir todas las ciudades latinoamericanas con red propia.

La optimización de WAN se basa en contrarrestar la baja velocidad de los enlaces, la pérdida de paquetes y la latencia de la red, de la capa de transporte y de las aplicaciones. Analizamos en detalle los distintos métodos de optimización, siendo los mismos: Un cambio de la tecnología de red, uso de compresión, de-duplicación de datos, aceleración TCP, manejo adaptativo de la congestión, la modificación y cambio de las aplicaciones para adaptarlas a la WAN y la aceleración de aplicaciones con equipamiento externo. Con estas premisas se avanzó a analizar el modelo de negocio y la selección de proveedores.

5.3.1. Modelo de Negocio y Factibilidad

Los sistemas de optimización de WAN pueden ser integrados por las empresas que los necesitan, por una empresa especializada o por las empresas de telecomunicaciones que brindan los servicios de conectividad.

Las empresas que necesitan estos optimizadores no suelen contar con especialistas en sistemas de comunicación ni en IT. Normalmente no cuentan con personal que pueda integrar los optimizadores ni darles el soporte adecuado. En las empresas globalizadas existe la tendencia de tercerizar los servicios de telecomunicaciones y de IT, para enfocarse en su negocio principal.

Las empresas especializadas normalmente venden el equipamiento y tienen personal que puede integrar los optimizadores y mantenerlos correctamente, pero no conocen en detalle las características de la red de telecomunicaciones. Ante un problema con un sitio o sucursal existirán dos proveedores (El de servicio de conexión de WAN y el que administra los optimizadores), con lo cual no queda muy claro para el cliente quien será el responsable de solucionar una falla. La venta de equipamiento en lugar de ofrecer un servicio le genera al cliente un costo inicial alto porque deberán comprar hardware propio. Las empresas que necesitan estos optimizadores suelen preferir no ser dueñas del equipamiento de telecomunicaciones y pagar un abono mensual.

Para este Proyecto Final de Ingeniería partimos de la premisa que la optimización de WAN será integrada por la empresa de telecomunicaciones que brinda el servicio de conectividad. Creemos que esta es la mejor forma de integración porque hacia el cliente existe una sola empresa responsable ante una falla. Las empresas de telecomunicaciones tienen personal altamente capacitado en este tipo de equipos y pueden brindar servicios en lugar de venta de equipamiento.



Figura 14: Modelo de Negocio

La empresa de telecomunicaciones, en este caso Level 3 Communications, comprará equipos al proveedor o fabricante del equipamiento de optimización de WAN, contratando además un servicio de soporte para los equipos al mismo proveedor o a un representante oficial local si el proveedor no tiene soporte local en todos los países de Latinoamérica. El motivo del soporte es para contar con la posibilidad de interactuar directamente con el proveedor ante una falla al encontrar un bug, cumplir con los SLA (Service Level Agreement) de nuestros clientes y poder requerir actualizaciones de software o solucionar un problema si es necesario con tiempos de respuesta pautados por contrato y hasta transferirle punitivos de nuestros clientes si ocurre una falla grave. El servicio de optimización de WAN se ofrece como un servicio complementario al abono mensual que los clientes pagan por sus enlaces.

5.3.2. Modelo de evaluación de 5C y 4P's

Tabla 2: Modelo de Evaluación de 5C y 4P

<p>CONTEXTO MACROECONOMICO</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Inflación Dólar. 2. Importaciones restringidas. 3. Crecimiento sostenido de la región. 	<p>PRODUCTO</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Consultoría para la implementación de Optimización de WAN. 2. Servicios de Optimización de WAN. 3. Complemento al servicio de Telecomunicaciones. 	<p>COMPETENCIA</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Verizon, AT&T, BT. 2. No hay competencia local especializada.
<p>PLAZA</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Staff de Vendedores propios. 2. Asesores de Servicios de consultoría. 	<p>CLIENTES</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Multinacionales 2. Corporaciones LATAM 3. Oil & Gas, Mineras 	<p>PROMOCION</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Exposiciones. 2. Convenciones. 3. Revistas especializadas.
<p>COLABORADORES</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Empleados. 2. Empresas contratistas. 3. Partners locales 	<p>PRECIO DE MI SERVICIO</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Única oferta regional. 2. Basado en la calidad y no en el precio del servicio. 	<p>COMPAÑÍA PROPIA</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Multinacional. 2. Trayectoria. 3. Presencia Global.

Fuente: Elaboración Propia

5.3.3. Análisis FODA

Tabla 3: Análisis FODA

		INTERNAS	
FODA Acciones Estratégicas		Fortalezas	Debilidades
EXTERNAS	Oportunidades	<ol style="list-style-type: none"> 1. Staff de Vendedores propios. 2. Experiencia previa en Optimización de WAN. 3. Presencia Global. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Precio global (no local). 2. Soluciones estándar y no a medida.
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Única Oferta Regional. 2. Complemento a Servicios Existentes. 3. Falta de Competencia local especializada. 	<p>F1-O1: Agregar el servicio a la cartera actual</p> <p>F2-O3: Dar a conocer los casos de éxito</p> <p>F3-O2: Ofrecer un servicio global de optimización</p>	<p>D1-O1: Mantener los precios globales (dolarizado)</p> <p>D2-O3: Se pueden mantener las soluciones estándar</p>
	Amenazas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Inflación Dólar. 2. Importaciones restringidas. 3. Ingreso de competidores globales a la región. 	<p>F1-A2: Adelantar compras usando Forecast previsto.</p> <p>F2-A1: Prever la inflación futura.</p> <p>F3-A3: Incrementar la presencia local.</p>

Fuente: Elaboración Propia

5.3.4. Proyecto de Consolidación de Data Centers

Tomaremos como ejemplo para este proyecto la propia red corporativa de Level 3, ya que actualmente existe un proyecto de consolidación de los Data Centers que operan la Intranet en la empresa y justamente se observan problemas generados por la latencia en sitios remotos como Sudamérica, África y Asia.

Global Crossing adquirió en 2003 a una europea con base en el Reino unido para ampliar su red y la capilaridad. Lo mismo hizo en 2004 con Impsat, ya que no contaba con red en Latinoamérica. En 2011 Level 3 adquirió Global Crossing convirtiendo a la empresa resultante en uno de los principales proveedores de fibra óptica submarina y enlaces internacionales. Desde hace varios años se está trabajando en la integración global, no solo de las redes sino también de los recursos de IT, aplicaciones y sistemas. Luego de un análisis detallado, el grupo de IT decidió que por economía de escala es conveniente que los nuevos sistemas que se están desarrollando estén centralizados en los Data Center de Norte América.

La red actual corporativa tiene equipamiento de Data Center en los siguientes países:

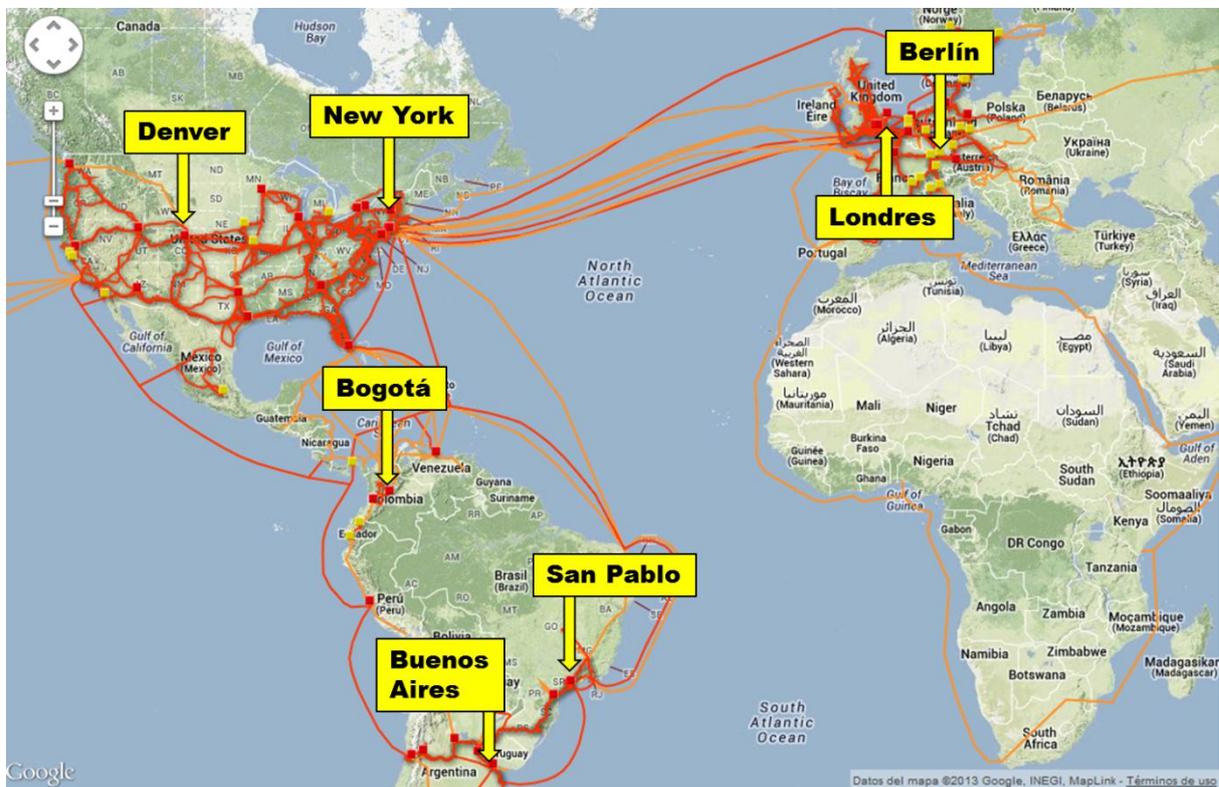


Figura 15: Data Centers corporativos desplegados en la actualidad

Este proyecto tiene como objetivo la consolidación de los siete Data Centers actuales en solo dos. Para optimizar las aplicaciones y performance se planea instalar optimizadores de WAN en todas las capitales de países donde la empresa tiene oficinas con muchos usuarios.

El plan inicial consta de la instalación de equipamiento de aceleración de WAN en los 2 Data Centers y en las principales 12 ciudades con más empleados de la compañía:

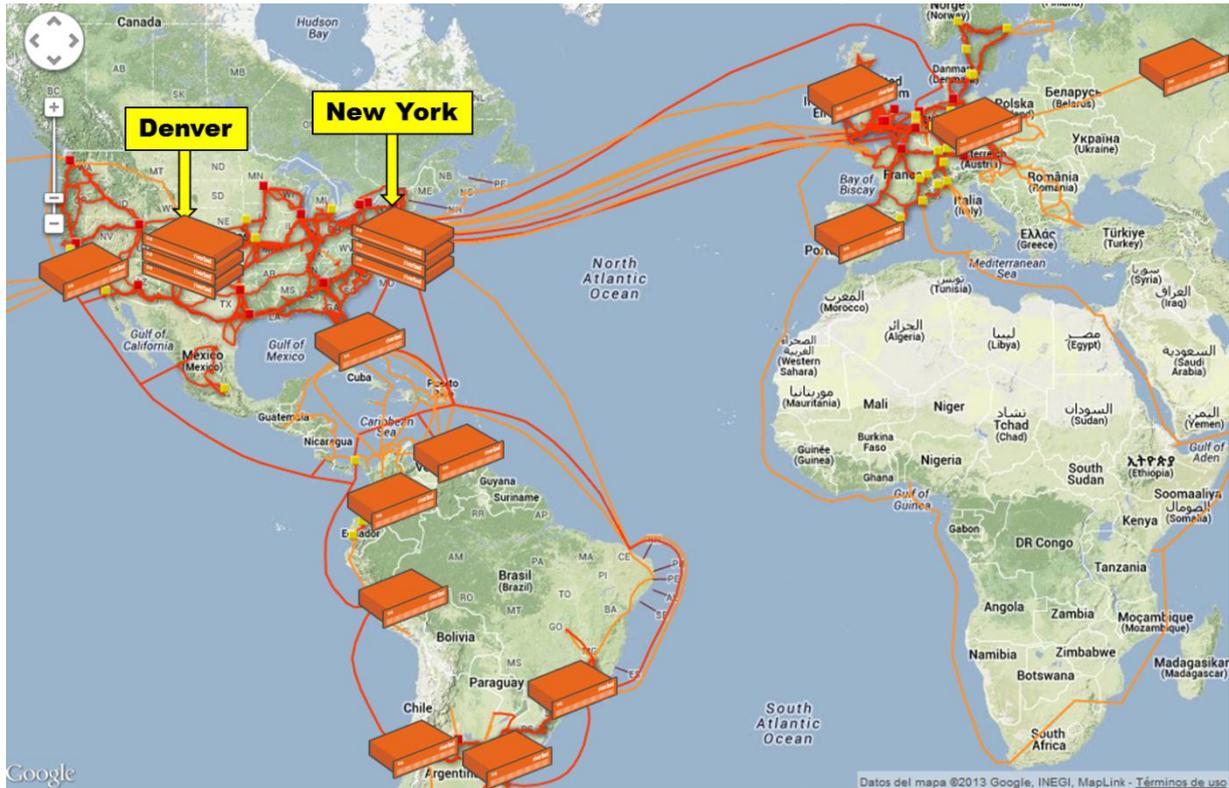


Figura 16: Data Centers corporativos y optimizadores desplegados a Futuro

Los sitios seleccionados para instalar los optimizadores de WAN basado en la cantidad de usuarios simultáneos de red son:

Tabla IV: Sitios Seleccionados para instalar optimizadores de WAN

ID	Ciudad	Usuarios de Red
1	Buenos Aires, Argentina	500
2	San Pablo, Brasil	500
3	Santiago, Chile	150
4	Bogotá, Colombia	250
5	Lima, Perú	250
6	Caracas, Venezuela	150
7	Miami, USA	750
8	San Francisco, USA	750
9	Londres, Inglaterra	500
10	Madrid, España	100
11	Berlín, Alemania	100
12	Moscú, Rusia	100
	Denver / New York - USA	

Fuente: Elaboración Propia

5.4. Metodología y Desarrollo

5.4.1. Selección de Proveedores

En Level 3 existe una política global de selección de proveedores que incluye una licitación privada iniciada por una RFI (Request for Information), luego una RFP (Request for Proposal) si hay un proveedor nuevo, seguido por una negociación de precios, para terminar con un contrato de compra y soporte global que incluyen descuentos por cantidad considerando las compras realizadas en todos los países como una sola empresa. Estas tareas las comanda el área de Procurement junto con las áreas de Arquitectura, Ingeniería, Planning, Legales y Finanzas.

Level 3, con más de 25 años de experiencia y operación en la región (Primero como Impsat pasando por Global Crossing), cuenta con contratos existentes con la mayoría de los proveedores importantes de equipamiento de transmisión de datos. Esto facilita la incorporación de nuevos productos muchas veces sin tener que firmar nuevos contratos o negociaciones prolongadas de descuentos o contrato de soporte.

En el caso de los aceleradores WAN, Level 3 ha instalado varias redes de este tipo en la región en estos últimos años mediante el uso de Special Cases (Casos especiales), los cuales le permiten a la empresa comprar equipamiento no estándar para ofrecer servicios a la medida de ciertos clientes importantes. Por lo tanto se cuenta con experiencia previa en el uso de este tipo de tecnología en las áreas de Arquitectura, Ingeniería, Planning, Instalaciones, Assurance, Ventas y Capacitación.

La homologación interna y certificación de los equipos optimizadores de WAN a nivel mundial para Level 3 quedó a cargo del grupo de Arquitectura de Latinoamérica, dado que ya se cuenta con experiencia previa, por lo cual los resultados del proceso serán válidos globalmente para la compañía.

Durante el proceso de selección normalmente se elige un Short-list (Lista corta) de proveedores basándose solamente en la experiencia previa con el proveedor, market share de la solución en particular y el nivel de avance de la tecnología en cada proveedor. De este

short-list de 4 o 5 proveedores luego se eligen 1 o 2 para ofrecer el servicio basándose en temas estratégicos, contractuales y de precios.

Los principales proveedores de tecnología de optimización de WAN son: Riverbed Technology, Cisco Systems, Citrix, Blue Coat, Exinda Networks y F5, entre otros. Riverbed es el líder del mercado con un 45% del Market Share, seguido por Cisco con el 25%. Los otros proveedores se reparten el 30% restante. Esta información se puede verificar en el último Magic Quadrant de optimizadores de WAN de la consultora Gartner:



Figura 17: Magic Quadrant de WAN Optimization Controllers

Fuente: Gartner (Abril 2013)

El Magic Quadrant no solo da un estado del market share la tecnología a nivel global, sino que también define el estado del arte de cada proveedor, con los puntos a favor y en contra de cada uno. En este caso podemos ver que Riverbed está solo en el cuadrante de los líderes y que Cisco está solo también en el cuadrante de los Challengers, seguido luego por el grupo de visionarios en donde se ubican Citrix, Blue Coat, Exinda y otros. F5 es considerado un jugador de nicho.

El short-list incluye a los siguientes proveedores, basados en las especificaciones de los equipos, relación previa con el proveedor y estado del arte de la tecnología: Blue Coat, Cisco Systems, Citrix, Exinda y Riverbed.

5.4.1.1. Matriz de Selección

En base en las hojas de datos de los equipos, una RFI elaborada internamente por el grupo de Arquitectura de Level 3 y cotizaciones con precios de lista que están adjuntadas en el Anexo A, realizamos la siguiente matriz de Selección:

Tabla II: Matriz de Selección de Proveedores

Especificaciones	Peso	Blue Coat	Cisco	Citrix	Exinda	Riverbed
Precio de lista y relación con el proveedor	20%	5%	15%	11%	19%	14%
Línea de equipos disponibles	10%	2%	10%	5%	5%	9%
Hardware de comunicaciones	20%	15%	19%	0%	10%	19%
Hardware de aceleración	20%	12%	18%	0%	10%	19%
Aplicaciones que acelera	20%	10%	18%	20%	15%	20%
Sistema Operativo / Software de gestión	10%	5%	10%	7%	8%	10%
Puntaje Obtenido	100%	49%	90%	43%	67%	91%

Fuente: Elaboración Propia

De esta matriz de selección se tomó a Riverbed y Cisco para hacer la selección final, ya que los otros proveedores no obtuvieron una buena calificación en la comparativa. Tanto

Riverbed como Cisco son proveedores actuales de Level 3 y existe una buena relación, llegando a ser Partners en ambos casos.

Los motivos principales que ocasionaron pérdida de puntaje en los otros proveedores fueron los siguientes:

- **Blue Coat:** Es una tecnología de proxy cache (Llamada ProxySG) más que de patrones de tráfico, optimizada para servicios de internet y no tanto para servicios corporativos. Está especializada también en optimización para Cloud-Computing (La nube) como SaaS (Software as a Service), aceleración asimétrica de entornos Web y streaming de video. Con el producto PacketShaper tienen opciones de control de ancho de banda basado en DPI (Deep packet inspection) a nivel capa 7, pero carecen de optimizaciones para muchas de las aplicaciones corporativas más usadas. La línea de equipos solo cubre el rango medio-alto de los clientes corporativos y el precio del equipamiento es comparativamente elevado. La solución de PacketShaper no está integrada con la de ProxySG, por lo cual no se puede hacer uso de las capacidades complementarias de estos equipos sin comprar ambas tecnologías. No tiene soporte de optimización de usuarios hogareños o móviles, ni tampoco interfaces de 10Gbps para los equipos de Data Center; solo tiene interfaces de 1Gbps y el uso de Clusters para más velocidad.
- **Citrix:** La solución de Citrix es completamente diferente a las otras soluciones ya que utiliza la virtualización de usuarios dentro de servidores remotos en lugar de tratar de optimizar las aplicaciones de forma local. Es decir que los usuarios ejecutan remotamente las aplicaciones mediante un escritorio remoto virtual y la aplicación es acelerada por el simple hecho de tener los usuarios virtualizados conectados en el mismo Data Center donde están los servidores de aplicaciones. Al consultar con el grupo de IT, ellos no aceptaron esta solución ya que la experiencia del usuario no es la misma. El manejo y generación de archivos grandes de forma local es complejo, la impresión local es lenta y de todas formas existe un retraso o lag al acceder al server Citrix desde puntos muy distantes. El esquema de licenciamiento tiene un costo similar a las otras tecnologías, por lo cual tampoco existe una ventaja económica en este caso.

- **Exinda:** Es una empresa relativamente nueva, que continúa mejorando, agregando características y aumentando la performance de sus equipos. Está enfocada predominantemente en el mercado medio, como Pymes y el sector de educación. Es un sistema muy fácil de instalar y operar, pero carece de la aceleración de protocolos importantes como MAPI (Correo de Exchange) o SMB3 (File Sharing de Windows), por lo cual complica su instalación en ambientes corporativos. No tiene aún soluciones cloud o virtualizadas. Exinda es una empresa relativamente pequeña, por lo cual el soporte local en todos los países de la región no es completo y tampoco cuentan con Partners locales importantes. Si bien el costo de los equipos es muy competitivo no se puede incluir al proveedor en esta oportunidad, pero si mantener un contacto con el proveedor ya que es muy prometedor a futuro.

5.4.1.2. Evaluación Económica

En base a la red corporativa actual de Level 3, se analizó el costo de implementación de los optimizadores y se comparó con los beneficios obtenidos luego de la consolidación de los Data Centers. Los costos fueron realizados tanto para Cisco como para Riverbed utilizando los precios de lista sin ningún tipo de descuento, de forma de poder comparar ambas tecnologías en el aspecto económico.

Cisco

El presupuesto de Cisco es el siguiente:

Tabla 5: Presupuesto de Cisco (En Dólares Estadounidenses)

Sitio	Total de Usuarios	Conexiones TCP	Velocidad de WAN (Mbps)	Cantidad de equipos	Modelo	Precio de Lista por Unidad
Central Manager	20	0	10	2	WAVE-294-K9	\$ 11.900,00
Bs Aires, Argentina	500	4000	200	2	WAVE-694-K9-24GB-INL4	\$ 33.875,00
San Pablo, Brasil	500	4000	200	2	WAVE-694-K9-24GB-INL4	\$ 33.875,00
Santiago, Chile	150	1350	100	1	WAVE-694-K9-24GB-INL4	\$ 33.875,00
Bogotá, Colombia	250	2000	150	2	WAVE-694-K9-24GB-INL4	\$ 33.875,00
Lima, Peru	250	2000	150	1	WAVE-694-K9-24GB-INL4	\$ 33.875,00
Caracas, Venezuela	150	1350	100	1	WAVE-694-K9-24GB-INL4	\$ 33.875,00
Spare 694	0	0	0	2	WAVE-694-K9-24GB-INL4	\$ 33.875,00
Miami, USA	750	6000	250	2	WAVE-7541-K9-INL8	\$ 97.375,00
San Francisco, USA	750	6000	250	2	WAVE-7541-K9-INL8	\$ 97.375,00
Londres, Inglaterra	500	4000	200	2	WAVE-694-K9-24GB-INL4	\$ 33.875,00

Madrid, España	100	900	200	1	WAVE-694-K9-24GB-INL4	\$ 33.875,00
Berlin, Alemania	100	900	200	1	WAVE-694-K9-24GB-INL4	\$ 33.875,00
Moscu, Rusia	100	900	200	2	WAVE-694-K9-24GB-INL4	\$ 33.875,00
Spare 7541	0	0	0	2	WAVE-7541-K9-INL8	\$ 97.375,00
Denver - USA	0	32500	1000	2	WAVE-8541-K9-10G	\$ 289.000,00
New York - USA	0	32500	1000	2	WAVE-8541-K9-10G	\$ 289.000,00
Costo Total						\$ 2.339.925,00

Riverbed

El presupuesto de Riverbed es el siguiente:

Tabla 6: Presupuesto de Riverbed (En Dólares Estadounidenses)

Sitio	Total de Usuarios	Conexiones TCP	Velocidad de WAN (Mbps)	Cantidad de equipos	Modelo	Precio de Lista por Unidad
Consola CMC	20	0	10	2	CMC8150	\$ 16.495,00
Bs Aires, Argentina	500	4000	200	1	Steelhead 6050	\$ 129.995,00
San Pablo, Brasil	500	4000	200	1	Steelhead 6050	\$ 129.995,00
Santiago, Chile	150	1350	100	1	Steelhead 5050-H	\$ 71.995,00
Bogotá, Colombia	250	2000	150	1	Steelhead 5050-H	\$ 71.995,00
Lima, Perú	250	2000	150	1	Steelhead 5050-H	\$ 71.995,00
Caracas, Venezuela	150	1350	100	1	Steelhead 5050-H	\$ 71.995,00
Repuestos 5050	0	0	0	1	Steelhead 5050-H	\$ 71.995,00
Miami, USA	750	6000	250	1	Steelhead 6050	\$ 129.995,00
San Francisco, USA	750	6000	250	1	Steelhead 6050	\$ 129.995,00
Londres, Inglaterra	500	4000	200	1	Steelhead 6050	\$ 129.995,00
Madrid, España	100	900	200	1	Steelhead 6050	\$ 129.995,00
Berlín, Alemania	100	900	200	1	Steelhead 6050	\$ 129.995,00
Moscú, Rusia	100	900	200	1	Steelhead 6050	\$ 129.995,00
Repuestos 6050	0	0	0	1	Steelhead 6050	\$ 129.995,00
Denver - USA	0	32500	1000	2	Steelhead 7050-L	\$ 179.995,00
New York - USA	0	32500	1000	2	Steelhead 7050-L	\$ 179.995,00
Costo Total						\$ 2.282.900,00

El análisis en ambos casos incluye equipamiento redundante en los Data Centers para lograr alta disponibilidad y Spares (repuestos) en los sitios remotos con reemplazo en 24hs mediante un contrato de soporte local para cada acelerador. En el caso de Cisco se tuvo que recurrir en algunos casos a una mayor redundancia ya que el soporte en algunos países no incluye el recambio de equipamiento en menos de 24hs.

5.4.1.3. Calculo del Flujo de Caja (Cash-flow) y Retorno de la Inversión (ROI) del Proyecto

Tomando a Riverbed como la solución más económica, basándonos en los precios de lista del presupuesto sin descuentos, realizamos el cálculo del flujo de caja y ROI para evaluar la viabilidad económica/financiera del proyecto.

Normalmente se deben realizar varios cálculos entre los distintos proyectos para decidir cuál es más conveniente en cuanto al flujo de caja o ROI. En este caso la decisión de consolidar los datacenters ya fue tomada a nivel corporativo para unificar la empresa a nivel mundial. Por otro lado no existen distintos ingresos a calcular, por ser un proyecto interno dentro de la empresa que no genera ventas directas adicionales. El cálculo realizado compara el supuesto caso de mantener el esquema actual de datacenters con las inversiones que serían necesarias, versus los ahorros que se obtendrían si se implementa la optimización de WAN.

Para el cálculo financiero se generó una planilla, la cual está adjunta en el Anexo B del informe, tomando todos los costos asociados. El resumen de los datos ingresados es el siguiente:

Tabla 7: Entradas del Modelo de Negocio

Modelo de ROI						
Riverbed Deployment	Sitios	Steelhead Appliance Per Site	Standby Appliances (TOTAL, for swap out)	Total Steelhead Appliances	Disk (GB) Per Box	Total Disk (GB)
Large Sites (Model 5050-H)	4	1	1	5	800	3.000
Very Large Sites (Model 6050)	8	1	1	9	3.500	8.000
Data Centers (Model 7050-L)	2	2	0	4	2.200	2.800
Total No. of Sites	14 Sites where Steelhead appliances could be deployed.					

De los 12 sitios remotos, 4 se cubrirán con el modelo 5050H y 8 con el modelo 6050 ya que la distribución de usuarios y ancho de banda de los enlaces es diferente en cada sucursal. En los 2 Data Centers se instalarán modelos 7050L trabajando en modo redundante. Este

equipo permite el crecimiento a futuro instalando licencias adicionales de software de ser necesario.

El resultado del Valor Presente Neto (NPV), la Tasa de Retorno Interno (IRR o Internal Rate of Return) del Proyecto a 3 años y el período de repago (Payback) es el siguiente:

Tabla 8: Resumen del NPV, IRR y Repago del Proyecto

Resumen Financiero	Inversión Inicial	Año 1	Año 2	Año 3
Costo de los Aceleradores	(\$2.282.900)			
Costo de Mantenimiento de los Aceleradores		(\$668.322)	(\$668.322)	(\$668.322)
Ahorro de Productividad		\$1.968.750	\$1.870.313	\$1.776.797
Ahorro de Ancho de Banda		\$650.580	\$618.051	\$587.148
Ahorro de Consolidación de los Data Center		\$305.887	\$290.593	\$665.943
Ahorro de Operación		\$137.623	\$122.192	\$105.983
Total	(\$2.282.900)	\$2.394.519	\$2.232.827	\$2.467.549
Valor Presente del Cash Flow	(\$2.282.900)	2.029.253,03	1.603.581,26	1.501.826,57
Valor Presente Neto (NPV) del Proyecto	\$2.851.761			
IRR del Proyecto	88%			
Payback (meses)	11,4	Meses		

Como se puede ver, el repago se da durante el primer año del proyecto, entre los meses 11 y 12. El NPV es de U\$2,85 millones y el IRR del 88%, lo cual nos indica que es altamente beneficioso para la empresa implementar el proyecto propuesto de optimización de WAN versus la opción de mantener el esquema actual sin consolidación de datacenters.

A continuación se describe el proyecto en más detalle. El cálculo de los costos de OpEx (Gastos Operativos) y CapEx (Gastos de Capital) del proyecto es el siguiente:

Tabla 9: CapEx y OpEx del Proyecto

Operating and Capital Cost Assumptions						
Bandwidth Cost (Existing)	No. of Sites	Connectivity	BW Cost / Site / Month		Total Annual BW Cost	
Large Sites (Model 5050-H)	4	125.000	Kbps	\$8.750	\$/Mo.	\$420.000
Very Large Sites (Model 6050)	8	212.000	Kbps	\$14.840	\$/Mo.	\$1.424.640
Data Centers (Model 7050-L)	2	1.000.000	Kbps	\$70.000	\$/Mo.	\$1.680.000
Totals	14,00			\$20.980	\$/Mo.	\$3.524.640
Remote Office Infrastructure	File servers per site	Total File Servers	Exchange servers per site	Total Exchange Servers	Tape / site	Total Tape Libraries
Large Sites (Model 5050-H)	2,00	8,00	2,00	8,00	2,00	8,00
Very Large Sites (Model 6050)	2,00	16,00	2,00	16,00	2,00	16,00
Data Centers (Model 7050-L)	4,00	8,00	4,00	8,00	2,00	4,00
Totals		32,00		32,00		28,00
Branch Office Capital Costs	File Servers		Exchange Servers		Tape	
Large Sites (Model 5050-H)	\$10.000	ea.	\$10.000	ea.	\$10.000	ea.
Very Large Sites (Model 6050)	\$13.000	ea.	\$13.000	ea.	\$13.000	ea.
Data Centers (Model 7050-L)	\$15.000	ea.	\$15.000	ea.	\$15.000	ea.
Op & Maint Costs	File Servers	Cost per box	Exchange Servers	Cost per box	Tape	
Large Sites (Model 5050-H)	\$350	per mo.	\$400	per mo.	\$300	per mo.
Very Large Sites (Model 6050)	\$350	per mo.	\$350	per mo.	\$350	per mo.
Data Centers (Model 7050-L)	\$350	per mo.	\$350	per mo.	\$350	per mo.
Online Backup Service Costs	\$/Month / site for Backup		Annual Cost per Site			
Large Sites (Model 5050-H)	\$0	per mo.	\$0			
Very Large Sites (Model 6050)	\$0	per mo.	\$0			
Data Centers (Model 7050-L)	\$0	per mo.	\$0			
Incremental Capital Costs (After Site Consolidation)						
		Projected Savings	Costs in DC	Net Savings		
File Servers	10%	\$144.000	\$14.400	\$129.600		

Exchange Servers	10%	\$144.000	\$14.400	\$129.600
Tape Libraries	10%	\$144.000	\$14.400	\$129.600
	TOTAL	\$432.000	\$43.200	\$388.800

El cálculo del ahorro operativo del proyecto es el siguiente:

Tabla 10: Ahorro Operativo del Proyecto

Operational Savings								
Bandwidth	No. of Sites	Sites that may get BW Upgrades	No. of Sites that May Get BW Upgrades	Proposed BW Cost Increase	Proposed Cost Increase (Per Mo.)	Potential Cost Avoidance	Potential Cost Savings Per Site (Annual)	Total Annual Cost Savings
Sitios Principales	4	25%	1,0	50%	\$8.750	50%	\$52.500	\$52.500
Sitios Secundarios	8	25%	2,0	50%	\$14.840	50%	\$89.040	\$178.080
Data Centers	2	50%	1,0	50%	\$70.000	50%	\$420.000	\$420.000
Total								\$650.580
File Server M&O	No. of File Servers	No. of File Servers to be Consolidated	Maintenance Savings Per Box (Per Mo.)	% of Maintenance Costs Saved				Total Annual Maintenance Savings (Per Box)
Sitios Principales	8	8,0	\$350	80%				\$26.880
Sitios Secundarios	16	16,0	\$350	80%				\$53.760
Data Centers	0	-	\$350	80%				\$0
Total								\$80.640
Exchange Server M&O	No. of Exchange Servers	No. of Exchange Servers to be Consolidated	Maintenance Savings Per Box (Per Mo.)	% of Maintenance Costs Saved				Total Annual Maintenance Savings (Per Box)
Sitios Principales	8	8,0	\$400	80%				\$30.720
Sitios Secundarios	16	16,0	\$350	80%				\$53.760
Data Centers	0	-	\$350	80%				\$0
Total								\$84.480

Tape Library M&O	No. of Tape Libraries	No. of Tape Libraries to be Consolidated	Maintenance Savings Per Box (Per Mo.)	% of Maintenance Costs Saved			Total Annual Maintenance Savings (Per Box)
Sitios Principales	8	8,0	\$300	80%			\$23.040
Sitios Secundarios	16	16,0	\$350	80%			\$53.760
Data Centers	0	-	\$350	80%			\$0
Total							\$76.800

Power Savings (Total Servers)	Total Number of Branch Servers (File, Mail, Backup) Before	No. of Servers (Total) To be Consolidated	Energy Consumption (Watts per server)	Total Monthly Energy Consumption Before (KWH)	Total Monthly Energy Consumption After (KWH)	Local Avg. Cost of Electricity (\$ per KWH)	Total Annual Cost of Electricity (Before)	Electricity Savings due to Consolidating Servers
	24	24	902	15.586,56	-	\$0,114	\$21.322	\$21.322
	48	48	902	31.173,12	-	\$0,114	\$42.645	\$42.645
	0	0	903	-	-		\$0	\$0
Total								\$63.967

Backup Tape Cost Savings	Tapes per Week per Site	Cost per Tape	Cost of Tapes per Site per Month	% of Tape Cost That Will be Saved	No. of Sites	Annual Cost Savings
Sitios Principales	4	\$55,00	\$880,00	40%	4	\$16.896,00
Sitios Secundarios	8	\$55,00	\$1.760,00	40%	8	\$67.584,00
Data Centers	0	\$55,00	\$0,00		2	\$0,00
Total						\$84.480,00

Backup Software Savings	Cost per Site Per Yr. (Maint.)	Replacement Cost	Replacement Frequency (Years)	Amortized Annual Replacement Cost	Total Annual Cost of Software Per Site	% of Software Cost That Would be Saved	No. of Sites	Total Annual Savings on Backup Software
Sitios Principales	\$35,00	\$500,00	3	\$166,67	\$201,67	100%	4	\$806,67
Sitios Secundarios	\$35,00	\$500,00	3	\$166,67	\$201,67	100%	8	\$1.613,33
Data Centers	\$35,00	\$500,00	3	\$166,67	\$201,67	100%	2	\$403,33
							Total	\$2.823,33

On-line Backup Service Savings	No. of Sites	Annual Cost per Site	Total Annual Cost	% of Online backup cost that can be saved	Total Savings for on-line backup	
Sitios Principales	8	\$110	\$880	50%	\$440	
Sitios Secundarios	16	\$110	\$1.760	50%	\$880	
Data Centers	0	\$110	\$0	50%	\$0	
					Total	\$1.320

El cálculo del ahorro de capital del proyecto es el siguiente:

Tabla 11: Ahorro de Capital del Proyecto

Capital Savings							
File Servers	No. (Total)	Number Consolidated	% of Distributed Equipment that Would have Been Replaced During the 3 Years of the model	No. That Would Have Been Replaced	Cost Each	Savings on Replacement Costs	
Sitios Principales	8	8,0	50%	4,0	\$10.000	\$40.000	
Sitios Secundarios	16	16,0	50%	8,0	\$13.000	\$104.000	
Data Centers	8	-	50%	0,0	\$15.000	\$0	
					Total	\$144.000	
Exchange Servers	No. (Total)	Number Consolidated	% of Distributed Equipment that Would have Been Replaced During the 3 Years of the model	No. That Would Have Been Replaced	Cost Each	Savings on Replacement Costs	
Sitios Principales	8	8,0	50%	4,0	\$10.000	\$40.000	
Sitios Secundarios	16	16,0	50%	8,0	\$13.000	\$104.000	
Data Centers	8	-	50%	0,0	\$15.000	\$0	
					Total	\$144.000	
Tape Libraries	No. (Total)	Number Consolidated	% of Distributed Equipment that Would have Been Replaced During the 3 Years of the model	No. That Would Have Been Replaced	Cost Each	Savings on Replacement Costs	
Sitios Principales	8	8,0	50%	4,0	\$10.000	\$40.000	
Sitios Secundarios	16	16,0	50%	8,0	\$13.000	\$104.000	
Data Centers	4	-	50%	0,0	\$15.000	\$0	
					TOTAL	\$144.000	

El cálculo del ahorro en productividad del proyecto es el siguiente:

Tabla 12: Incremento de la Productividad del Proyecto

Productivity Savings							
Salary Expense	No. of Sites	Number of Relevant Employees Per Site	Total Relevant Employees	Average Salary Per Employee (Annual)	Over head Factor	Loaded Salary	Value of One Hour
Sitios Principales	4	210	840	\$75.000	100%	\$75.000	\$37,50
Sitios Secundarios	8	420	3.360	\$75.000	100%	\$75.000	\$37,50
Data Centers	0	0	0	\$75.000	100%	\$75.000	\$37,50
			4.200				
Workflow	Min per day per person waiting for data	Total Minutes per Year of Waiting Time	Total (in Hours)	Total Value	% That could be saved with Steel head Appliances	Total Potential Productivity Savings	
Sitios Principales	12	2.520.000	42.000	\$1.575.000	25%	\$393.750	
Sitios Secundarios	12	10.080.000	168.000	\$6.300.000	25%	\$1.575.000	
Data Centers	0	0	0	\$0	0%	\$0,00	
TOTAL						\$1.968.750	

5.4.2. Pruebas de Performance

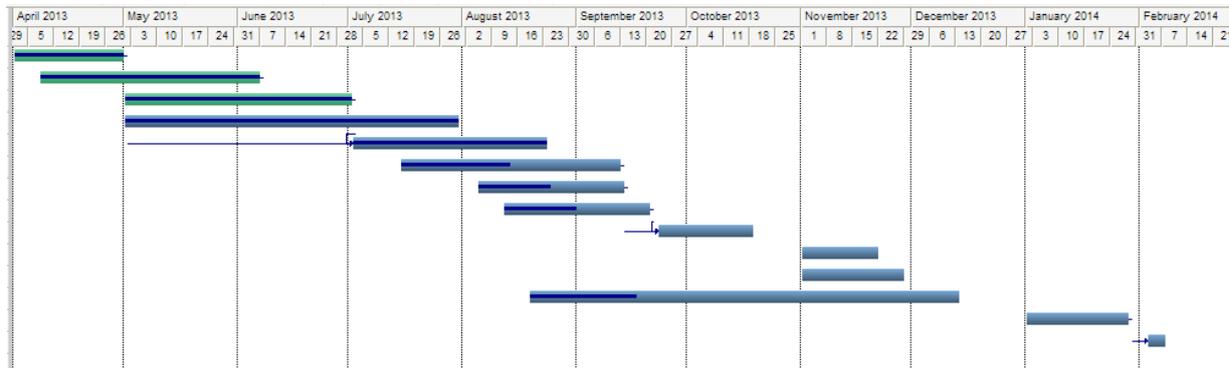
Las pruebas de performance fueron realizadas en conjunto con ambos proveedores, Cisco y Riverbed, en laboratorios de Level 3 utilizando la misma metodología y el mismo instrumental. Se comprobaron las capacidades de los modelos de equipos seleccionados según las hojas de datos y se simularon las aplicaciones básicas corporativas para evaluar la performance de los aceleradores.

En general, los resultados fueron aceptables en ambas pruebas. Adjuntamos los resultados de las pruebas en el Anexo C.

5.5. Cronograma de Implementación del Proyecto

Tabla 13: Cronograma del Proyecto

	Name	Duration	Start	Finish	Predecessors
1	Análisis de la necesidad de conectividad y tendencias en el diseño de redes	22d	01/04/2013	30/04/2013	
2	Analisis de los distintos tipos de optimizaciones de WAN	44d	08/04/2013	06/06/2013	
3	Análisis de las mejoras y características de cada tipo de optimización	44d	01/05/2013	01/07/2013	
4	Evaluación de la factibilidad del uso uso de optimización de WAN	65d	01/05/2013	30/07/2013	
5	Realizar el documento del Informe de Avance	39d	07/02/2013	08/23/2013	1,2,3
6	Diseño de Topologías de redes con optimizadores de WAN	44d	15/07/2013	12/09/2013	
7	Determinación de los casos que justifican el uso de optimizadores de WAN	30d	05/08/2013	13/09/2013	
8	Evaluación de distintos proveedores de equipamiento de optimización de WAN	30d	12/08/2013	20/09/2013	
9	Seleccionar un proveedor de equipos de optimización de WAN	20d	09/23/2013	10/18/2013	6,7,8
10	Implementación de Sitio de Prueba (USA)	15d	01/11/2013	21/11/2013	
11	Pruebas de Performance	20d	01/11/2013	28/11/2013	
12	Realizar el documento del Informe Final del PFI	85d	19/08/2013	13/12/2013	
13	Realizar la presentación del Informe Final	20d	01/01/2014	28/01/2014	
14	Practica oral de la presentación	5d	03/02/2014	07/02/2014	13



5.6. Resultados

Los resultados de la evaluación económica/financiera y de las pruebas de performance fueron buenos en general. El hecho de ser un negocio rentable aún para una empresa de telecomunicaciones lo hace viable también para los clientes de Level 3, ya que ellos tienen costos de conectividad muchos mayores en comparación con un Carrier global.

Se decidió proseguir con el proyecto de consolidación interna de servidores de la empresa con la tecnología de aceleración de Riverbed, instalando primero un enlace de pruebas entre la sucursal de Londres y Denver a modo de ejemplo. Esta prueba piloto fue satisfactoria utilizando los usuarios reales de la sucursal y los sistemas definitivos en el Data Center, es decir que se comprobó el funcionamiento en un entorno final de prueba. Los equipos aceleradores del proyecto ya fueron comprados y están en etapa de instalación en cada país.

Si bien para la red interna se decidió utilizar a Riverbed como proveedor por la compatibilidad con las aplicaciones de esta empresa en particular, se optó por certificar ambos proveedores para dar servicios a nuestros clientes, ya que ambas tecnologías son similares técnica y económicamente. En la región latinoamericana Cisco tiene una presencia mayor que Riverbed, por lo cual muchos clientes prefieren esa marca. Riverbed por otro lado es el líder del mercado de aceleradores y su performance es algo superior a Cisco, lo cual complementa perfectamente la oferta. Esta estrategia de utilizar a dos proveedores es común y beneficiosa para la empresa, ya que es posible hacer competir a los proveedores entre sí por cada proyecto y conseguir mejores descuentos o condiciones. En caso de existir un problema con una de las empresas proveedoras se puede seguir brindando el servicio con la otra.

6. Conclusiones y Observaciones

Luego del análisis de los distintos tipos de redes y de los proveedores principales de estos equipos, entendemos que la mejor manera de implementar estos optimizadores es hacerlo de forma transparente para la red del cliente. La implementación transparente involucra que el optimizador es “invisible” para la red ruteada, ya que funciona como un Switch o Bridge (Capa 2 del modelo OSI) en lugar de funcionar como un Router (Capa 3). Este funcionamiento transparente también permite que no se cambie el direccionamiento IP, los encabezados de los paquetes de datos ni que se realicen tunelizados que agregan overhead a las redes. Esta implementación permite que no sea necesario modificar la arquitectura de red existente ni cambiar la configuración de Routers y Firewalls en operación. Al mantenerse los mismos puertos TCP y UDP originales además de las direcciones IP, se puede mantener la misma política de calidad de servicio original luego de instalado el equipo, facilitando la implementación.

Si bien el equipo permite aplicar una nueva definición de la calidad de servicio desde el mismo acelerador, marcar paquetes y asignar colas de prioridad, para el servicio estándar se optó por mantener la calidad de servicio tradicional en los routers existentes. El motivo de esta decisión se basa en la facilidad de instalación del acelerador en las redes existentes, cuya definición de calidad de servicio previa puede ser compleja. También facilita el troubleshooting (Diagnóstico de fallas) de las redes, ya que el personal técnico de la empresa ya está capacitado en los routers que se instalan y por lo tanto no deberá aprender nuevamente como realizar las políticas de calidad de servicio en estos equipos nuevos.

Una última ventaja a nivel red es que tanto los aceleradores de Riverbed como de Cisco poseen una característica llamada “Fail-to-Wire” (Falla a cable) opcional que permite que ante una falla del acelerador se pueda convertir al acelerador en un simple cable para la red. Esto se puede realizar desde la configuración del equipo, o quitando la alimentación de tensión del equipo. Es decir que no se interrumpirá el tráfico del cliente aun con el acelerador apagado o fallado. En este caso solo se mantendrá la calidad de servicio sin aceleración en esa sucursal, ya que la misma continuará configurada en el router. Solo se tendrá una degradación del enlace hasta que se solucione el problema con el acelerador, pero no se cortará completamente el servicio al cliente. Esta solución permite que no se tenga que utilizar en todas las sucursales equipamiento redundante de optimización de WAN, sino que la

redundancia solo es necesaria en sitios muy grandes o en el Data Center. Para mantener la gestión y control del acelerador aun en el caso de una “falla a cable” en la interface de tráfico, se agrega a la topología definitiva el uso de otra interface de gestión en el acelerador, quedando de la siguiente forma:

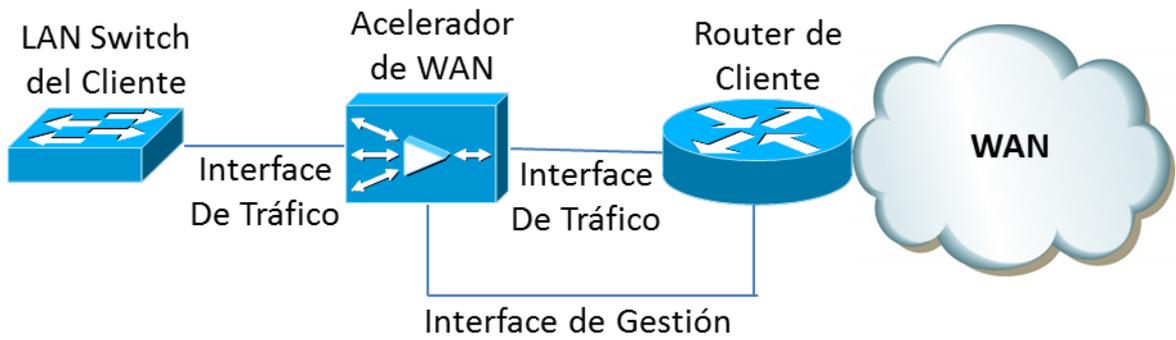


Figura 18: Topología Estándar Propuesta del Acelerador de WAN

7. Bibliografía

Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE)

<http://www.ieee.org/>

Vinton G. Cerf y Robert E. Kahn, “A Protocol for Packet Network Intercommunication”, Communications, IEEE Transactions (Vol.: 22, Issue: 5), Mayo 1974

Internet Engineering Task Force (IETF)

<http://www.ietf.org/>

[RFC 675](#) “Specification of Internet Transmission Control Program”, Diciembre 1974

[RFC 793](#) “Transmission Control Protocol, DARPA Internet Program Protocol Specification”, Septiembre 1981

[RFC 1122](#) “Requirements for Internet Hosts - Communication Layers”, Octubre 1989

[RFC 1323](#) “TCP Extensions for High Performance”, Mayo 1992

[RFC 2001](#) “TCP Slow Start, Congestion Avoidance, Fast Retransmit, and Fast Recovery Algorithms”, Enero 1997

[RFC 2018](#) “TCP Selective Acknowledgment Options”, Octubre 1996

[RFC 2581](#) “TCP Congestion Control”, Abril 1999

[RFC 2582](#) “The NewReno Modification to TCP's Fast Recovery Algorithm”, Abril 1999

[RFC 3390](#) “Increasing TCP's Initial Window”, Octubre 2002

[RFC 3649](#) “HighSpeed TCP for Large Congestion Windows”, Diciembre 2003

[RFC 5681](#) “TCP Congestion Control, Septiembre 2009

Gartner, Inc.

<http://www.gartner.com/>

Joe Skorupa, Mark Fabbi, Bjarne Munch, “[Magic Quadrant for WAN Optimization Controllers](#)”, Abril 2013

8. Anexos

8.1. Anexo A: Especificaciones Técnicas



SpecSheetCiscoWAA
SX94.pdf



SpecSheetSteelhead
Family.pdf



Magic Quadrant for
WAN Optimization Co

8.2. Anexo B: Cálculos Económicos Financieros



Calculo del ROI.xlsx

8.3. Anexo C: Pruebas de Performance



Cisco WAAS ECP
V1.1.docx



Riverbed Steelhead
ECP V1.1.docx