



Administración y mejora de la red de internet de un ISP

Práctica Profesional Supervisada

**Ingeniería en Telecomunicaciones – Facultad de Ingeniería
Universidad Nacional de Río Cuarto**

**Lugar de realización: Fonexa S.A, Río IV, Córdoba, Argentina
Fecha de realización: Enero – Marzo de 2018**

**Alumno: Villarroel, Andrés Raúl.
Tutores: Ing. Carlos O. Carossio (Fonexa S.A)
Ing. José Luis Hernández (UNRC)**

Índice

Introducción	4
La empresa	5
Desarrollo de las actividades propuestas	6
Reconocimiento de la red de la cooperativa.....	6
Red de transporte	7
Red de acceso	7
Soporte técnico remoto.....	9
Alta/baja de clientes inalámbricos.....	9
Alta/baja de clientes ADSL.....	9
Solución de problemas en clientes ADSL	9
Solución de problemas en clientes inalámbricos.....	10
Cálculo de radioenlaces a demanda	11
Implementación de sistema centralizado de administración de usuarios.....	14
Sobre RADIUS.....	14
Esquema de autenticación en la red de la cooperativa	15
Implementación de User Manager.....	15
Implementación de sistema automatizado de backups.....	19
Funcionamiento	19
Instalación.....	20
Estudios de mejoras posibles en la red.....	21
Red de transporte.....	21
Red de acceso	28
Implementación de sistema de tickets para seguimiento de reclamos	34
Estimación de precio sugerido al consumidor final	36
Flujo de fondos anual	36
Tablas de cálculo de ingresos	37

Tablas de cálculo de egresos	37
Estimación de nuevas conexiones a lo largo del año y estimación del valor de una nueva conexión.....	38
Control de tráfico en redes multi-homed con BGP	40
Sobre BGP	40
¿Cómo decide BGP cuál es el mejor camino?.....	40
Casos particulares de estudio.....	41
Resolución de problemas.....	44
Conclusiones	45
Bibliografía	46

Introducción

Todavía se puede ver que en muchos pequeños poblados del país el servicio de internet no llega de la mano de los grandes operadores, generalmente porque no ven un gran mercado a explotar. Es allí donde a través de las cooperativas propias de cada pueblo se hace posible la provisión de este servicio esencial para todos.

FONEXA S.A lleva la administración del servicio de internet a una cooperativa en las sierras de Córdoba. Esta cooperativa posee una red heterogénea y mezcla varias tecnologías, entre ellas:

- Servicio de internet por ADSL
- Servicio de internet a través de radioenlaces(WISP)
- Servicio de telefonía IP

La cooperativa cuenta con técnicos para brindar soporte de nivel 1. Esto significa que cuentan con conocimientos para resolver problemas básicos del cliente y de instalación de equipos. Cuando el técnico no puede resolver el problema consulta al siguiente nivel de soporte.

En esta práctica me voy a posicionar como agente de soporte de nivel 2 y 3:

El soporte de nivel 2 comprende toda configuración adicional en los dispositivos de red y resolución de problemas que el nivel 1 no pueda resolver.

El soporte de nivel 3 comprende un análisis especializado y profundo de un problema que afecta a la red y que no resulta fácil de solucionar.

La cooperativa no cuenta con gente capacitada a tal fin y es por eso que terceriza el servicio a FONEXA.

La empresa

Fonexa es una empresa fundada en 2014. Cuenta con sucursales en la ciudad de Río Cuarto, Córdoba y en Venado Tuerto, Santa Fe. Sus principales actividades son:

- Ingeniería y soporte de networking a proveedores de internet y clientes corporativos.
- Ingeniería en despliegues de Fibra Óptica
- Sistemas de videovigilancia
- Capacitaciones a medida

La empresa emplea a 6 personas actualmente.

Desarrollo de las actividades propuestas

Reconocimiento de la red de la cooperativa

Lo primero que hice al llegar a la empresa fue hacer un reconocimiento de la red de la cooperativa. Los ingenieros de la empresa me explicaron cómo estaba compuesta la red de transporte y la red de acceso. A continuación, se puede ver un diagrama básico de capa 3(IP) de la red:

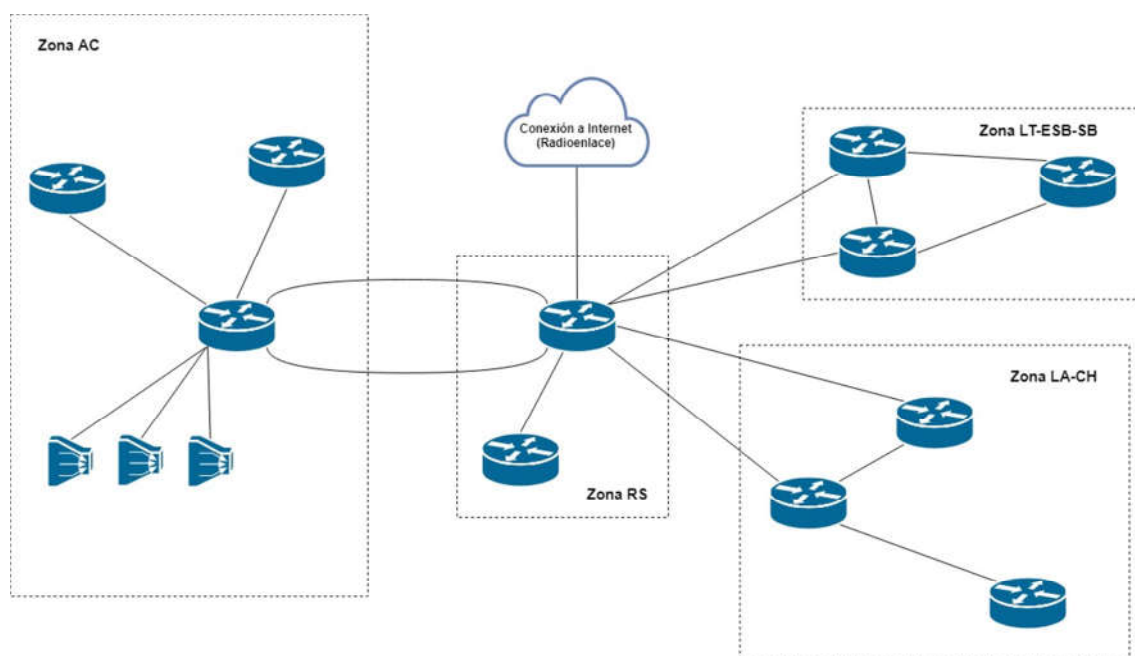


FIGURA 1: DIAGRAMA DE RED BÁSICO

Las localidades a las que se les brinda servicio son:

- Alpa Corral(AC)
- Rio Seco(RS)
- Las Albahacas(LA)
- Las Tapias(LT)
- San Bartolomé(SB)

Dentro de estas, la que concentra la mayor cantidad de clientes es la localidad de Alpa Corral, siendo la única que tiene servicio de ADSL. En la totalidad de las localidades se presta servicio por internet inalámbrico.

Red de transporte

La red de transporte es aquella que canaliza los grandes flujos de datos entre los distintos sitios donde se brinda el servicio.

La totalidad de la red de transporte está compuesta por radioenlaces punto a punto hechos con equipamiento de las marcas Cambium, Ubiquiti y Mikrotik. Estos enlaces operan en bandas no licenciadas de SHF(Super-High-Frequency) de 5GHz.

La distribución de rutas se realiza a través del algoritmo OSPF(Open Shortest Path First) lo que permite una actualización de rutas rápida, escalable y eficiente.

Red de acceso

La cooperativa utiliza dos tecnologías para suministrarle el servicio al cliente. Por un lado, ADSL a través del par de cobre utilizado antes para telefonía y por otro, a través de nodos inalámbricos.

Para brindar ADSL la cooperativa cuenta con 3 DSLAM Zyxel de 48 puertos. Esto le permite darle servicio a un máximo de 144 abonados a través de la línea telefónica.

Para brindar servicio de internet inalámbrico la cooperativa cuenta con radiotransmisores en la banda SHF de 5GHz. La mayoría de estos son de la marca Mikrotik. Algunos son del tipo conectorizado (requieren conectar antena externa) y otros del tipo integrado (antena integrada). Las figuras 2 y 3 muestran algunos de estos dispositivos.



FIGURA 2: MIKROTIK GROOVE 52 + OMNI 10 DBI



FIGURA 3: MIKROTIK OMNITIK 52

En algunos sitios las radiobases cuentan con tecnología Ubiquiti como punto de acceso. Los clientes son conectados a los nodos a través de los equipos de instalaciones del cliente (CPE, *Customer Premises Equipment*). Los CPE utilizados son en su totalidad de la marca Ubiquiti y el modelo difiere dependiendo de la distancia a la que está el abonado. Mientras más lejos está el abonado se necesitan equipos más potentes y/o antenas de mayor ganancia.

Cuando el punto de acceso (AP, *Access Point*) y el CPE son de la misma marca podemos tener mejores rendimientos debido a tecnologías propietarias como NV2/NVSTREME (Mikrotik) o AIRMAX(Ubiquiti). En esta red el caso que se aprovecha es el de la utilización de Airmax el cual reemplaza el método de acceso tradicional de 802.11 por TDMA, optimizando el funcionamiento en esquemas Punto a Multi-Punto.

Soporte técnico remoto

Luego de tomar noción del funcionamiento de la red, se me instruyó acerca de cuales eran los procedimientos que se llevaban a cabo regularmente asistiendo a los técnicos de la cooperativa.

Alta/baja de clientes inalámbricos

Un procedimiento de rutina que realicé a diario fue la alta y baja de clientes. Para gestionar los usuarios se utiliza PPPOE y listas de control de acceso por MAC.

Para dar el alta de un cliente nuevo el procedimiento es el siguiente:

- Buscar una dirección IP para el cliente nuevo que no se solape con una existente y que esté incluida en el rango de direcciones seleccionado para ese nodo.
- Dar de alta el “Secret PPPOE” en el router con un usuario y contraseña particulares ya acordados con el técnico de campo
- Pedirle al técnico la dirección MAC de la antena y agregarla a la lista de control de acceso por MAC inalámbrica
- Una vez hecho todo esto, el técnico coloca la antena y se realiza una verificación de los niveles de señal en el CPE del usuario.

Para dar la baja se deshabilita el cliente PPPOE y la entrada en la lista de control de acceso en el nodo. De esta forma el cliente no podrá conectarse ni autenticarse.

Alta/baja de clientes ADSL

Para dar de alta o baja a un cliente nuevo de ADSL se utiliza el mismo procedimiento que el explicado para clientes inalámbricos obviando el ítem de las listas de control de acceso por MAC.

Solución de problemas en clientes ADSL

Cuando ingresa un reclamo por malfuncionamiento de un usuario ADSL, el procedimiento establece, en primer lugar, el ingreso al modem. Para eso, se entra mediante winbox al router que alberga el servidor PPPOE correspondiente a los clientes ADSL y se busca la IP del cliente que tiene problemas. Si se logra el ingreso, es posible acceder a distintos datos que caracterizan la calidad de la conexión tales como niveles de señal, atenuación, margen de relación señal-ruido, entre otros. Estos datos permiten hacer un diagnóstico del problema que puede estar teniendo la línea.

En los casos en que el módem no responde, se torna imposible la realización de diagnósticos a priori. En estos casos la alternativa es ingresar al DSLAM y se fijan esquemas de modulación más básicos para ver intentar el acceso al modem y la visualización de los parámetros de la línea.

Cuando se ve un deterioro en la calidad de la línea se le pregunta al técnico si no han estado trabajando en algún punto de la línea, actividad que pueda haber dañado la misma:

- Si la sección de telefonía de la cooperativa confirma haber estado realizando operaciones se les instruye para que se dirijan a revisar el conexionado.
- De no ser así, se le instruye para que se dirija al domicilio del cliente para revisar la conexión en el domicilio del cliente y el correcto funcionamiento del módem ADSL.

Solución de problemas en clientes inalámbricos

Cuando ingresa un reclamo por parte de un cliente inalámbrico se ingresa al nodo que le da servicio y, en primera instancia, se verifica si está conectado. De no ser así, se envía al técnico para que revise la conexión.

Si el cliente está conectado, se ingresa mediante interfaz web al CPE del cliente y se visualizan niveles de señal, piso de ruido, entre otros. Estos parámetros sumados a la información provista por el técnico ayudan a estimar cuál puede ser el problema. Se pueden probar reconfiguraciones en la antena y sino enviar al técnico a realizar las tareas *in-situ* que sean necesarias.

Cálculo de radioenlaces a demanda

Regularmente, los técnicos de la cooperativa envían coordenadas de clientes rurales que quieren contratar el servicio. Ante esto, fui el responsable de realizar el cálculo de los enlaces con el fin de evaluar la factibilidad de brindar servicio a dichos clientes.

Para realizar el cálculo de los enlaces, Ubiquiti provee una herramienta web muy útil denominada AirLink. Esta herramienta permite realizar cálculo de enlaces punto a punto y punto-multipunto. La aplicación cuenta con una base de datos de todos los equipos de las líneas Airmax M, Airmax AC y AirFiber

Al entrar las coordenadas de los extremos del enlace propuesto, la aplicación nos ubica en un mapa geográfico los dos puntos marcándonos la línea directa. La Figura 4 permite observar la posición geográfica del enlace entre Rio Seco y un cliente que solicitó el servicio.



FIGURA 4: ENLACE MARCADO SOBRE GOOGLE MAPS ENTRE LA ESTACIÓN RIO SECO Y UN CLIENTE POTENCIAL

Luego tenemos que configurar los siguientes parámetros:

- Ancho de canal
- Equipo a utilizar (Ganancia y potencia)
- Altura de las antenas

La aplicación brinda la posibilidad de ingresar y visualizar los parámetros del enlace, tal como se muestra en la figura 5.

The screenshot displays the configuration interface for an Airlink system. At the top, a slider for 'Channel Width' is set to 10 MHz. Below this, the interface is divided into two columns: 'ACCESS POINT' and 'STATION'. For the Access Point, the 'Antenna Gain' is set to 16dBi, and the selected antenna is a 'NANOSTATION M5' with a height of 50 m and an EIRP of 37 dBm. Its location is given as -32.82111963678915, -64.5594. For the Station, the 'Antenna Gain' is set to 25dBi, and the selected antenna is a 'POWERBEAM M5 400' with a height of 12 m and an EIRP of 51 dBm. Its location is given as -32.795, -64.638889.

FIGURA 5: PARÁMETROS CONFIGURABLES AIRLINK

Luego de hecho todo esto, nos muestra el perfil del terreno y nos dibuja el radio de fresnel permitiendo ver si tenemos obstáculos que impidan el normal funcionamiento del enlace. En este punto si tenemos obstrucciones podemos jugar con la altura de los puntos considerando por ejemplo la construcción de torres. La figura 6 permite observar el resultado del cálculo del radioenlace.

Una vez que tenemos un enlace sin obstrucciones podemos visualizar los niveles de señal recibida en cada equipo y la capacidad estimada del enlace. Hay que tener en cuenta que este simulador no tiene la opción de configurar un piso de ruido en particular por lo que si estamos en un entorno de alta interferencia deberemos considerar una disminución de la capacidad esperada.

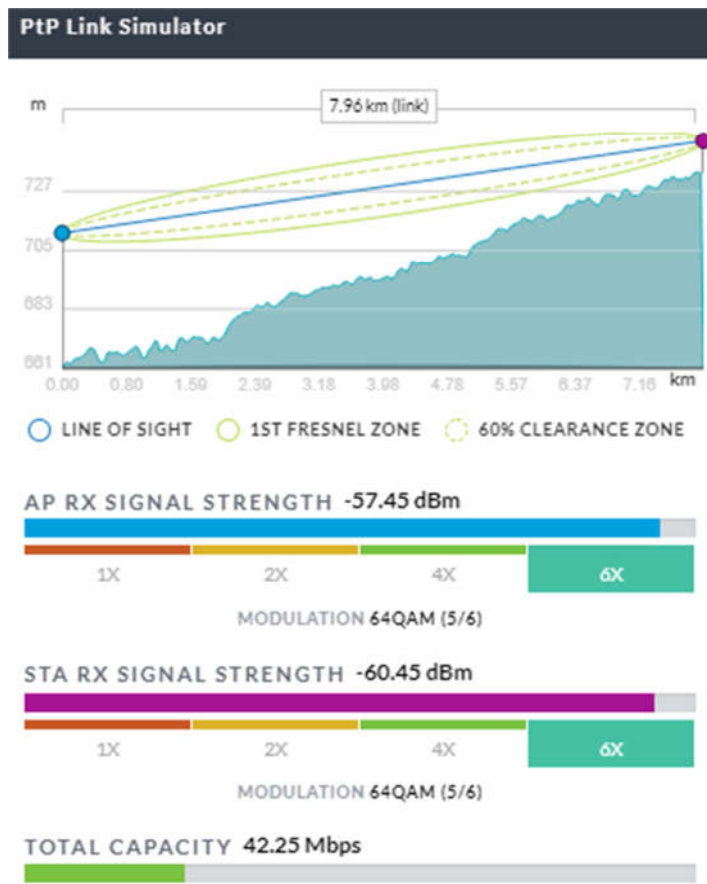


FIGURA 6: RESULTADOS DEL CÁLCULO DE RADIOENLACE

En el desarrollo de esta actividad me encontré con tres casos de clientes tipo:

- Clientes hasta 4 km del nodo: Estos clientes se conectan con un CPE de 13 dBi de ganancia directamente al nodo inalámbrico
- Clientes entre 4 y 8km del nodo: Para estos clientes se utilizan CPE de alta ganancia de entre 23 y 25 dBi conectados directamente al nodo.
- Clientes de más de 8km: Para estos clientes ya no es posible la conexión directa al nodo dado que las antenas omnidireccionales de este tienen una ganancia relativamente baja lo cual imposibilita captar señales débiles. En estos casos se propuso realizar enlaces punto a punto, colocando el CPE en el domicilio del cliente contra otra antena dedicada en la torre del nodo. El enlace más largo que diseñé y se implementó fue uno de 17km de distancia con Powerbeam M5 400.

Implementación de sistema centralizado de administración de usuarios

Desde la cooperativa expresaron la necesidad de poder realizar altas y bajas de usuarios sin necesidad de intervención por parte de FONEXA. Dado que ellos no cuentan con los conocimientos necesarios para manejar los routers se pensó en desarrollar un sistema simplificado basado en RADIUS con el fin de satisfacer el requerimiento.

Sobre RADIUS

RADIUS es un protocolo de redes de los denominados AAA (Authentication, Authorization, and Accounting) que permite la administración centralizada de los usuarios que necesitan acceso a un servicio en particular.

Fue desarrollado por la empresa Livingston Enterprises y posteriormente abierto y propuesto como estándar de la IETF. Es comúnmente utilizado por los ISP para realizar el control de acceso de sus clientes y también para realizar seguimientos de consumo de datos.

RADIUS funciona en la capa de aplicación y puede ser transportado por TCP o UDP. Utiliza el puerto 1812 para autenticar y el 1813 para accounting.

En un sistema basado en RADIUS existe un servidor centralizado (que puede estar redundado) y varios NAS (Network Access Servers). Los NAS son los gateways con los que interactúa el equipo del cliente para pedir acceso a la red. Cuando el NAS recibe una petición del CPE (por ejemplo, PPPOE) utiliza el protocolo RADIUS para consultarle al servidor si ese cliente está autorizado para acceder a la red y, si lo está, bajo qué perfil de servicio debe manejarlo. Este esquema de servicio es mostrado en la figura 7.

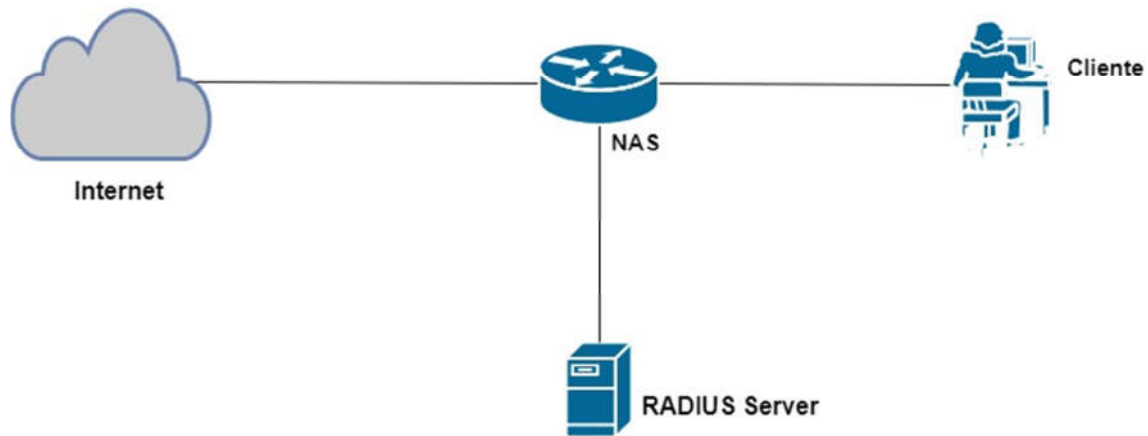


FIGURA 7: DIAGRAMA LÓGICO DE ESQUEMA DE SERVICIO BASADO EN AUTENTICACIÓN POR RADIUS

Esquema de autenticación en la red de la cooperativa

En el esquema presente los clientes validan contra un servidor PPPOE alojado en el nodo que a su vez consulta a una base de datos interna para verificar los datos. A partir de allí decide si el cliente que está solicitando la conexión debe ser admitido y, si es así, con que perfil de tráfico e IP. La figura 8 muestra esta situación.

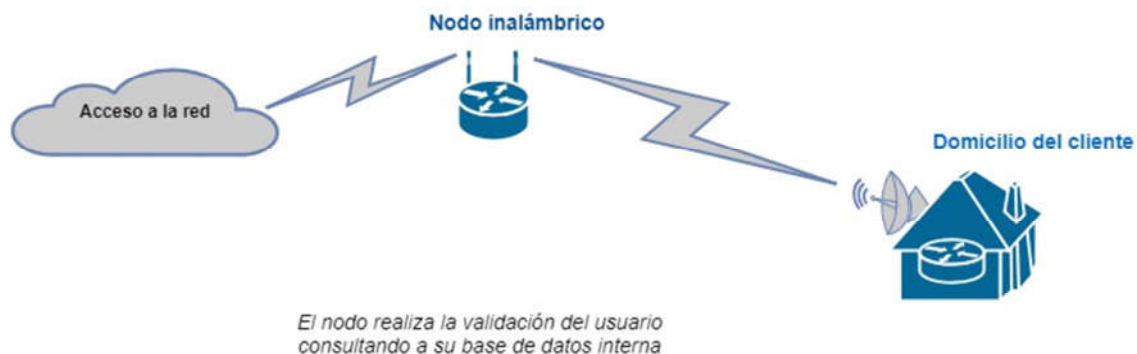


FIGURA 8: ESQUEMA DE AUTENTICACIÓN EN LA RED DE ACCESO DE LA COOPERATIVA

Implementación de User Manager

Generalmente, se desarrollan sistemas web que permiten un manejo simplificado de los usuarios alojados en el servidor.

Mikrotik cuenta con soporte para la utilización de este protocolo. Cuando un nodo utiliza RADIUS para validar los usuarios toma el papel de NAS.

Para realizar la implementación de la solución elegí utilizar un paquete propio que Mikrotik provee de forma gratuita denominada “User Manager”. Este paquete monta un servidor RADIUS sobre el router en el que se instala. Cuenta además con una interfaz web que permite configurar de forma completa el servidor. En la figura 9 puede verse una de las pantallas de dicha interfaz.

The screenshot shows the MikroTik User Manager web interface. On the left is a navigation menu with options like Routers, Users, Sessions, Customers, Logs, Payments, Profiles, Settings, Reports, 162 A sessions, 162 A users, Advanced search, Maintenance, and Logout. The main area displays a table with the following columns: Username, Till time, Total time left, and Actual profile. The Username column is redacted with a black box. The other columns show 'Unlimited' for Till time and Total time left, and 'Cliente 2M' for Actual profile. The table has 20 rows.

Username	Till time	Total time left	Actual profile
[Redacted]	Unlimited	Unlimited	Cliente 2M
[Redacted]	Unlimited	Unlimited	Cliente 2M
[Redacted]	Unlimited	Unlimited	Cliente 2M
[Redacted]	Unlimited	Unlimited	Cliente 2M
[Redacted]	Unlimited	Unlimited	Cliente 2M
[Redacted]	Unlimited	Unlimited	Cliente 2M
[Redacted]	Unlimited	Unlimited	Cliente 2M
[Redacted]	Unlimited	Unlimited	Cliente 2M
[Redacted]	Unlimited	Unlimited	Cliente 2M
[Redacted]	Unlimited	Unlimited	Cliente 2M
[Redacted]	Unlimited	Unlimited	Cliente 2M
[Redacted]	Unlimited	Unlimited	Cliente 2M
[Redacted]	Unlimited	Unlimited	Cliente 2M
[Redacted]	Unlimited	Unlimited	Cliente 2M
[Redacted]	Unlimited	Unlimited	Cliente 2M
[Redacted]	Unlimited	Unlimited	Cliente 2M
[Redacted]	Unlimited	Unlimited	Cliente 2M
[Redacted]	Unlimited	Unlimited	Cliente 2M
[Redacted]	Unlimited	Unlimited	Cliente 2M
[Redacted]	Unlimited	Unlimited	Cliente 2M
[Redacted]	Unlimited	Unlimited	Cliente 2M
[Redacted]	Unlimited	Unlimited	Cliente 2M

FIGURA 9: INTERFAZ WEB DEL SISTEMA USER MANAGER

Dentro de los ítems que se pueden configurar se encuentran:

- Customers: Usuarios que acceden al servidor RADIUS
- Clients: Aquí se concentra la base de datos que los NAS consultan mediante el protocolo. Por ejemplo, en el caso del sistema implementado en esta sección se encontraban todos los usuarios PPPOE con su respectivo perfil asignado.
- Routers: Aquí se cargan por IP los routers que funcionan como NAS dentro de la red. Se debe especificar una clave para asegurar que sólo los equipos autorizados puedan consultar al servidor RADIUS.
- Profiles: Perfiles de tráfico que luego se asignan a los clientes. Aquí se pueden especificar todos los parámetros propios de un *token bucket filter* (tasa máxima de bajada/subida, tasa asegurada, ráfagas, etc.). Además de esto también se pueden agregar limitaciones por tiempo y/o cantidad de datos transferidos.

La ubicación lógica del servidor RADIUS se muestra en la figura 10.

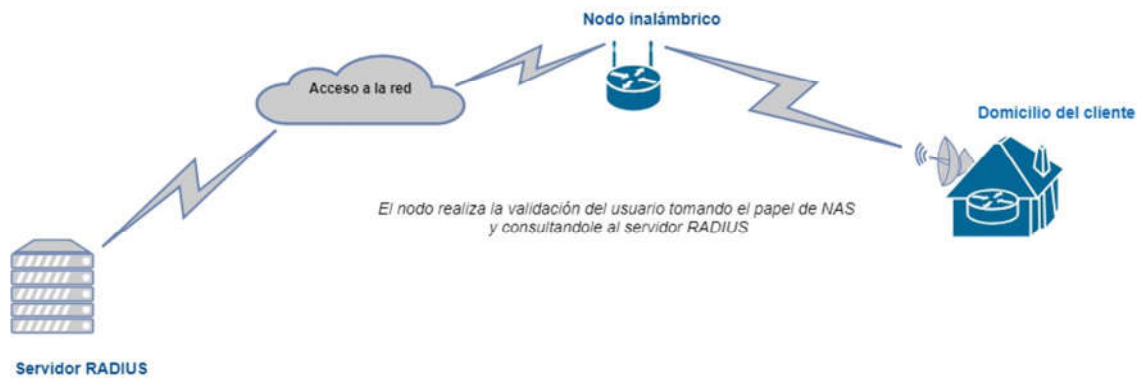


FIGURA 10: ESQUEMA DE AUTENTICACIÓN EN LA RED DE ACCESO CON RADIUS

Como resultado de reuniones técnicas con los ingenieros de la empresa se tomó la decisión de que el mejor lugar para colocar el servidor RADIUS era el router de borde. Esto considerando que todas las conexiones dirigidas a internet pasan por ahí y que de no tener acceso a este router no tiene sentido la autenticación contra el nodo. La disponibilidad del servidor RADIUS es crítica.

Una vez decidido esto, procedí a la instalación del paquete y migré todos los usuarios al sistema nuevo. Tuve que replicar los perfiles de cliente en el servidor.

Posteriormente, fue necesario ingresar a cada nodo y configurarlo con el rol de NAS para que, en vez de consultar su base de datos local, consultara a través del protocolo RADIUS al servidor ubicado en el router de borde.

Primero logré que los clientes se identificaran correctamente contra el NAS, pero me di cuenta que al deshabilitarlos en el sistema no eran expulsados del nodo. De esta forma la inhabilitación era efectiva cuando los clientes se desconectaban y se intentaban conectar de nuevo o si eran expulsados manualmente. Esto suponía tener que ingresar al router lo que contradecía las especificaciones de la cooperativa.

Indagando un poco encontré que tenía que trabajar con lo que se denomina “RADIUS *Change of Authorization*(COA)”, un agregado que le permite al servidor RADIUS interrumpir o modificar las sesiones activas en los NAS. En los dispositivos Mikrotik podemos encontrar esta opción como “*Radius Incoming*”.

Para activarlo en los routers se debe especificar un puerto a elección y luego cargarlo en el User Manager.

La implementación fue realizada con éxito y toda la red pasó a depender del sistema. Luego se volvió al esquema anterior debido a la existencia de algunos problemas no resueltos en el

sistema de Mikrotik. Un ejemplo de esto era que a veces un usuario se desconectaba y el servidor RADIUS no eliminaba la sesión. A causa de esto, cuando el cliente se conectaba nuevamente al nodo, se le denegaba el acceso porque el servidor RADIUS no autorizaba dos conexiones por cliente. En estos casos había que entrar al servidor y eliminar la sesión manualmente.

Estos problemas pueden haberse dado también debido a inestabilidades en la red de transporte de la cooperativa. Quedó pendiente reincorporar el sistema una vez que se restablezca la estabilidad de todos los enlaces para probarlo nuevamente.

Implementación de sistema automatizado de backups

En las redes de los proveedores de servicio se realizan respaldos periódicos de la configuración de los equipos para que en el caso de que alguno presente un desperfecto, pueda ser reemplazado rápidamente por otro equipo. Esto es crítico ya que afecta directamente a la disponibilidad del servicio.

Cuando ingresé a la empresa, los backups de los routers se llevaban a cabo por medio de un *script* que corría en cada router todos los días a la madrugada. Este *script* generaba un respaldo de las configuraciones y lo enviaba a una dirección de correo electrónico de la empresa.

Se me solicitó que investigara e implementara el sistema RANCID (*Really Awesome New Cisco Differ*) para reemplazar el sistema existente.

RANCID es un software que permite realizar los backups de los dispositivos de red y guardarlos bajo un sistema de control de versiones (*Concurrent Versions System, CVS*)

Originalmente fue programado para usarse con dispositivos Cisco, pero luego se amplió a varios fabricantes conocidos como Juniper, Huawei, HP, Mikrotik, entre otros.

Funcionamiento

Primero el software lee las IP's que tiene cargadas y el fabricante que corresponde a cada dispositivo. Luego en cada uno de los dispositivos:

- Se ejecuta un *script* correspondiente al fabricante que abre una sesión SSH.
- Se exporta la configuración. Si esta coincide con la última copia guardada RANCID no hace nada. Si tiene algún detalle distinto, copia la configuración entera y guarda una nueva versión del router en su base de datos.

El sistema de versiones CVS nos da la posibilidad de observar los cambios específicos entre una versión de backup y la otra.

La gran ventaja de este sistema es que por más que se ejecute en intervalos de tiempo cortos no va a guardar nada si no hay modificaciones. Con el sistema anterior se enviaban copias todos los días, aunque no hubiera modificación alguna. Esto terminaba desbordando la casilla de correo.

Instalación


La instalación del sistema la realicé en una máquina virtual dentro del servidor de la cooperativa. El sistema elegido fue Ubuntu 14.04 LTS.

Una vez instalado el sistema y sus dependencias se cargó el listado correspondiente a todos los dispositivos de la red.

Luego de instalar el sistema, configuré en el servidor un *cronjob* para que el sistema se ejecutara todas las noches a las 3 de la mañana.

RANCID en si no trae ninguna interfaz gráfica para poder revisar los backups. Por esta razón fue necesario instalar una interfaz WEB llamada VIEWVC para el sistema de versiones CVS.

La figura 11 muestra dicha interfaz.



File	Rev.	Age	Author	Last log entry
Parent Directory				
borde	1.24	8 hours	rancid	updates
core	1.118	5 days	rancid	updates
nod	1.43	3 months	rancid	updates
nodoaftenav	1.23	3 weeks	rancid	updates
nodoeich	1.67	3 months	rancid	updates
nodoesb	1.78	3 weeks	rancid	updates
nod	1.67	4 weeks	rancid	updates
nodolastapias	1.37	3 weeks	rancid	updates
nodonioseco	1.63	32 hours	rancid	updates
nod	1.79	3 weeks	rancid	updates
nodotata	1.26	2 weeks	rancid	updates
nodour	1.36	6 weeks	rancid	updates
r.la.rs	1.42	6 weeks	rancid	updates
r.l.la	1.13	6 weeks	rancid	updates
r.l.rs	1.39	3 months	rancid	updates
r.rs.l	1.18	2 weeks	rancid	updates
rec.h	1.15	4 weeks	rancid	updates

FIGURA 11: INTERFAZ WEB PARA EL SISTEMA DE VERSIONES CVS

Al instalar VIEWVC noté que la interfaz en si no trae ningún mecanismo de seguridad por lo que decidí protegerlo por dos vías. La primera fue activarle un sistema de login por medio del mismo apache y la segunda fue generarle un certificado SSL para operar por medio de HTTPS en vez de HTTP. De esta forma los datos no pueden ser interceptados por un tercero. Adicional a esto, le asigne al servidor una IP privada de modo que solo pueda ser consultado desde la misma red, obligando a conectarse desde fuera por VPN.

Por último, sumé al servidor un *script* para que todas las semanas comprimiera las configuraciones guardadas y las subiera por medio del protocolo FTP al router de borde de la red. Esto supone una medida más de protección por si algo le sucede al servidor.

Estudios de mejoras posibles en la red

Red de transporte

La red de transporte de la cooperativa se compone en su totalidad de radioenlaces en banda no licenciada. El problema de operar en estas bandas es que, dado que cualquiera puede usarlas, su desempeño puede variar notablemente con el correr del tiempo. Por esto, me tome la tarea de relevarlos para ver cómo se comportaban.

Para llevar adelante las pruebas utilice la herramienta “Bandwidth Test” que provee Mikrotik. Las pruebas realizadas fueron hechas con 20 flujos paralelos TCP, entre routers en forma unidireccional en ambos sentidos.

En la siguiente tabla se puede ver el resultado de esas pruebas.

Enlace(A-B)	Capacidad A-B	Capacidad B-A	Picos de utilización medidos A-B	Picos de utilización medidos B-A	Margen A-B	Margen B-A
RRS-AC1	89	91	50	9	39	82
RRS-AC2	60	31.5	0	0	60	31.5
RRS-LT	8	5	8	1.2	0	3.8
RRS-SB	Caído	Caído	Ninguno		Ninguno	Ninguno
RRS-TALA	51.4	51.1	16	2	35.4	49.1
RRS-LA	3.5	2.5	0	0	3.5	2.5
RAC-UR	60	30	4	2	56	28
RAC-VJ	59.4	45.4	2	1	57.4	44.4
RLT-SB	9	1.5	0	0	9	1.5
RLT-ESB	74	74	3	1	71	73
RESB-SB	32	1.5	2	1	30	0.5
RTALA-LA	80	90	8	1	72	89
RLA-CH	5.6	4.1	3	0.5	2.6	3.6

- Las columnas de capacidad indican la capacidad máxima medida en el enlace.

- Las columnas de picos de utilización indican la utilización máxima de la que se tiene registro en cada enlace.
- Las columnas de margen indican cuanto resto nos queda para seguir ocupando el enlace:
 - En rojo aparecen los enlaces que se encuentran en un estado crítico.
 - En amarillo están marcados aquellos que requieren una mejora para no llegar a saturar en el corto plazo
 - En verde están aquellos que tienen una buena capacidad para la utilización que tienen.

Reingeniería Anillo RS-LT-SB-ESB

Cómo podemos ver hay cuatro enlaces en estado crítico. Todos ellos dentro de un mismo anillo. Este anillo une los nodos SB, ESB, y LT contra RS, tal como se muestra en la Figura 12. Dos de ellos proveen la conectividad del anillo al resto de la red otros dos proveen conectividad entre los nodos del mismo anillo. De los que proveen conectividad del Core de la red uno está caído y el otro tiene bajo desempeño. Por lo tanto, se plantea una reingeniería de esta red con el fin de restablecer la conectividad y ampliar los márgenes existentes planteándolo en dos etapas.

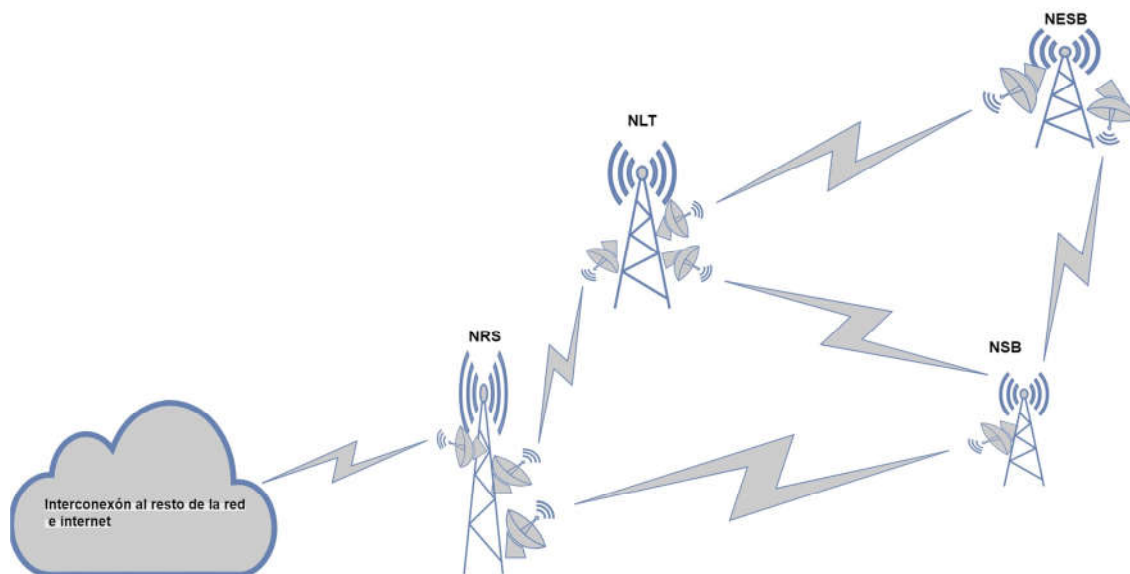


FIGURA 12: ANILLO RS-LT-SB-ESB

Primera etapa

En la primera etapa se planteó el cambio de equipos de radio entre las Tapias y Río Seco con el fin de lograr capacidades que cubrieran el potencial crecimiento futuro de la red. Posterior a esto se planteó el cierre de los enlaces punto multipunto que comunican San Bartolomé con las Tapias y la estancia San Bartolomé.

Cálculo de enlace Río Seco a Las Tapias

Para el diseño de este enlace y por recomendación de los ingenieros de la empresa decidí avanzar con la tecnología del fabricante Cambium Networks. Cambium es una empresa que se dedica a fabricar equipos de radio tanto para redes de acceso inalámbricas fijas como para enlaces de transporte punto a punto (*Backhaul*).

Cambium provee un simulador de enlaces que permite realizar pruebas con sus equipos indicando coordenadas geográficas. El software se encarga de cargar el perfil del terreno de acuerdo a las coordenadas geográficas, calcular el radio de fresnel y las obstrucciones posibles con el fin de determinar la altura mínima a la que se necesita instalar los radios.

Los equipos seleccionados para realizar este radioenlace fueron los ePMP 1000 conectorizados. Estos son equipos de bajo costo que pueden utilizarse tanto para una red de acceso (conectándole un panel sectorial) o para enlaces punto a punto.

Como antena, por recomendación de los ingenieros de la empresa, indague en las RocketDish de Ubiquiti (figura 13). Estas antenas son parabólicas de doble polarización que vienen en varias medidas de ganancia. Las seleccionadas fueron las de 31 dBi.



FIGURA 13: ANTENA UBIQUITI ROCKETDISH

El primer paso para realizar un cálculo de enlace en LinkPlanner es proveerle al software las coordenadas de los puntos a conectar y la altura a la que colocaremos la antena.

Luego de esto, se crea el enlace como PTP y debemos configurar mínimamente los siguientes parámetros:

- Radiotransmisor
- Antena
- Banda de operación
- Ancho de canal
- Piso de Ruido
- Modo de operación (TDD, ePTP)
- País

Una vez configurado, obtenemos los resultados de la simulación, tal como se muestra en la figura 14. Allí podemos ver el radio de fresnel sobre el terreno. No se observan obstrucciones considerables.

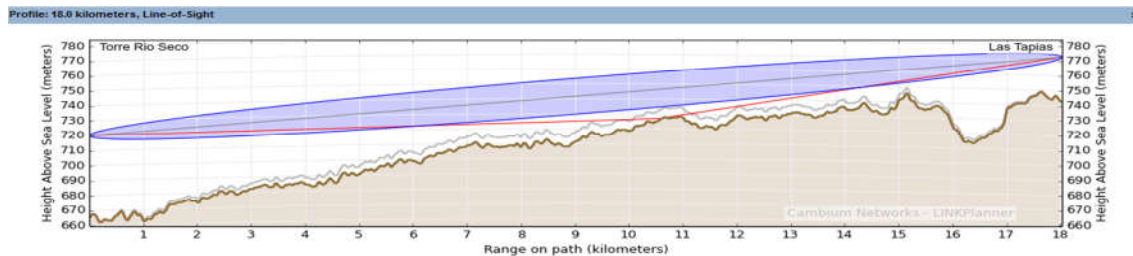


FIGURA 14: PERFIL DEL TERRENO CON RADIO DE FRESNEL

La figura 15, muestra que la capacidad de tráfico agregado se sitúa en torno a los 168 Mbps. Esto permitiría proveer el servicio correctamente a la zona e incluso escalar a futuro sin problemas.

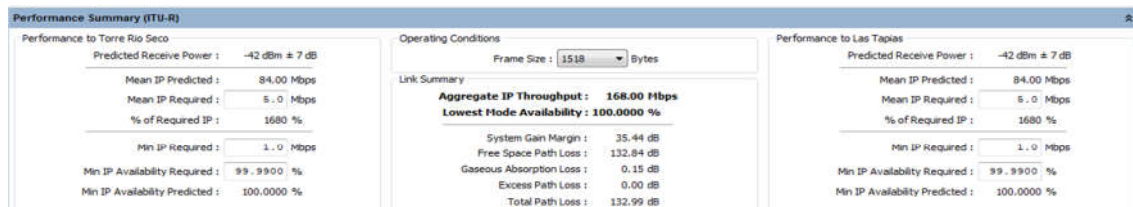


FIGURA 15: CAPACIDAD ESPERADA

La figura 16 muestra un detalle del desempeño del enlace. Estos gráficos nos dicen que porcentaje de disponibilidad habrá para cada nivel de capacidad en el radioenlace.

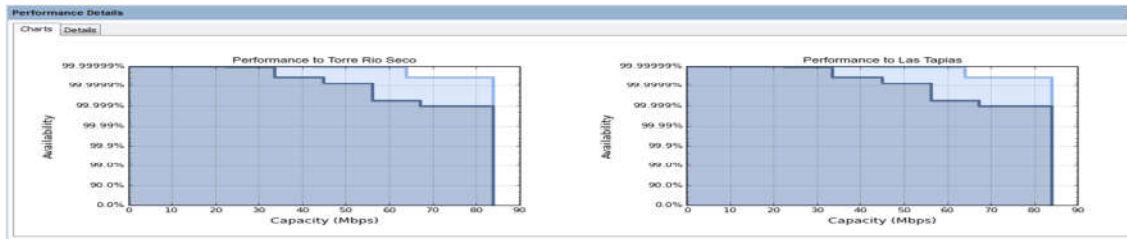


FIGURA 16: DISPONIBILIDAD DE LA CAPACIDAD OFRECIDA EN GRÁFICOS

Por último, la figura 17 muestra un detalle más exhaustivo de los detalles de desempeño, considerando la capacidad ofrecida, que ha arrojado la simulación.

Common details														
MCS:	MCS15	MCS14	MCS13	MCS12	MCS11	MCS10	MCS9	MCS7	MCS6	MCS5	MCS4	MCS3	MCS2	MCS1
Mode:	64QAM	64QAM	64QAM	16QAM	16QAM	QPSK	QPSK	64QAM	64QAM	64QAM	16QAM	16QAM	QPSK	QPSK
Code Rate:	0.83	0.75	0.67	0.75	0.5	0.75	0.5	0.83	0.75	0.67	0.75	0.5	0.75	0.5
Payloads:	Dual	Dual	Dual	Dual	Dual	Dual	Dual	Single	Single	Single	Single	Single	Single	Single
Max Aggregate IP Throughput (Mbps):	158.00	158.00	158.00	134.38	89.84	86.99	44.88	112.21	100.89	89.97	67.09	44.73	33.22	22.38
Performance to Torre Rio Seco														
Max IP Throughput (Mbps):	84.00	84.00	84.00	84.00	84.00	83.92	42.81	84.00	84.00	84.00	84.01	42.87	31.81	21.34
Fade Margin (dB):	9.54	13.54	16.54	24.14	27.84	32.84	34.14	9.54	13.54	16.54	24.14	27.84	32.84	35.44
Mode Availability (%):	99.9908	99.9980	99.9990	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	100.0000
Receive Time in Mode (%):	99.9908	0.0072	0.0010	0.0005	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Performance to Las Tapias														
Max IP Throughput (Mbps):	84.00	84.00	84.00	84.00	84.00	83.92	42.81	84.00	84.00	84.00	84.01	42.87	31.81	21.34
Fade Margin (dB):	9.54	13.54	16.54	24.14	27.84	32.84	34.14	9.54	13.54	16.54	24.14	27.84	32.84	35.44
Mode Availability (%):	99.9908	99.9980	99.9990	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	100.0000
Receive Time in Mode (%):	99.9908	0.0072	0.0010	0.0005	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

FIGURA 17: DISPONIBILIDAD DE LA CAPACIDAD OFRECIDA EN CIFRAS

Cierre de radioenlaces punto multipunto

Los enlaces que conectaban al nodo San Bartolomé funcionaban bajo un esquema punto a multipunto (figura 18). En los nodos ESB y LT había radios dedicados conectándose directamente a la omnidireccional del nodo SB como si fueran dos clientes más.

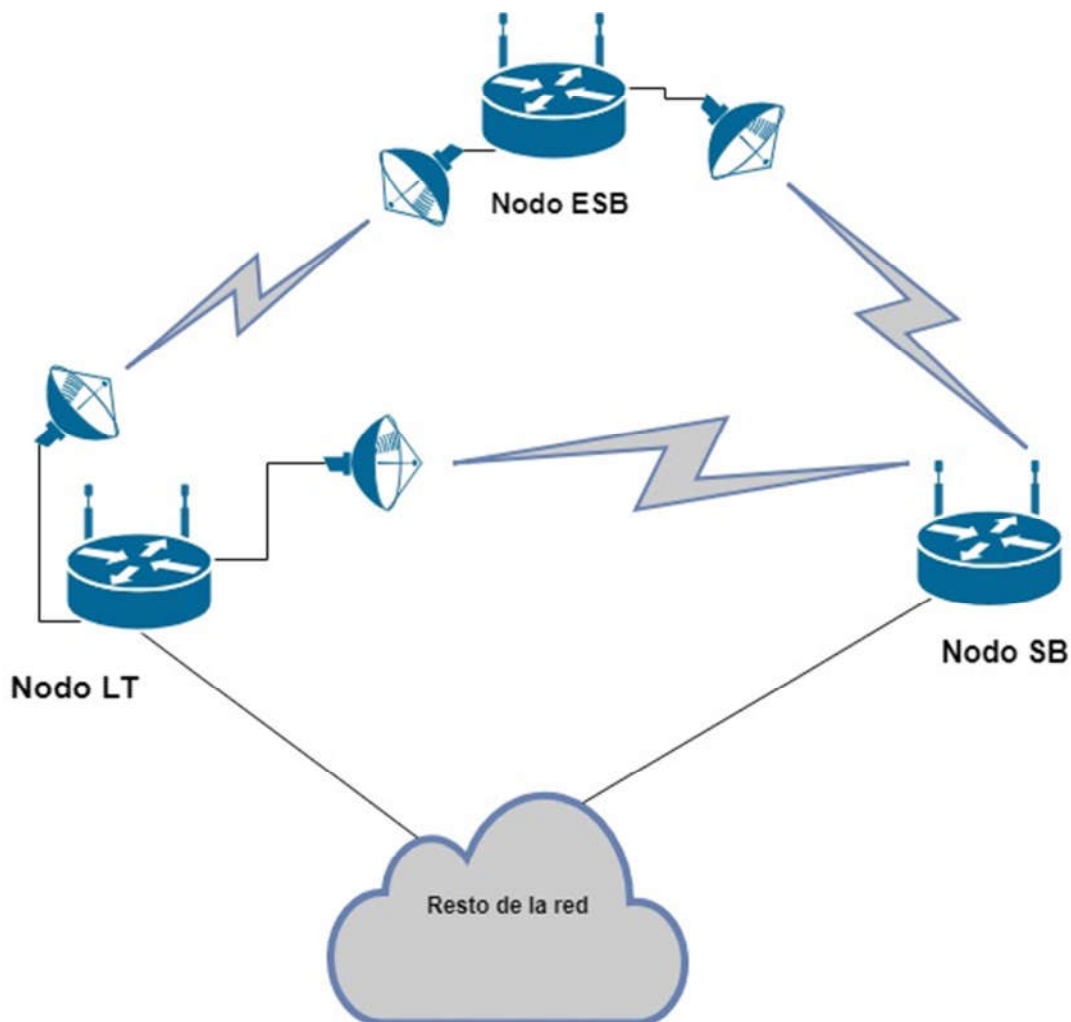


FIGURA 18: DETALLE ANILLO LT-SB-ESB

Esto perjudicaba el rendimiento general de los enlaces y a la vez del nodo. En este esquema se asignaba el mismo recurso radioeléctrico a la red de acceso y a la red de transporte.

La propuesta fue colocar en el nodo SB dos radios dedicados con el fin de cerrar los radioenlaces contra los nodos. Los equipos propuestos fueron Ubiquiti Nanobeam M519.

Segunda etapa

Para la segunda etapa se planteó restablecer el enlace que provee redundancia al anillo. Este enlace, se encontraba caído por desperfectos en uno de los equipos. También se propuso la instalación de equipos Cambium.

Para este enlace también se utilizó la herramienta LinkPlanner, considerándose del lado RS un EPMP 1000 Conectorizado con antena parabólica y del lado SB un EPMP Force 200 de 5GHz. En SB no se colocó el mismo equipo dado que, según me informaron de la empresa, la torre no soportaba tanta carga. El equipo seleccionado tiene una performance inferior al EPMP 1000 ya que la antena integrada con la que cuenta es de 25 dBi.

Otras tareas

Otra tarea que lleve a cabo fue relevar las frecuencias utilizadas en los radiotransmisores de todas las radiobases de la cooperativa. Estos datos no estaban disponibles y ocasionaban que cada vez que había que instalar un equipo nuevo hubiera que relevar los radios del entorno.

Realizando estos relevamientos de frecuencias encontré que en una de las torres se estaba utilizando para un radioenlace la frecuencia 5.425 GHz y en otro la frecuencia 5.4 GHz (Figura 19). Al momento de hacer las pruebas de capacidad, estos radios habían mostrado un buen rendimiento para enviar datos, pero muy pobre para recibir. Dado esto, decidí mover el radio que estaba en 5.425 GHz a 5.5GHz.

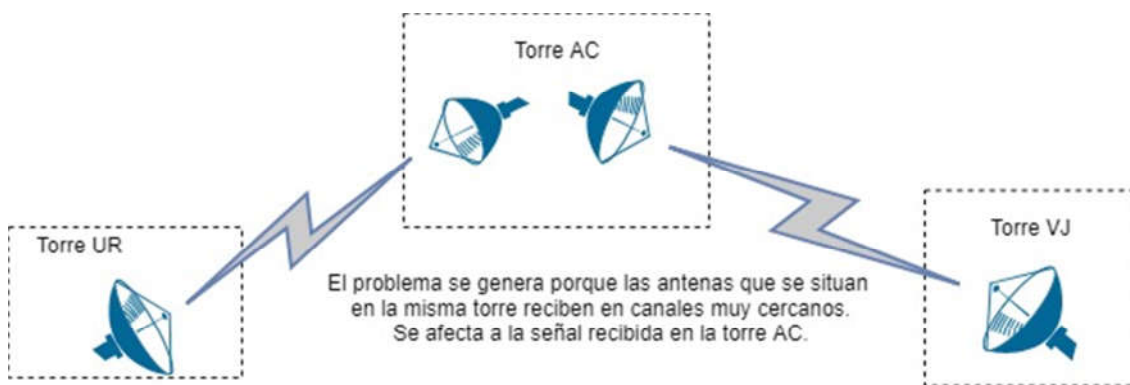


FIGURA 19: INTERFERENCIA EN CANALES ADYACENTES

Una vez hecho el cambio las capacidades de recepción de los equipos se incrementaron considerablemente reafirmando la teoría de la interferencia. La recomendación de los

fabricantes es tener los equipos separados en el espectro en una razón de tres veces el ancho del canal utilizado.

Red de acceso

Tareas en RS

Para la red de acceso también se propusieron y llevaron a cabo mejoras.

En la localidad de Rio Seco, había un nodo inalámbrico que se estaba desempeñando de manera muy deficiente. El nodo contaba con 12 clientes, seis de ellos a una distancia máxima de 400 metros y los otros seis a distancias de entre 4 y 8 kilómetros.

Para lograr que los clientes alejados se conectaran al nodo, se redujo el ancho del canal a un valor de 5MHz.

El problema es que, al utilizar un canal tan angosto, los clientes que estaban en el pueblo negociaban tasas muy bajas a pesar de tener muy buen nivel de señal. A esto se le sumaba el hecho de que esta torre contaba con 10 radioenlaces ocasionando un piso de ruido elevado.

La realidad es que la mayoría de los clientes tenía un servicio deficiente, tanto los alejados como los que estaban al lado de la torre.

Solución

Para solucionar estos problemas, en primer lugar, solicité al técnico de la cooperativa que realizara un relevamiento y me enviara las coordenadas exactas de cada cliente, las cuales procedí a cargar en el simulador de Ubiquiti(AirLink).

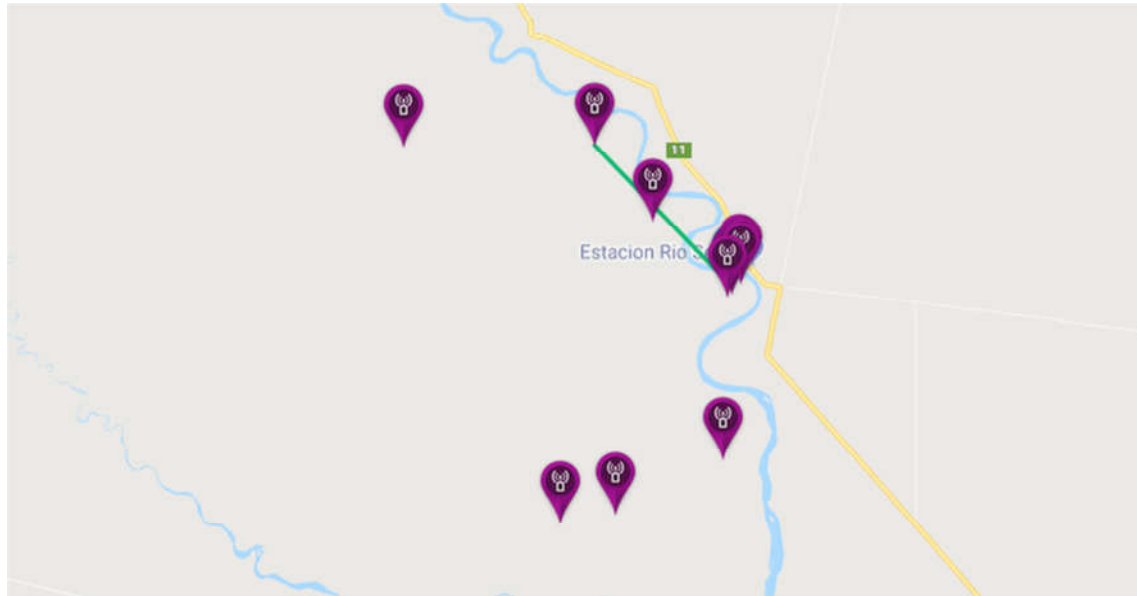


FIGURA 20: DISTRIBUCIÓN DE CLIENTES EN NODO RS

En la figura 20 se ven los clientes concentrados cerca de la torre y los 6 clientes diseminados a lo largo de los campos cercanos. Por medio del mapa visualicé que 3 clientes se concentraban en dirección noroeste y los otros 3 en dirección sureste.

De esta forma, me enfoqué en buscar algún radio más directivo para conectar a los clientes más alejados.

Después de investigar sobre el tema seleccioné como pertinente el Ubiquiti Nanostation M5 (figura 21). Las características de este radio son las siguientes:

- Ganancia de la antena: 16 dBi
- Banda de operación: 5 GHz
- Potencia máxima: 27 dBm
- Ancho de haz horizontal (Hasta caída de 3dB): 43°
- Cuenta con dos interfaces 10/100 BASE-T
- Estándar 802.11n + Airmax



FIGURA 21: UBIQUITI NANOSTATION M5

La propuesta fue colocar dos de estos equipos: uno mirando en dirección a los clientes del noroeste y el otro en dirección a los del sureste. De esta forma, quedarían conectados al nodo omnidireccional solo los clientes que se encontraran en el pueblo a distancias cortas permitiendo ampliar el ancho del canal a 20 MHz y logrando una mejora integral del servicio en la zona.

La propuesta fue llevada a cabo por la cooperativa y el servicio mejoró de manera considerable correspondiéndose la implementación con lo tenido en cuenta en la fase de reingeniería.

Para dar una idea cuantitativa de la mejora: los 12 clientes conectados al nodo omnidireccional consumían en sus picos 3 Mbps. Luego de los cambios pasaron a consumir 10 Mbps.

Armado de nuevo sitio

Se nos solicitó, desde la cooperativa, el diseño de un nuevo nodo con el fin de brindar servicio a clientes no alcanzados por el despliegue existente en ese momento.

Enlace de transporte punto a punto

En una primera instancia, me fueron enviadas las coordenadas de la torre donde se quería colocar el nuevo nodo. A partir de éstas mi tarea fue revisar si desde alguna de las torres de la cooperativa se podía alcanzar ese sitio mediante un radioenlace. Para esto fue utilizado el software AirLink de Ubiquiti. El resultado fue positivo dado que mediante la herramienta se pudo constatar que la distancia era aproximadamente de 400 metros a una torre de la cooperativa y que no había obstrucciones para realizar el radioenlace.

Para este enlace, se utilizó de un extremo un Ubiquiti NanoLoco M5 y del otro un Ubiquiti Nanobeam M5-16. Estos equipos son radiotransmisores con antenas integradas de 13dBi y 16dBi de ganancia respectivamente. La potencia máxima de los equipos se sitúa cerca de los 23 dBm permitiendo una potencia isotrópica radiada efectiva de 36 y 39 dBm.

Nodo de Acceso

Para el nodo se le recomendó a la cooperativa la compra de un Mikrotik Omnitik 5. Este equipo cuenta con las siguientes características (figura 22):

- Opera en la banda de 5 GHz bajo el estándar 802.11a y 802.11n
- Cuenta con antenas omnidireccionales de doble polarización de 7.5 dBi
- Resistente al agua
- 5 puertos ethernet 10/100 Base-T
- Soporta un tráfico agregado de hasta 200 Mbps



FIGURA 22: MIKROTIK OMNITIK 52

Implementación

Al momento de la implementación se me encomendó configurar tanto los equipos del enlace de transporte como el nodo.

La primera tarea, en este sentido, fue encontrar frecuencias libres para el radioenlace y el nodo. Para ello hice un relevamiento de las frecuencias usadas en los otros radiotransmisores.

Posteriormente configure las antenas de la forma siguiente:

- Modo Bridge, permitiendo considerar los radios como un cable a nivel lógico.
- Ancho de canal: 20 MHz
- IP's de management dentro del rango de las interfaces de los routers.

Luego, configure el nodo Omnitik con las siguientes características:

- IP en la interfaz cableada que da al radio y en la interfaz inalámbrica. IP de loopback en una interfaz virtual respetando los criterios de diseño de la red.
- Servidor PPPOE corriendo en la interfaz inalámbrica.
- Perfiles de tráfico para el servidor PPPOE
- Ruta por default a la interfaz que da al radioenlace. Considerando que este nodo iba a ser un punto terminal no se hacía necesaria ni recomendable la utilización de OSPF.

Las figuras 23 y 24 muestran el diagrama físico de conexión del diseño descrito.

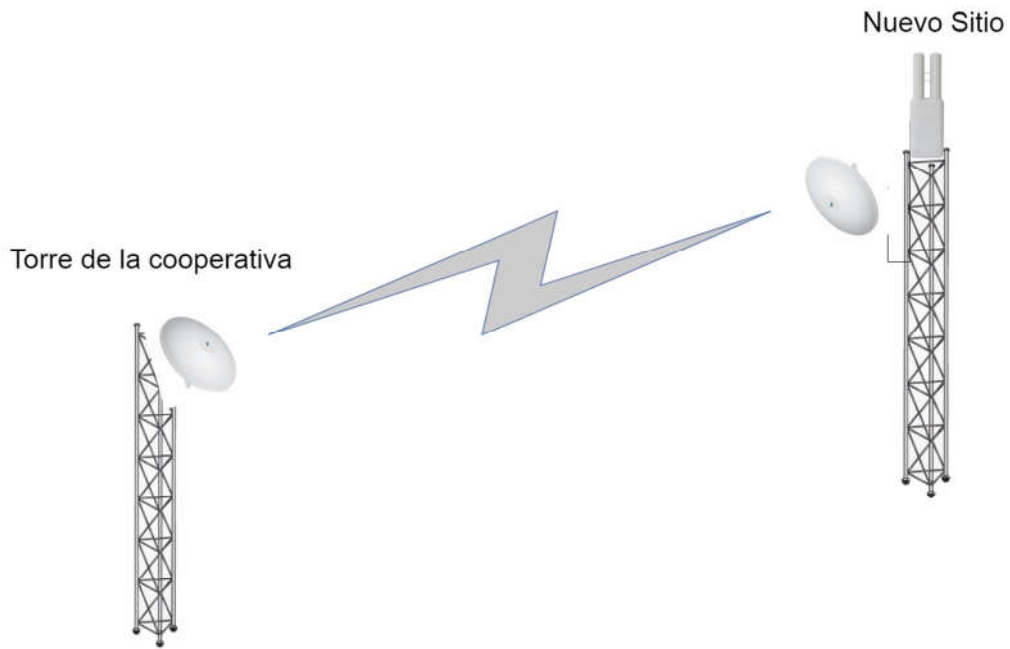


FIGURA 23: DIAGRAMA FÍSICO DE CONEXIÓN

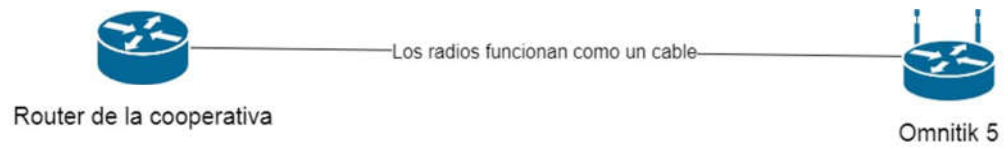


FIGURA 24: DIAGRAMA LÓGICO DE CONEXIÓN

Implementación de sistema de tickets para seguimiento de reclamos

Originalmente, los reclamos de los técnicos hacia Fonexa se canalizaban por dos medios:

- Vía telefónica
- Por medio de una planilla de Excel que se sincronizaba con un Dropbox compartido.

En la mayoría de los casos, los reclamos eran hechos vía telefónica debido a que Dropbox sincronizaba intermitentemente y ocasionaba problemas de versiones que desembocaban en reclamos no guardados.

El problema de esto es que dificulta el análisis posterior del estado de la red e imposibilita la elaboración de estadísticas que ayuden a ver dónde se concentran los problemas.

Para reemplazar este método busqué sistemas open-source gratuitos que permitieran canalizar los reclamos mediante una página web de forma tal que el operador que subiera el reclamo supiera en el momento si el mismo ya había sido asentado anteriormente o no. Algunos de los sistemas que encontré fueron OTRS, osTicket y RT.

Lleve adelante la implementación del sistema “Request Tracker”. Este es un sistema de seguimiento de tickets escrito en Perl.

La instalación se llevó a cabo en una máquina virtual con un Ubuntu 14.04 dentro del servidor de la cooperativa. Para instalarlo hay que descargar el código fuente, compilarlo e instalarlo. Posteriormente hay que realizar algunas configuraciones en Apache como, por ejemplo, activar el CGI de Perl.

Después de instalado, encontré algunos inconvenientes en el sistema:

- Resultaba demasiado complejo para el uso requerido. Requeriría el dictado de una capacitación para los usuarios de la cooperativa.
- No hay mucha documentación respecto a la utilización y personalización del sistema dado que el modelo de negocio de la empresa consiste en vender esos servicios.
- La traducción al castellano está a medio hacer.

Estos inconvenientes, sumados al apremio de los tiempos asignados para la provisión de la solución motivaron la decisión de optar por una solución temporal más simple. Migré la planilla que se utilizaba a la plataforma Cloud de Google. Google permite la edición mediante el navegador de todo tipo de documentos de ofimática en tiempo real. De esta

forma, los cambios se van aplicando en el momento y no hay conflicto de versiones como sucedía con Dropbox.

Los resultados de esta migración fueron positivos ya que se solucionó el problema de las sincronizaciones fallidas.

Respecto a RT, quedó a disposición para ser utilizado cuando las necesidades de la cooperativa respecto al seguimiento de reclamos se amplíe.

Estimación de precio sugerido al consumidor final

Se me solicitó desde la empresa hacer una estimación del precio que tendría que estar cobrando la cooperativa de Alpa Corral a sus clientes para poder operar sin pérdidas.

Para realizar esta estimación elaboré un flujo de fondos operativo proyectado en un año. Un flujo de fondos es una herramienta que permite ver la cantidad de dinero que ingresa y egresa de un negocio.

Los ítems considerados dentro de los ingresos fueron:

- Venta de abonos
 - Abono Básico: Valor variable a determinar
 - Abono especial: Valor del abono básico más un 40%
- Venta de equipamientos e instalación domiciliaria

Los ítems considerados dentro de los egresos fueron:

- Compra de ancho de banda mayorista
- Movilidad
- Soporte Técnico
- Compra de equipamientos para instalaciones domiciliarias
- Sueldo de un técnico de campo

Todos los precios fueron cargados sin IVA.

Luego de cargar los datos en una planilla electrónica, utilicé la herramienta de búsqueda de objetivos para ver cuál es el precio del abono para el que el flujo de fondos resulta en un valor nulo al primer mes.

Flujo de fondos anual

	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
Ventas de abonos	\$ 150.357,68	\$ 155.542,43	\$ 160.727,18	\$ 163.319,55	\$ 165.911,93	\$ 168.504,30	\$ 172.392,86	\$ 176.281,42	\$ 178.873,80	\$ 181.466,17	\$ 184.058,54	\$ 188.595,20
Ventas de equipamientos	\$ 35.235,25	\$ 28.188,20	\$ 28.188,20	\$ 14.094,10	\$ 14.094,10	\$ 14.094,10	\$ 21.141,15	\$ 21.141,15	\$ 14.094,10	\$ 14.094,10	\$ 14.094,10	\$ 24.664,68
Subtotal Ingresos	\$ 185.592,93	\$ 183.730,63	\$ 188.915,38	\$ 177.413,65	\$ 180.006,03	\$ 182.598,40	\$ 193.534,01	\$ 197.422,57	\$ 192.967,90	\$ 195.560,27	\$ 198.152,64	\$ 213.259,87
Soporte Fonexa	\$ 20.000,00	\$ 20.000,00	\$ 20.000,00	\$ 20.000,00	\$ 20.000,00	\$ 20.000,00	\$ 20.000,00	\$ 20.000,00	\$ 20.000,00	\$ 20.000,00	\$ 20.000,00	\$ 20.000,00
Técnico	\$ 30.000,00	\$ 30.000,00	\$ 30.000,00	\$ 30.000,00	\$ 30.000,00	\$ 30.000,00	\$ 30.000,00	\$ 30.000,00	\$ 30.000,00	\$ 30.000,00	\$ 30.000,00	\$ 30.000,00
Previsiones	\$ 18.559,29	\$ 18.373,06	\$ 18.891,54	\$ 17.741,37	\$ 18.000,60	\$ 18.259,84	\$ 19.353,40	\$ 19.742,26	\$ 19.296,79	\$ 19.556,03	\$ 19.815,26	\$ 21.325,99
Costo Fijo	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
Compra de equipamientos	\$ 28.188,20	\$ 28.188,20	\$ 14.094,10	\$ 14.094,10	\$ 14.094,10	\$ 21.141,15	\$ 21.141,15	\$ 14.094,10	\$ 14.094,10	\$ 14.094,10	\$ 24.664,68	\$ 35.235,25
Movilidad	\$ 1.845,44	\$ 1.845,44	\$ 1.845,44	\$ 1.845,44	\$ 1.845,44	\$ 1.845,44	\$ 1.845,44	\$ 1.845,44	\$ 1.845,44	\$ 1.845,44	\$ 1.845,44	\$ 1.845,44
Abono Internet Mayorista	\$ 87.000,00	\$ 87.000,00	\$ 87.000,00	\$ 87.000,00	\$ 87.000,00	\$ 87.000,00	\$ 87.000,00	\$ 87.000,00	\$ 87.000,00	\$ 87.000,00	\$ 87.000,00	\$ 87.000,00
Subtotal Egresos	\$ 185.592,93	\$ 185.406,70	\$ 171.831,08	\$ 170.680,91	\$ 170.940,14	\$ 178.246,43	\$ 179.339,99	\$ 172.681,80	\$ 172.236,33	\$ 172.495,57	\$ 183.325,38	\$ 195.406,68
Resultado bruto	\$ 0,00	\$ -1.676,07	\$ 17.084,30	\$ 6.732,75	\$ 9.065,88	\$ 4.351,97	\$ 14.194,02	\$ 24.740,77	\$ 20.731,57	\$ 23.064,70	\$ 14.827,26	\$ 17.853,19
Resultado Acumulado	\$ 0,00	\$ -1.676,07	\$ 15.408,23	\$ 22.140,98	\$ 31.206,86	\$ 35.558,83	\$ 49.752,85	\$ 74.493,62	\$ 95.225,19	\$ 118.289,89	\$ 133.117,16	\$ 150.970,35

TABLA 1: FLUJO DE FONDOS OPERATIVO

Se puede ver que se buscó el valor nulo de resultados al primer mes de operación. De esta forma el negocio requeriría solo una inyección de dinero de \$1676,07 en el mes 2. Al final del año se puede ver que se obtendría un resultado acumulado de 150.970,35 pesos.

Tablas de cálculo de ingresos

Plan de abonado	Cantidad(abonados)	Precio sin IVA	Precio con IVA	Subtotal Neto por plan
Abono Básico	190	\$648,09	\$784,19	\$123.137,76
Abono Especial	30	\$907,33	\$1.097,87	\$27.219,93
Total				\$150.357,68

TABLA 2: CALCULO DE INGRESOS POR ABONOS

La cooperativa cuenta con dos tipos de abonos:

- Abono básico: consiste de una conexión por ADSL o inalámbrica con una capacidad de 3 Mbps de bajada y 1Mbps de subida
- Abono especial: consiste de una conexión por ADSL o inalámbrica con una capacidad de 5 Mbps de bajada y 2 Mbps de subida

Se puede ver que los precios sugeridos al consumidor final serian de 784,19 pesos final para los clientes con abono básico y de 1097,87 para los clientes con abono especial. El valor del abono básico sin IVA es la variable del flujo de fondos. El abono especial resulta de sumarle un 40% al valor del abono básico.

Tablas de cálculo de egresos

A continuación, se pueden ver los diferentes valores que afectan a los egresos.

Consumo de Gasoil Toyota Hilux[l/100km]	8
Precio del litro de Gasoil	\$29,70
Precio del litro de Gasoil + Mantenimiento	32,67
Amortización Rodado [\$/km]	\$2,00
Cantidad de km promedio recorridos por mes	400
Gasto de gasoil [\$/km]	\$2,61
Total de gasto en combustible	\$1.845,44

TABLA 3: CALCULO DE GASTOS EN MOVILIDAD MENSUALES

Concepto	Valor
Abono ISP Mayorista	\$87.000,00
Soporte tercerizado	\$20.000,00
Gastos Fijos(Administración)	\$0,00
Movilidad	\$1.845,44
Sueldo Técnico de campo	\$30.000,00

TABLA 4: CÁLCULO DE GASTOS TOTALES MENSUALES

Primero hice un cálculo de los gastos en movilidad, estos están hechos basándose en la movilidad del personal de la cooperativa en una camioneta Toyota Hilux. Las consideraciones para el gasto de movilidad fueron las siguientes:

- Al costo del litro de gasoil se le sumó un 10% considerando el mantenimiento del rodado.
- Se considera que el rodado se depreciara una suma de \$400.000 en 200.000 kilómetros, lo que nos permite hacer un cálculo de la amortización necesaria por kilómetro.

El costo del abono al ISP mayorista se constituye de tres factores: el tipo de cambio, el costo del megabit por segundo en dólares estadounidenses y la cantidad de megabits que se compran. Para el cálculo realizado se consideraron los siguientes valores:

- Tipo de cambio: 20 pesos por dólar(marzo de 2018)
- Mbps contratados: 145 Mbps
- Costo por Mbps contratado: 30 dólares

Después se sumaron el resto de los gastos. Los gastos administrativos se consideran cero debido a que la cooperativa ya tiene una estructura armada para dar el servicio eléctrico y de telefonía.

Estimación de nuevas conexiones a lo largo del año y estimación del valor de una nueva conexión

La siguiente tabla presenta una estimación de las conexiones nuevas por mes, teniendo en cuenta cómo se comporta en promedio por año. Estos valores afectan a la compra de equipamientos para instalaciones domiciliarias y a la posterior venta de los mismos.

	Cantidad de nuevos abonados
Mes 1	8
Mes 2	8
Mes 3	4
Mes 4	4
Mes 5	4
Mes 6	6
Mes 7	6
Mes 8	4
Mes 9	4
Mes 10	4
Mes 11	7
Mes 12	10

TABLA 5: ESTIMACIÓN ANUAL DE VARIACIÓN EN EL NÚMERO DE ABONADOS

Luego, se hizo un cálculo del importe correspondiente a una nueva instalación en materiales para combinar con la tabla anterior:

Concepto	Precio
Ubiquiti Nanobeam M5 19	\$2600
Router TP-Link	\$661,23
Cable FTP Cat 5e GLC x 20m	\$262,2951
Total	\$3523,525

TABLA 6: VALOR APROXIMADO DE NUEVA CONEXIÓN EN MATERIALES

Control de tráfico en redes multi-homed con BGP

A lo largo de mis jornadas de trabajo, se me introdujo en el manejo del protocolo BGP en otros ISP.

Sobre BGP

BGP (Border Gateway Protocol) es el único protocolo de ruteo externo utilizado en la actualidad. Tiene como función principal intercambiar información de ruteo entre sistemas autónomos evitando la generación de bucles. Funciona sobre el protocolo de transporte TCP en el puerto 179.

BGP cuenta con un algoritmo para seleccionar “el mejor camino” que toma en cuenta varios atributos. Estos atributos pueden ser modificados con el fin de establecer políticas y alterar el comportamiento del tráfico.

Los atributos de BGP se clasifican en las siguientes categorías:

- Well known: Hace referencia a parámetros que deben estar en cualquier implementación de BGP. A la vez pueden ser:
 - Mandatorios: Deben ser enviados en cada mensaje UPDATE de BGP
 - Discrecionales: No es necesario que sean enviados en cada mensaje UPDATE.
- Opcionales: Son parámetros no obligatorios. A la vez pueden ser:
 - Transitivos: Por más que la implementación de BGP no reconozca el parámetro, debe ser pasado hacia otros peers.
 - No transitivos: Si la implementación de BGP no reconoce el parámetro, éste no debe ser retransmitido a otros peers.

¿Cómo decide BGP cuál es el mejor camino?

BGP toma en cuenta los siguientes atributos para decidir cuál es el mejor camino:

1. Mayor weight (valor propietario de Cisco)
2. Mayor “Local Preference”
3. Prefiere una ruta que es originada localmente(network, aggregate o redistribución de un IGP) por sobre una recibida por BGP
4. Menor AS_PATH
5. ORIGIN(0,1 o 2)

6. Menor MED
7. Rutas externas BGP son preferidas por sobre rutas internas de BGP
8. Si no hay ruta externa se selecciona el camino con el menor costo del IGP que conduce al siguiente router BGP.
9. Las rutas más viejas son preferidas por sobre las nuevas. Esto es para evitar el flapping (inestabilidad).
10. El menor router ID

Casos particulares de estudio

Al avanzar las semanas de mi práctica en la empresa se me interiorizó en el caso de dos ISP a los que se les brindaba soporte de nivel 2 y 3 más que nada en lo respectivo al manejo de tráfico contra varios proveedores a través del protocolo BGP.

ISP A

Este ISP, contaba con dos proveedores distintos de internet a los que compraba servicio de tránsito IP. De esta forma el proveedor tenía un esquema de dual-multihoming que le permitía tener redundancia. Se puede observar esto en la figura 25.

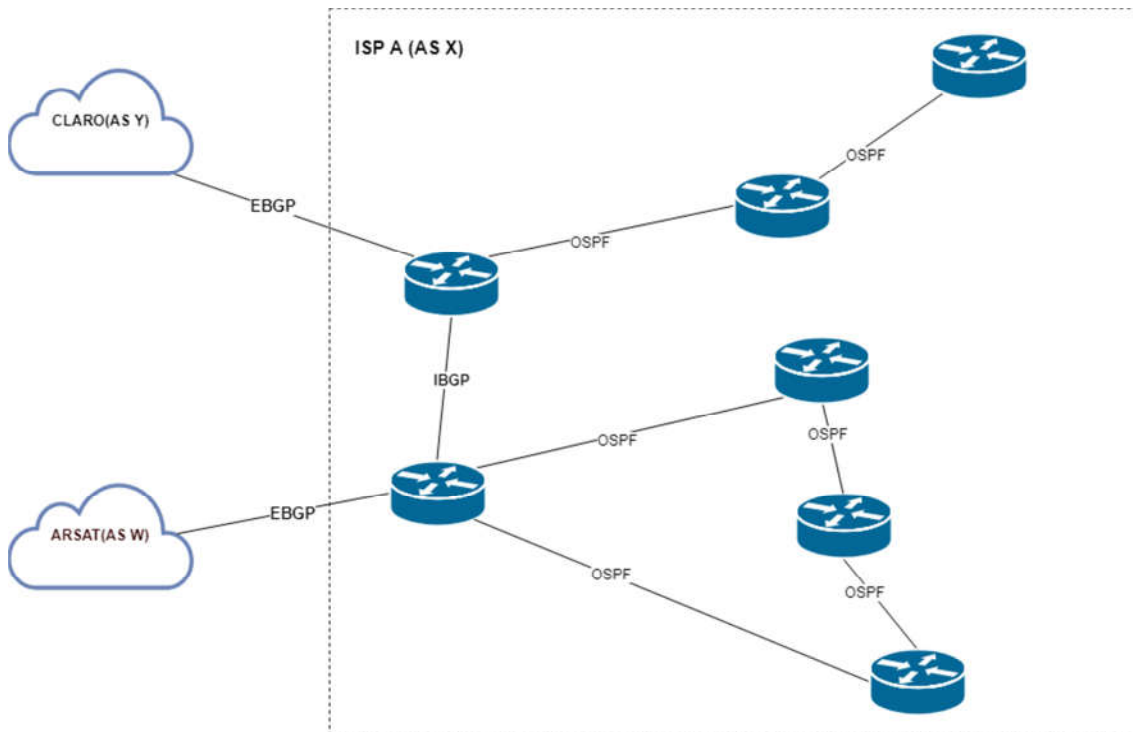


FIGURA 25: TOPOLOGIA EN CAPA 3 DEL ISP A

Este ISP cuenta con un bloque IP /22 asignado.

El ruteo en este proveedor se hacía mediante:

- BGP: Los routers de borde establecían una sesión IBGP entre si y EBGp contra ARSAT y CLARO. Recibían la ruta default de cada uno de ellos y la instalaban en su tabla de ruteo. La ruta default se redistribuía por OSPF pero no por BGP. De esta forma cada router enviaba el tráfico a través del proveedor más cercano.
- OSPF en todo el resto de la red: El resto de los routers de la red compartían información de ruteo a través de OSPF.

Downstream

Para manejar el downstream se utilizaba la segregación de prefijos. Se anunciaban prefijos en función de la cantidad de datos que se quisiera estar descargando de cada proveedor. Dado que este ISP utilizaba direccionamiento privado para sus clientes, se hacía NAT en los routers de borde. Esto generaba la necesidad de sincronizar las publicaciones con los clientes asignados a cada IP.

Para repartir, se publicaban 3 bloques /24 a ARSAT y 1 bloque /24 a CLARO.

Upstream

El Upstream es manejado en principio por las rutas que se aprenden de los peers. A través de filtros de entrada se acepta la ruta por default por ambos routers. Un router de borde acepta la ruta default de ARSAT y el otro la default de CLARO. Esta ruta es aprendida y redistribuida por OSPF a toda la red. Luego, se manipulan los costos para enviar el tráfico de los nodos hacia alguno de los dos routers los cuales sacan el tráfico por su ruta por defecto.

ISP B

El otro proveedor de servicio tenía un esquema en el cual tenía a SILICA como proveedor de tránsito y por otro lado una interconexión al IXP de CABASE en Buenos Aires a través de una LAN-2-LAN provista también por SILICA. En la figura 26 se observa el diagrama correspondiente a este proveedor.

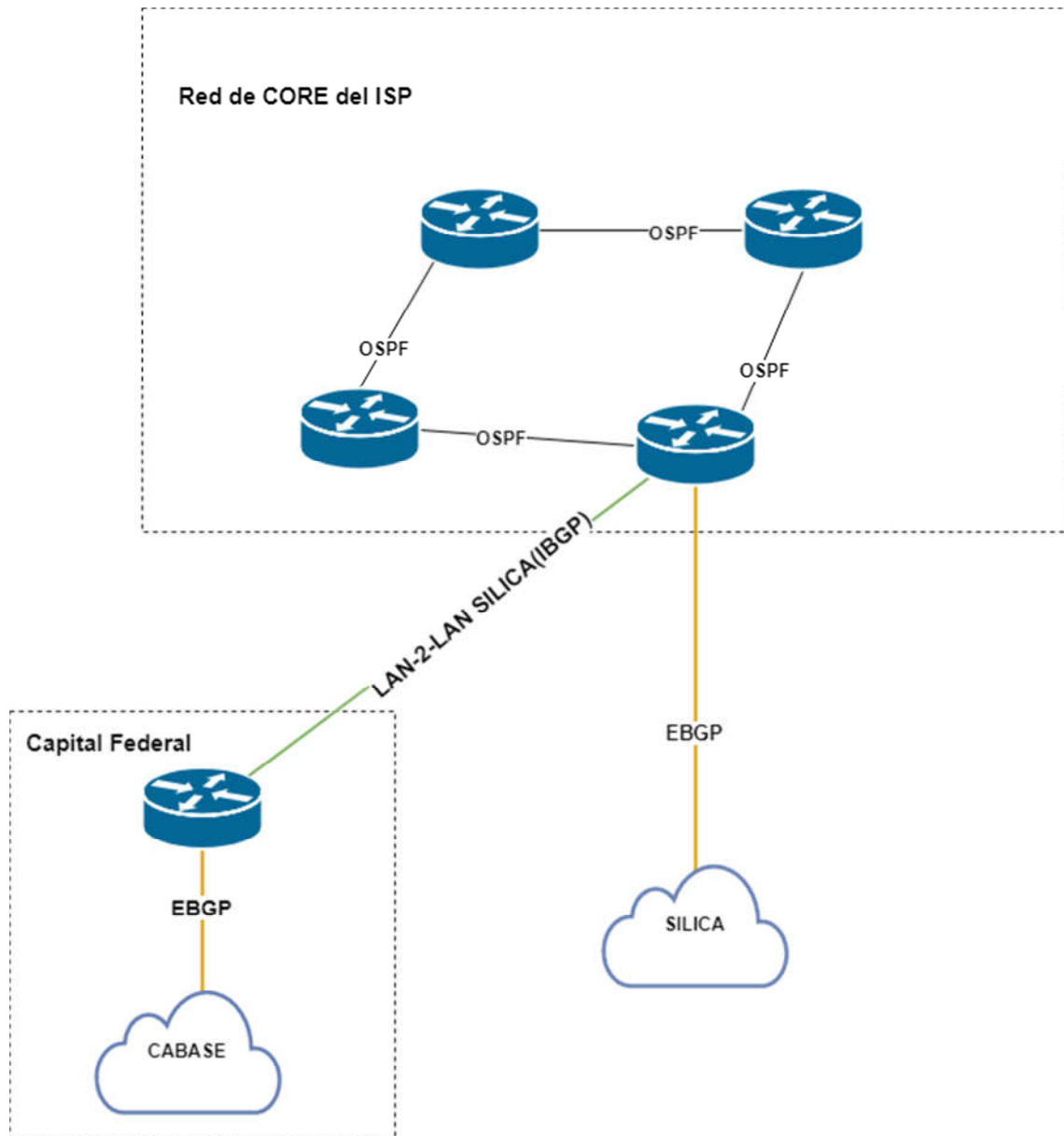


FIGURA 26: TOPOLOGIA EN CAPA 3 DEL ISP B

Manejo del downstream

Para el downstream se publicaban todas las redes del ISP tanto a CABASE como a SILICA. La salvedad es que a CABASE se le publicaban las redes con un prefijo más específico (/24) y a SILICA un agregado (/22). De esta forma, los contenidos que se podían descargar desde CABASE venían directamente por la interconexión del IXP, los que no estaban allí venían por la conexión de transito con SILICA.

Manejo del upstream

Para manejar el upstream se aceptaba la ruta default desde SILICA y todas las rutas desde CABASE. De esta forma, lo que no está en CABASE se envía por la conexión de tránsito IP.

Resolución de problemas

Tuve que resolver un incidente con el cliente del ISP B.

El mismo se comunicó argumentando que desde varios sectores de la red no se podía acceder a internet. Los pasos que seguí para la resolución del problema fueron los siguientes:

- Me conecté a la red por VPN. Una vez dentro, entre a los routers con problemas y comprobé que no resolvían DNS a través de tests como ping y traceroute.
- El DNS de la red era el público de Google (IP: 8.8.8.8). El servidor era inalcanzable a través de traceroute. Lo llamativo era que a través del traceroute se veía que el paquete atravesaba varios saltos hasta que dejaba de responder.
- En ese momento entre al router de borde de la red, el cual se interconecta con la LAN2-LAN y la conexión de tránsito. Allí pude observar que la LAN-2-LAN con CABASE estaba caída. CABASE brinda conexión contra los servidores de caching de Netflix, Google, Facebook, entre otros.
- Allí me di cuenta de cuál era el problema, el router del ISP B instalado en CABASE seguía publicando las rutas a la red con prefijos más específicos. De esta forma, las peticiones llegaban a Google pero a la vuelta elegían volver por el router situado en CABASE. El router simplemente descartaba todo el tráfico a la vuelta.
- Para solucionarlo, entré al router situado en CABASE a través de su IP Pública y a través de los filtros BGP-OUT bloqueé las publicaciones de las rutas a CABASE.

Luego de esto, el tráfico comenzó a circular normalmente por la conexión de tránsito con SILICA.

Conclusiones

Como conclusión, puedo aseverar que cumplí en general con los objetivos propuestos en el plan de trabajo. Las actividades realizadas me permitieron familiarizarme con la operación real de un ISP.

Por un lado pude aprender acerca de las operaciones diarias como altas/bajas de clientes y revisiones de conexiones. Por otro, pude participar en operaciones de expansión de la red como fue la instalación de una nueva radiobase o en el despliegue de nuevos sistemas como el de respaldos automáticos. Despliegues como estos me permitieron entender lo crítico que resulta la inclusión de nuevos servicios en la red de un proveedor.

También pude poner a prueba conocimientos adquiridos en la materia “Plan de Negocios” haciendo un flujo de fondos operativo con el fin de darle a la cooperativa una aproximación del precio ideal a cobrarle al consumidor final.

Se me dio una capacitación en BGP para su manejo en otros ISP, la cual me permitió resolver problemas que surgieron de estos proveedores.

Todas estas tareas me permitieron validar la base de conocimientos técnicos provista por mi formación de grado. Además de esto, aprendí a relacionarme y coordinar con el personal de la empresa y de la cooperativa, sinergia fundamental para el desarrollo de las tareas conjuntas.

Considero que la práctica profesional supervisada ha supuesto una experiencia enriquecedora desde lo técnico y lo interpersonal.

Bibliografía

- Wiki Mikrotik. Mikrotik Networks
- Manual del usuario AirOS 5. Ubiquiti Networks.
- RFC 2865: Remote Authentication Dial In User Service (RADIUS)
- RFC 5176: Dynamic Authorization Extensions to Remote Authentication Dial In User Service (RADIUS)