



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS COMPUTACIONALES

“RED CON PROTOCOLO 802.11N PARA LA EFICIENTE COBERTURA DE INTERNET EN LA REGIÓN TUMBES APLICANDO LA METODOLOGÍA TOP DOWN PARA LA EMPRESA CABLE VISIÓN TUMBES SAC”

Tesis para optar el título profesional de:
Ingeniero de Sistemas Computacionales

Autor(es):

Br. Victor José Maco Tejada

Asesor:

Ing. Pedro Castillo Domínguez

Trujillo – Perú

2018

APROBACIÓN DE LA TESIS

El (La) asesor(a) y los miembros del jurado evaluador asignados, **APRUEBAN** la tesis desarrollada por el (la) Bachiller **Victor José Maco Tejada**, denominada:

**“RED CON PROTOCOLO 802.11N PARA LA EFICIENTE COBERTURA DE INTERNET
EN LA REGIÓN TUMBES APLICANDO LA METODOLOGÍA TOP DOWN PARA LA
EMPRESA CABLE VISIÓN TUMBES SAC”**

Ing. Pedro Castillo Domínguez

ASESOR

Ing. Juan Orlando Salazar

JURADO

Ing. Lourdes Diaz Amaya

JURADO

Ing. Luis Gutierrez Magan

JURADO

DEDICATORIA

Todo mi esfuerzo y trabajo está dedicado para mis padres Edilberto y Carmen, que son mi fuente de inspiración para esforzarme y luchar por una mejor vida.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero agradecer a todas las personas que me brindaron su apoyo durante mi carrera universitaria quienes supieron darme lo mejor para salir adelante.

Al Grupo Cable Visión Tumbes SAC, por su apoyo incondicional lo que me permitió desarrollarme como profesional y a la vez supo depositar su confianza en mí para desarrollar este proyecto en su totalidad.

A todos mis profesores, por su excelente trabajo en mi formación profesional de la cual hoy me siento muy orgulloso.

Finalmente, agradezco a todas las técnicas de la empresa por su colaboración en la implementación de este proyecto.

RESUMEN

El presente trabajo tiene como finalidad esquematizar la implementación de una red con el protocolo 802.11N para brindar el servicio de Internet eficiente en la región Tumbes, cuya secuencia de pasos nos permitió garantizar un óptimo servicio en beneficio de los clientes que contraten el servicio brindado por la empresa Cable Visión.

Se ha tomado como unidad de medida la eficiente cobertura de internet en los distritos de Tumbes ya que la problemática es la mala cobertura del servicio de internet en esta región, teniendo en cuenta si la población contaba con servicio de Internet o no contaba con el servicio, los resultados de las encuestas realizadas nos impulsaron a desarrollar este servicio con la más óptima calidad que se pueda garantizar.

En la formulación de los indicadores, se tomaron en consideración la calidad de señal en la cual se concluyó que $Z_c = -262.5$ calculado, es menor que $Z_\alpha = 1.645$ y estando este valor dentro de la región de rechazo $< 1.645 >$, el porcentaje de calidad de señal es mayor con la red propuesta que con la red actual con un nivel de error del 5% y un nivel de confianza del 95%, con respecto al consumo de ancho de banda se concluyó que puesto que $Z_c = -63.28$ calculado, es menor que $Z_\alpha = 1.645$ estando este valor dentro de la región de rechazo $< 1.645 >$ el porcentaje de consumo de ancho de banda es mayor con la red propuesta que con la red actual con un nivel de error del 5% y un nivel de confianza del 95%, el vano de la señal, puesto que el valor calculado de t es 28.08 resulta superior al valor de la tabla en un nivel de significancia de 0.05 ($28.08 > 1.714$) decimos que el vano de señal es mejor con la red implementada, con ellos se puede afirmar la eficiencia de la cobertura de internet para la región Tumbes, estos indicadores tienen como sustento el marco teórico del presente documento; con la obtención de los resultados de los indicadores se pudo determinar que al elaborar el proyecto la garantía de cobertura sería de buena calidad para el cliente; logrando así un óptimo servicio.

ABSTRACT

The present work has as purpose outline the implementation of a network with the protocol 802.11N to offer the service of efficient Internet in the region Fall down, whose sequence of steps allowed us to guarantee an ideal service in benefit of the clients who contract the service offered to the company Cable Vision.

The efficient coverage of Internet has taken as a unit of measure in the districts of Knock down since the problematics is the bad coverage of the Internet service in this region, bearing in mind if the population was possessing Internet service or was not possessing the service, the results of the realized surveys they stimulated us to develop this service with the most ideal quality that could be guaranteed.

In the formulation of the indicators, they took in consideration the quality of sign in which I conclude that $Z_c = -262.5$ calculated, is minor that $Z_a = 1.645$ and being this value inside the region of rejection $<1.645>$ the percentage of quality of sign it is major with Proposed Network that with the Current Network with a level of mistake of 5 % and a confidence level of 95 %, with regard to the consumption of bandwidth one concluded that since $Z_c = -63.28$ calculated, is minor that $Z_a = 1.645$ and being this value inside the region of rejection $<1.645>$ the percentage of consumption of bandwidth is major with the proposed network that with the current network with a level of mistake of 5 % and a confidence level of 95 %, the vain one of the sign since the value calculated of t is 28.08 and turns out to be superior to the value of the table in a level of significance of 0.05 ($28.08 > 1.714$) we say that the vain one of sign is better with the implemented network, with them it is possible to affirm the efficiency of the Internet coverage for the region Fall down, these indicators take as a sustenance the theoretical frame of the present document; with the obtaining of the results of the indicators it was possible to determine that when the project elaborated the guarantee of serious coverage of good quality for the client; achieving this way an ideal service.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

| | |
|--|------------|
| APROBACIÓN DE LA TESIS | ii |
| DEDICATORIA | iii |
| AGRADECIMIENTO..... | iv |
| RESUMEN | v |
| ABSTRACT | vi |
| ÍNDICE DE CONTENIDOS..... | vii |
| ÍNDICE DE TABLAS | ix |
| ÍNDICE DE IMÁGENES..... | x |
| CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 1.1. Realidad problemática | 1 |
| 1.2. Formulación del problema..... | 2 |
| 1.3. Justificación | 2 |
| 1.4. Limitaciones | 2 |
| 1.5. Objetivos | 3 |
| 1.5.1. <i>Objetivo General</i> | 3 |
| 1.5.2. <i>Objetivos Específicos</i> | 3 |
| CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO..... | 4 |
| 2.1. Antecedentes | 4 |
| 2.2. Bases Teóricas..... | 6 |
| 2.3. Definición de términos básicos..... | 52 |
| CAPÍTULO 3. HIPÓTESIS | 53 |
| 3.1. Formulación de la hipótesis | 53 |
| 3.2. Las Variables | 53 |
| 3.3. Operacionalización de variables | 53 |

| | |
|---|-----------|
| CAPÍTULO 4. PROPUESTA DE APLICACIÓN PROFESIONAL..... | 54 |
| 4.1. FASE I: IDENTIFICACIÓN DE LOS OBJETIVOS Y NECESIDADES DEL CLIENTE. | 55 |
| 4.2. FASE II: DISEÑO DE UNA RED LÓGICA..... | 62 |
| 4.3. FASE III: DISEÑO DE LA RED FÍSICA..... | 69 |
| 4.4. FASE IV: TESTEO, OPTIMIZACIÓN Y DOCUMENTACIÓN DEL DISEÑO DE RED. | 74 |
| CAPÍTULO 5. MATERIALES Y MÉTODOS..... | 76 |
| 5.1. Tipo de diseño de investigación..... | 76 |
| 5.2. Material de estudio..... | 76 |
| 5.2.1. Población..... | 76 |
| 5.2.2. Muestra..... | 76 |
| 5.3. Técnicas, procedimientos e instrumentos..... | 77 |
| 5.3.1. Para recolectar datos..... | 77 |
| 5.3.2. Para procesar datos..... | 78 |
| CAPÍTULO 6. RESULTADOS..... | 80 |
| CAPÍTULO 7. DISCUSIÓN..... | 90 |
| CAPÍTULO 8. CONCLUSIONES..... | 92 |
| CAPÍTULO 9. RECOMENDACIONES..... | 93 |
| CAPÍTULO 10. REFERENCIAS..... | 94 |
| ANEXOS..... | 97 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | | |
|-----------|---|----|
| Tabla 1: | Total de encuestados | 1 |
| Tabla 2: | Operacionalización de variables | 53 |
| Tabla 3: | Diseño de modelo de direccionamiento IP | 63 |
| Tabla 4: | Para recolectar datos..... | 77 |
| Tabla 5: | Cobertura de vano | 78 |
| Tabla 6: | Indicadores cuantitativos | 80 |
| Tabla 7: | Porcentaje de calidad de señal..... | 81 |
| Tabla 8: | Porcentaje de consumo de ancho de banda..... | 84 |
| Tabla 9: | Cobertura vano de señal..... | 87 |
| Tabla 10: | Comparación de la calidad de señal | 90 |
| Tabla 11: | Comparación del porcentaje de consumo ancho de banda..... | 90 |
| Tabla 12: | Comparación de cobertura vano de señal | 91 |

ÍNDICE DE IMÁGENES

| | | |
|------------|---|----|
| Imagen 1: | Arquitectura Celular | 38 |
| Imagen 2: | Arquitectura Mesh..... | 40 |
| Imagen 3: | Zona de Cobertura..... | 41 |
| Imagen 4: | Zona de Fresnel | 43 |
| Imagen 5: | Tarjeta Inalámbrica | 44 |
| Imagen 6: | Network Stumbler | 44 |
| Imagen 7: | SNR vs Tiempo | 45 |
| Imagen 8: | Patrón de radiación plano vertical | 46 |
| Imagen 9: | Patrón de radiación plano horizontal | 47 |
| Imagen 10: | Diseño de red | 60 |
| Imagen 11: | Diseño de trafico de red | 61 |
| Imagen 12: | Diseño de una topología de red | 62 |
| Imagen 13: | Mikrotik routerboard 1100 | 64 |
| Imagen 14: | Media converter tp link..... | 65 |
| Imagen 15: | Switch poe 8 puertos ubiquiti | 65 |
| Imagen 16: | Rocket m5 ubiquiti | 66 |
| Imagen 17: | Sectorial ubiquiti 5.8 120 grados..... | 66 |
| Imagen 18: | Airgrid m5 ubiquiti..... | 67 |
| Imagen 19: | Seguridad de la red | 68 |
| Imagen 20: | Tecnología AirMax..... | 69 |
| Imagen 21: | Configuración Mikrotik routerboard 1100 | 70 |
| Imagen 22: | Equipo en comunicación..... | 71 |
| Imagen 23: | Configuración de equipo Switch poe | 72 |
| Imagen 24: | Configuración de equipo Rocket | 72 |
| Imagen 25: | Antena colocada en estación..... | 73 |
| Imagen 26: | Configuración de Airgrid | 73 |
| Imagen 27: | Consumos Registrados cada cierto tiempo..... | 74 |
| Imagen 28: | Servidor Actual | 75 |

| | | |
|------------|---|----|
| Imagen 29: | Porcentaje de calidad de señal..... | 83 |
| Imagen 30: | Porcentaje de consumo ancho de banda..... | 86 |
| Imagen 31: | Cobertura vano de señal..... | 89 |
| Imagen 32: | Porcentaje de calidad de señal..... | 90 |
| Imagen 33: | Porcentaje de consumo ancho de banda..... | 91 |
| Imagen 34: | Cobertura vano de señal..... | 91 |

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

En los últimos años se ha producido un crecimiento en el desarrollo y aceptación de las redes wireless. Este tipo de redes, al igual que las redes ethernet, proveen servicios del mejor esfuerzo pero, en contraste con éstas, tienen un ancho de banda limitado y una sobrecarga (overhead) muy elevada por paquete. Además, se ha intensificado el uso de aplicaciones multimedia que requieren que la red le garantice que el tráfico de datos que intercambian sea considerablemente elevado en relación a los actuales volúmenes de información que transporta. (Wimax, 2010)

En países de desarrollo, es frecuente que zonas rurales de gran extensión carezcan de infraestructuras de telecomunicaciones con una buena cobertura, lo cual supone un obstáculo para el desarrollo y la calidad de vida de las personas (Reigadas, 2007), este es el caso de la región Tumbes, esta falta de cobertura de telecomunicaciones específicamente de servicio de internet se debe especialmente a que posee una geografía muy accidentada, la cual se puede apreciar al recorrer algunos kilómetros de dicha región. En la región Tumbes los operadores de telecomunicaciones cuentan con una red de servicio de internet que no cubre todos sus distritos, puesto que todo está centralizado en la ciudad de Tumbes, esto lleva a que una gran parte de los distritos no cuenten con los servicios de internet generando así un mercado potencial para el consumo de internet (Comunicaciones, 2015). La empresa Cable Visión – Tumbes por medio de su Área de Ventas realizó un estudio para poder determinar si el mercado contaba con servicio de internet; si este era de buena calidad.

El consolidado de la encuesta se muestra en el siguiente cuadro:

Tabla 1:
Encuesta de internet.

| Total de encuestados 262 | | | | | | |
|--------------------------|-----|----------------|-------------|------------------|--------------|----|
| Tienen Internet | | Razón | | | Pagaría s/50 | |
| Si | No | Costo excesivo | Línea lenta | No hay cobertura | Si | No |
| 50 | 212 | 24 | 50 | 188 | 244 | 18 |
| 262 | | 262 | | | 262 | |
| Fecha | | | | 27/10/2014 | | |

Fuente: Área de ventas Cable Visión – Tumbes.

1.2. Formulación del problema

¿Cómo la implementación de una red con el protocolo 802.11N permite una eficiente cobertura de internet en la región Tumbes en el año 2015?

1.3. Justificación

Con la implementación de la red se logrará incrementar los ingresos económicos para la empresa brindando el servicio de internet, para la población se logrará brindar el servicio a un precio accesible.

Mediante la implementación de la red con la tecnología 802.11N se mejorará la cobertura de internet de manera eficiente en los distritos de Tumbes, permitiendo el incremento de usuarios, soportando la geografía accidentada y los requerimientos de servicios en la red.

Con la implementación de la red con la tecnología 802.11N la eficiente cobertura de internet llegará a todos los distritos de Tumbes donde se cuente con servicio de cable y generar así un valor agregado a los servicios de la empresa Cable Visión SAC, logrando el acceso de los usuarios al servicio de internet desde cualquier ubicación de los distritos de Tumbes.

Mediante la implementación de la red con la tecnología 802.11N se podrá consolidar los conocimientos adquiridos en el periodo académico aplicándolo de manera práctica en el desarrollo del proyecto.

1.4. Limitaciones

El óptimo desarrollo del presente trabajo de investigación dependerá en gran medida del apoyo que puedan brindar los funcionarios y el personal técnico de la empresa Cable Visión, involucrado durante el proceso de implementación del proyecto.

La geografía y la distancia serían otros limitantes debido que las zonas donde se colocarán las estaciones bases son accidentados y se tiene que evaluar la

ubicación y una altura adecuada teniendo en cuenta que las estructuras estarán ubicadas en nuestras propiedades o en propiedades alquiladas.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General

Obtener una eficiente cobertura de internet en la región Tumbes mediante la implementación de una red con el protocolo 802.11N.

1.5.2. Objetivos Específicos

- Usar una metodología para el diseño e implementación de la red con el protocolo 802.11N para la región Tumbes.
- Seleccionar las ubicaciones de las estaciones bases y la seguridad de la conexión.
- Diseñar la red con el protocolo 802.11N para la cobertura de la región Tumbes.
- Determinar la cobertura de la red en la región Tumbes.
- Determinar el porcentaje de calidad de señal en la conexión (CCQ).
- Determinar el consumo de ancho de banda.

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Teniendo en cuenta que, el problema de no contar con Internet en algunos distritos, distribuido por cualquier medio, es un inconveniente que vivimos no solo en la actualidad si no desde años anteriores. Es por eso que desde años anteriores se han ido realizando estudios, investigaciones, etc. para poder obtener un mejor servicio de Internet inalámbrico. A continuación, mencionaré una serie de investigaciones que se han realizado para poder lograr que este servicio sea indispensable y de muy buena garantía en cualquier lugar:

Internacionales

- **“Diseño de una red inalámbrica utilizando la tecnología WiMax para proveer el servicio de Internet de banda ancha en la ciudad de Manta Ecuador” - Ordóñez Bravo, Erika – Escuela Superior Politécnica del Litoral. (Ordóñez Bravo, 2008).**

La investigación permitió conocer sobre la tecnología Wimax, la cual representa una solución efectiva y rápida para llevar Internet a los usuarios que no estén dentro de una red cableada, por su facilidad de despliegue y amplias coberturas, contando también con tasa de datos altas que permite tener un considerable número de clientes. Los resultados de esta tesis demuestran que tiene que fue implementado por una empresa de telecomunicaciones que posee la banda de 3.5 Ghz, debido a que es una banda licenciada.

Basados en la investigación que se realizó en esta tesis, me permite plantear en este proyecto la norma a utilizar para la implementación de la red con el protocolo 802.11N en banda 5.8 GHz.

- **“Diseño e implementación de mejoras en los procesos relacionados a la prestación de servicios en una empresa proveedora de soluciones tecnológicas” - Illescaz Zaruma, Terzy - Sánchez Padilla, Vladimir - Escuela Superior Politecnica del Litoral. (Illescaz Zaruma, 2008).**

La investigación dio a conocer que la técnica a emplear al momento de desarrollar un proyecto tiene que ser basada en tiempos para cumplir con lo planteado y lograr el desarrollo del mismo, teniendo en cuenta que sea legal y económicamente factible, una vez cumplidos todos los requerimientos necesarios, su ejecución es

totalmente viable. Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en esta tesis podemos decir que con un cronograma se logra brindar un desarrollo adecuado del proyecto.

Esta investigación ayudó a tener en cuenta un cronograma de desarrollo para poder utilizar el tiempo adecuadamente y cumplir con el proyecto en el tiempo establecido.

Nacionales

- **“Diseño de una red local inalámbrica utilizando un sistema de seguridad basado en los protocolos WPA y 802.1x para un complejo hotelero”- Hernández, Ilich Hernán Liza - Pontificia Universidad Católica del Perú. (Hernández, 2011).**

Esta tesis nos dio a conocer una limitante con la que contaba un complejo hotelero en su red local, para la cual se propuso un diseño para la ampliación de la red Inalámbrica y una solución segura para la red, en base de un protocolo de encriptación de información y un método de autenticación de usuarios, de esta forma solo las personas autorizadas podrán tener acceso a la red Inalámbrica y su información se verá protegida de posibles intruso. Teniendo en cuenta los resultados positivos brindados por esta tesis con respecto a la mejoras y ampliaciones de la red inalámbrica desarrollada, llegamos a la conclusión, que las soluciones basadas en redes inalámbricas que están disponibles hoy en día, permiten un gran ancho de banda y una buena seguridad; aunque aún existen varios obstáculos que se tiene que vencer como la seguridad e interferencia. Las redes inalámbricas ofrecen por lo pronto una comunicación eficiente tanto en interiores como exteriores.

- **“Análisis y diseño de técnicas de calidad de servicio en redes inalámbricas de banda ancha” - Ortiz Castro, Javier – Universidad Nacional de Moquegua. (Ortiz Castro, 2006).**

En esta investigación se implementaron técnicas de calidad de servicio para redes BWA 802.16. El algoritmo presentado es práctico, compatible con los requerimientos de calidad de servicio y fácil de implementar. Los resultados obtenidos en esta tesis reflejan la función del algoritmo desarrollado optimizando la calidad de servicio en el uso de la red inalámbrica.

Esto sirvió de guía para el desarrollo de la tesis teniendo en cuenta que parámetros debo cumplir para una buena calidad de servicio.

- **“Red WIFI basada en la metodología top – Down de Cisco para mejorar la comunicación de datos en la dirección sub regional de comercio exterior y turismo – Red pacífico norte Chimbote” - Cotrina Llovera, Alan Rafael - Philipps Ramirez, Jimmy Gary – Universidad Cesar Vallejo.** (Cotrina Llovera, 2012).

Este proyecto nos dio conocer el nivel de satisfacción del usuario en una escala valorada de 1 a 5, con el sistema actual es de 2.44 (48.80%) y cuando se implementó la red WIFI, las nuevas encuestas arrojaron un nivel de satisfacción del usuario de 3.91 (78.20%). Lo cual comprende en un incremento del 1.47 (29.40%) en los usuarios con el nuevo sistema propuesto. Los resultados que nos brinda esta tesis respecto a la satisfacción del usuario de la red, nos refleja que la metodología usada para el desarrollo permite realizar mejoras en beneficio del usuario.

Esta investigación sirvió de guía para definir la metodología a utilizar en el desarrollo de la tesis teniendo en cuenta que se realizaría la implementación del proyecto.

2.2. Bases Teóricas

Revisión Toda red implementada requiere de equipos, herramientas, e insumos con los cuales poder realizar la instalación y obtener una solución óptima, la cual hará que el usuario se sienta conforme y confiado de contar con un servicio seguro. La red inalámbrica no es la excepción, pues desde el modelo de antena hasta el tipo y marca del conector tanto como el cable y otros, son importantes para lograr una conexión sin ningún inconveniente e interferencia que hagan deteriorar la señal y opacar el servicio. (Sallent Roig & González, 2003)

Redes de computadoras y sistemas distribuidos.

La expresión redes de computadoras (o simplemente redes) se utiliza cuando, por medio de la telemática, se realiza la comunicación entre dos o más computadoras. Queda excluida aquí la comunicación entre una computadora y un periférico (terminal, impresora, etc.) independientemente de la distancia a la que dicha comunicación se produzca o el tipo de medios utilizados para ella.

Un caso particular de las redes de computadoras son los sistemas distribuidos, en los que se intenta conectar varias computadoras mediante una red y crear un entorno de utilización tal que el usuario no perciba la existencia de múltiples

sistemas, sino que los maneje como un único sistema virtual de forma transparente; para esto se utilizan normalmente protocolos o aplicaciones específicos. (Superintendencia de Telecomunicaciones, 2008)

Tipos de Redes:

Redes broadcast

En las redes broadcast el medio de transmisión es compartido por todas las computadoras interconectadas. Normalmente cada mensaje transmitido es para un único destinatario, cuya dirección aparece en el mensaje, pero para saberlo cada máquina de la red ha de recibir o “escuchar” cada mensaje, analizar la dirección de destino y averiguar si va o no dirigido a ella; tomar la información y dejar ir los paquetes que no tengan su dirección de destino.

En una red broadcast la capacidad o velocidad de transmisión indica la capacidad agregada de todas las máquinas conectadas a la red. (Granado, 2010)

Redes punto a punto

Una red punto a punto constituye una conexión entre dos computadoras también llamada línea o enlace. Una vez un paquete es depositado en la línea el destino es conocido de forma unívoca y no es preciso en principio que lleve la dirección de destino.

Los enlaces que constituyen una red punto a punto pueden ser de tres tipos de acuerdo con el sentido de la transmisión:

- **Simplex:** la transmisión sólo puede efectuarse en un sentido.
- **Semi-dúplex o “half-duplex”:** la transmisión puede hacerse en ambos sentidos, pero no simultáneamente.
- **Dúplex o “full-duplex”:** la transmisión puede efectuarse en ambos sentidos a la vez. (Hernández, 2011)

Redes de área local (LAN)

Es un sistema de comunicación entre computadoras que permite compartir información, con la característica de que la distancia entre las computadoras debe ser pequeña. Estas redes son usadas para la interconexión de computadores personales y estaciones de trabajo.

Como consecuencia del alcance limitado y del control en su cableado, las redes locales suelen tener un retardo muy bajo en las transmisiones (decenas de microsegundos) y una tasa de errores muy baja. (Ubiquiti, 2012)

Redes de área metropolitana (MAN)

En principio se considera que una MAN abarca una distancia de unas pocas decenas de kilómetros, que es lo que normalmente se entiende como área metropolitana.

El término MAN suele utilizarse también en ocasiones para denominar una interconexión de LANs ubicadas en diferentes recintos geográficos cuando se dan las siguientes circunstancias:

- La interconexión hace uso de enlaces de alta o muy alta velocidad (comparable a la de las propias LANs interconectadas).
- La interconexión se efectúa de forma transparente al usuario, que aprecia el conjunto como una única LAN por lo que se refiere a servicios, protocolos y velocidades de transmisión.
- Existe una gestión unificada de toda la red. (Ordóñez Bravo, 2008)

Redes de área extensa (WAN)

Son redes que cubren una amplia región geográfica, a menudo un país o un continente. Este tipo de redes contiene máquinas que ejecutan programas de usuario llamadas hosts o sistemas finales. Los sistemas finales están conectados a una subred de comunicaciones. La función de la subred es transportar los mensajes de un host a otro.

Estas redes de amplio alcance se utilizan cuando no es factible tender redes locales, ya sea porque la distancia no lo permite, por el costo de la infraestructura o porque simplemente es preciso atravesar terrenos públicos en los que no es posible tender infraestructura propia. En todos estos casos lo normal es utilizar para la transmisión de los datos los servicios de una empresa portadora. (Sallent Roig & González, 2003)

Redes inalámbricas y movilidad

La tecnología de redes inalámbricas es un campo que se desarrolla actualmente a pasos agigantados. En los últimos años los fabricantes de equipos de transmisión inalámbrica han desarrollado sus productos al grado de hacerlos accesibles a casi cualquier bolsillo. Fabricantes tales como Dlink (www.dlink.com.tw) ofrecen productos que incluso superan el estándar, en cuanto a velocidad y prestaciones, a un precio dos o tres veces menor que el de los equipos disponibles hace tres años. Esto unido al desarrollo de la tecnología celular, ha hecho posible la prestación de servicios con capacidad de movimiento dentro de cierto perímetro de cobertura. Las redes inalámbricas también tienen utilidad en algunos casos donde no se requiere movilidad, como en las LANs inalámbricas. Por ejemplo, una empresa que desea establecer una nueva oficina y por rapidez, provisionalidad de la ubicación o simples razones estéticas no desea cablear el edificio puede utilizar una LAN inalámbrica.

La conexión de computadoras con total movilidad es importante en aplicaciones tales como flotas de taxis, camiones, autobuses, servicios de emergencia, fines militares, etc.

El tema de las redes inalámbricas es fundamental para el desarrollo de esta tesis, y en lo que a redes inalámbricas respecta, hay muchos estándares en el mercado. Cada estándar determina el modo de operación y capacidad de una red inalámbrica. En el desarrollo del presente documento me enfoqué en el protocolo IEEE 802.11b, que a mí criterio personal, es el que marca el camino para el resto de tecnologías y protocolos desarrollados y en desarrollo actualmente. (Dordoigne, 2015)

Internetworking

Si bien las clasificaciones de redes antes estudiadas tienen interés como medio de sistematizar su estudio, es obvio que en la realidad casi nunca se da uno de esos tipos en estado puro. Por ejemplo, una LAN (que normalmente será una red de tipo broadcast) casi siempre dispondrá de un router que la interconecte a una WAN (que generalmente consistirá en un conjunto de enlaces punto a punto). Esta interconexión de tecnologías diferentes se conoce como “internetworking” (que podríamos intentar traducir como “interredes”). El router que interconecta redes

diferentes está físicamente conectado a todas las redes que se desean interconectar.

Además de la combinación de medios físicos diversos es posible encontrarse con necesidades de internetworking en un mismo medio físico; este es el caso cuando coexisten dos protocolos de comunicación diferentes. Al ser protocolos diferentes son completamente independientes y no se pueden hablar entre sí. Sin embargo, es posible instalar en un ordenador ambos protocolos, y un programa de conversión de correo electrónico, de forma que los usuarios de ambas redes puedan intercambiar mensajes. A la máquina que interconecta el correo electrónico de los dos protocolos se la denomina pasarela (“Gateway” en inglés). Una misma máquina puede actuar como pasarela para varios servicios.

Cuando una red está formada por la interconexión de varias redes se le denomina Internet. (Sallent Roig & González, 2003)

Arquitectura de redes

En los inicios de la informática el diseño de una computadora resultaba en sí mismo una tarea tan compleja que no se tomaba en consideración la compatibilidad con otros modelos de computadoras; la preocupación fundamental era que el diseño fuera correcto y eficiente. Las primeras redes de computadoras tuvieron unos inicios muy similares a los primeros ordenadores: Las redes y los protocolos se diseñaban pensando en el hardware a utilizar en cada momento, sin tener en cuenta la evolución previsible, ni por supuesto la interconexión y compatibilidad con equipos de otros fabricantes. A medida que la tecnología avanzaba y se mejoraba la red se vivieron experiencias parecidas a las de las primeras computadoras: los programas de comunicaciones, que habían costado enormes esfuerzos de desarrollo, tenían que ser reescritos para utilizarlos con el nuevo hardware, y debido a la poca modularidad prácticamente nada del código era aprovechable. Así que el inicio fue hacer de estas comunicaciones modulares, de tal forma que los módulos fuesen ínter operables, lo cual nos llevó al modelo de capas. Las ideas básicas del modelo de capas son las siguientes:

- La capa n ofrece una serie de servicios a la capa $n+1$.
- La capa n solo ‘ve’ los servicios que le ofrece la capa $n-1$.
- La capa n en un determinado sistema solo se comunica con su homóloga en el sistema remoto (comunicación de igual a igual o ‘peer-to-peer’).

Esa 'conversación' se efectúa de acuerdo con una serie de reglas conocidas como protocolo de la capa n. La comunicación entre dos capas adyacentes en un mismo sistema se realiza de acuerdo con una interfaz. La interfaz es una forma concreta de implementar un servicio y no forma parte de la arquitectura de la red. (Hernández, 2011)

Diseño de arquitecturas de redes

Cuando se diseña una arquitectura de red hay una serie de aspectos y decisiones fundamentales que condicionan todo el proceso. Entre estos cabe mencionar los siguientes:

- a. Cómo se realizará el direccionamiento, es decir, cuál será el destino de la información, por cuál o cuáles equipos en nuestra red deberá pasar para salir al Internet u a otra red, cuáles serán los equipos pasarela (gateway) que compartirán los servicios, etc.
- b. Qué tipo de información se utilizará, si se definirán prioridades y cuáles serán estas.
- c. Como será el flujo de la información:
 - i. Simplex: Si la información fluye en un solo sentido (transmisor hacia receptor).
 - ii. Duplex: Si la información fluye en ambos sentidos en tiempos distintos (transmisor hacia receptor y viceversa, uno a la vez).
 - iii. Full Duplex: Si la información fluye en ambos sentidos al mismo tiempo (transmisor hacia receptor y viceversa, simultáneamente).
- d. Qué tipo de control de errores se va a utilizar.
- e. Cómo se hará el control de flujo de la información y cómo se evitará y manejará la congestión de tráfico.
- f. Cuáles serán los mecanismos de fragmentación y reagrupamiento de los paquetes en los cuáles se enviará la información. (Wimax, 2010)

Interfaces y servicios

El servicio se define por un conjunto de operaciones u órdenes que la capa superior puede mandar a la capa inferior.

Denominamos interfaz al conjunto de reglas que gobiernan el intercambio de información entre capas. La interfaz define qué servicios la capa inferior ofrece a su capa superior y cómo esos servicios son accedados. (Sallent Roig & González, 2003)

Servicios orientados y no orientados a conexión

En el servicio orientado a conexión, también llamado CONS (Connection Oriented Network Service), primero se establece el canal de comunicación, después se transmiten los datos, y por último se termina la conexión. Dicha “conexión” se denomina circuito virtual (VC, virtual circuit). Una vez establecido el VC el camino físico que van a seguir los datos está determinado; los paquetes deben ir todos por él desde el origen al destino, y llegar en el mismo orden con el que han salido. Dado que el VC establece de forma clara el destino, los paquetes no necesitan contener su dirección.

En el servicio no orientado a conexión, llamado también CLNS (ConnectionLess Network Service) la comunicación se establece de manera menos formal. Cuando una entidad tiene información que transmitir sencillamente la envía en forma de paquetes, confiando que estos llegaran a su destino más pronto o más tarde. No se establece previamente un VC ni otro tipo de canal de comunicación extremo a extremo; los paquetes pueden ir por caminos físicos diversos, y deben incluir cada uno la dirección de destino. Los paquetes pueden ser almacenados por nodos intermedios de la red, y reenviados más tarde.

A los paquetes enviados en un servicio no orientado a conexión se les denomina datagramas, ya que cada paquete viaja hacia su destino de forma completamente independiente de los demás como si fuera un telegrama. (Granado, 2010)

Modelos de referencia

El modelo de referencia OSI

El modelo OSI (Open Systems Interconnection = Interconexión de sistemas abiertos). Es usado para describir el uso de datos entre la conexión física de la red y la aplicación del usuario final. Este modelo es el mejor conocido y el más usado para describir los entornos de red. En el modelo OSI el propósito de cada capa es proveer los servicios para la siguiente capa superior, resguardando la capa de los detalles de cómo los servicios son implementados realmente. Las capas son

abstraídas de tal manera que cada capa cree que se está comunicando con la capa asociada en la otra computadora, cuando realmente cada capa se comunica sólo con las capas adyacentes de la misma computadora. La información que envía una computadora debe de pasar por todas las capas inferiores, La información entonces se mueve a través del cable de red hacia la computadora que recibe y hacia arriba a través de las capas de esta misma computadora hasta que llega al mismo nivel de la capa que envió la información.

La serie de las reglas que se usan para la comunicación entre las capas se llama protocolo.

El modelo OSI define 7 capas:

- La capa física.
- La capa de enlace (data link).
- La capa de red.
- La capa de transporte.
- La capa de sesión.
- La capa de presentación.
- La capa de aplicación.

Las primeras tres capas son conocidas como Capas de Medios y estas controlan la entrega física de mensajes a través de la red. El resto son conocidas como Capas de host y proporcionan una entrega precisa de los datos entre los computadores. (Sallent Roig & González, 2003)

La capa física

Este nivel dirige la transmisión de flujos de bits sobre un medio de conexión. Se encuentra relacionado con condiciones eléctricas-ópticas, mecánicas y funcionales del interfaz al medio de transmisión. A su vez está encargado de aportar la señal empleada para la transmisión de los datos generados por los niveles superiores. (Superintendencia de Telecomunicaciones, 2008)

La capa de enlace (data link)

Este nivel se encarga, en el computador de origen, de alojar en una estructura lógica de agrupación de bits, llamada Trama (Frame), los datos provenientes de los niveles superiores. En el computador de destino, se encarga de agrupar los bits provenientes del nivel físico en tramas de datos (Frames) que serán entregadas al nivel de red. Este nivel es el responsable de garantizar la transferencia de tramas libres de errores de un computador a otro a través del nivel físico. (Granado, 2010)

La capa de red

Es responsable del direccionamiento de mensajes y de la conversión de las direcciones lógicas y nombres, en direcciones físicas. Esta encargado también de determinar la ruta adecuada para el trayecto de los datos, basándose en condiciones de la red, prioridad del servicio, etc. El nivel de red agrupa pequeños fragmentos de mensajes para ser enviados juntos a través de la red. (Hernández, 2011)

La capa de transporte

Se encarga de la recuperación y detección de errores. Garantiza también, la entrega de los mensajes del computador originados en el nivel de aplicación. Es el nivel encargado de informar a los niveles superiores del estatus de la red. (Ubiquiti, 2012)

La capa de sesión

Permite que dos aplicaciones residentes en computadoras diferentes establezcan, usen y terminen una conexión llamada sesión. Este nivel realiza reconocimientos de nombres y las funciones necesarias para que dos aplicaciones se comuniquen a través de la red, como en el caso de funciones de seguridad. (Ordóñez Bravo, 2008)

La capa de presentación

Determina el formato a usar para el intercambio de datos en la red. Puede ser llamado el traductor de la red. Este nivel también maneja la seguridad de emisión pues, provee a la red servicios como el de encriptación de datos. (Wimax, 2010)

La capa de aplicación

Sirve como ventana para los procesos que requieren acceder a los servicios de red. La capa de aplicación comprende los servicios que el usuario final está acostumbrado a utilizar en una red. (Sallent Roig & González, 2003)

Transmisión de datos en el modelo OSI

La transmisión de datos en el modelo OSI se realiza de forma análoga a lo ya descrito para el modelo de capas. La capa de aplicación recibe los datos del usuario y les añade una cabecera (que denominamos cabecera de aplicación), constituyendo así la PDU (Protocol Data Unit) de la capa de aplicación. La cabecera contiene información de control propia del protocolo en cuestión. La PDU es transferida a la capa de aplicación en el nodo de destino, la cual recibe la PDU y elimina la cabecera entregando los datos al usuario. En realidad el PDU no es entregada directamente a la capa de aplicación en el nodo de destino, sino que es transferida a la capa de presentación en el nodo local a través de la interfaz; esto es una cuestión secundaria para la capa de aplicación, que ve a la capa de presentación como el instrumento que le permite hablar con su homóloga en el otro lado.

A su vez la capa de presentación recibe la PDU de la capa de aplicación y le añade una cabecera propia, (cabecera de presentación) creando la PDU de la capa de presentación. Esta PDU es transferida a la capa de presentación en el nodo remoto usando a la capa de sesión como instrumento para la comunicación, de manera análoga a lo ya descrito para la capa de aplicación.

En el caso más general cada capa añade una cabecera propia a los datos recibidos de la capa superior, y construye así su PDU. La capa homóloga del nodo de destino se ocupará de extraer dicha cabecera, interpretarla, y entregar la PDU correspondiente a la capa superior. En algunos casos la cabecera puede no existir. (Hernández, 2011) .

El modelo de referencia TCP/IP

El segundo modelo mayor de estratificación por capas no se origina de un comité de estándares, sino que proviene de las investigaciones que se realizan respecto al conjunto de protocolos de TCP/IP. Con un poco de esfuerzo, el modelo OSI puede ampliarse y describir el esquema de estratificación por capas del TCP/IP, pero los

presupuestos subyacentes son lo suficientemente distintos para distinguirlos como dos diferentes.

En términos generales, el modelo TCP/IP está organizado en cuatro capas conceptuales que se construyen sobre una quinta capa de hardware. (Superintendencia de Telecomunicaciones, 2008)

La capa host-red

El software TCP/IP de nivel inferior consta de una capa de interfaz de red responsable de aceptar los datagramas IP y transmitirlos hacia una red específica. Una interfaz de red puede consistir en un dispositivo controlador (por ejemplo, cuando la red es una red de área local a la que las máquinas están conectadas directamente) o un complejo subsistema que utiliza un protocolo de enlace de datos propios (por ejemplo, cuando la red consiste de conmutadores de paquetes que se comunican con anfitriones utilizando HDLC). (Dordoigne, 2015)

La capa Internet

La capa Internet maneja la comunicación de una máquina a otra. Esta acepta una solicitud para enviar un paquete desde la capa de transporte, junto con una identificación de la máquina, hacia la que se debe enviar el paquete. La capa Internet también maneja la entrada de datagramas, verifica su validez y utiliza un algoritmo de ruteo para decidir si el datagrama debe procesarse de manera local o debe ser transmitido. Para el caso de los datagramas direccionados hacia la máquina local, el software de la capa de red de redes borra el encabezado del datagrama y selecciona, de entre varios protocolos de transporte, un protocolo con el que manejará el paquete. Por último, la capa Internet envía los mensajes ICMP de error y control necesarios y maneja todos los mensajes ICMP entrantes. (Hernández, 2011) .

La capa de transporte

La principal tarea de la capa de transporte es proporcionar la comunicación entre un programa de aplicación y otro. Este tipo de comunicación se conoce frecuentemente como comunicación punto a punto. La capa de transporte regula el flujo de información. Puede también proporcionar un transporte confiable, asegurando que los datos lleguen sin errores y en secuencia. Para hacer esto, el

software de protocolo de transporte tiene el lado de recepción enviando acuses de recibo de retorno y la parte de envío retransmitiendo los paquetes perdidos. El software de transporte divide el flujo de datos que se está enviando en pequeños fragmentos (por lo general conocidos como paquetes) y pasa cada paquete, con una dirección de destino, hacia la siguiente capa de transmisión. Aun cuando en el esquema anterior se utiliza un solo bloque para representar la capa de aplicación, una computadora de propósito general puede tener varios programas de aplicación accedando la red de redes al mismo tiempo. La capa de transporte debe aceptar datos desde varios programas de usuario y enviarlos a la capa del siguiente nivel. Para hacer esto, se añade información adicional a cada paquete, incluyendo códigos que identifican qué programa de aplicación envía y qué programa debe recibir, así como una suma de verificación para verificar que el paquete ha llegado intacto y utiliza el código de destino para identificar el programa de aplicación en el que se debe entregar. (Ubiquiti, 2012)

La capa de aplicación

Es el nivel más alto, los usuarios llaman a una aplicación que acceda servicios disponibles a través de la red de redes TCP/IP. Una aplicación interactúa con uno de los protocolos de nivel de transporte para enviar o recibir datos. Cada programa de aplicación selecciona el tipo de transporte necesario, el cual puede ser una secuencia de mensajes individuales o un flujo continuo de octetos. El programa de aplicación pasa los datos en la forma requerida hacia el nivel de transporte para su entrega. (Dordogne, 2015)

Comparación de los modelos OSI y TCP/IP

Como ya hemos comentado, la génesis del modelo OSI y TCP/IP fue muy diferente. En el caso de OSI primero fue el modelo y después los protocolos, mientras que en TCP/IP el orden fue inverso. Como consecuencia de esto el modelo OSI es más elegante y esta menos condicionado por ningún protocolo en particular, y se utiliza profusamente como modelo de referencia para explicar todo tipo de redes. El modelo OSI hace una distinción muy clara entre servicios, interfaces y protocolos, conceptos que a menudo se confunden en el modelo TCP/IP. Podríamos decir que la arquitectura (o el modelo) OSI es más modular y académico que el TCP/IP.

Pero este mayor nivel de abstracción también tiene sus inconvenientes. Los diseñadores del modelo OSI no tenían experiencia práctica aplicando su modelo para desarrollar protocolos y olvidaron algunas funcionalidades importantes. Por ejemplo, las redes broadcast no fueron previstas inicialmente en la capa de enlace, por lo que se tuvo que insertar a la fuerza la subcapa MAC para incluirlas. Otro problema era que no se había previsto la interconexión de redes diferentes, cosa que fue como ya hemos visto el alma mater del modelo TCP/IP.

El modelo OSI tiene siete capas, mientras que el modelo TCP/IP sólo tiene cuatro. Aunque es desafortunada la fusión de la capa física y la de enlace en una oscura capa host-red, la fusión de las capas de sesión, presentación y aplicación en una sola en el modelo TCP/IP es claramente más lógica que la del modelo OSI. (Sallent Roig & González, 2003)

Ancho de banda

El ancho de banda es el rango de frecuencias en el que una señal determinada existe. También se conoce como el rango de frecuencias donde se encuentra concentrada la mayor energía de la señal. En informática se suele denominar así a la cantidad de datos que se pueden transmitir en una unidad de tiempo y de modo más coloquial, el ancho de banda es la velocidad de la conexión a Internet. Este término técnico es usado para describir la cantidad de datos que una computadora puede recibir mediante una conexión a Internet dentro de un periodo determinado, también se le llama como velocidad, aunque un modo más apropiado para ello sería capacidad de transmisión de la información. Normalmente las velocidades o, más correctamente, las capacidades de transmisión se miden en bits/segundo (bps), mientras que el tamaño de una trama, de un paquete o de un archivo se expresa en Bytes. Los prefijos Kilo, Mega, etc., se utilizan con su significado métrico (10³, 10⁶, etc.), no con el significado informático (2¹⁰, 2²⁰, etc.). Así 1 Kb/s corresponde a 1.000 bits/s, no 1.024 bits/s; análogamente 1 Mb/s significa 1.000.000 bits/s, no 1.048.576 bits/s. Sin embargo, cuando no se trata de cantidad de información (sin dividir por el tiempo) el significado sigue siendo el habitual, así por ejemplo si decimos que un determinado protocolo utiliza un tamaño máximo de paquete de 64 Kbytes queremos decir que el paquete puede contener hasta 65535 Bytes. (Dordoigne, 2015)

INTRODUCCIÓN A LAS REDES INALÁMBRICAS

Una red inalámbrica es una red de computadoras enlazadas por medio de ondas de radio o de luz. Las redes inalámbricas facilitan la operación en lugares donde la computadora no puede permanecer en un solo lugar.

La implantación de redes cableadas en edificios ya construidos puede presentar grandes problemas. Las leyes urbanísticas y las ordenanzas municipales destinadas a la protección de edificios históricos pueden multiplicar los costes y causar problemas técnicos al encargado de implantar las redes cableadas.

En los enlaces a distancia y en exteriores, las soluciones inalámbricas permiten reducir los costos y agrandar las configuraciones posibles. En el presente capítulo nos esforzaremos por explicar qué es una red inalámbrica y los estándares y organizaciones que la definen como tal. (Superintendencia de Telecomunicaciones, 2008).

El desarrollo de las redes inalámbricas

La aparición en el mercado de equipos como las agendas electrónicas o PDAs, los ordenadores portátiles, junto con la creciente necesidad de conectarse a Internet a través de una red de banda ancha, hace que se hable cada vez más de las virtudes de las redes inalámbricas. No obstante, se debe destacar que no se está hablando de nuevas redes.

Las redes inalámbricas llevan años ofreciendo la posibilidad de unir puntos de difícil acceso, y además le permiten moverse dentro de un entorno manteniendo su conectividad. Estos servicios estaban restringidos a las grandes empresas, pero actualmente, gracias a los últimos desarrollos que mejoran en velocidad, la consolidación y madurez de los estándares que definen estas redes y la ampliación de terminales económicos hace que se abra cada vez más el marco de usuarios finales a pequeños negocios e incluso a usuarios residenciales que ven en las tecnologías inalámbricas nuevas maneras de comunicarse. (Granado, 2010)

Definición de una WLAN

Una WLAN (Wireless Local Area Network: Red de Área Local inalámbrica, por sus siglas en inglés) consiste en una red de corto alcance en la cual se interconectan computadoras por medio de tecnología inalámbrica, la que, como se mencionó anteriormente, utiliza ondas de radio o luz para transmitir los datos. A nivel técnico la

definición formal de una WLAN la especifica un estándar. Por lo cual debemos hablar un poco primero de las instituciones que definen los estándares a nivel internacional. (Dordoigne, 2015)

Estándares

El significado primario original de estándar (del inglés standard) era bandera; color; pancarta; especialmente nacional u otra enseña. El significado primario moderno que le siguió fue "lo que es establecido por la autoridad, la costumbre o el consentimiento general". En este sentido se utiliza como sinónimo de norma.

Existe una serie de instituciones, que, a nivel internacional, se encargan de definir los estándares, y las corporaciones se adjuntan a ellas para certificar sus productos. Entre las instituciones de estandarización que podemos mencionar se encuentran listadas a continuación. (Hernández, 2011)

La ISO

La Organización Internacional para la Normalización o Estandarización (ISO) es una organización internacional no gubernamental, compuesta por representantes de los cuerpos de estandarización nacionales, que produce estándares mundiales industriales y comerciales.

ISO coopera estrechamente con la Comisión Electrotécnica Internacional (International Electrotechnical Commission, IEC), que es responsable de la estandarización de equipos eléctricos. Para realizar esta ingente labor ISO se organiza en cerca de 200 comités técnicos denominados TC (Technical Committee) que se numeran en orden ascendente según su fecha de creación. El que nos interesa a nosotros es el TC97 que trata de ordenadores y proceso de la información. Cada comité tiene subcomités (SCs) que a su vez se dividen en grupos de trabajo o WGs (Working Groups).

El proceso de creación de un estándar ISO es como sigue. Uno de sus miembros (una organización nacional de estándares) propone la creación de un estándar internacional en un área concreta. Entonces ISO constituye un grupo de trabajo que produce un primer documento denominado borrador del comité o CD (Committee Draft). El CD se distribuye a todos los miembros de ISO, que disponen de un plazo de seis meses para exponer críticas. El documento, modificado de acuerdo con las críticas recibidas, se somete entonces a votación y si se aprueba por mayoría se

convierte en un estándar internacional borrador o DIS (Draft International Standard) que se difunde para recibir comentarios, se modifica y se vota nuevamente. En base a los resultados de esta votación se prepara, aprueba y publica el texto final del estándar internacional o IS (International Standard). En áreas muy polémicas un CD o un DIS han de superar varias versiones antes de conseguir un número de votos suficiente, y el proceso entero puede llevar años. (Ubiquiti, 2012)

La ITU-T

ITU: International Telecommunication Union o Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) es el organismo especializado de las Naciones Unidas encargado de regular las telecomunicaciones, a nivel internacional, entre las distintas Administraciones y Empresas Operadoras.

Está compuesta por tres sectores:

UIT-T: Sector de Normalización de las Telecomunicaciones (antes CCITT). UIT-R: Sector de Normalización de las Radiocomunicaciones (antes CCIR). UIT-D: Sector de Desarrollo de las Telecomunicaciones.

La sede la UIT se encuentra en Ginebra (Suiza). De los tres sectores sólo nos interesa el conocido como ITU-T que se dedica a la estandarización de las telecomunicaciones.

Los miembros de la ITU-T son de cinco clases:

- Representantes de los países.
- Operadores privados reconocidos (por Ej. British Telecom, Global One, AT&T).
- Organizaciones regionales de telecomunicaciones (p. Ej. el ETSI).
- Empresas que comercializan productos relativos a telecomunicaciones y organizaciones científicas.
- Otras organizaciones interesadas (bancos, líneas aéreas, etc.)

Entre los miembros hay unos 200 representantes de países, unos cien operadores privados y varios cientos de miembros de las otras clases. Sólo los representantes de los países tienen derecho a voto, pero todos los miembros pueden participar en el trabajo.

Para desarrollar su trabajo la ITU-T se organiza en Grupos de Estudio, que pueden estar formados por hasta 400 personas. Los Grupos de Estudio se dividen en

Equipos de Trabajo (Working Parties), que a su vez se dividen en Equipos de Expertos (Expert Teams).

Las tareas de la ITU-T comprenden la realización de recomendaciones sobre interfaces de teléfono, telégrafo y comunicaciones de datos. A menudo estas recomendaciones se convierten en estándares reconocidos internacionalmente, por ejemplo, la norma ITU-T V.24 (también conocida como EIA RS-232) especifica la posición y el significado de las señales en el conocido conector de 25 contactos utilizado en muchas comunicaciones asíncronas. En general, la normativa generada por la UIT está contenida en un amplio conjunto de documentos denominados recomendaciones, agrupados por series. Cada serie está compuesta por las recomendaciones correspondientes a un mismo tema, por ejemplo, Tarificación, Mantenimiento, etc. Aunque en las Recomendaciones nunca se "ordena", solo se "recomienda", su contenido, a nivel de relaciones internacionales, es considerado como mandatorio por las administraciones y empresas operadoras. (Ordóñez Bravo, 2008)

Foros industriales

El proceso de elaboración de estándares de la ITU-T y la ISO siempre se ha caracterizado por una gran lentitud, debido quizá a la necesidad de llegar a un consenso entre muchos participantes y a procedimientos excesivamente complejos y burocratizados. Esa lentitud fue uno de los factores que influyó en el rechazo de los protocolos OSI, por ejemplo. En el caso de RDSI la ITU-T empezó a elaborar el estándar en 1972, y lo finalizó en 1984; los servicios comerciales aparecieron hacia 1994, 22 años después de iniciado el proceso.

Los fabricantes de equipos, que perdían gran cantidad de mercado por culpa de estos retrasos, no estaban dispuestos a seguir funcionando de la misma forma. Por ello a principios de los noventa surgió un nuevo mecanismo para acelerar la creación de estándares, que fue la creación de foros industriales. La idea era simple: un conjunto de fabricantes, usuarios y expertos interesados en desarrollar una tecnología concreta forman un consorcio que se ocupa de fijar los estándares necesarios para garantizar la interoperabilidad entre diversos fabricantes; los estándares se hacen públicos de forma que cualquier fabricante que lo desee puede desarrollar productos conformes con dicho estándar.

Los foros no pretenden competir con las organizaciones internacionales de estándares, sino cooperar con ellas y ayudarlas a acelerar su proceso, especialmente en la parte más difícil, la que corresponde a la traducción de los documentos en implementaciones que funcionen en la práctica. Generalmente los foros trabajan en los mismos estándares intentando aclarar ambigüedades y definir subconjuntos de funciones que permitan hacer una implementación sencilla en un plazo de tiempo más corto y comprobar la viabilidad y la interoperabilidad entre diversos fabricantes; así los organismos de estandarización pueden disponer de prototipos reales del estándar que se está definiendo. En cierto modo es como traer a la ISO e ITU-T el estilo de funcionamiento de la IETF.

Otra característica de los foros es que se establecen fechas límite para la producción de estándares, cosa que no hacen los organismos oficiales; de esta manera los fabricantes pueden planificar la comercialización de sus productos de antemano, ya que saben para qué fecha estarán fijados los estándares necesarios. (Dordoigne, 2015)

Otras organizaciones

La Internet Society, aunque no es una organización de estándares “oficial”, es la que se ocupa de aprobar todo lo relacionado con los estándares Internet.

El IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) es una asociación profesional de ámbito internacional. Aparte de otras muchas tareas el IEEE (también llamado IE cubo) tiene un grupo que desarrolla estándares en el área de ingeniería eléctrica e informática. Entre ellos se encuentran los estándares 802 que cubren casi todo lo relacionado con redes locales. Los estándares 802 son adoptados regularmente por ISO con el número 8802.

El ANSI es como ya hemos dicho la organización de estándares de los Estados Unidos. Debido a que muchos fabricantes de equipos de comunicaciones diseñan o desarrollan sus productos en Estados Unidos muchos estándares ANSI son de interés también en otros países. Además, muchos estándares ANSI son adoptados posteriormente por ISO como estándares internacionales.

El NIST (National Institute of Standards and Technology) es una agencia del Departamento de Comercio de los Estados Unidos, antes conocido como el NBS (National Bureau of Standards). Define estándares para la administración de los Estados Unidos.

El ETSI (European Telecommunications Standards Institute) es una organización internacional dedicada principalmente a la estandarización de las telecomunicaciones europeas. Es miembro de la ITU-T. Entre sus misiones está elaborar especificaciones detalladas de los estándares internacionales adaptadas a la situación de Europa en los aspectos históricos, técnicos y regulatorios.

La EIA (Electrical Industries Association) es una organización internacional que agrupa a la industria informática y que también participa en aspectos de la elaboración de estándares.

La ECMA (European Computer Manufacturers Association), creada en 1961, es un foro de ámbito europeo donde expertos en proceso de datos se ponen de acuerdo y elevan propuestas para estandarización a ISO, ITU-T y otras organizaciones.

La CEPT (Conference European of Post and Telecommunications) es una organización de las PTTs europeas que participa en la implantación de estándares de telecomunicaciones en Europa. Sus documentos se denominan Norme Europeene de Telecommunication (NET). La CEPT está avalada por la Comunidad Europea. (Superintendencia de Telecomunicaciones, 2008)

El estándar IEEE802.11x

Para el presente documento, el estándar que más nos interesa es el relativo a la definición de las reglas que rigen el funcionamiento de las WLAN, en especial el IEEE 802.11b. El 802.11, el primer estándar WLAN, fue desarrollado en 1997 por el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE). Este estándar básico permitía transmisiones de hasta 2 Mbps. Con el tiempo, este estándar ha sido mejorado y extendido. El IEEE revisó ese estándar en octubre de 1999 para conseguir una comunicación por RF a velocidades de datos más altas. El IEEE 802.11b resultante describe las características de las comunicaciones LAN RF de 11 Mbps. El estándar IEEE 802.11 está en constante desarrollo. Existen varios grupos de trabajo encargados de proponer y definir nuevas mejoras y apéndices al estándar WLAN.

El nombre del estándar IEEE 802.11'x' se utiliza para generalizar a una familia de estándares: IEEE 802.11a, IEEE 802.11b, IEEE802.11g, etc.

El estándar 802.11 define varios métodos y tecnologías de transmisión para implantaciones de LAN inalámbricas. Este estándar no sólo engloba la tecnología de radiofrecuencia sino también la de infrarrojos.

El comité IEEE 802.11 es el encargado de desarrollar los estándares para las redes de área local inalámbricas. El estándar IEEE 802.11 se basa en el mismo marco de estándares que Ethernet. Esto garantiza un excelente nivel de interoperatividad y asegura una implantación sencilla de las funciones y dispositivos de interconexión Ethernet/WLAN. (Granado, 2010)

Modelo de capas IEEE802.11

El estándar define su propio modelo de capas que contempla 3:

- PHY Physical Layer (capa física, separado en PLCP y PMD).
- MAC Media Access Control (control de acceso al medio).
- LLC Logical Link Control (control lógico del enlace).

Estas capas ocupan los primeros dos niveles del modelo de referencia OSI: la capa física y la capa de data link.

La capa física (PHY) cubre la interface física entre los dispositivos y está dedicado con la transmisión de bits puros sobre el canal de comunicaciones. Esta se separa en dos partes: PLCP (Physical Layer Convergenve Protocol) y PMD (Physical Medium Dependet)

PLCP consiste en un encabezado de 144 bits que sirve para sincronizar, para determinar la ganancia y para establecer el CCA (Clear Channel Assessment) que es necesario para que la capa de MAC sepa si el medio está en uso. Este preámbulo está compuesto por 128 bits de sincronización más 16 bits llamados SFD (Start Frame Delimiter), que consiste en una secuencia fija de 0 y 1 (1111001110100000) que marca el principio del paquete. El PLCP es siempre transmitido a 1Mbps. Los próximos 48 bits son llamados Encabezado PLCP. Cuenta con 4 campos: señal, servicio, longitud y HEC ("header error check" para control de errores). La señal indica a qué velocidad se deberá transmitir (1, 2, 5.5 u 11Mbps). El campo de servicio se reserva para uso futuro. El campo de longitud indica la longitud del paquete, y el HEC es un CRC de 16bits del encabezado de 48bits. El PMD es dependiente del protocolo antes explicado.

La capa MAC encargada del control al acceso físico se encarga de detectar un tiempo de silencio y optar por transmitir. Después de que el host determina que el medio ha estado sin transmisiones tras un periodo mínimo de tiempo opta por

transmitir su paquete. Si el medio se encuentra ocupado el host deberá esperar. Esta capa también es responsable de identificar el origen y el destino del paquete.

El mecanismo de control de acceso al medio está basado en un sistema denominado CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance).

Los protocolos CSMA son los mismos utilizados en Ethernet cableado. Sin embargo, en Ethernet cableado, se utilizaba el mecanismo de control de acceso CSMA/CD (CSMA con detección de colisiones). En las redes inalámbricas es muy difícil utilizar mecanismos de detección de colisiones, ya que requeriría la implementación de equipos de radio “full-duplex” (los que serían muy costosos) y adicionalmente, en las redes inalámbricas no es posible asumir que todas las estaciones puedan efectivamente escuchar a todas las otras (lo que está básicamente asumido en los mecanismos del tipo “detección de colisiones”).

En las redes inalámbricas, el hecho de “escuchar” el medio y verlo “libre” no asegura que realmente lo esté en puntos cercanos. Es por ello que el mecanismo utilizado en las WLAN se basa en evitar las colisiones, y no en detectarlas.

Esto se logra de la siguiente manera:

- Si una máquina desea transmitir, antes de hacerlo “escucha” el medio. Si lo encuentra ocupado, lo intenta más tarde. Si lo encuentra libre durante un tiempo (denominado DIFS, Distributed Inter Frame Space), la máquina puede comenzar a transmitir.
- La máquina destino recibe la trama, realiza el chequeo de CRC y envía una trama de reconocimiento (ACK).
- La recepción de la trama ACK indica a la máquina original que no existieron colisiones. Si no se recibe el ACK, se retransmite la trama hasta que se reciba el ACK, o se supere el máximo número de retransmisiones.

A los efectos de reducir la probabilidad de que dos máquinas transmitan al mismo tiempo debido a que no se escuchan entre sí, la recomendación define un mecanismo de “detección virtual de portadora” (Virtual Carrier Sense), que funciona de la siguiente forma:

Una máquina que desea transmitir una trama, envía primero una pequeña trama de control llamada “RTS” (Request To Send, o “Solicitud para poder Enviar”), que incluye la dirección de origen y destino, y la duración de la siguiente trama (incluyendo la trama a enviar y su correspondiente respuesta ACK). La máquina de destino responde (si el medio está libre) con una trama de control llamada “CTS”

(Clear To Send, o “libre para enviar”), que incluye la misma información de duración.

Todas las máquinas reciben el RTS y/o el CTS, y por lo tanto, reciben la información de por cuanto tiempo estará ocupado el medio. De esta manera, tienen un “indicador virtual” de ocupación del medio, que les informa cuánto tiempo deben esperar para poder intentar transmitir.

Este mecanismo reduce la probabilidad de colisiones en el área del receptor. Si existen máquinas que están fuera del alcance del emisor, pero dentro del alcance del receptor, recibirán la trama CTS (enviada por el receptor) y aunque no puedan escuchar la trama del emisor, no ocuparán el medio mientras ésta dure.

La capa LLC trabaja en conjunto con la capa física para establecer y mantener conexiones fiables. Está encargada de agrupar los bits provenientes del nivel físico en tramas de datos libres de errores. (Hernández, 2011)

Frecuencias de operación

Los diferentes entes reguladores alrededor del mundo definen las frecuencias a través de las cuales se puede transmitir (dependiendo de si están ya concesionadas o no en el país que origen) y por lo tanto dependiendo de dónde se venda el equipo éste soporta esas frecuencias o no. Por ejemplo, los equipos que se venden en regiones reguladas por la FCC (Estados Unidos y Canadá) soportan 11 canales de frecuencia mientras que en las regiones reguladas por la ETSI (Europa) soportan 13 canales.

Cada canal tiene un ancho de 22 MHz, lo cual significa una separación de 11 Mhz hacia cada extremo de la frecuencia central. Dado que cada frecuencia central se encuentra separada sólo 5 Mhz. una de la otra (excepto con los canales 13 y 14, que tienen una separación de 12 MHz), tenemos de 11 a 14 canales que se traslapan entre sí, dejándonos únicamente 4 canales sin traslape: los canales 1, 6, 11 y 14 (en Japón). Este dato es importante entenderlo a la hora de seleccionar el canal de transmisión para evitar interferencias con otros equipos cercanos. (Ubiquiti, 2012)

Tasas de transmisión

Los equipos del protocolo 802.11 tenían capacidad de transmisión de 1Mb/s y 2Mb/s Half-Duplex (puesto que el espacio de transmisión es compartido y no se

puede recibir y transmitir en el mismo espacio de tiempo). Se utilizó BPSK para 1Mb/s y QPSK para 2 Mb/s en la modulación de los datos y código Barker para la codificación. Conforme el protocolo fue reformándose y con la aparición de nuevas técnicas de transmisión (tema que se ampliará más adelante) se amplió a 5.5 Mb/s y 11Mb/s y nació el protocolo 802.11b mejor conocido como WiFi (Wireless Fidelity, o Wireless LAN) el cual, es el protocolo que más nos interesa entrar en detalle. Éste utiliza QPSK (al igual que los equipos a 2Mb/s) para modular los datos y, gracias a un cambio en la codificación propuesta por Lucent y Harris Semiconductor en 1998, una codificación de código complementario (CCK) el cual permite representar 6 bits en una sola palabra (a diferencia del código Barker que permite sólo 1). (Ordóñez Bravo, 2008)

Sensibilidad de los equipos

La sensibilidad de los equipos depende de la técnica de transmisión que se utilice para recibir los datos, esto como explicamos anteriormente, también va relacionado con las velocidades de transmisión. (Wimax, 2010)

Potencia de transmisión

En general las potencias de transmisión no varían con la tasa de transmisión de los equipos. En general, podríamos tener como potencia de salida en el conector antes de a antena de 15dBm a 17dBm (de 50mW a 100mW) como valores típicos. En la mayoría de los equipos esta potencia es configurable, de tal modo que puede sectorizarse la cobertura de los equipos para no interferir con otros equipos circundantes. (Dordoigne, 2015)

Flexibilidad y escalabilidad

La Flexibilidad está definida como la capacidad de adaptarse rápidamente a las circunstancias, los equipos que trabajan en el protocolo 802.11b pueden adaptarse fácilmente a muchos factores que una tecnología de cableado convencional jamás podría sortear. Por ejemplo, un cambio en la posición de los equipos que están instalados, o una redistribución del área de cobertura.

En términos generales, la escalabilidad hace referencia a la capacidad del sistema para mantener, si no mejorar, su rendimiento medio conforme aumenta el número de clientes. Un sistema escalable puede aumentar su capacidad de tráfico para

soportar la nueva carga de usuarios. Los equipos basados en el protocolo 802.11g (con capacidad de tráfico de 54Mb/s) fueron diseñados para ser compatibles con los equipos de 802.11b, dicho de otro modo, los equipos de 802.11b son escalables a 802.11g con lo cual podemos aumentar 5 veces nuestra capacidad de tráfico. La tendencia, o más bien, la exigencia del comité IEEE 802.11 es que los equipos futuros basados en esta tecnología sean compatibles con los equipos anteriores. Así los equipos basados en 802.11 son compatibles con el estándar 802.11b, y éstos últimos con el 802.11g. (Sallent Roig & González, 2003)

Seguridad

Transmitir datos a través de las ondas de radio implica amenazas adicionales para la seguridad que demandan medidas extraordinarias por encima de la seguridad existente que debe estar instalada. Puesto que la mayor parte de los equipos inalámbricos están provistos de características de seguridad incorporadas, es posible implantar alta seguridad sin ningún gasto adicional.

Una característica intrínseca de los equipos de transmisión 802.11b es la encriptación WEP ('Wired Equivalent Privacy', 'Privacidad Equivalente a la Cableada') que se puede habilitar en 64, 128 o 156 bits.

La encriptación significa que los datos son cifrados antes de que se envíen a través de la red inalámbrica y se reagrupan cuando se obtienen por el destinatario, haciéndoles así ilegibles para otros usuarios de la red. El algoritmo WEP produce un número de gran longitud que no muestra un patrón predecible. El equipo origen indica al receptor en que dígito debe dar inicio y qué cantidad deberá restar a cada número en el mensaje. Un intruso que detecte el punto de inicio no podrá leer el mensaje porque desconoce el número secreto.

El administrador de la red está en capacidad de definir un conjunto de claves a cada uno de los "usuarios" inalámbricos basándose en un número secreto que se someterá al algoritmo de encriptado. Cualquier usuario que no disponga de una clave estará incapacitado para acceder a la red

Otra característica de seguridad es el filtrado de direcciones MAC. La habilitación del filtrado de direcciones MAC permite la inclusión o exclusión de usuarios sobre la base de sus direcciones MAC, únicas; los usuarios no presentes en la lista serán rechazados o se le concederá acceso limitado a la red (la dirección MAC es un número único que el fabricante del componente de red asigna a ese componente en

particular y lo diferencia de cualquier otro componente fabricado por él u otro fabricante, es por decirlo así, la “huella digital” de un elemento de red).

Mediante la desconexión de la difusión de nombres de redes SSID (Identificador del Conjunto de Servicios) se añade otra variable a la ecuación, lo que hace más difícil para cualquier usuario no autorizado tener acceso a la red. Al ocultar el nombre de SSID se impide que un usuario externo ‘sondee’ buscando una red disponible en el aire a la cual pueda conectarse (más adelante, a lo largo del capítulo, veremos qué es el SSID y su utilidad). (Superintendencia de Telecomunicaciones, 2008)

Técnicas de transmisión

Para poder enviar los datos a través del espacio es absolutamente necesario utilizar una técnica de transmisión que permita baja tasa de errores y un alto aprovechamiento de potencia y espectro, debido a que no se dispone de ancho de banda ilimitado y existen límites de potencia impuestos por los entes reguladores. Existen varias técnicas para lograr este objetivo, y desde el inicio del proyecto se apostó por una técnica conocida como Espectro Esparcido (Spread Spectrum). Dentro de este modelo existen 2 técnicas importantes: Modulación por saltos de frecuencia (FHSS) y Espectro esparcido de secuencia directa (DSSS). Actualmente se está optando por utilizar también una técnica conocida como OFDM con la cual se alcanzan tasas de transmisión de hasta 54 Mb/s. (Granado, 2010)

Espectro esparcido por saltos de frecuencia (FHSS)

El salto de frecuencia (FHSS, Frequency Hopping Spread Spectrum) es de hecho una señal de banda estrecha que cambia la frecuencia central de un modo rápido y continuo siguiendo un patrón conocido por el receptor. Moviéndose así, la señal de banda estrecha esparce su energía a través del rango de frecuencias en las cuales le es permitido moverse (de ahí que se le llama “Spread Spectrum”, en inglés “espectro esparcido”). El receptor, sigue, al igual que el transmisor ese mismo patrón; “persiguiendo” la señal sin perder contacto con la información, consiguiendo de este modo, de modular la señal transmitida. (Hernández, 2011)

Espectro esparcido de secuencia directa (DSSS)

Espectro de extensión de secuencia directa (“Direct-sequence spread- spectrum” o DSSS) genera un patrón de bit redundante por cada bit a ser transmitido. Este bit

patrón es llamado chip (o "chipping code"). La longitud del chip, tiene una probabilidad mayor de que los datos puedan ser recuperados (a esta técnica también se le conoce como código Hamming). Si uno o más bits en el chip son "dañados" durante la transmisión, se pueden recuperar los datos originales a través de técnicas estadísticas aplicadas sobre las señales de radio, sin necesidad de retransmisiones.

Para un receptor no atendido, DSSS aparece como una señal de ruido con un ancho de banda de bajo poder que es ignorada por el resto de los receptores.

La mayoría de los fabricantes de productos para Wireless LAN han adoptado la tecnología DSSS después de considerar los beneficios versus los costos y rendimiento que se obtienen con ella, el protocolo 802.11b utiliza esta técnica para transmitir sus tramas de datos. (Ubiquiti, 2012)

Multiplexación por división en frecuencias octogonales (OFDM)

Multiplexado por división en frecuencias ortogonales ("Orthogonal Frequency-Division Multiplexing", OFDM) es un método de modulación digital en el cual cada señal se separa en varios canales de banda angosta a diferentes frecuencias. La tecnología se concibió inicialmente en los años 60 y 70 durante investigaciones para minimizar la interferencia entre canales cercanos uno al otro en frecuencia.

En algunos aspectos, el OFDM es similar a la multiplexación por división de frecuencia tradicional (FDM), con la diferencia básica en que los canales de frecuencia son ortogonales entre sí, por lo cual los canales pueden tener tiempos de guarda más pequeños entre sí, aprovechando así al máximo el canal de transmisión, transmitiendo paquetes de bits en canales distintos. La prioridad se le da a la minimización de interferencia o cruce entre los canales y símbolos en flujo de datos. Se le da menos importancia al perfeccionamiento de los canales individuales. Esta tecnología es la que más se está desarrollando en la actualidad, puesto que al agrupar en paquetes diferentes la información se puede aumentar también la tasa de transmisión, y con la ventaja adicional de reducir los efectos de interferencia intersimbólica y distorsión debida a eco y rebotes de la señal (conocida como "multipath"), se utiliza en los protocolos 802.11a y 802.11g a tasas de transmisión de hasta 54 Mb/s. (Ordóñez Bravo, 2008)

TOPOLOGÍAS

Existen 2 topologías básicas que pueden implementarse en el protocolo 802.11b: Redes sin infraestructura o Ad-hoc (IBSS) y Redes con Infraestructura (BSS).

Redes ad-hoc sin infraestructura (IBSS, Independent Basic Service Set)

El estándar IEEE 802.11 describe los protocolos y las técnicas de transmisión correspondientes a los dos modos principales de construir y utilizar una LAN inalámbrica RF.

Una parte del estándar contempla la comunicación en redes "ad-hoc" simples. Estas redes están compuestas por varias estaciones de trabajo con un alcance de transmisión limitado interconectadas entre sí. No obstante, estas topologías no necesitan ningún sistema de control ni de transmisión central.

Una LAN inalámbrica se puede instalar, por ejemplo, en una sala de conferencias para conectar sistemas portátiles que se usarán en una reunión.

Ventajas:

- Comunicación punto a punto sin punto de acceso.
- Instalación rápida y costes mínimos.
- Configuración simple.

Inconvenientes:

- Alcance limitado.
- Número de usuarios limitado.
- No integración en estructuras LAN existentes. (Wimax, 2010)

Redes con infraestructura (BSS, Basic Service Set)

La segunda aplicación en importancia de las que se describen en el estándar IEEE 802.11 utiliza "puntos de acceso". Los puntos de acceso son componentes de red que controlan y gestionan toda la comunicación que se produce dentro de una célula LAN inalámbrica, entre células LAN inalámbricas y, finalmente, entre células LAN inalámbricas y otras tecnologías LAN. Los puntos de acceso garantizan un empleo óptimo del tiempo de transmisión disponible en la red inalámbrica.

Ventajas:

- Incluso las estaciones que no pueden "verse" entre sí directamente se pueden comunicar.
- Simple integración en estructuras de cable ya existentes.

Inconvenientes:

- Coste más elevado del equipo.
- Instalación y configuración más complejas.

La instalación básica, compuesta por un solo punto de acceso y los sistemas inalámbricos conectados, se denomina “Basic Service Set” (Equipo Básico de Servicio, BSS). Los equipos que pertenecen al mismo BSS se identifican entre sí por medio de un identificador de equipo de servicio (SSID, ‘Service Set ID’) o nombre de red. (Dordoigne, 2015)

Una vista al futuro

El futuro de las comunicaciones inalámbricas es muy prometedor. Ya se encuentran disponibles equipos que pueden transmitir información hasta 108Mb/s, equipos con opciones de calidad de servicio y se encuentra en desarrollo un nuevo protocolo llamado WiMax el cual promete ser la más refinada y potente tecnología de transmisión de datos vía radio frecuencia a diferencia del 802.11b que tiene un alcance de aproximadamente 40 mts a 100 mts. En interiores, WiMax promete 50 Km de área de servicio sin línea de vista con velocidades de transmisión de hasta 75Mb/s; cantidades, que juntas, resultan increíbles para los actuales estándares.

A la par de estas tecnologías, existe un protocolo de ruteo entre puntos de acceso conocido como Mesh, el cual puede “observar” la carga de tráfico de los equipos y seleccionar la ruta de salida a través de los puntos de acceso que se encuentran interconectados a la red Mesh dependiendo de las condiciones de tráfico en esos equipos y del ancho de las múltiples puertas de salida por las cuales se pueda transferir la información. La combinación de WiMax con WiFi y el protocolo Mesh es un modelo que ya varias compañías proveedoras de servicio de Internet (ISP’s) están pensando para sustituir los actuales equipos cableados. (Sallent Roig & González, 2003)

CRITERIOS TÉCNICOS PARA EL DISEÑO DE UNA RED INALÁMBRICA

Para el diseño de una red inalámbrica, existen ciertos criterios referentes a las distancias que es posible cubrir, el modelo de arquitectura que se utilizará, el tráfico al que el equipo va ser expuesto, la administración de los equipos inalámbricos, el control de calidad de los enlaces y la capacidad de la red para seguir creciendo y soportar nuevos usuarios. (Superintendencia de Telecomunicaciones, 2008)

Arquitectura de la red

Es el diseño de una red de comunicaciones. Es un marco para la especificación de los componentes físicos de una red y de su organización funcional y configuración, sus procedimientos y principios operacionales, así como los formatos de los datos utilizados en su funcionamiento.

En la telecomunicación, la especificación de una arquitectura de red puede incluir también una descripción detallada de los productos y servicios entregados a través de una red de comunicaciones, y así como la tasa de facturación detallada y estructuras en las que se compensan los servicios. (Wimax, 2010)

Arquitectura punto a punto:

La arquitectura punto a punto es la más simple de las cuatro arquitecturas inalámbricas, ésta conecta un punto individual con otro punto individual.

Presenta las siguientes ventajas:

- a. Uso de antenas direccionales: las antenas direccionales enfocan y radian la señal en una sola dirección lo que permite maximizar la potencia de la señal y minimizar la recepción de ruido.
- b. Determinación de una sola Línea de Visión (LOS, Line of Sight por sus siglas en inglés): otros tipos de arquitecturas requieren varias LOS lo que complica el proceso.
- c. Inspección del Sitio (Site Survey): existen dos tipos de inspección; la física y la de radio frecuencia (RF). Este tipo de arquitectura requiere que se ejecuten únicamente una inspección física en cada uno de los puntos y es más fácil y rápido ejecutar una inspección de RF en una red punto a punto que en una que requiera más puntos a instalar.
- d. Costos por Hardware: generalmente equipo para una red punto a punto que conecta únicamente 2 terminales, es mucho más barato que el equipo que conecta 3 a 30 (o más) terminales.
- e. Costos por servicio: alquiler de espacio para el equipo, alquiler de torre para las antenas, electricidad y sistemas de protección todo esto suele ser más bajo para equipos en redes punto a punto que en redes multipunto.
- f. Instalación: mucho más sencilla por tratarse de únicamente dos puntos a instalar.

- g. Pruebas de Funcionamiento: El proceso de prueba de una red inalámbrica es una necesidad en cada punto nuevo para asegurar que la red está lista para proveer un servicio confiable. El proceso de prueba de una red punto a punto es menos compleja y más corta que una red de mayor complejidad.
- h. Soporte: Es más sencillo y barato darle soporte a una red punto a punto que a una red más grande y de mayor complejidad.

Muchos proyectos exitosos de redes terminan en una expansión de la red para servir a más usuarios, las desventajas de una red punto a punto se presentan cuando esta expansión ocurre, porque este proceso exige varias condiciones por satisfacerse que podrían resultar muy complicadas o muy costosas para ser satisfechas.

- a. Disponibilidad de LOS: Para preservar suficiente potencia de la señal inalámbrica para proveer un enlace de suficiente confiabilidad es importante (si no indispensable) contar con LOS sin obstrucción. La expansión de una red punto a punto generalmente resulta en un punto multipunto, tal situación no es posible sin puntos de visión sin obstrucción. Determinar si existe LOS requiere Inspecciones de Sitio y algunas veces pruebas de funcionamiento en cada punto.
- b. Expansión del sistema de antenas: Un sistema expandido punto multipunto sirve a varios usuarios en varias direcciones diferentes, generalmente utilizando diferentes equipos y frecuencias. Cuando un sistema punto multipunto necesita expandirse espacio adicional para las antenas puede ser difícil de obtener y el costo de alquiler demasiado alto.
- c. Nodo de bajo ruido: La operación apropiada de equipo inalámbrico ocurre cuando la señal es substancialmente más fuerte que el ruido y la interferencia. Una señal fuerte sola no hace que la red trabaje bien, una señal fuerte junto con un nivel de ruido bajo hacen que la red opere bien. Cuando se planea expandir un punto a punto a punto multipunto es importante tener una relación Señal a Ruido (SNR, signal-to-noise ratio, por sus siglas en inglés) para que la red trabaje apropiadamente. Como normalmente un enlace punto a punto utiliza antenas direccionales que cubren zonas pequeñas, también reciben poco ruido; actualizar a una red punto multipunto puede resultar en un cambio de antena que cubra un área mayor, resultando también en recepción de mayor cantidad de ruido e interferencia. Si el nuevo

nivel de ruido es muy alto, el SNR podría ser demasiado bajo para una operación punto multipunto.

- d. Capacidad de actualizar equipo: Es siempre bueno poder reutilizar el equipo cuando se realiza una actualización en la configuración de la red. Algunos equipos punto a punto no pueden operar en nodos punto multipunto. A la hora de escoger equipo para realizar una red punto a punto es bueno escoger equipo que se pueda configurar en operación punto multipunto.

Ejemplos en los cuales esta arquitectura es la mejor opción: cuando se presentan únicamente dos sitios a instalar que no necesitaran ser expandidos en el futuro; y cuando el enlace sea más largo que un enlace de radio normal (más de 16 km). (Granado, 2010)

Arquitectura punto multipunto:

Las redes multipunto son redes de computadoras en las cuales cada canal de datos se puede usar para comunicarse con diversos nodos.

En una red multipunto solo existe una línea de comunicación cuyo uso está compartido por todas las terminales en la red. La información fluye de forma bidireccional y es discernible para todas las terminales de la red.

En este tipo de redes, las terminales compiten por el uso del medio, de forma que el primero que lo encuentra disponible lo acapara, aunque también puede negociar su uso. En términos más sencillos: permite la unión de varios terminales a su computadora compartiendo la única línea de transmisión, su principal ventaja consiste en el abaratamiento de costos, aunque puede perder velocidad y seguridad.

Entre las ventajas de esta arquitectura están:

- a. Costo bajo para varios usuarios: un solo equipo debe comprarse al colocar a un usuario nuevo, solamente el equipo del cliente; a diferencia con la arquitectura punto a punto que requiere de dos equipos por cada usuario nuevo instalado.
- b. Escalable: Una red punto multipunto es fácilmente escalable para servir a más usuarios, cada vez que un nuevo AP se agrega al nodo, muchos más usuarios pueden ser agregados al nodo.
- c. Abierto para probar nuevas tecnologías: Una red punto multipunto sectorizada permite probar fácilmente nuevas tecnologías de hardware o software. Puede

aislarse un solo sector para la prueba sin dejar desconectados a los demás usuarios si esta falla.

Entre las desventajas se pueden mencionar:

- a. Manejo de ancho de banda: el manejo de ancho de banda es más complejo que con una red punto a punto, porque varios usuarios se encuentran compartiendo un mismo AP.
- b. Selección de antenas: La selección de las antenas en una red punto multipunto es un asunto más demandante que una red punto a punto, si el área a cubrir es relativamente pequeña (1 ó 2 Km. Por ejemplo) y un número pequeño de clientes (20 o menos clientes) un AP con una antena omnidireccional podría ser suficiente. Sin embargo, las condiciones suelen ser diferentes, las áreas más grandes (por lo que los niveles de ruido con antenas de mayor ganancia son más altas), el número de usuarios si bien puede ser de 20 suele esperarse que se incremente, y suelen haber más redes sin licenciar en la misma área.
- c. Determinación de LOS: Debe realizarse una verificación de LOS por cada cliente instalado, mientras más potenciales clientes se encuentren en una zona, más tiempo debe dedicarse a encontrar LOS.
- d. Inspección del Sitio: Comparado con una red punto a punto la inspección de sitio es mucho más demandante en tiempo, más importante, el tiempo dedicado a encontrar el sitio más adecuado para el nodo es mucho mayor.
- e. Costos iniciales más altos: Comparado con un punto a punto, los costos por AP, cableado, gabinetes, conectores, antenas sectorizadas, y sistemas de UPS son más caros en una red multipunto.
- f. Costos de renta más altos: debido a la mayor cantidad de equipo y antenas.
- g. Costos de instalación más altos.
- h. Tiempo de prueba más extendido y pruebas más complejas.
- i. Los costos de mantenimiento son más altos que una red Punto a Punto, incluyendo monitoreo de la red, mantenimiento de hardware, respuesta a posibles interferencias, y mantener la seguridad de la red. (Cisco Systems, 2006)

Arquitectura celular

Cuando varias redes punto multipunto se conectan al mismo sistema de distribución (llamado backbone o espina dorsal) y diseñadas para poder reutilizar las mismas frecuencias en diferentes áreas, el resultado es una red celular. La red backbone puede ser cableada o inalámbrica.

Al diseñar la estructura de red para un sistema de telefonía móvil, el problema a encarar es el de la limitación en el rango de frecuencias disponibles. Cada "conversación" (o cada cliente de tráfico de datos) requiere un mínimo de ancho de banda para que pueda transmitirse correctamente. A cada operador en el mercado se le asigna cierto ancho de banda, en ciertas frecuencias delimitadas, que debe repartir para el envío y la recepción del tráfico a los distintos usuarios (que, por una parte, reciben la señal del otro extremo, y por otra envían su parte de la "conversación"). Por tanto, no puede emplearse una sola antena para recibir la señal de todos los usuarios a la vez, ya que el ancho de banda no sería suficiente; y además, deben separarse los rangos en que emiten unos y otros usuarios para evitar interferencias entre sus envíos. A este problema, o más bien a su solución, se le suele referir como reparto del espectro o control de acceso al medio. El sistema GSM basa su división de acceso al canal en combinar los siguientes modelos de reparto del espectro disponible. El primero es determinante a la hora de especificar la arquitectura de red, mientras que el resto se resuelve con circuitería en los terminales y antenas del operador.

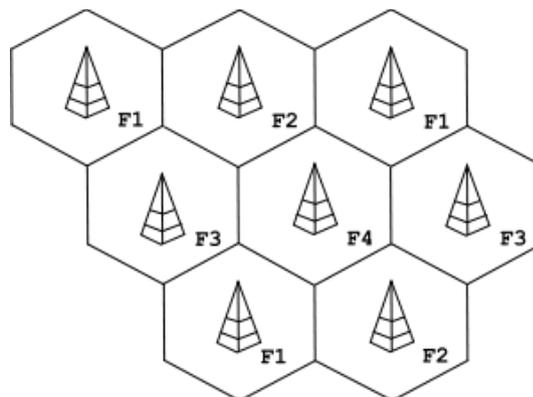


Imagen 1. Arquitectura Celular y frecuencia

Fuente: (Arquitectura Celular y frecuencias., 2015)

Las ventajas que presenta esta arquitectura son:

- a. Expande la cobertura geográfica.
- b. Incrementa la capacidad de la red.
- c. Permite concentrar los recursos en un solo nodo (servidor de correos, servidor de archivos, firewall, etc. todo ubicado solamente en el nodo celular).
- d. Provee redundancia a ciertos usuarios con cobertura de dos redes pertenecientes al mismo nodo.

Entre las principales desventajas de esta arquitectura consiste en que las celdas que estén cercanas no se interfieran entre ellas. Esto puede resultar complicado de hacer si existen también más redes en el área. (Superintendencia de Telecomunicaciones, 2008)

Arquitectura mesh

Las redes inalámbricas malladas, redes acopladas, o redes de malla inalámbricas de infraestructura, para definir las de una forma sencilla, son aquellas redes en las que se mezclan las dos topologías de las redes inalámbricas, la topología Ad-hoc y la topología infraestructura. Básicamente son redes con topología de infraestructura pero que permiten unirse a la red a dispositivos que a pesar de estar fuera del rango de cobertura de los puntos de acceso están dentro del rango de cobertura de alguna tarjeta de red (TR) que directamente o indirectamente está dentro del rango de cobertura de un punto de acceso (PA).

Permiten que las tarjetas de red se comuniquen entre sí, independientemente del punto de acceso. Esto quiere decir que los dispositivos que actúan como tarjeta de red pueden no mandar directamente sus paquetes al punto de acceso sino que pueden pasárselos a otras tarjetas de red para que lleguen a su destino.

Para que esto sea posible es necesario el contar con un protocolo de enrutamiento que permita transmitir la información hasta su destino con el mínimo número de saltos (Hops en inglés) o con un número que aun no siendo el mínimo sea suficientemente bueno. Es resistente a fallos, pues la caída de un solo nodo no implica la caída de toda la red.

La tecnología mallada siempre depende de otras tecnologías complementarias, para el establecimiento de backhaul debido a que los saltos entre nodos, provoca

retardos que se van añadiendo uno tras otro, de forma que los servicios sensibles al retardo, como la telefonía IP, no sean viables.

La utilización de Wimax 5,4 GHz puede ser una solución de backhaul, aceptable para fortalecer el alcance de la red mallada, pero en muchos casos supone la renuncia a la banda 5,4 Ghz, para dar accesos a usuarios.

Utilizando tecnologías licenciadas (por ejemplo 802.16, en la banda de 3,5Ghz), para la creación del backhaul, es posible ofrecer accesos a los usuarios en 2,4 Ghz y en 5,4Ghz. Esto posibilita que los usuarios dispongan del 80% más de canales libres, aumentando el número de usuarios concurrentes en un 60-80%.

A modo de ejemplo podemos ver la estructura de una red inalámbrica mallada formada por ocho nodos. Se puede ver que cada nodo establece una comunicación con todos los demás nodos. (Wimax, 2010)

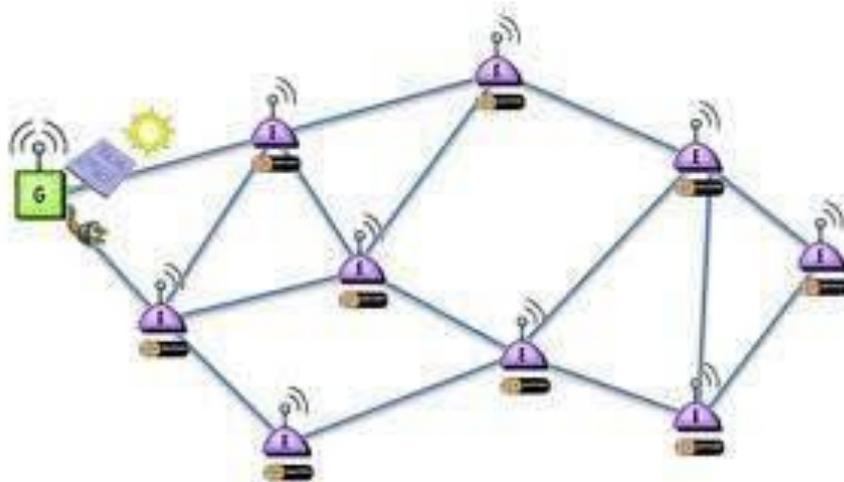


Imagen 2. Arquitectura Mesh

Fuente: (Ecured, 2013)

Localización de los equipos

Debido a que estamos trabajando con potencias de transmisión muy bajas y una frecuencia que entra dentro del rango de microondas, resulta virtualmente indispensable que exista línea de visión (LOS) entre el punto de acceso y los equipos abonados asociados a este; es decir, que los equipos puedan “verse” sin obstrucciones físicas entre ellos, como, por ejemplo, una casa, un árbol, una pared, etc.

La posición geográfica del equipo de transmisión está destinada a cubrir la mayor cantidad de usuarios posible o deseable. Por lo tanto, se escoge un sitio en alto que tenga la mayor visibilidad posible sin obstrucción entre el punto de acceso y los clientes que se desean asociar a él; podría hacerse, por ejemplo, en una colina, un tanque de agua, o construir una torre para colocar el equipo y la antena. (Ubiquiti, 2012)

Áreas de cobertura

En telecomunicaciones, el término cobertura se refiere al área geográfica en la que se dispone de un servicio. Suele aplicarse a comunicaciones radioeléctricas, pero también puede emplearse en servicios de cable. Las estaciones transmisoras y las compañías de telecomunicaciones generan mapas de cobertura que le indican a sus usuarios el área en la ofrecen sus servicios. (Granado, 2010)

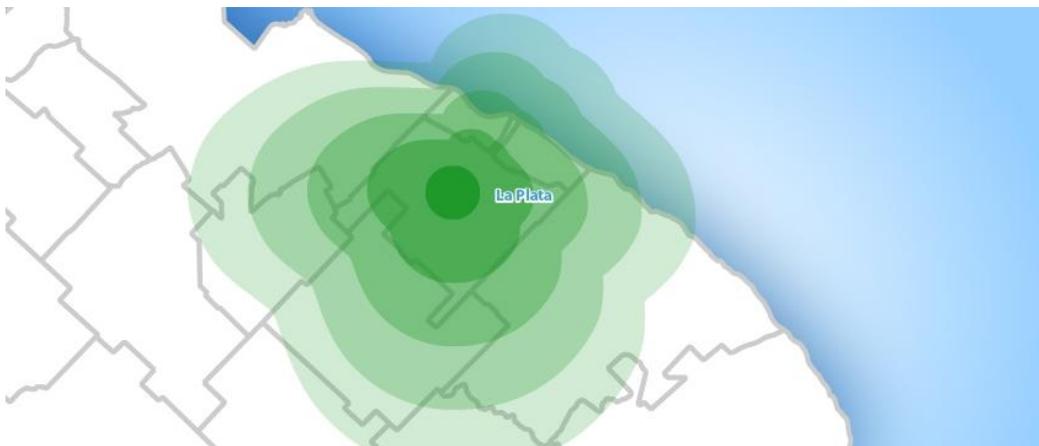


Imagen 3. Zona de Cobertura

Fuente: (Cyberwave, 2016)

Cálculo de los enlaces

El diseño de un radio enlace implica toda una serie de cálculos que pueden resultar sencillos o tremendamente complicados, dependiendo de las características del sistema y del tipo de problema al que nos enfrentemos.

Resulta claramente inviable realizar la planificación de una red WiMAX en entorno urbano sin la ayuda de un simulador software, que incorpore modelos de propagación precisos e información detallada sobre el entorno: edificios, vegetación, etc. Sin embargo, el diseño de un enlace punto a punto de corto alcance entre antenas que disponen de visión directa puede llevarse a cabo sobre el papel sin mayores problemas. (Ubiquiti, 2010)

Presupuesto de potencia

Las prestaciones de cualquier enlace de comunicaciones dependen de la calidad del equipo usado. El Presupuesto o Balance de potencia es una manera de cuantificar las características del enlace. La potencia recibida en un enlace 802.11 está determinada por tres factores: la potencia de transmisión, la ganancia de la antena transmisora y la ganancia de la antena receptora. Si esa potencia, menos las pérdidas de trayectoria es mayor que el nivel mínimo de señal recibida del receptor tendremos un enlace viable. La diferencia entre el nivel de la señal recibida y el nivel mínimo de señal recibida (también llamado sensibilidad del receptor) es el margen del enlace. El margen del enlace debe ser positivo y debemos tratar de maximizarlo (al menos 10 dB para un enlace viable). (Wimax, 2010)

Condiciones geométricas

Cuando una señal inalámbrica encuentra una obstrucción, la señal es siempre atenuada y usualmente reflejada o difractada. Normalmente cuando una señal inalámbrica en exteriores encuentra un obstáculo la atenuación provocada por éste es tan alta que no queda suficiente señal para realizar el enlace. Cuando se diseña un enlace inalámbrico de área metropolitana es prioritario alcanzar enlaces con línea de visión (LOS). Un enlace con línea de visión típicamente requiere que exista visibilidad entre los equipos más una zona despejada adicional para esparcir la señal inalámbrica. Esta zona adicional se le conoce como Zona de Fresnel. La zona de Fresnel es un elipsoide con sus extremos en las antenas de los equipos de transmisión. (Dordoigne, 2015)

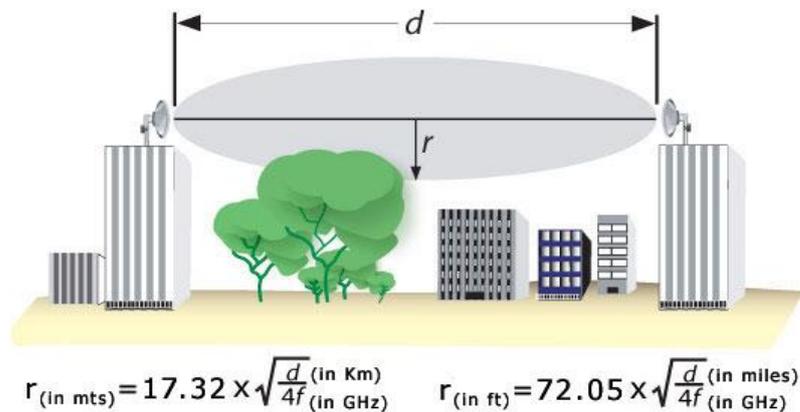


Imagen 4. Zona de Fresnel

Fuente: (Proxim, 2013)

Donde.

λ = longitud de onda (metros) = (velocidad de la luz) / (frecuencia) D = máximo diámetro de la primera zona de Fresnel (metros).

r = radio de la primera zona de Fresnel (metros). n = número de la zona de Fresnel.

Comparación experimental

Finalmente debe hacerse una prueba de campo para determinar si estas condiciones se cumplen. Esto se logra utilizando equipo de medición de RF, aunque dependiendo del equipo, pueden utilizarse software de medición que vienen incorporados en el hardware. Normalmente los datos resultantes estarán por debajo de los valores calculados (es por eso que se coloca un margen de error en el cálculo por presupuesto de potencia), lo que necesitamos determinar ya no será el nivel de la señal, sino una comparación con el nivel de ruido, la relación señal a ruido (SNR, signal to noise ratio). Hasta ahora no habíamos tomado en cuenta la presencia de otros equipos transmitiendo en la misma banda de frecuencias, pero dadas las condiciones de este protocolo (banda sin licenciar) y que muchos productos distintos en el mercado pueden utilizar estas frecuencias, una planificación sin consideración del ruido de RF presente en el ambiente no sería realista.

La mejor opción, si se dispone de la capacidad económica, es un Analizador de espectro ya que éste puede detectar señales fuera de la banda de 2.4 Ghz, dentro de ella o señales muy cercanas que pueden afectar el desempeño del transmisor

por saturación o picos indeseables en la señal que requieran de la instalación de un filtro pasa banda entre la antena y el transmisor. Sin embargo, como se mencionaba anteriormente, si no se puede contar con uno pueden utilizarse programas de medición que interactúan con una tarjeta inalámbrica instalada en la computadora obteniendo los datos de señal a ruido directamente del chipset. Para esto será necesario colocar un adaptador en la tarjeta para agregarle una extensión con cable al conector de la tarjeta y una antena para exteriores.



Imagen 5. Tarjeta inalámbrica con antena externa

Fuente: (PcComponente, 2016)

En la imagen se observa la aplicación Network Stumbler® uno de los programas más utilizados para hacer medición de SNR en una computadora.

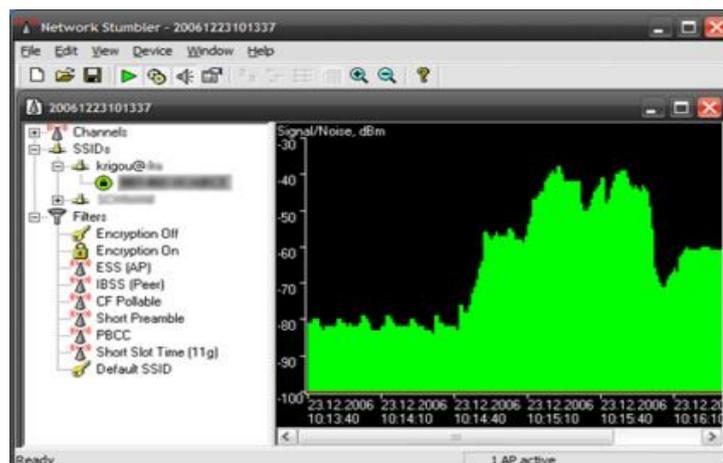


Imagen 6. Network Stumbler

Fuente: (Network, 2014)

También pueden utilizarse ciertas características que ofrecen algunos fabricantes en sus equipos de radio frecuencia que permiten observar la calidad de enlace que se tiene en el equipo de transmisión. Normalmente permiten observar una gráfica de SNR versus tiempo (o de potencia versus tiempo) como la que se muestra. (Cisco Systems, 2006)

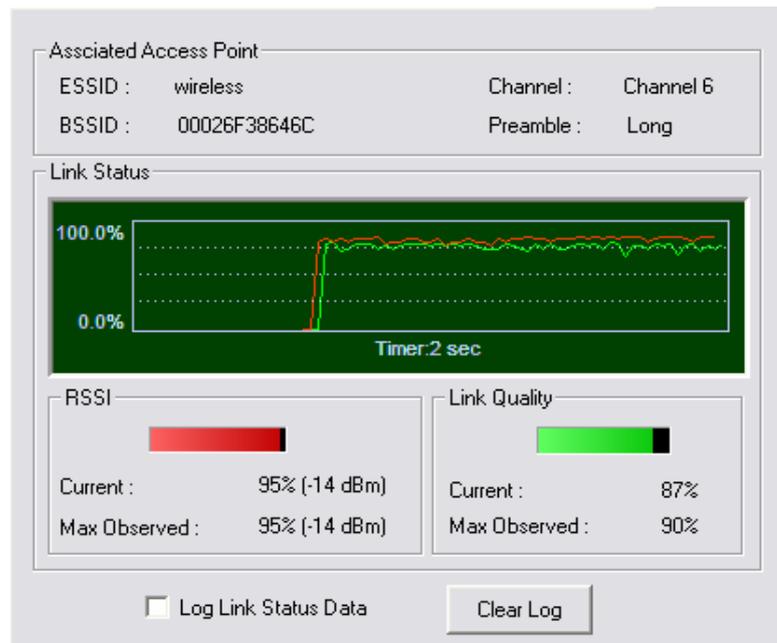


Imagen 7. Gráfica de SNR versus tiempo

Fuente: (Inegocios, 2014)

Selección de las antenas

La función principal de la antena es enfocar la señal entregada por el equipo de transmisión para aumentar la señal en el receptor y (debido a una característica llamada reciprocidad) del mismo modo amplificar la señal recibida del transmisor.

Existen muchísimos y variados diseños de antenas en el mercado, pero la selección de éstas se hace de acuerdo con tres factores principales:

- a. El rango de frecuencias de operación.
- b. El patrón de radiación.
- c. La polarización.

El patrón de radiación de una antena es una gráfica que muestra cómo ésta distribuye la potencia en el espacio. La figura 12 muestra una gráfica del patrón de radiación de una antena direccional de 11 dBi en el plano vertical. En realidad, el

patrón de radiación es tridimensional, pero generalmente se puede suponer el resto de la gráfica teniendo solamente los cortes en los planos vertical y horizontal.

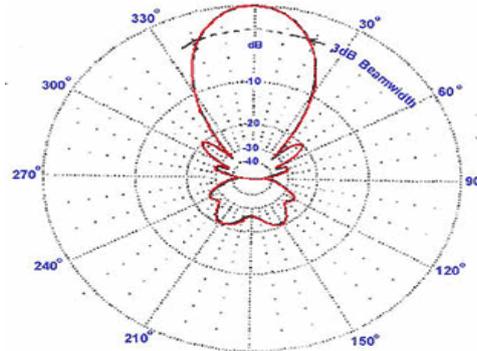


Imagen 8. Patrón de radiación plano vertical

Fuente: (Wikipedia, 2016)

Como puede observarse la mayor parte de la potencia se encuentra enfocada en un sector de la gráfica, a éste sector se le conoce como lóbulo principal. También puede observarse en la gráfica una línea que corta en los - 3dB, a éstos puntos de los conoce como puntos de media potencia, y la diferencia en grados de estos puntos (si trazamos una línea del punto hasta el centro de la gráfica) se le conoce como apertura de la antena (beamwith) o ángulo de visión. La mayoría de la energía radiada por la antena se encuentra distribuida en ésta zona y el resto se “pierde” en los lóbulos secundarios ya que en éstos puntos no nos interesa que la antena pueda radiar energía.

En realidad, el patrón de radiación es tridimensional, pero generalmente se puede suponer el resto de la gráfica teniendo solamente los cortes en los planos vertical y horizontal. En la imagen 9 se muestra una gráfica del patrón de radiación de la misma antena en el plano horizontal.

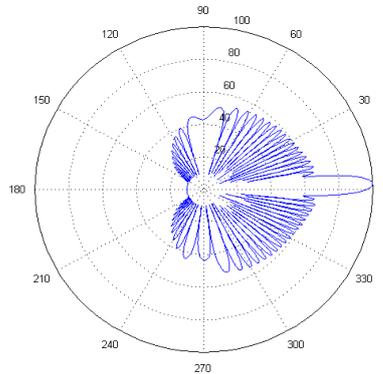


Imagen 9. Patrón de radiación plano horizontal

Fuente: (Wikipedia, 2016)

La polarización se refiere a la forma en la cual viaja la onda electromagnética al dejar la antena. Miremos que pasa si la señal se genera a partir un trozo de alambre. Supongamos que tenemos un electrón en ese trozo y que de cierto modo lo aceleramos para que recorra la distancia en la cual se encuentra cortado el alambre y luego se regrese hasta el origen, y así indefinidamente. Observaremos pues, que este movimiento genera una onda electromagnética en el espacio que rodea al alambre. Dos campos son generados, un campo eléctrico (E) y un campo magnético (H). El campo eléctrico existe en el mismo plano (con la misma orientación) que el elemento que la genera y si el alambre se encuentra en posición vertical la polarización del campo E será también vertical. La polarización del campo es la polarización de la antena.

La señal puede abandonar la antena en infinitas polarizaciones, incluso puede abandonar la antena girando en un campo rotatorio en una polarización circular o elíptica.

Una antena con polarización horizontal típica tiene 20dB de rechazo a una señal con polarización vertical, lo cual la permite aislar señales con polarización vertical con antenas de polarización horizontal, y por lo tanto, ganar 20dB sobre el ruido generado por polarización vertical. Las antenas con polarización circular derecha tienen 20dB de rechazo sobre las antenas con polarización circular izquierda. Se pueden usar también antenas con polarización circular derecha para evitar ruido generado por rebotes de la señal en objetos sólidos (multipath) ya que una onda con polarización circular invierte su giro al rebotar en el objeto que la refleja, esto es

útil en un enlace punto a punto en sectores donde exista mucho ruido debido a rebotes. (Superintendencia de Telecomunicaciones, 2008)

Capacidad y métodos de expansión

Para satisfacer las necesidades de red crecientes de una organización, se necesita ampliar el tamaño o mejorar el rendimiento de una red. No se puede hacer crecer la red simplemente añadiendo nuevos equipos y más cable.

Cada topología o arquitectura de red tiene sus límites. Se puede, sin embargo, instalar componentes para incrementar el tamaño de la red dentro de su entorno existente. Entre los componentes que le permiten ampliar la red se incluyen:

- Repetidores y concentradores (hub) Los repetidores y concentradores retransmiten una señal eléctrica recibida en un punto de conexión (puerto) a todos los puertos para mantener la integridad de la señal.
- Puentes (bridge) Los puentes permiten que los datos puedan fluir entre LANs.
- Conmutadores (switch) Los conmutadores permiten flujo de datos de alta velocidad a LANs.
- Enrutadores (router) Los enrutadores permiten el flujo de datos a través de LANs o WANs, dependiendo de la red de destino de los datos.
- Puertas de enlace (Gateway) Las puertas de enlace permiten el flujo de datos a través de LANs o WANs y funcionan de modo que equipos que utilizan diversos protocolos puedan comunicarse entre sí.

También puede ampliar una red permitiendo a los usuarios la conexión a una red desde una ubicación remota.

Para establecer una conexión remota, los tres componentes requeridos son un cliente de acceso remoto, un servidor de acceso remoto y conectividad física. (Castro, 2013)

Escalabilidad

En telecomunicaciones y en ingeniería informática, la escalabilidad es la propiedad deseable de un sistema, una red o un proceso, que indica su habilidad para reaccionar y adaptarse sin perder calidad, o bien manejar el crecimiento continuo de trabajo de manera fluida, o bien para estar preparado para hacerse más grande sin perder calidad en los servicios ofrecidos.

En general, también se podría definir como la capacidad del sistema informático de cambiar su tamaño o configuración para adaptarse a las circunstancias cambiantes. Por ejemplo, una universidad que establece una red de usuarios por Internet para un edificio de docentes y no solamente quiere que su sistema informático tenga capacidad para acoger a los actuales clientes que son todos profesores, sino también a los clientes que pueda tener en el futuro dado que hay profesores visitantes que requieren de la red por algunas aplicaciones académicas, para esto es necesario implementar soluciones que permitan el crecimiento de la red sin que la posibilidad de su uso y reutilización disminuya o que pueda cambiar su configuración si es necesario.

La escalabilidad como propiedad de los sistemas es generalmente difícil de definir, en particular es necesario definir los requisitos específicos para la escalabilidad en esas dimensiones donde se crea que son importantes. Es una edición altamente significativa en sistemas electrónicos, bases de datos, ruteadores y redes. A un sistema cuyo rendimiento es mejorado después de haberle añadido más capacidad hardware, proporcionalmente a la capacidad añadida, se dice que pasa a ser un sistema escalable. (Cisco Systems, 2006)

Calidad, eficiencia y monitoreo de los equipos

Mientras que un sistema de detección de intrusos monitoriza una red por amenazas del exterior (externas a la red), un sistema de monitorización de red busca problemas causados por la sobrecarga y/o fallas en los servidores, como también problemas de la infraestructura de red (u otros dispositivos).

Por ejemplo, para determinar el estatus de un servidor web, software de monitorización que puede enviar, periódicamente, peticiones HTTP (Protocolo de Transferencia de Hipertexto) para obtener páginas; para un servidor de correo electrónico, enviar mensajes mediante SMTP (Protocolo de Transferencia de Correo Simple), para luego ser retirados mediante IMAP (Protocolo de Acceso a Mensajes de Internet) o POP3 (Protocolo Post Office). Comúnmente, los datos evaluados son tiempo de respuesta y disponibilidad (o uptime), aunque estadísticas tales como consistencia y fiabilidad han ganado popularidad. La generalizada instalación de dispositivos de optimización para redes de área extensa tiene un efecto adverso en la mayoría del software de monitorización, especialmente al

intentar medir el tiempo de respuesta de punto a punto de manera precisa, dado el límite visibilidad de ida y vuelta.

Las fallas de peticiones de estado, tales como que la conexión no pudo ser establecida, el tiempo de espera agotado, entre otros, usualmente produce una acción desde del sistema de monitorización. Estas acciones pueden variar: una alarma puede ser enviada al administrador, ejecución automática de mecanismos de controles de fallas, etcétera.

Monitorizar la eficiencia del estado del enlace de subida se denomina medición de tráfico de red. (Granado, 2010)

Regulación del ancho de banda por usuario

Cada usuario tiene tendencia a utilizar el 100% del ancho de banda disponible, no sé si esto es una ley escrita, si no debería estarlo.

Pues ahora que tenemos instalada la red y el acceso mediante proxy cache vamos a intentar regular el consumo de ancho de banda. Resulta interesante que nadie pueda cometer abusos y consumir todos los recursos de la red a costa del resto de usuarios. La regulación del ancho de banda se puede llevar a cabo utilizando distintos criterios: la máquina origen, la dirección o página destino o el tipo de transferencia.

Por un lado podemos intentar discriminar el origen de los datos, resumiendo que los jefes dispongan de mejor conexión que los "pringaos". Resumiendo, vamos a asignar distintos anchos de banda a distintos rangos de direcciones IP.

También se no puede dar el caso de que haya consultas masivas a unos determinados dominios o páginas y puede ser práctico delimitar el ancho de banda asignado a ese dominio.

En general el volumen de tráfico que genera el acceso a páginas web en html es bastante bajo, lo que realmente consume un volumen apreciable del ancho de banda son ficheros de sonido e imagen y una medida posible podría ser limitar de alguna forma la transferencia de estos tipos de ficheros.

Otra posibilidad sería que limitar el ancho de banda sólo para descargas de ficheros grandes y dejar un mayor ancho de banda a ficheros pequeños para que la navegación por páginas html sea más rápida.

Mediante Squid podemos establecer límites al ancho de banda mediante una de sus características de configuración denominada "delay pools". Establecemos una

definición de regulación de ancho de banda, establecemos una ACL y asociamos la regulación a la ACL. (Vergara, 2007)

Adaptabilidad y nuevas tecnologías

Existen varias tecnologías de transmisión inalámbricas que pueden operar en las bandas sin licenciar de 2.4 Ghz y 5.8 Ghz, la decisión en el tipo de tecnología a implementar recae en escoger aquella que sea lo más compatible con los equipos disponibles de otras marcas en el mercado y la que sea más fácil de adaptar a nuevas tecnologías que se implementen en el futuro. La tecnología inalámbrica IEEE 802.11b es una tecnología bastante versátil y adaptable. Puede migrar fácilmente a otras tecnologías e incluso coexistir con éstas. El punto será luego decidir qué tipo de tecnología se implementará con éste. Por ejemplo, la más inmediata disponible actualmente es IEEE 802.11g totalmente compatible con el 802.11b, con una tasa de transmisión más alta (54 Mbps) y modulación OFDM. En este caso la viabilidad de la nueva tecnología es inmediata y resulta ser la opción preferencial sobre cualquier otra disponible a la hora de actualizar equipos. Existen otras tecnologías propietarias (no estandarizadas) sobre la misma frecuencia que utilizan FHSS para transmitir, el punto correcto sería escoger los canales de transmisión apropiados para evitar interferencia y poder utilizar ambas tecnologías sobre la misma banda de frecuencia. También existen tecnologías inalámbricas sobre otras frecuencias como el estándar IEEE 802.11a (a 5.8 Ghz) o IEEE 802.16 (Wimax® a 5.8 Ghz) las cuales, desde luego, requieren otras antenas y sistemas de montaje. Con el aislamiento apropiado pueden convivir perfectamente con equipos desarrollados en 802.11b. (Wimax, 2010)

2.3. Definición de términos básicos

- Población
Es un conjunto de elementos acotados en un tiempo y espacio de terminados, con alguna característica común observable o medible. (Alejandro, 2009)
- Cobertura
Se denomina cobertura a la zona en la que el receptor recibe una señal. (Sallent Roig & González, 2003)
- Cobertura Eficiente
Es la cobertura que recibe el receptor con un nivel de señal óptima la cual permite trabajar con servicios de datos sin inconvenientes. (Ubiquiti, 2012)
- Estaciones base
Es una estación terrestre, usada para Radiocomunicaciones con equipos o terminales móviles. (Wimax, 2010)
- Red 802.11N
Es una propuesta de modificación al estándar IEEE 802.11-2007 para mejorar significativamente el rendimiento de la red más allá de los estándares anteriores. (Dordoigne, 2015)

CAPÍTULO 3. HIPÓTESIS

3.1. Formulación de la hipótesis

La implementación de la red con el protocolo 802.11N y 15 torres permite la eficiente cobertura de internet en la región Tumbes en el año 2015.

3.2. Las Variables

- Dependiente
Eficiente cobertura de internet en la región Tumbes.
- Independiente
Red con el protocolo 802.11N y 15 torres

3.3. Operacionalización de variables

Tabla 2:

Operacionalización de las Variables.

| VARIABLE | DEFINICIÓN CONCEPTUAL | DIMENSIONES | INDICADORES |
|--|--|------------------------------|---|
| Red con el protocolo 802.11N y 15 torres | El protocolo está construido basándose en estándares previos de la familia 802.11, agregando Multiple-Input Multiple-Output (MIMO) y unión de interfaces de red. | Metodología de diseño de red | Equipos, cobertura y seguridad. |
| | | Seguridad de conexión | Número de restricciones para conectar. |
| | | Simulador de red 802.11 | Número de simuladores. |
| Eficiente cobertura de internet en la región Tumbes. | Es la cobertura que recibe el receptor con un nivel de señal óptima la cual permite trabajar con servicios de datos sin inconvenientes. | Calidad de Señal | Porcentaje de CCQ. |
| | | Consumo de ancho de banda | Porcentaje de consumo ancho de banda por Torre. |
| | | Vano de señal | Ángulo de cobertura. |

Fuente: Elaboración Propia.

CAPÍTULO 4. PROPUESTA DE APLICACIÓN PROFESIONAL

METODOLOGÍA TOP DOWN

La metodología Top Down que se utilizará para el diseño de red está dividida en cuatro fases.

Fase I: identificación de los objetivos y necesidades del cliente.

Análisis de los objetivos y limitaciones comerciales de la empresa.

Análisis de los objetivos y limitaciones técnicas de la empresa.

Elaboración de un prototipo de diseño de red de área local.

Elaboración de un diseño de tráfico de red de área local.

Fase II: Diseño de una red lógica.

Diseño de una topología de red.

Diseño de un modelo de direccionamiento IP.

Selección de dispositivos de red y protocolo de enrutamiento.

Desarrollo de la seguridad de la red.

Fase III: diseño de la red física.

Selección de tecnología de red a utilizar.

Seleccionar los dispositivos según la tecnología a emplearse.

Fase IV: testeo, optimización y documentación del diseño de red.

Testear el diseño de red.

Optimizar el diseño de red.

Documentar el diseño de red.

4.1. FASE I: IDENTIFICACIÓN DE LOS OBJETIVOS Y NECESIDADES DEL CLIENTE.

OBJETIVOS Y LIMITACIONES COMERCIALES DE LA EMPRESA

Para la realización de la captura de objetivos y limitaciones de la empresa Cable Visión Tumbes SAC se realizó las entrevistas a los jefes de las diferentes áreas que están involucrados directamente con el desarrollo del proyecto en Cable Visión Tumbes SAC.

METAS DE NEGOCIO

- Para el 2016 lograr un incremento del 10% de la satisfacción del cliente.
- Lograr una cobertura del 80% en la Región Tumbes.
- Aumentar un 10% la cartera de los clientes.

OBJETIVOS DE LA EMPRESA

- La empresa Cable Visión tumbes SAC tiene como objetivo, convertirse en la empresa líder de la región Tumbes brindando el servicio de CATV e Internet en los diferentes puntos de la región con una buena cobertura y gran calidad de señal.
- Lograr el aumento de clientela y así volverse líder del mercado brindando buenos precios con una gran calidad de servicio.
- Lograr brindar el servicio de Internet en todos los distritos de la región Tumbes.

LIMITACIONES

- No en todos los distritos de Tumbes contamos con una red de fibra óptica para garantizar la calidad de servicio.
- No en todo Tumbes se cuenta con locales para la ubicación de oficinas.
- El mercado de servicios de CATV e Internet que brinda la empresa esta con un precio definido por lo tanto el precio ya definido sería una limitación al no poder reducirlo más.

PRIORIDADES

- Las redes deben ofrecer un retardo bajo. Para que los clientes tengan una buena navegación.
- Respuesta inmediata ante sucesos (Continuidad después de un desastre).
- Seguridad de la conexión.
- Balanceo de carga para evitar saturación del servicio.
- Servicios de mantenimiento y servicios a los usuarios del servicio.
- Monitoreo de las estaciones base para garantizar el servicio.

OBJETIVOS Y LIMITACIONES TÉCNICAS DE LA EMPRESA

OBJETIVOS

- Reestructurar la red del servicio de internet de la empresa.
- Garantizar la conectividad de los usuarios.
- Disminuir los retardos del servicio.
- Garantizar la calidad de servicios de los diferentes tráfico de la red.
- Cumplir con las políticas de seguridad informática plasmada en la empresa.
- Garantizar el crecimiento de usuario en la empresa.

LIMITACIONES

- Dependencia de las tecnologías ofrecidas de los proveedores.
- Número de proveedores.
- En el Perú son muy pocos los proveedores con los cuales se puede contar para la realización del proyecto de red. Esto se puede superar haciendo un estudio de las proformas que nos ofrece los diferentes proveedores.
- Resistencia al cambio.
- Esto se debe de superarse buscando creando una conciencia solidaria, nuevas motivaciones y el apoyo incondicional de todos los niveles de la organización.

METAS TÉCNICAS.

En el primer semestre del 2016 se pretende migrar la red de internet para poder garantizar una buena disponibilidad, velocidad, tolerar fallas y calidad de servicio.

Capacitar el 100% de los técnicos en atención al cliente para los servicios de Internet.

ALCANCE DEL PROYECTO DE RED.

Rediseño total de la red de internet de la empresa Cable Visión Tumbes, teniendo en cuenta un respaldo ante desastres o problemas en las comunicaciones garantizando la calidad de servicios.

ASPECTO TÉCNICOS DE LA EMPRESA

ESCALABILIDAD. La empresa Cable Visión está en constante crecimiento y se encuentra abriendo nuevas sedes en los diferentes distritos de Tumbes, por lo tanto en el desarrollo del proyecto se debe tener como requisito imprescindible la escalabilidad (cuanto puede crecer la red); la cual nos indica que la red debe ser capaz de permitir agregar nuevos usuarios, pero la escalabilidad también se debe considerar el incremento de nuevas redes, aumento de tráfico, nuevas aplicaciones de red, etc., en este punto se debe tener en cuenta que el tráfico ha aumentado considerablemente ya que aumentaron los usuarios. En uno de los objetivos de la empresa, se indica que debe cubrir todo el departamento de Tumbes, por tal motivo debería contar con conexión en todos sus distritos lo cual la red inicial solo conectaba 2 distritos.

DISPONIBILIDAD. En la empresa Cable Visión la disponibilidad tanto de personal, materiales y áreas es esencial para mejorar la calidad de servicio; en cuanto a la red, para lograr una gran disponibilidad se debe trabajar cumpliendo reglas y políticas, en la actualidad no se cuenta con la redundancia, es decir cae la red del proveedor ISP y se detiene hasta que sea solucionada por el ISP. Disponibilidad se puede expresar como un tiempo de actividad meses, semanas, días, horas o, en comparación con el tiempo total en ese período.

SEGURIDAD. En la empresa Cable Visión la seguridad de la información y sus comunicaciones es prioridad ya que una empresa que no tiene seguridad tiende a la

extinción. Planificar es la primera tarea que debemos realizar para implementar la seguridad. Lo que significa que debemos de reconocer nuestras partes más vulnerables de la red analizando los riesgos y encontrando los requerimientos.

MANEJABILIDAD. En la empresa Cable Visión la administración de la red se simplificada en procedimientos de administración, para que puedan ser entendidos fácilmente por los administradores de la red.

Los procedimientos de administración tomados en cuenta son:

- Administración de la red: debe permitir analizar el tráfico y observar el comportamiento de la red.
- Administración de configuración: Control, identificación, recolección de datos de dispositivos y administración remota.
- Gestión de la seguridad: Supervisión y prueba las políticas de seguridad y protección, mantener y distribuir las contraseñas y otro tipo de autenticación y autorización información, claves de cifrado gestión y auditoría adhesión a las políticas de seguridad.

RENDIMIENTO

En la empresa Cable Visión se tiene que tener en cuenta los puntos principales de la cobertura de internet para un buen rendimiento los cuales son:

- En cuanto al ancho de banda representa el volumen de datos intercambiados entre un dispositivo y otros dispositivos. El ancho de banda se indica generalmente en bits por segundo (bps). Kilobits por segundo (kbps), o megabits por segundo (Mbps).
- Con respecto a la tasa de transferencia expresa la velocidad a la que se puede transmitir y se mide en bits/segundo (bps); No hay que confundir ancho de banda con tasas de transferencia, el primero mide en hertzios y no mide realmente la capacidad de transmisión de la red, mientras que la tasa de transferencia sí, ya que toma en cuenta todos los factores para hacer una medición real.
- En cuanto al retardo, es la capacidad de los enlaces es ideal desde el punto de vista de la productividad, pero no lo es respecto al retardo. Se

experimentan grandes retardos en una cola según la tasa de llegadas de paquetes se acerca a la capacidad del enlace.

El rendimiento de red se refiere a las medidas de calidad de servicio de un producto de telecomunicaciones desde el punto de vista del cliente.

La siguiente lista ofrece ejemplos de medidas de desempeño de red para una red de conmutación de circuitos y un tipo de red de conmutación de paquetes, a saber, ATM:

- Redes de conmutación de circuitos: En redes de conmutación de circuitos, el rendimiento de la red es sinónimo con el grado de servicio. El número de llamadas rechazadas es una medida de lo bien que la red está funcionando bajo cargas de tráfico pesado. Otros tipos de medidas de desempeño pueden incluir ruido, eco y otros.
- ATM: En una red de modo de transferencia asíncrono (ATM), el rendimiento puede ser medido por velocidad de línea, calidad de servicio (QoS), el rendimiento de datos, tiempo de conexión, la estabilidad, la tecnología, la técnica de modulación y mejoras de módem.

Hay muchas formas diferentes de medir el rendimiento de una red, ya que cada red es diferente en su naturaleza y diseño. El rendimiento también puede ser modelado en lugar de medir; un ejemplo de esto es usar diagramas de transición de estados para modelar el rendimiento de colas en una red de conmutación de circuitos. Estos diagramas permiten que el planificador de la red analice cómo la red se comportará en cada estado, asegurando que la red se diseñe de manera óptima. (Wimax, 2010)

PROTOTIPO DE DISEÑO DE RED DE ÁREA LOCAL

Este prototipo de red es planteado para reemplazar al existente teniendo en cuenta los equipos en tecnología 5.8 para garantizar una mejor conexión y escalabilidad de la red.

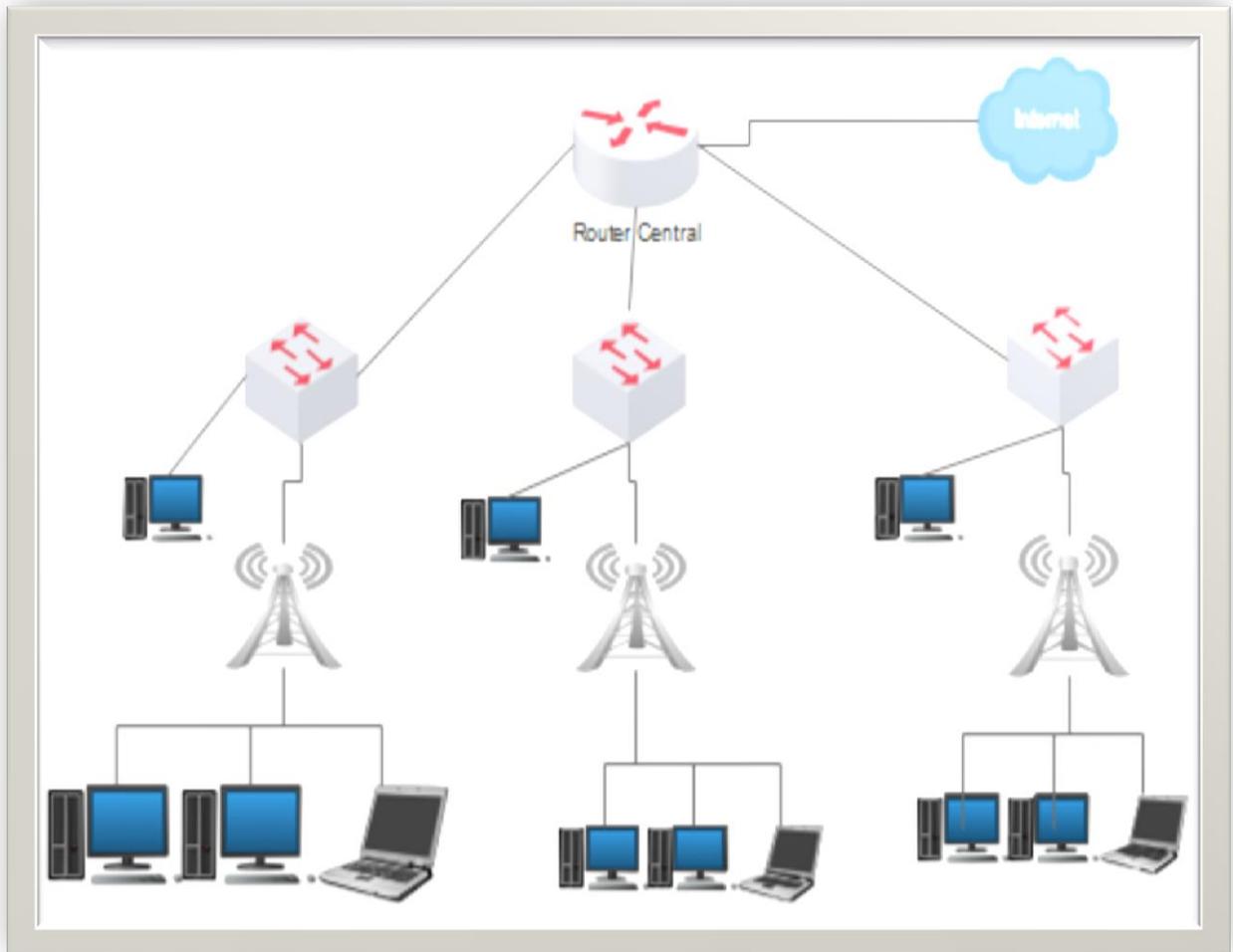


Imagen 10. Diseño de red

Fuente: (Cable Vision Tumbes, 2015)

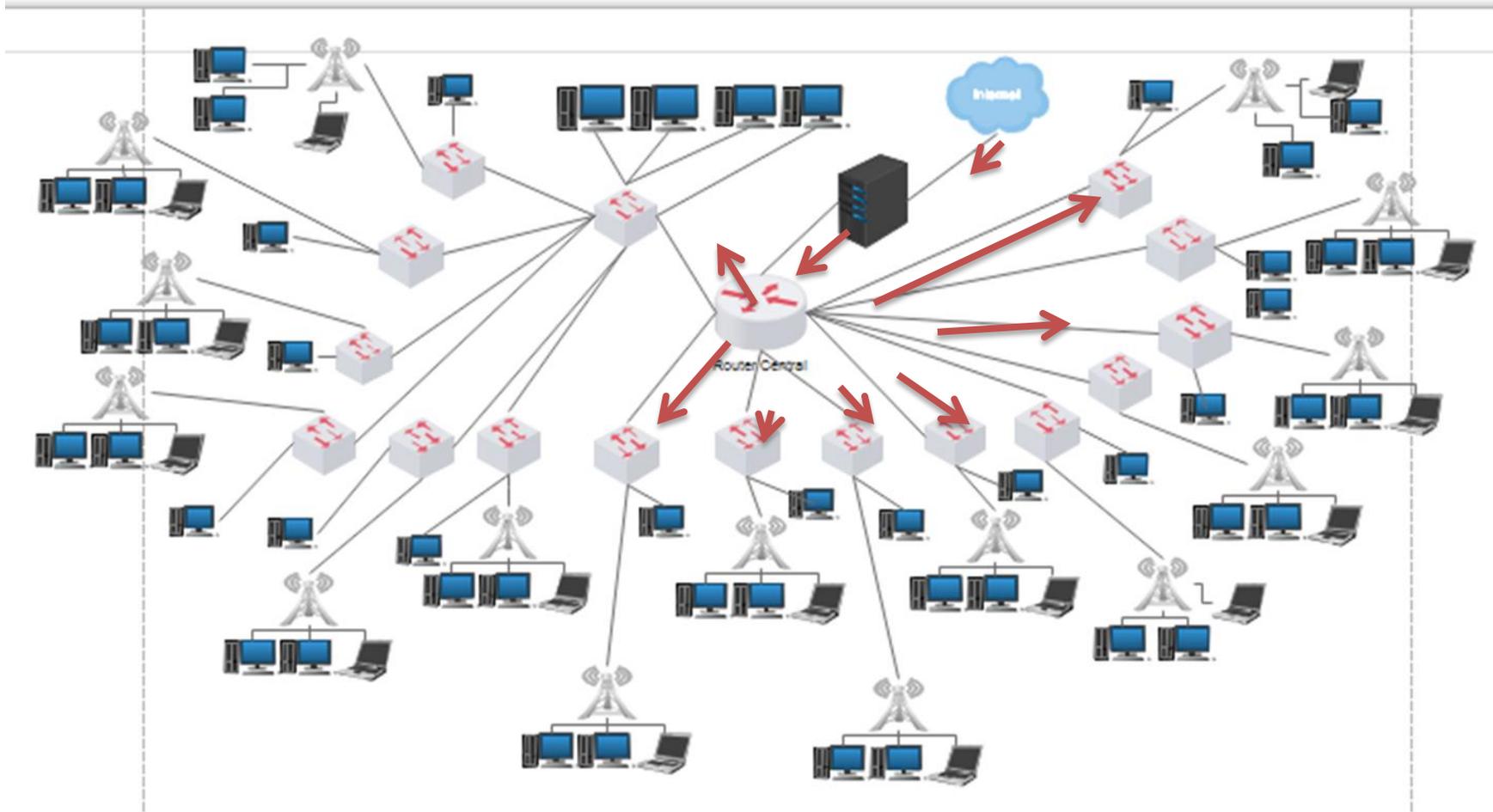


Imagen 11. Diseño de tráfico de red de área local

Fuente: (Cable Vision Tumbes, 2015)

4.2. FASE II: DISEÑO DE UNA RED LÓGICA

Diseño de una topología de red.

La topología de red con la que se está trabajando es la topología estrella ya que es una red de computadoras donde las estaciones están conectadas directamente a un punto central y todas las comunicaciones se hacen necesariamente a través de ese punto, en nuestra red el punto central sería nuestro router administrable.

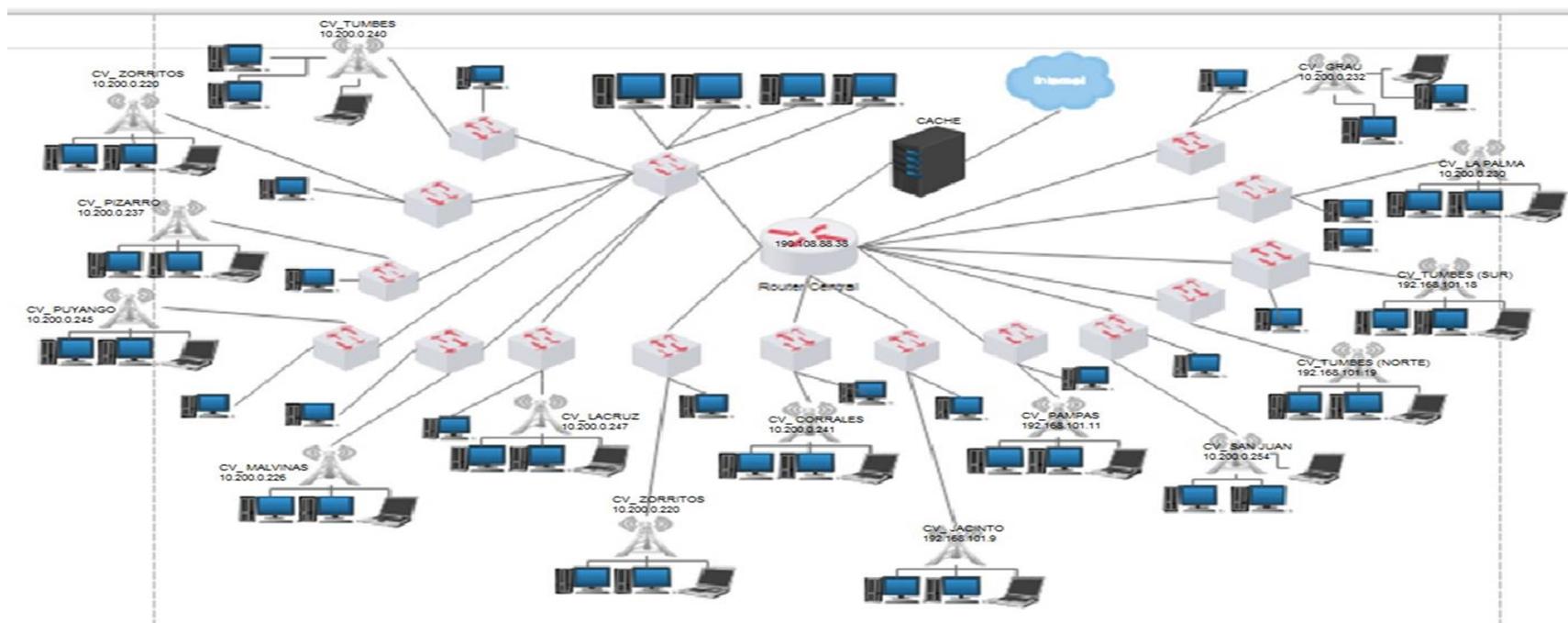


Imagen 12. Diseño de una topología de red

Fuente: (Cable Vision Tumbes, 2015).

Tabla 3:

Diseño un modelo de direccionamiento IP

| Ubicación | Nombre | Descripción | Ip |
|--------------------|-------------------|---------------------------------|----------------|
| Tumbes | Cv_Tumbes | Torre Sector Tumbes Centro. | 10.200.0.240 |
| Zorritos | Cv_Zorritos | Torre Sector Zorritos. | 10.200.0.220 |
| Puerto Pizarro | Cv_Pizarro | Torre Sector Puerto Pizarro | 10.200.0.237 |
| Puyango | Cv_Puyango | Torre Sector Puyango | 10.200.0.245 |
| Malvinas | Cv_Malvinas | Torre Sector Malvinas | 10.200.0.226 |
| La Cruz | Cv_Lacruz | Torre Sector La Cruz | 10.200.0.247 |
| Zorritos | Cv_Zorritos | Torre Sector Zorritos | 10.200.0.220 |
| Corrales | Cv_Corrales | Torre Sector Corrales | 10.200.0.241 |
| San Jacinto | Cv_Jacinto | Torre Sector San Jacinto | 192.168.101.9 |
| Pampas De Hospital | Cv_Pampas | Torre Sector Pampas De Hospital | 192.168.101.11 |
| San Juan | Cv_San Juan | Torre Sector San Juan | 10.200.0.254 |
| Tumbes (Norte) | Cv_Tumbes (Norte) | Torre Sector Tumbes (Norte) | 192.168.101.19 |
| Tumbes (Sur) | Cv_Tumbes (Sur) | Torre Sector Tumbes (Sur) | 192.168.101.18 |
| La Palma | Cv_La Palma | Torre Sector La Palma | 10.200.0.230 |
| Caleta Grau | Cv_Torre Sector | Torre Sector Caleta Grau | 10.200.0.232 |

Fuente: Elaboración propia.

Selección de dispositivos de red y protocolo de enrutamiento.

Se utilizó un protocolo de enrutamiento dinámico, ya que sólo se configuró el protocolo de enrutamiento mediante comandos IOS, en el router general de la red y estos automáticamente intercambiarán sus tablas de enrutamiento con sus routers vecinos, por lo tanto, cada router conoce la red gracias a las publicaciones de las otras redes que recibe de otros routers.

Selección de dispositivos de red:

1) Mikrotik routerboard 1100

El centro de este dispositivo viene con un nuevo estado del procesador PowerPC de redes de arte que coloca este dispositivo como un gran dispositivo de administración de la red. Cuenta con trece puertos individuales Gigabit Ethernet, dos grupos de 5 puertos switch, e incluye la capacidad de Ethernet bypass.



Imagen 13. Mikrotik routerboard 1100

Fuente: (Mikrotik, 2011)

2) Media converter tp link

El MC111CS es un convertidor de medios diseñado para convertir la fibra 100BASE-FX a los medios de cobre 100Base-TX o viceversa. La adopción de la tecnología WDM, MC111CS toma sólo un cable de fibra para transmitir y recibir datos, lo que permitirá ahorrar coste medio de cableado para usted. Diseñado bajo IEEE 802.3u 10/100Base-TX y 100Base-FX normas, la MC111CS está diseñado para su uso con cable de fibra monomodo utilizando el conector SC-Type. El MC111CS admite la especificación de onda larga (LX) láser a una tasa completa de reenvío a velocidad de cable. Funciona a 1550 nm en la transferencia de datos y en el 1310 en la recepción de datos. Así que el otro dispositivo final a cooperar con el MC111CS debe trabajar a 1310 nm en la transferencia de datos y a 1550 nm en la recepción de datos. Otra TP-LINK convertidor de medios MC112CS es sólo uno de los ejemplos de cooperación con MC111CS.

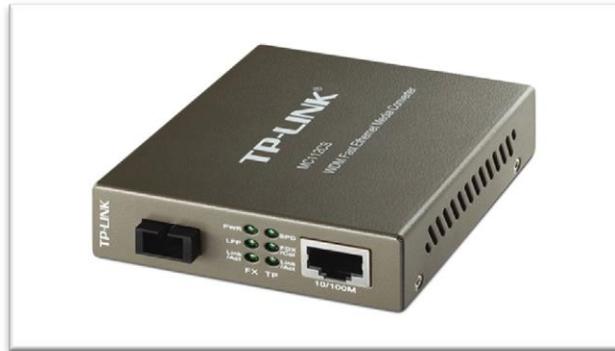


Imagen 14. Media converter tp link

Fuente: (Tp-Link, s.f.)

3) Switch poe 8 puertos ubiquiti

Gigabit Ethernet que combina un diseño y construcción industrial con una fuente de alimentación de 150 vatios. La versión PRO de los TOUGHSwitch es capaz de alimentar hasta ocho dispositivos de 24V o 48V administrables con el software de regulación de voltaje de salida. Es la solución ideal para su uso en despliegues de estaciones AirMax base con Ubiquiti PoE.



Imagen 15. Switch poe 8 puertos ubiquiti

Fuente: (Ubiquiti, 2012)

4) Rocket m5 ubiquiti

Es un resistente radio, de alta potencia, MIMO 2x2 muy lineal con el funcionamiento del receptor mejorado. Cuenta con el rendimiento increíble gama (50km) y la velocidad de avance (de 150 Mbps reales IPAC / IP). El dispositivo fue diseñado específicamente para al aire libre puente punto a punto y PTMP aplicaciones Airmax estación base.



Imagen 16. Rocket m5 ubiquiti

Fuente: (Ubiquiti, 2010)

5) Sectorial ubiquiti 5.8 120 grados

La antena Sectorial de 19dBi 120° en 5.8GHz, es una antena ideal para punto multipunto en sector, de gran ganancia y performance alta, logra el máximo de tasa de transferencia con clientes Airmax en equipos Ubiquiti.



Imagen 17. Sectorial ubiquiti 5.8 120 grados

Fuente: (Ubiquiti, 2010)

6) Airgrid m5 ubiquiti

Diseñado para ser un dispositivo CPE muy directivo, la AirGrid ® M se realiza en un rango de hasta 50+ km. La tecnología de Ubiquiti InnerFeed™ combina a la perfección la alimentación de la radio y reflector para obtener el máximo rendimiento de RF. La revolucionaria tecnología InnerFeed Ubiquiti integra el sistema de radio en todo el feed horn de una antena. AirGrid MHP combina tecnologías Innerfeed Ubiquiti y AirMax (TDMA Protocolo).

Para crear una simple, pero extremadamente potente y robusta unidad inalámbrica capaz de traficar 100 Mbps reales de rendimiento al aire libre y hasta 10 a 12km+ en área de distribución, hasta 15 kms en enlace punto a punto. Completa la antena y el sistema de radio integración revolucionaria proporciona excelente relación costo/Beneficio con alto rendimiento para el mundo en la industria de Banda ancha. El bajo costo, alta rendimiento, robusto “todo-en-uno” de diseño y peso ligero de AirGrid M HP le hacen extremadamente versátil e ideal en diferentes aplicaciones.



Imagen 18. Airgrid m5 ubiquiti

Fuente: (Ubiquiti, 2010)

Desarrollo de la seguridad de la red.

La seguridad de la red se maneja a través de cuentas de usuarios asignadas a cada usuario que contrate un servicio en el cual se crea un usuario, una contraseña y el plan que contrata cabe mencionar que estas cuentas se crean en el router administrable y se definen privilegios y consumos de acuerdo a los planes contratados.

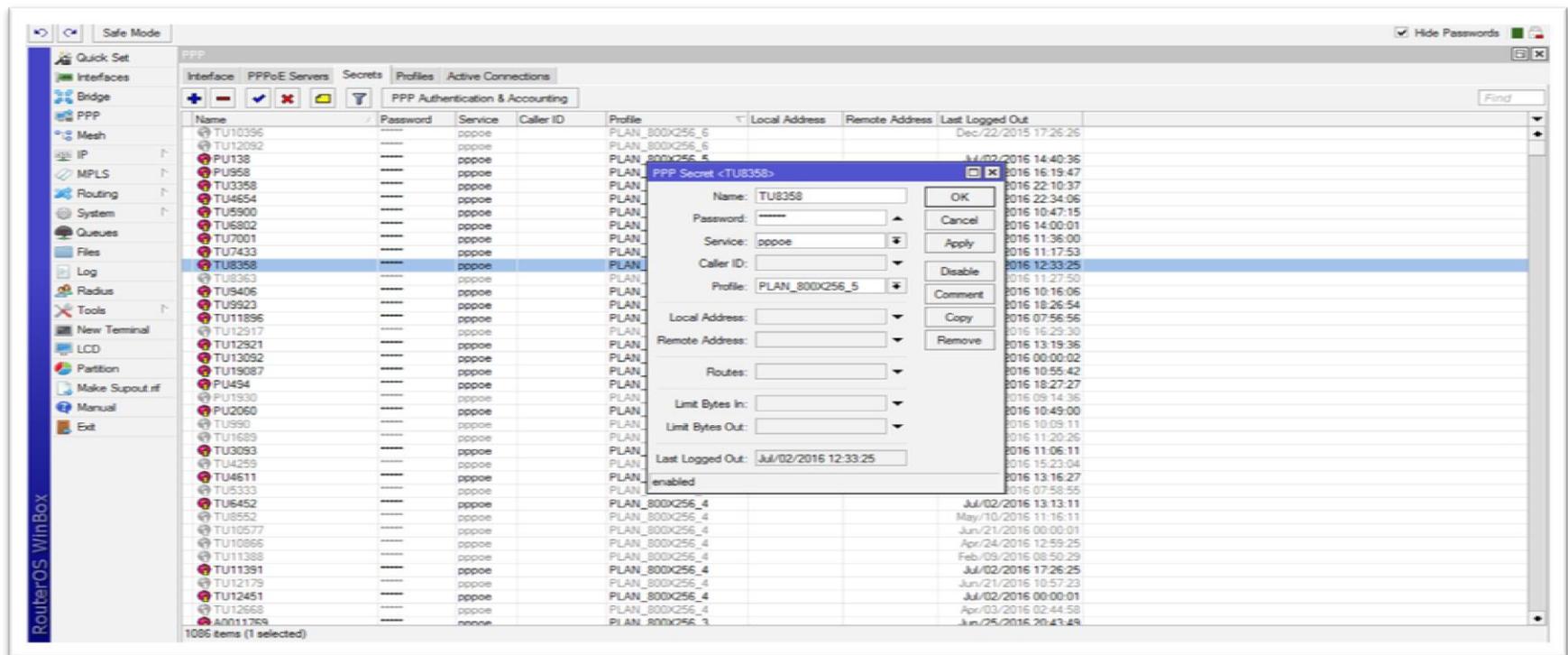


Imagen 19. Seguridad de la red

Fuente: (Cable Vision Tumbes, 2015)

4.3. FASE III: DISEÑO DE LA RED FÍSICA.

Selección de tecnología de red a utilizar.

La tecnología utilizada para la implementación de la red para brindar el servicio de Internet inalámbrico en la empresa Cable Visión es la tecnología AIRMAX la cual es especializada en conexiones inalámbricas.

- Características de la tecnología AIRMAX de UBIQUITI
 - Esta tecnología permite velocidades reales de TCP/IP para exteriores de más de 150 Mbps y consiste en un diseño de vanguardia de hardware de radio, antenas MIMO de estación base de clase portadora y un potente protocolo TDMA que ofrece velocidad y escalabilidad de red sobre distancias de enlaces de varios kilómetros.
 - El protocolo TDMA de Airmax fue diseñado teniendo en cuenta la velocidad y la escalabilidad. Tradicionalmente, las soluciones más económicas de radio de banda para exteriores sin licencia se han basado en el estándar 802.11 (o WiFi).
 - Junto con la implementación de este protocolo TDMA de última generación, Ubiquiti presentó una cartera de tecnologías de antenas MIMO que ofrece un rendimiento de clase portadora con pérdida de retorno, aislamiento de polarización cruzada, ganancia, inclinación vertical eléctrica y características de amplitud de haz que por lo general se encuentran sólo en las antenas de estación base celulares de la más alta calidad. Las antenas han sido diseñadas y evaluadas de forma práctica para garantizar un rendimiento óptimo, al utilizar el protocolo Airmax y el hardware Airmax de radio MIMO 2x2.



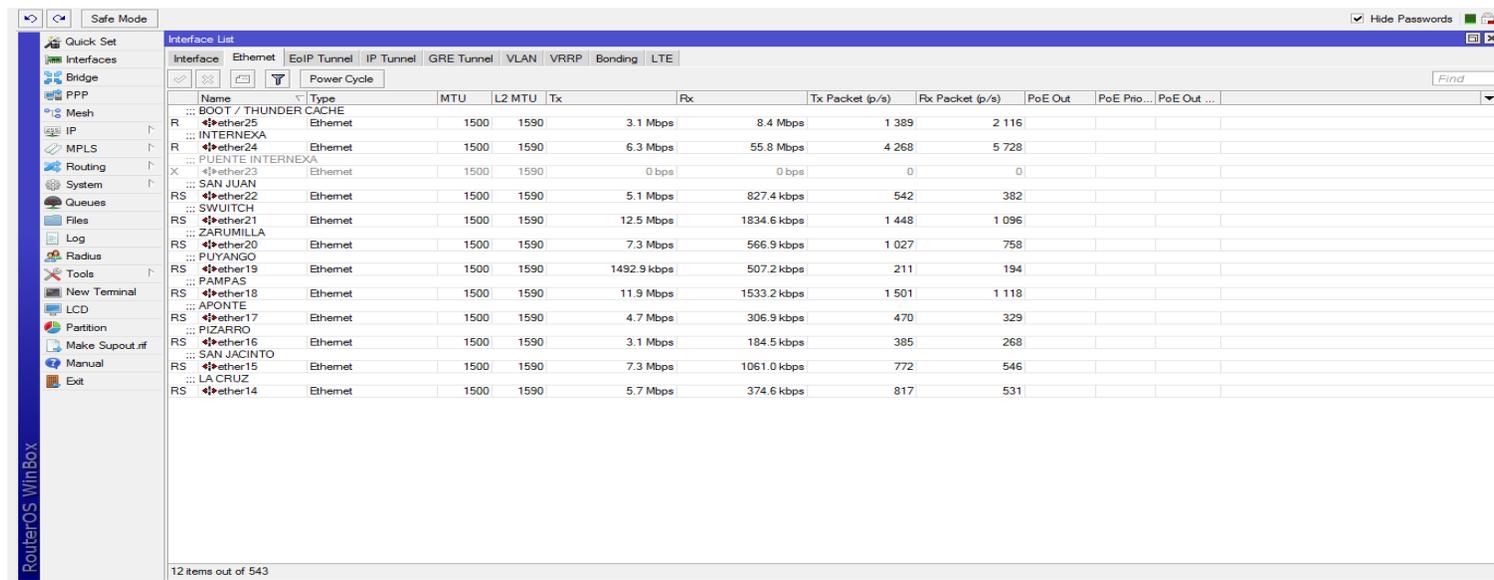
Imagen 20. Tecnología AirMax

Fuente: (Mikrotik, 2011)

Seleccionar los dispositivos según la tecnología a emplearse.

➤ **Mikrotik routerboard 1100**

El centro de este dispositivo viene con un nuevo estado del procesador PowerPC de redes de arte que coloca este dispositivo como un gran dispositivo de administración de la red. Cuenta con trece puertos individuales Gigabit Ethernet, dos grupos de 5 puertos switch, e incluye la capacidad de Ethernet baipás. El RB1100 también tiene una ranura SODIMM de memoria RAM, una ranura para tarjetas MicroSD, un zumbador y un puerto serial. El RB1100 viene en una caja de 1U para montaje en rack de aluminio, e incluye fuente de alimentación.



| Name | Type | MTU | L2 MTU | Tx | Rx | Tx Packet (p/s) | Rx Packet (p/s) | PoE Out | PoE Prio... | PoE Out ... |
|----------------------------|----------|------|--------|-------------|-------------|-----------------|-----------------|---------|-------------|-------------|
| ROOT / THUNDER CACHE | | | | | | | | | | |
| R ether25 | Ethernet | 1500 | 1590 | 3.1 Mbps | 8.4 Mbps | 1 389 | 2 116 | | | |
| R INTERNEXA ether24 | Ethernet | 1500 | 1590 | 6.3 Mbps | 55.8 Mbps | 4 268 | 5 728 | | | |
| X PUENTE INTERNEXA ether23 | Ethernet | 1500 | 1590 | 0 bps | 0 bps | 0 | 0 | | | |
| RS SAN JUAN ether22 | Ethernet | 1500 | 1590 | 5.1 Mbps | 827.4 kbps | 542 | 382 | | | |
| RS SWUITCH ether21 | Ethernet | 1500 | 1590 | 12.5 Mbps | 1834.6 kbps | 1 448 | 1 096 | | | |
| RS ZARUMILLA ether20 | Ethernet | 1500 | 1590 | 7.3 Mbps | 566.9 kbps | 1 027 | 758 | | | |
| RS PUYANGO ether19 | Ethernet | 1500 | 1590 | 1492.9 kbps | 507.2 kbps | 211 | 194 | | | |
| RS PAMPAS ether18 | Ethernet | 1500 | 1590 | 11.9 Mbps | 1533.2 kbps | 1 501 | 1 118 | | | |
| RS APONTE ether17 | Ethernet | 1500 | 1590 | 4.7 Mbps | 306.9 kbps | 470 | 329 | | | |
| RS PIZARRO ether16 | Ethernet | 1500 | 1590 | 3.1 Mbps | 184.5 kbps | 385 | 268 | | | |
| RS SAN JACINTO ether15 | Ethernet | 1500 | 1590 | 7.3 Mbps | 1061.0 kbps | 772 | 546 | | | |
| RS LA CRUZ ether14 | Ethernet | 1500 | 1590 | 5.7 Mbps | 374.6 kbps | 817 | 531 | | | |

Imagen 21. Configuración Mikrotik routerboard 1100

Fuente: (Mikrotik, 2011)

➤ **Media converter tp link**

El MC111CS es un convertidor de medios diseñado para convertir la fibra 100BASE-FX a los medios de cobre 100Base-TX o viceversa. La adopción de la tecnología WDM, MC111CS toma sólo un cable de fibra para transmitir y recibir datos, lo que permitirá ahorrar coste medio de cableado para usted. Diseñado bajo IEEE 802.3u 10 / 100Base-TX y 100Base-FX normas, la MC111CS está diseñado para su uso con cable de fibra monomodo utilizando el conector SC-Type. El MC111CS admite la especificación de onda larga (LX) láser a una tasa completa de reenvío a velocidad de cable. Funciona a 1550 nm en la transferencia de datos y en el 1310 nm en la recepción de datos. Así que el otro dispositivo final a cooperar con el MC111CS debe trabajar a 1310 nm en la transferencia de datos y a 1550 nm en la recepción de datos. Otra TP-LINK convertidor de medios MC112CS es sólo uno de los ejemplos de cooperación con MC111CS.



*Imagen 22. Equipo en comunicación.
Fuente: Elaboración Propia*

➤ **Switch poe 8 puertos ubiquiti**

Gigabit Ethernet que combina un diseño y construcción industrial con una fuente de alimentación de 150 vatios. La versión PRO de los TOUGH Switch es capaz de alimentar hasta ocho dispositivos de 24V o 48V administrables

con el software de regulación de voltaje de salida. Es la solución ideal para su uso en despliegues de estaciones AirMax base con Ubiquiti PoE.



Imagen 23 Configuración de equipo Switch poe.

Fuente: (Ubiquiti, 2010)

➤ Rocket m5 ubiquiti

Es un resistente radio, de alta potencia, MIMO 2x2 muy lineal con el funcionamiento del receptor mejorado. Cuenta con el rendimiento increíble gama (50km) y la velocidad de avance (de 150 Mbps reales IPAC / IP). El dispositivo fue diseñado específicamente para al aire libre puente punto a punto y PTMP aplicaciones Airmax estación base.



Imagen 24. Configuración de equipo Rocket

Fuente: (Ubiquiti, 2010)

➤ **Sectorial ubiquiti 5.8 120 grados**

La antena Sectorial de 19dBi 120° en 5.8GHz, es una antena ideal para punto multipunto en sector, de gran ganancia y performance alta, logra el máximo de tasa de transferencia con clientes Airmax en equipos Ubiquiti.



Imagen 25. Antena colocada en estación

Fuente: (Cable Vision Tumbes, 2015)

➤ **Airgrid m5 ubiquiti**

Diseñado para ser un dispositivo CPE muy directivo, la AirGrid ® M se realiza en un rango de hasta 50+ km. La tecnología de Ubiquiti InnerFeed™ combina a la perfección la alimentación de la radio y reflector para obtener el máximo rendimiento de RF.

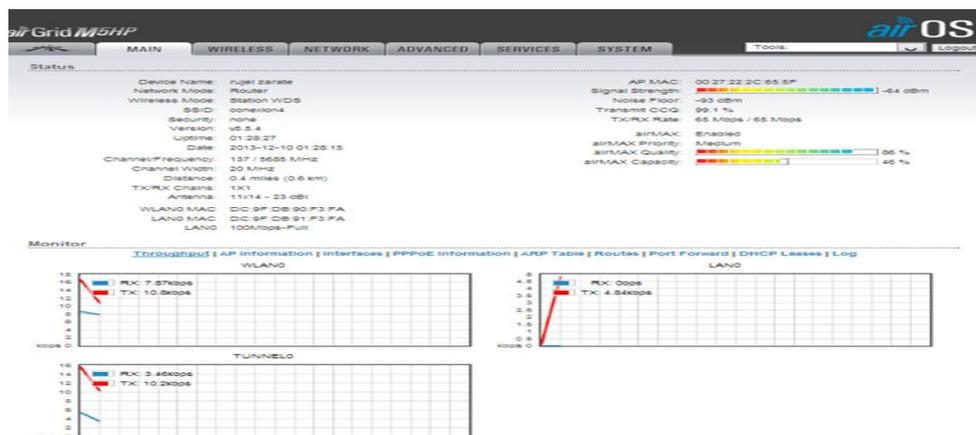


Imagen 26. Configuración de Airgrid

Fuente: (Ubiquiti, 2010)

4.4. FASE IV: TESTEO, OPTIMIZACIÓN Y DOCUMENTACIÓN DEL DISEÑO DE RED.

Testear el diseño de red.

Testeamos el diseño de teniendo en cuenta dos puntos:

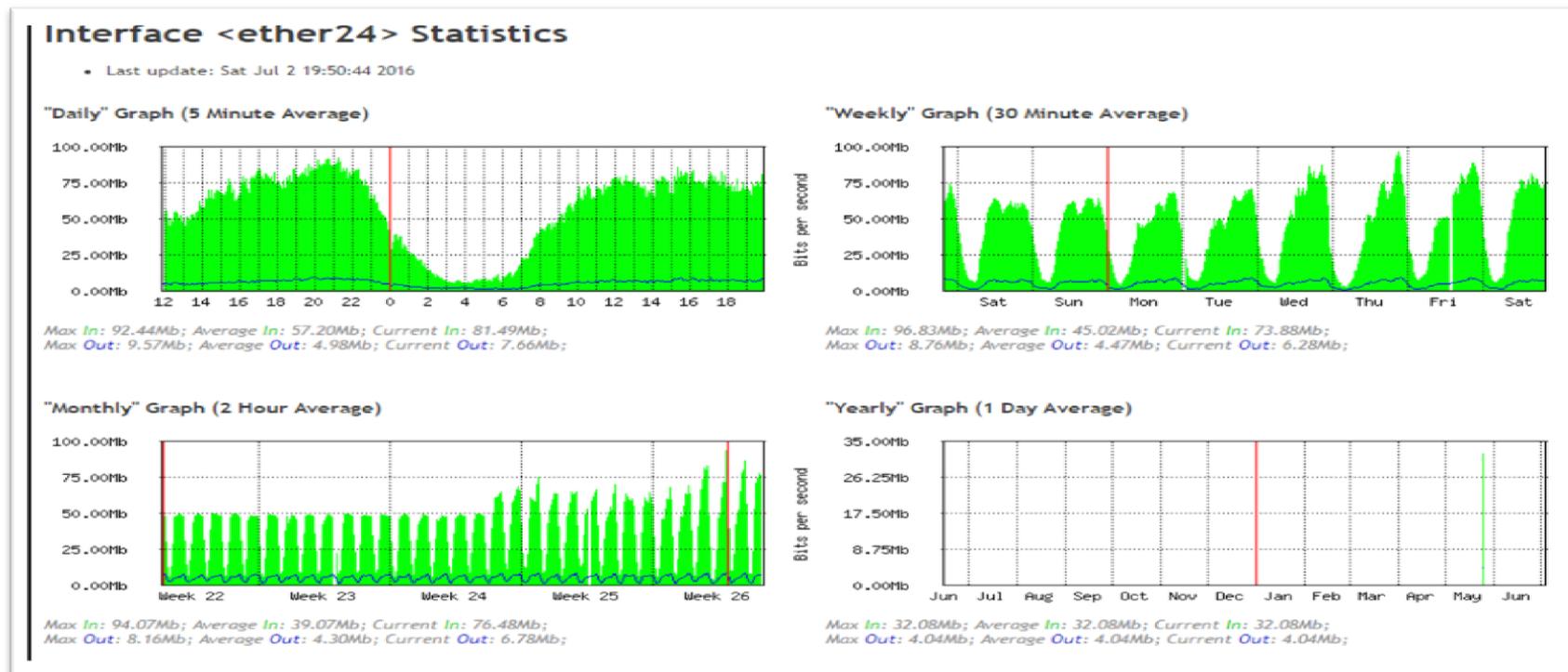


Imagen 27. Consumos registrados cada cierto tiempo

Fuente: (Cable Vision Tumbes, 2015)

Optimizar el diseño de red.

Para optimizar el diseño de la red se pretende adquirir mayor capacidad en el servidor cache con el que se cuenta para así poder reportar consultas sin necesidad de salir a internet respondiendo en una manera más rápida a las consultas realizadas.



Imagen 28. Servidor Actual
Fuente: (Cable Vision Tumbes, 2015)

CAPÍTULO 5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Tipo de diseño de investigación.

Experimental Aplicada

La investigación será desarrollada directamente en la región Tumbes, el proyecto se implementará y será puesto en marcha para la empresa Cable Visión Tumbes SAC, y toda la información será recolectada a través de encuestas, monitoreo del sistema y de los equipos para ver el desarrollo y crecimiento de la implementación de la red Inalámbrica.

5.2. Material de estudio.

5.2.1. Población.

La población objeto de estudio está conformado por el número de estaciones base (torres) que en su totalidad son 15 estaciones bases en los 12 distritos de la Región Tumbes.

Población = 15

5.2.2. Muestra.

La población en estudio cuenta con 15 estaciones base en los 12 distritos de la región Tumbes, para lo cual se tomará como muestra las 15 estaciones por ser un tamaño de población pequeña.

Muestra =15

5.3. Técnicas, procedimientos e instrumentos.

5.3.1. Para recolectar datos.

Tabla 4:

Recolectar datos

| Variable | Indicador | Descripción del Indicador | Objetivo | Técnica / Instrumento | Frecuencia | Modelo de Calculo |
|--|---|--|---|---|------------|---|
| Eficiente cobertura de internet en la región Tumbes. | Porcentaje de CCQ. | Se define como la intensidad de señal recibida. | Determinar el porcentaje de la calidad de señal en la conexión (CCQ). | Medición de tiempo/software Airmax. | Diario | $\%CCQ_{torre} = \frac{\sum_1^N CCQ_u}{N}$ <p>Donde: $\%CCQ_{torre}$ = Calidad de señal en la red CCQ_u = Calidad de señal por torre N = Número de torres</p> |
| | Porcentaje de consumo ancho de banda por torre. | Es la tasa media de transferencia de datos a través de una comunicación. | Determinar el consumo de ancho de banda. | Medición de consumo por medio de la herramienta Winbox. | Diario | $\%BW_{torre} = \frac{\sum_1^N BW_u}{N}$ <p>Donde: $\%BW_{torre}$ = % Ancho de Banda en la red BW_u = Consumo ancho de banda por torre N = Número de torres</p> |
| | Angulo de cobertura. | Es la luz de irradiación hasta donde llega la señal. | Medición de la potencia de irradiación con el instrumento Airview. | Medición de la potencia de irradiación con el instrumento Airmax. | Diario | $C_{torre} = \sum_1^N Sec_t$ <p>Donde: C_{torre} = Ángulo de cobertura de torre Sec_t = Sectorial de la torre</p> |

Fuente: Elaboración propia.

5.3.2. Para procesar datos.

Indicador 1: Porcentaje CCQ

N=30 días x Porcentaje CCQ (15).

N=450 reportes.

Aplicando la Fórmula:

$$n = \frac{(1.96)^2(0.5 \times 0.5)(450)}{(0.05)^2(450 - 1) + (1.96)^2(0.5 \times 0.5)}$$

n=207.48 == 208 muestras.

Dónde:

Indicador 2: % consumo Ancho de banda

N=30 días x Porcentaje BW (15).

N=450 reportes.

Aplicando la Fórmula:

$$n = \frac{(1.96)^2(0.5 \times 0.5)(450)}{(0.05)^2(450 - 1) + (1.96)^2(0.5 \times 0.5)}$$

n=207.48 == 208 muestras.

Indicador 3: Cobertura de vano.

En este se toma en consideración el número de antenas sectoriales por torre

Tabla 5:

Cobertura de vano.

| Estaciones Base | Número Antena |
|-----------------|---------------|
| TORRE1 | 4 |
| TORRE2 | 3 |
| TORRE3 | 4 |

| | |
|------------------|----|
| TORRE4 | 4 |
| TORRE5 | 3 |
| TORRE6 | 3 |
| TORRE7 | 3 |
| TORRE8 | 4 |
| TORRE9 | 4 |
| TORRE10 | 4 |
| TORRE11 | 3 |
| TORRE12 | 3 |
| TORRE13 | 4 |
| TORRE14 | 4 |
| TORRE15 | 3 |
| Total de antenas | 53 |

Fuente: Elaboración propia

No se puede utilizar la fórmula z por ser una población pequeña por lo tanto la muestra es igual que la población.

$$N=15$$

CAPÍTULO 6. RESULTADOS

6.1 Prueba de Hipótesis

La contrastación de Hipótesis se ha realizado de acuerdo con el método propuesto Pre Test – Post Test, para poder aceptar o rechazar la hipótesis. Así mismo, para la realización de este diseño se identificaron indicadores cuantitativos los cuales se describen a continuación:

Tabla 6:

Indicadores cuantitativos.

| Indicador | Tipo |
|---|--------------|
| Porcentaje de calidad de señal | Cuantitativo |
| Porcentaje de consumo ancho de banda por Torre. | Cuantitativo |
| Cobertura Vano de señal | Cuantitativo |

Fuente: Elaboración propia

Indicadores Cuantitativos

Indicador 1: Porcentaje de calidad de señal

Definición de variables

Pa = Porcentaje de calidad de señal actual.

Pp= Porcentaje de calidad de señal propuesto.

Hipótesis estadística

Hipótesis Ho = El porcentaje de la calidad de señal sin la implementación de las torres de internet es menor o igual al porcentaje de la calidad de la señal con la implementación de las torres.

$$H_o = P_a - P_p \leq 0$$

Hipótesis Ha = El porcentaje de la calidad de señal sin la implementación de las torres de internet es mayor al porcentaje de la calidad de la señal con la implementación de las torres.

$$H_a = P_a - P_p > 0$$

Nivel de Significancia

El margen de error, **Confiabilidad 95%**

Usando un nivel de significancia ($\alpha = 0.05$) del **5%**. Por lo tanto el nivel de confianza ($1 - \alpha = 0.95$) será del **95%**.

Estadígrafo de contraste

Tomando como población 208 reportes de las 15 torres:

Promedio

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Varianza

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}$$

Cálculo de Z

$$z_c = \frac{(x_a - x_p)}{\sqrt{\frac{\sigma_A^2}{n_A} + \frac{\sigma_P^2}{n_p}}}$$

Resultados: Para calcular el Porcentaje de CCQ de una torre se ha considerado 208 reportes.

Tabla 7:
Porcentaje de calidad de señal.

| N | PaCCQ | PpCCQ | PaCCQ - PaCCQ | PpCCQ - PpCCQ | (PaCCQ - PaCCQ) ² | (PpCCQ - PpCCQ) ² |
|-----|-------|-------|---------------|---------------|------------------------------|------------------------------|
| 1 | 85.50 | 94.69 | 1.48 | 0.17 | 2.20 | 0.03 |
| 2 | 85.00 | 94.36 | 0.98 | -0.17 | 0.97 | 0.03 |
| 3 | 84.50 | 94.76 | 0.48 | 0.23 | 0.23 | 0.05 |
| 4 | 83.50 | 94.73 | -0.52 | 0.21 | 0.27 | 0.04 |
| 5 | 85.00 | 94.49 | 0.98 | -0.03 | 0.97 | 0.00 |
| 6 | 84.50 | 94.56 | 0.48 | 0.03 | 0.23 | 0.00 |
| 7 | 83.50 | 94.96 | -0.52 | 0.43 | 0.27 | 0.19 |
| 8 | 83.50 | 94.82 | -0.52 | 0.30 | 0.27 | 0.09 |
| 9 | 83.50 | 94.73 | -0.52 | 0.21 | 0.27 | 0.04 |
| 10 | 84.50 | 94.93 | 0.48 | 0.41 | 0.23 | 0.17 |
| 11 | 84.50 | 94.82 | 0.48 | 0.30 | 0.23 | 0.09 |
| 12 | 84.50 | 94.58 | 0.48 | 0.06 | 0.23 | 0.00 |
| 13 | 84.00 | 94.73 | -0.02 | 0.21 | 0.00 | 0.04 |
| 14 | 84.50 | 94.49 | 0.48 | -0.03 | 0.23 | 0.00 |
| 15 | 84.00 | 94.71 | -0.02 | 0.19 | 0.00 | 0.04 |
| 192 | 84.50 | 94.60 | 0.48 | 0.08 | 0.23 | 0.01 |

| | | | | | | |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 193 | 84.50 | 94.00 | 0.48 | -0.52 | 0.23 | 0.27 |
| 203 | 84.50 | 94.40 | 0.48 | -0.12 | 0.23 | 0.01 |
| 204 | 83.00 | 95.07 | -1.02 | 0.54 | 1.03 | 0.30 |
| 205 | 83.50 | 94.40 | -0.52 | -0.12 | 0.27 | 0.01 |
| 206 | 84.00 | 94.87 | -0.02 | 0.34 | 0.00 | 0.12 |
| 207 | 84.50 | 93.87 | 0.48 | -0.66 | 0.23 | 0.43 |
| 208 | 83.50 | 94.60 | -0.52 | 0.08 | 0.27 | 0.01 |
| Σ | 1747 | 1966 | | | 71.19 | 16.80 |
| \bar{x} | 84.02 | 94.52 | | | 0.34 | 0.08 |

Fuente: Elaboración propia.

Promedio

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Calidad de señal actual: $17475.50/208 = 84.02$

Calidad de señal Propuesto: $19660.67/208 = 94.52$

Varianza

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}$$

Calidad de señal actual: $71.19/207 = 0.34$

Calidad de señal Propuesto: $16.80/207 = 0.08$

Cálculo de Z

$$z_c = \frac{(x_a - x_p)}{\sqrt{\frac{\sigma_A^2}{n_A} + \frac{\sigma_P^2}{n_p}}}$$

Zc = -262.5

Región Crítica

Para $\alpha = 0.05$, en la Tabla Porcentaje de calidad de señal, encontramos $Z\alpha = 1.645$. Entonces la región crítica de la prueba es $Z_c = < 1.645 >$.

Conclusión

Puesto que $Z_c = -262.5$ calculado, es menor que $Z_\alpha = 1.645$ y estando este valor dentro de la región de rechazo $< 1.645 >$, entonces se rechaza H_0 y por consiguiente se acepta H_a . Se concluye entonces que el porcentaje de calidad de señal es mayor con la Red Propuesta que con la Red Actual con un nivel de error del 5% y un nivel de confianza del 95%.

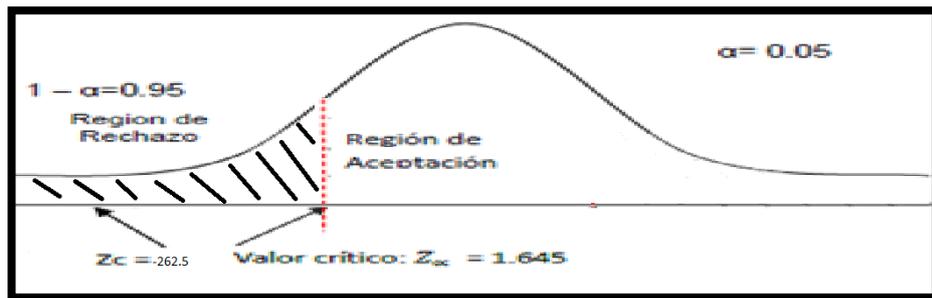


Imagen 29: Porcentaje de calidad de señal

Fuente: Elaboración propia

Indicador 2: Porcentaje de consumo ancho de banda

Definición de variables

P_{ma} = Porcentaje de consumo ancho de banda actual.

P_{mp} = Porcentaje de consumo ancho de banda propuesto.

Hipótesis estadística

Hipótesis H_0 = El porcentaje de consumo ancho de banda sin la implementación de las torres de internet es menor o igual al porcentaje de consumo ancho de banda con la implementación de las torres.

$$H_0 = P_{ma} - P_{mp} \leq 0$$

Hipótesis H_a = El porcentaje de consumo ancho de banda sin la implementación de las torres de internet es mayor al porcentaje de consumo ancho de banda con la implementación de las torres.

$$H_a = P_{ma} - P_{mp} > 0$$

Nivel de Significancia

El margen de error, Confiabilidad 95%.

Usando un nivel de significancia ($\alpha = 0.05$) del 5%. Por lo tanto, el nivel de confianza ($1 - \alpha = 0.95$) será del 95%.

Estadígrafo de contraste

Tomando como población 208 reportes de las 15 torres:

Promedio

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Varianza

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}$$

Cálculo de Z

$$z_c = \frac{(x_a - x_p)}{\sqrt{\frac{\sigma_A^2}{n_A} + \frac{\sigma_P^2}{n_p}}}$$

Resultados: Para calcular el Porcentaje de consumo ancho de banda de una torre se ha considera 208 reportes.

Tabla 8:
Porcentaje de consumo ancho de banda.

| N | Pma | Pmp | Pma - \bar{Pma} | Pmp - \bar{Pmp} | (Pma - \bar{Pma}) ² | (Pmp - \bar{Pmp}) ² |
|-----|------|------|-------------------|-------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| 1 | 3.50 | 6.13 | -0.52 | -2.32 | 0.27 | 5.37 |
| 2 | 3.50 | 8.60 | -0.52 | 0.15 | 0.27 | 0.02 |
| 3 | 4.50 | 8.87 | 0.48 | 0.42 | 0.23 | 0.17 |
| 4 | 3.50 | 8.73 | -0.52 | 0.28 | 0.27 | 0.08 |
| 5 | 4.00 | 9.00 | -0.02 | 0.55 | 0.00 | 0.30 |
| 6 | 4.00 | 8.73 | -0.02 | 0.28 | 0.00 | 0.08 |
| 7 | 4.00 | 8.07 | -0.02 | -0.38 | 0.00 | 0.15 |
| 8 | 5.00 | 8.13 | 0.98 | -0.32 | 0.97 | 0.10 |
| 9 | 4.00 | 6.93 | -0.02 | -1.52 | 0.00 | 2.30 |
| 10 | 3.00 | 8.47 | -1.02 | 0.02 | 1.03 | 0.00 |
| 11 | 5.00 | 7.53 | 0.98 | -0.92 | 0.97 | 0.84 |
| 12 | 3.50 | 9.13 | -0.52 | 0.68 | 0.27 | 0.47 |
| 195 | 5.00 | 8.07 | 0.98 | -0.38 | 0.97 | 0.15 |

| | | | | | | |
|-----------|--------|---------|-------|-------|-------|--------|
| 196 | 3.00 | 10.00 | -1.02 | 1.55 | 1.03 | 2.40 |
| 197 | 4.00 | 8.27 | -0.02 | -0.18 | 0.00 | 0.03 |
| 198 | 4.00 | 8.40 | -0.02 | -0.05 | 0.00 | 0.00 |
| 199 | 4.50 | 8.87 | 0.48 | 0.42 | 0.23 | 0.17 |
| 200 | 4.00 | 8.27 | -0.02 | -0.18 | 0.00 | 0.03 |
| 201 | 3.50 | 9.93 | -0.52 | 1.48 | 0.27 | 2.20 |
| 202 | 4.50 | 9.47 | 0.48 | 1.02 | 0.23 | 1.03 |
| 203 | 4.50 | 8.27 | 0.48 | -0.18 | 0.23 | 0.03 |
| 204 | 5.00 | 6.93 | 0.98 | -1.52 | 0.97 | 2.30 |
| 205 | 4.50 | 6.93 | 0.48 | -1.52 | 0.23 | 2.30 |
| 206 | 3.50 | 7.33 | -0.52 | -1.12 | 0.27 | 1.25 |
| 207 | 4.00 | 7.80 | -0.02 | -0.65 | 0.00 | 0.42 |
| 208 | 4.50 | 7.00 | 0.48 | -1.45 | 0.23 | 2.10 |
| Σ | 835.50 | 1757.53 | | | 65.69 | 213.90 |
| \bar{x} | 4.02 | 8.45 | | | 0.32 | 1.03 |

Fuente: Elaboración propia

Promedio

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Consumo ancho actual: $835.50/208 = 4.02$

Consumo ancho Propuesto: $1757.53/208 = 8.45$

Varianza

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}$$

Consumo ancho actual: $65.69/207 = 0.32$

Consumo ancho Propuesto: $213.90/207 = 1.03$

Cálculo Z

$$z_c = \frac{(x_a - x_p)}{\sqrt{\frac{\sigma_A^2}{n_A} + \frac{\sigma_P^2}{n_p}}}$$

Zc = -63.28

Región Crítica

Para $\alpha = 0.05$, en la Tabla porcentaje de consumo de ancho de banda, encontramos $Z_{\alpha} = 1.645$. Entonces la región crítica de la prueba es $Z_c = < 1.645 >$.

Conclusión

Puesto que $Z_c = -63.28$ calculado, es menor que $Z_{\alpha} = 1.645$ y estando este valor dentro de la región de rechazo $< 1.645 >$, entonces se rechaza H_0 y por consiguiente se acepta H_a . Se concluye entonces que el porcentaje de consumo de ancho de banda es mayor con la red propuesta que con la red actual con un nivel de error del 5% y un nivel de confianza del 95%.

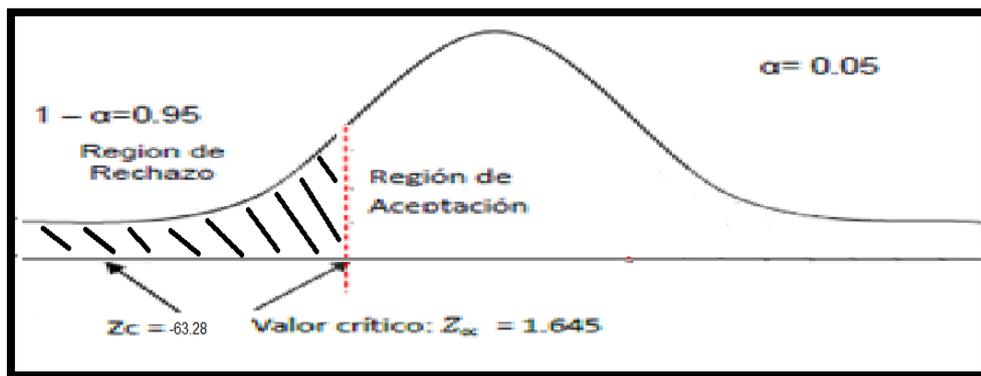


Imagen 30: Porcentaje de consumo ancho de banda

Fuente: Elaboración propia

Indicador 3: Cobertura vano de señal

Definición de variables

C_{sa} = Cobertura vano de señal actual

C_{sp} = Cobertura vano de señal propuesto

Hipótesis estadística

Hipótesis Ho = La Cobertura vano de señal sin la implementación de las torres de internet es menor o igual al porcentaje de la cobertura vano de señal con la implementación de las torres.

$$H_o = C_{sa} - C_{sp} \leq 0$$

Hipótesis Ha = La Cobertura vano de señal sin la implementación de las torres de internet es mayor a la Cobertura vano de señal con la implementación de las torres.

$$H_a = C_{sa} - C_{sp} > 0$$

Nivel de Significancia

El margen de error, **Confiabilidad 95%**

Usando un nivel de significancia ($\alpha = 0.05$) del **5%**. Por lo tanto el nivel de confianza ($1 - \alpha = 0.95$) será del **95%**.

Estadística de la Prueba

La estadística de la prueba es T de Student, que tiene una distribución t.

Región de Rechazo

Como $N = 15$ reportes generados en un mes, entonces $(N - 1) = 14$ siendo su valor crítico.

Valor Crítico: $t_{\alpha-0.05} = 1.714$

La región de Rechazo consiste en aquellos valores de t mayores que 1.714.

Tabla 9:
Cobertura vano de señal.

| n | C_{sa} antes | C_{sp} Después | Diferencia (d) | d^2 |
|---|----------------|------------------|----------------|-------|
| 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 2 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 3 | 0 | 1 | -1 | 1 |
| 4 | 0 | 1 | -1 | 1 |
| 5 | 0 | 1 | -1 | 1 |
| 6 | 0 | 1 | -1 | 1 |
| 7 | 0 | 1 | -1 | 1 |

| | | | | |
|-----------|--------------|-------------|--------------|-----------|
| 8 | 0 | 1 | -1 | 1 |
| 9 | 0 | 1 | -1 | 1 |
| 10 | 0 | 1 | -1 | 1 |
| 11 | 0 | 1 | -1 | 1 |
| 12 | 0 | 1 | -1 | 1 |
| 13 | 0 | 1 | -1 | 1 |
| 14 | 0 | 1 | -1 | 1 |
| 15 | 0 | 1 | -1 | 1 |
| Σ | 2 | 15 | -13 | 13 |
| \bar{x} | 0.133 | 1.00 | -0.87 | |

Fuente: Elaboración propia.

Calculamos el vano de cobertura con red actual y los vanos de cobertura con la red propuesta:

Vano de cobertura actual: $2/15 = 0.13$

Vano de cobertura propuesto: $15/15 = 1$

Dónde:

La media aritmética de las diferencias se obtiene de la manera siguiente:

$$\bar{D}_i = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{n} = \frac{-13}{15} = -0.87$$

Desviación Estándar:

Aplicamos la formula anterior:

$$S_D^2 = \frac{n \sum_{i=1}^n D_i^2 - [\sum_{i=1}^n D_i]^2}{n(n-1)} = \frac{(15(13) - (-13)^2)}{15(15-1)} = \frac{26}{210} = 0.12$$

Cálculo de T:

Aplicamos la formula anterior:

$$t = \frac{\bar{D}\sqrt{n}}{\sqrt{S_D}} = \frac{((0.87)(3.87))}{0.12} = \frac{3.37}{0.12} = 28.08$$

Conclusión:

Puesto que nuestro valor calculado de t es 28.08 y resulta superior al valor de la tabla en un nivel de significancia de 0.05 ($28.08 > 1.714$). Entonces la conclusión es que aceptamos la hipótesis alternativa o de investigación (H_a) y rechazamos la hipótesis nula (H_0).

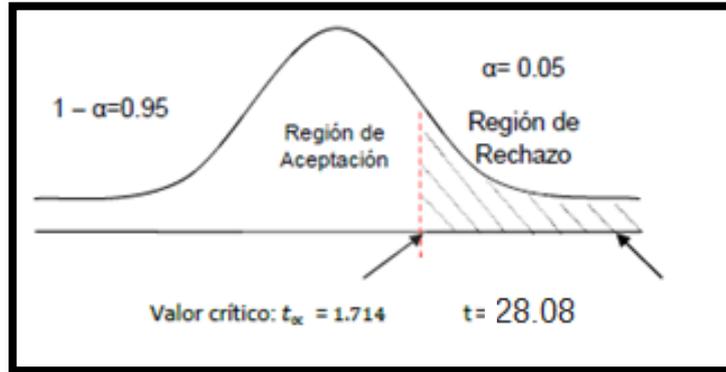


Imagen 31: Cobertura vano de señal

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 7. DISCUSIÓN

Discusión de Resultados: Indicador Porcentaje de calidad de señal:

Comparación del porcentaje de la calidad de señal Actual (**PaCCQ**) y el porcentaje de la calidad de señal Propuesto (**PpCCQ**).

Tabla 10:

Comparación de la calidad de la señal.

| PaCCQ | | PpCCQ | | Incremento | |
|---------|------|---------|---------|------------|--------|
| Calidad | % | Calidad | % | Calidad | % |
| 84.02 | 100% | 94.52 | 112.50% | 10.5 | 12.50% |

Fuente: Elaboración propia

Teniendo como referencia la tesis Análisis y diseño de técnicas de calidad de servicio en redes inalámbricas de banda ancha (Ortiz Castro, 2006) se puede decir que el indicador porcentaje de calidad de señal Actual es de 84.02 y con la red propuesta es de 112.50, significa un incremento de 10.50, lo que representa el 12.50%.

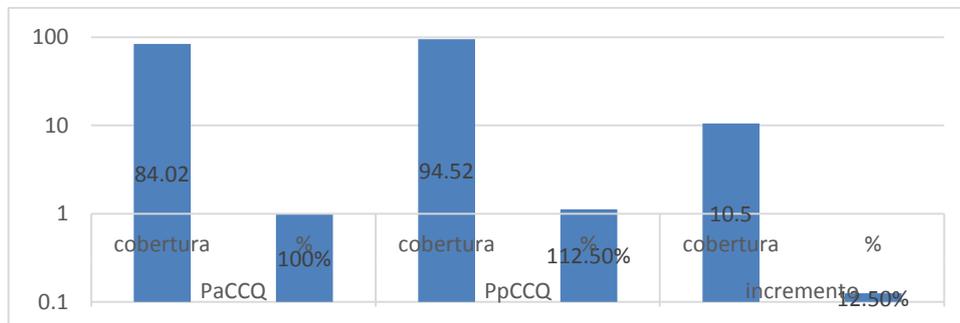


Imagen 32: Porcentaje de calidad de señal

Fuente: elaboración propia

Discusión de Resultados: Indicador Porcentaje de consumo ancho de banda:

Comparación del porcentaje de consumo ancho de banda actual (**Pma**) y el porcentaje de consumo ancho de banda propuesto (**Pmp**).

Tabla 11:

Comparación de porcentaje de consumo ancho de banda.

| Pma | | Pmp | | Incremento | |
|---------|------|---------|---------|------------|---------|
| Consumo | % | Consumo | % | consumo | % |
| 4.02 | 100% | 8.45 | 210.20% | 4.43 | 110.20% |

Fuente: Elaboración propia

Basados en la tesis de Diseño e implementación de mejoras en los procesos relacionados a la prestación de servicios (Illescaz Zaruma, 2008) podemos decir que el indicador porcentaje de consumo ancho de banda actual es de 4.02 y con el diseño de red propuesto es de 8.45 lo cual significa un incremento de 4.43, lo que representa el 110.20% de incremento.

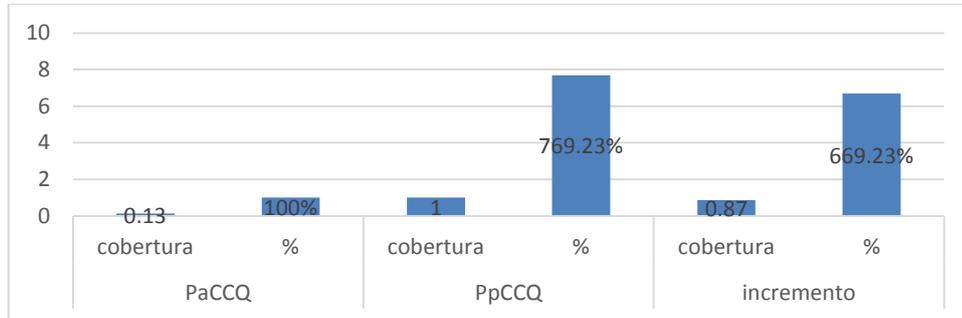


Imagen 33: Porcentaje de consumo ancho de banda
Fuente: elaboración propia

Discusión de Resultados: Indicador Cobertura Vano de señal:

Comparación de cobertura vano de señal actual (**Csa**) y cobertura vano de señal propuesto (**Csp**).

Tabla 12:

Comparación de cobertura vano de señal.

| Pma | | Pmp | | Incremento | |
|-----------|------|-----------|---------|------------|---------|
| cobertura | % | cobertura | % | cobertura | % |
| 0.13 | 100% | 1.00 | 769.23% | 0.87 | 669.23% |

Fuente: Elaboración propia

Teniendo como base la información de la tesis Análisis y diseño de técnicas de calidad de servicio en redes inalámbricas de banda ancha (Ortiz Castro, 2006) se puede decir que el indicador cobertura vano de señal actual es de 0.13 y con la red propuesto es de 1.00 que significa un incremento de 0.87, lo que representa el 669.23%.

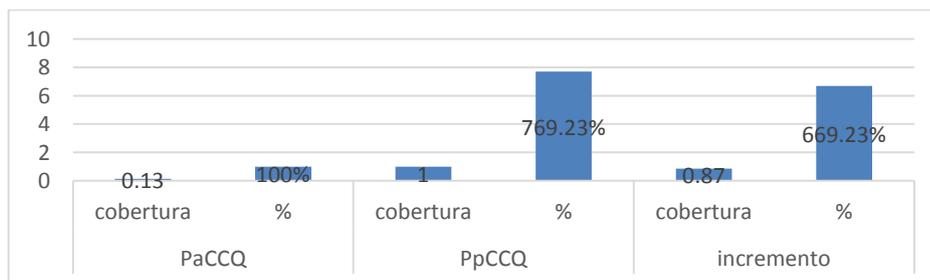


Imagen 34: Cobertura vano de señal
Fuente: elaboración propia

CAPÍTULO 8. CONCLUSIONES

1. La implementación de la red con el protocolo 802.11N permitió una eficiente cobertura de internet en la región Tumbes mejorando la calidad de servicio.
2. Se usó la metodología Top Down que cuenta con fases de desarrollo definidas, basadas en la necesidad del cliente, diseño de la red y documentación del diseño de red; encajando así a la implementación de la red en la región Tumbes.
3. Se determinó la ubicación de las 15 estaciones bases teniendo en cuenta los distritos a cubrir en la región Tumbes para así poder realizar una buena cobertura del servicio.
4. Se determinó que la cobertura de la red en la región Tumbes se mejoró por el incremento con la implantación de la red ya que se vio reflejado en el aumento de clientes.
5. Se determinó que el porcentaje de calidad de señal Actual era de 84.02 % de calidad, en comparación a la red propuesta que es de 94.52% de calidad, lo que determinó un incremento de la calidad de señal de 10.5 %; lo cual permitió un incremento satisfactorio con la red implementada.
6. Se determinó que el consumo de ancho de banda Actual era de 4.02mb, en comparación a la red propuesta que es 8.45mb, lo que determina un incremento de 4.43mb; lo cual permitió un incremento de 110.20% en el consumo de ancho de banda.

CAPÍTULO 9. RECOMENDACIONES

1. Se sugiere contratar los servicios de un servidor cache con la finalidad de mejorar la gestión de tráfico de internet para mejorar la calidad de señal y la cobertura de los equipos a utilizar en los proyectos.
2. Continuar con la investigación de las redes con protocolo 802.11N, ya que el mercado está desarrollando mejores tecnologías en los equipos con cualidades que depende del clima, distancias e interferencias para mejoras de la calidad en las redes 802.11N.
3. Es recomendable gestionar manuales y viñetas de trabajo (incubadora de conocimiento) para desarrollar proyectos futuros.

CAPÍTULO 10. REFERENCIAS

- Superintendencia de Telecomunicaciones. (2008). (S. y. Ministerio de Obras Públicas, Productor) Recuperado el 15 de Agosto de 2016, de <https://goo.gl/Wa4iph>
- Alejandro, D. R. (2009). *Estadísticas para ciencias agropecuarias*. Recuperado el 20 de Agosto de 2015, de <https://books.google.com.pe/books?id=hulRHgNpqkkC&pg=PA2&dq=poblacion+definicion&hl=es-419&sa=X&ved=0CBoQ6AEwAGoVChMIuuSPwtzKyAlVy6oeCh37vwcq#v=onepage&q=poblacion%20definicion&f=false>
- Arquitectura Celular y frecuencias*. (2015). Recuperado el 20 de Junio de 2016, de https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Reutilizacion_frecuencia.svg?uselang=es
- Cable Vision Tumbes. (2015). *Informe tecnico 2015 - Tumbes*. Tumbes: Sn.
- Castro, L. (2013). *Que es internet*. Recuperado el 06 de mayo de 2013, de <http://aprenderinternet.about.com/od/ConceptosBasico/g/Que-Es-Internet.html>
- Cisco Systems. (2006). *Academia de Networking de Cisco Systems CCNA 4: Acceso a la Wan*.
- Comunicaciones, M. d. (2015). *Listado de centro poblados con indicadores para la elaboracion de cobertura de telecomunicaciones*. Tumbes: MTC.
- Cotrina Llovera, A. R. (2012). *Red WIFI basada en la metodología TOP-DOWN de Cisco para mejorar la comunicación de datos en la Direccion Sub Regional de Comercio Exterior y Turismo - Red Pacifico Norte Chimbote*. Chimbote - Peru: UCV.
- Cyberwave. (2016). *Cyberwave*. Recuperado el 17 de Febrero de 2018, de <http://www.cyberwave.com.ar/image/2/lal-plata-y-zona.jpg>
- Dordoigne, J. (2015). *Redes informáticas: Nociones Básicas*. Obtenido de <https://goo.gl/qsPHnn>
- Ecured. (15 de Julio de 2013). *Ecured*. Recuperado el 17 de Febrero de 2018, de Ecured: <https://www.ecured.cu/Archivo:Mesh.jpg>
- Granado, L. M. (2010). *Redes Inalámbricas*. Malaga: Anaya Multimedia.
- Hernández, I. H. (2011). *Diseño de una red local inalámbrica utilizando un sistema de seguridad basado en los protocolos WPA Y 802.1X para un complejo hotelero*. Pontificia Universidad Católica del Perú, Ingeniería Electrónica. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.

- Illescaz Zaruma, T. S. (2008). *Diseño e implementación de Mejoras en los procesos relacionados a la prestación de servicios en una empresa proveedora de soluciones tecnológicas*. ESPOL. Guayaquil - Ecuador: Escuela Superior Politecnica del Litoral.
- Inegocios. (2014). *inegocios*. Recuperado el 20 de Julio de 2015, de <http://www.wevxs.com/inegocios/sitios-web/que-es-un-sitio-web/>
- Mikrotik. (2011). *community ubnt*. Recuperado el 2018 de Febrero de 17, de <https://mikrotik.com/product/RB1100AHx2#fndtn-gallery>
- Network, S. (2014). *Network Stumbler*. Recuperado el 14 de Marzo de 2016, de https://pplware.sapo.pt/wp-content/images/imagen_netstumbler.jpg
- Ordóñez Bravo, E. (2008). *Diseño de una red inalámbrica utilizando la tecnología wimax para proveer el servicio de internet de banda ancha en la ciudad de manta*. Manta - Ecuador: ESPOL.
- Ortiz Castro, J. (2006). *Análisis y Diseño de Técnicas de Calidad de Servicio en Redes Inalámbricas de Banda Ancha*. UNAM, Área Telecomunicaciones. Lima - Peru : UNAM.
- PcComponente. (2016). *Pc componentes*. Recuperado el 5 de Agosto de 2017, de <https://thumb.pccomponentes.com/w-220-220/articles/5/59129/asus-pce-n10-150mbps-11n-wireless-pci-express.jpg>
- Proxim. (2013). *Proxim*. Recuperado el 11 de mayo de 2016, de Proxim: <http://www.proxim.com/scripts/calculators/fresnelzone.jpg>
- Reigadas, F. J. (2007). *Modelado y optimización de IEEE 802.11 para su aplicación en el despliegue de redes extensas en zonas rurales aisladas de países en desarrollo*. Madrid, España: Universidad Politecnica De Madrid.
- Sallent Roig, O., & González, J. L. (2003). *Principios de comunicaciones móviles*. Barcelona, España: Ediciones UPC.
- Tp-Link. (s.f.). *Tp-Link*. Recuperado el 17 de Febrero de 2018, de https://www.tp-link.com/us/products/details/cat-43_MC210CS.html
- Ubiquiti. (2010). *ubnt*. Recuperado el 10 de enero de 2010, de <http://www.ubnt.com/support>
- Ubiquiti. (2012). *ubiquiti.ru*. (ubiquiti.ru, Productor) Recuperado el 23 de Febrero de 2018, de http://ubiquiti.ru/img/img_omg/Switch-main/22-Ubiquiti-switch-Image.jpg
- Vergara, K. (2007). *Topología de red: malla, estrella, árbol, bus y anillo*. Obtenido de Topología de red: malla, estrella, árbol, bus y anillo: <http://www.bloginformatico.com/topologia-de-red.php>

Wikipedia. (2016). *Wikipedia*. Recuperado el 20 de Marzo de 2017, de
http://www.astronwireless.com/img/aa_rad4.gif

Wimax, I. i. (2010). *Internet inalámbrica del futuro*. Recuperado el 14 de octubre de 2013, de
[informatica-hoy.com.ar:](http://www.informatica-hoy.com.ar) <http://www.informatica-hoy.com.ar/redes-inalambricas-wifi/Wimax-Internet-inalambrica-del-futuro.php>

ANEXOS

1. Punto de ubicación de la estación base.

- El punto de ubicación de la estación base está situado en la misma oficina del local de atención al público lo cual no generó gasto alguno y se encuentra en un lugar céntrico donde nos permite cubrir la mayor parte del sector La Cruz, lo que si se tuvo en cuenta es ubicar los equipos adecuadamente para lograr más cobertura.



Imagen 1. Punto de Ubicación de la estación base en Caleta La Cruz Tumbes
Fuente: Elaboración propia

2. Tiempo de ensamblado y colocación de equipos.

- Para realizar el ensamblado de la estación base tenemos que realizar un listado de todo lo que se utilizará para la implementación teniendo en cuenta equipos y personal que se requerirá para este proyecto.

Realizar el análisis y diseño de la implementación de la estación base:

- Recopilar información referente al estado actual de los equipos
- La implementación de la estación base se realizará teniendo en cuenta que todos los equipos a utilizar se comprarán nuevos por el motivo de que es una inversión nueva en el rubro de Internet y solo se aprovechará las redes tendidas con fibra óptica.

- Clasificar los equipos útiles para el proyecto.

Tabla 1:
Lista de equipos que se necesitaran para implementar la estación base

| PRODUCTO | MODELO | CANTIDAD |
|---------------------|--|----------|
| Tramos de torre | TUBO GALVANIZADO 1" por 2mm espesor (Tejida con varilla lisa de 3/8) | 7 |
| Switch poe | TS-8-PRO | 1 |
| Antena titanium | AM-V5G-Ti | 3 |
| Access point | ROCKET M5 TITANIUM | 3 |
| Templadores | | 9 |
| Grilletes | | 54 |
| Ups | DE 700 | 1 |
| Media converter | TP LINK | 4 |
| Router mikrotik | RB1100AHx2 | 1 |
| Gabinete de pared | | 1 |
| Caja de conectores | UBIQUITI | 1 |
| Royo cable flexible | | 1 |
| Royo cable utp | UBIQUITI CAT 5E FORRADO | 1 |

Fuente: Elaboración propia

Determinar las características técnicas y económicas del hardware necesario para complementar al existente en la empresa.

Tabla 2:
Productos, modelos y características.

| Producto | Modelo | Cantidad | Características | Precio Unitario | Precio |
|-----------------|--|----------|--|-----------------|---------|
| Tramos de torre | TUBO GALVANIZADO 1" por 2mm espesor (Tejida con varilla lisa de 3/8) | 7 | | 514.28 | 3600 |
| Switch poe | TS-8-PRO | 1 | Passive 24V or 48V configurable, 8 ports 10/100/1000Mbps configurable, 1 port 10/100Mbps for administration, with internal power supply | 667.57 | 667.575 |
| Antena titanium | AM-V5G-Ti | 3 | -Sectors Antenna 5GHz Airmax Base Station, Dual Polarity, Variable Beam Sector Antenna 60-120°, High Isolation, (for use with RocketM5, RM5GPS, RM5-Ti or UAP-OUTDOOR5) Includes Kit of Mount | 832.16 | 2496.50 |

| | | | | | | |
|--------------------|--------------------|----|-----|---|--------|---------|
| Access Point | ROCKET TITANIUM | M5 | 3 | Access Point 300Mbps with RF Insolation 802.11a/n 27dBm power MIMO 2x2 with 3 connectors RP-SMA: 2 for external MIMO antenna and 1 for GPS receptor, 1 port Ethernet 10/100/1000Mbps and 1 port 10/100Mbps, PoE 802.3af 48V. Includes PoE 48v 0.5A, GPS receptor and Clamp | 840.48 | 2521.44 |
| Templadores | | | 28 | | 4.50 | 126 |
| Grilletes | | | 168 | | 1.30 | 218 |
| Ups | DE 700 | | 1 | | 189 | 189 |
| Media converter | TP LINK | | 4 | | 240.3 | 961.2 |
| Router mikrotik | RB1100AHx2 | | 1 | RouterBOARD 1100AHx2 with Power PC 1066Mhz CPU (two cores), 2GB RAM, 13xGbit LAN, RouterOS L6, 1U rackmount case, PSU. | 1246.6 | 1246.67 |
| Gabinete de | Dixon | | 1 | Gabinete de pared | 342.49 | 342.49 |

| | | | | | |
|-------------------------|------------|---|--|--------|----------|
| pared | | | de 8 RU Dimensiones Físicas alto, ancho, profufinidad (40 X 60 X 51 cm) | | |
| Caja de conectores | TC-CON-100 | 1 | Packet of 100 metallicconnectors RJ45 for ToughCable, with ESD proteccion and support of DRAIN WIRE. | 180.11 | 180.117 |
| Rollo cable flexible | | 1 | | 180 | 180 |
| Rollo cable utp | TC-Pro | 1 | BOX of TOUGH CABLE, TC-PRO STP outdoor (1000 feet) CAT 5e, with DRAIN WIRE of 24AWG | 513.99 | 513.999 |
| | | | | Total | 13242.99 |

Fuente: Elaboración propia

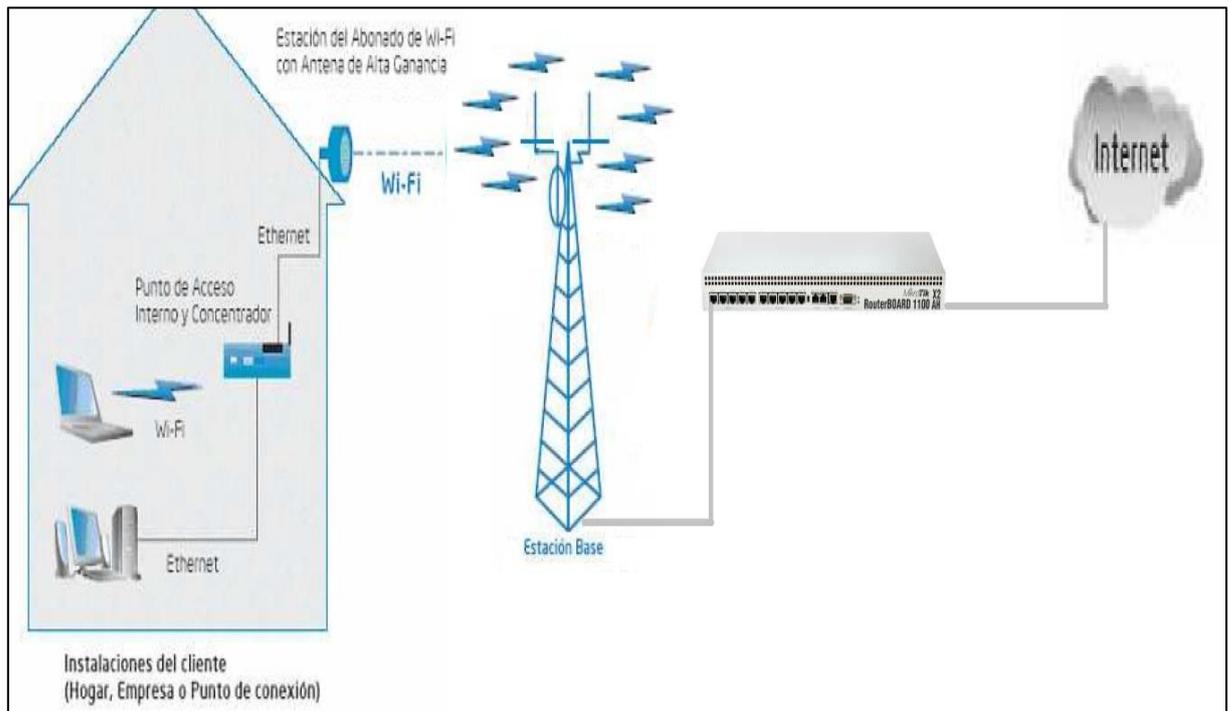


Imagen 2. Estación base.
Fuente: Elaboración propia

- Realizar la comparativa entre el estado actual y el propuesto, simulando su comportamiento para 12 meses

Para fidelizar al cliente se le hace firmar un contrato por 6 meses lo cual nos permite recuperar la inversión y garantizar la recuperación de lo invertido en un periodo corto, vendiendo una línea por 50 soles mensuales.

Tabla 3:
Cálculo de usuarios del servicio.

| Ítems | 12 Meses | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|----------|---|-----------|---------|---------|---------|---------|-----------------|--|---------|------------|---------|
| | Octubre | Noviembre | Diciembre | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Agosto | Septiembre | octubre |
| 1 | 13 | 7 | posible | Posible | posible | Posible | posible | Posible | posible | Posible | Posible | posible |
| 2 | 10 | 5 | posible | Posible | Posible | Posible | Posible | Posible | Posible | Posible | Posible | Posible |
| 3 | 7 | 5 | Posible | posible | Posible | posible | Posible | posible | Posible | posible | posible | Posible |
| 4 | 5 | 5 | posible | posible | posible | posible | posible | posible | posible | posible | posible | Posible |
| Instalados | 35 | 57 | 67 | 72 | 80 | 85 | 92 | 100 | 110 | 120 | 130 | 150 |
| Cobro mensual | 1750 | 2850 | 3350 | 3600 | 4000 | 4250 | 4600 | 5000 | 5500 | 6000 | 6500 | 7500 |
| Inversión de 19793 | 18043 | 15193 | 11843 | 8243 | 4243 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Pago de 1620 a Internexa por mes | 0 | Se pagará a internexa 9720 por un periodo de octubre a abril. | | | | | 5113 | 1733 | 0 | 1620 | 1620 | 1620 |
| | | | | | | | | | | 8147 | 13027 | 18907 |
| Ganancia | | | | | | 7 | 0 | 0 | 2147 | 6527 | 11407 | 17287 |
| | | | | | | | | Total, ganancia | 17287 | | | |
| Sueldo de un año 12000 | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | Total de ganancia anual pagando todos los gastos | | 5287 | |

Fuente: Elaboración propia

- Acondicionamiento de ambientes y mobiliario.

Primera fase de la Cabecera del área de Internet donde se colocó el Mikrotik para la administración del servicio de Internet.



Imagen 3. Router Mikrotik 1100.
Fuente: Elaboración propia

Segunda fase de implementación de cabecera donde ya se conectaron todas las sucursales de la empresa y la estación base de La Cruz.



Imagen 4. Media Converter.
Fuente: Elaboración propia

Implementación de la estación base

- Equipo de gabinete instalado



Imagen 5. Gabinete de pared instalado.
Fuente: Elaboración propia

- Torre instalada



Imagen 6. Torre instalada.
Fuente: Elaboración propia

3. Equipos colocados y testeo de la línea.

- Para asegurar la estabilidad de la línea y el buen servicio que se brindará a los clientes se necesita realizar la prueba tanto de los equipos como de la línea para poder garantizar un servicio de calidad lo cual lo realizamos manualmente y registramos todo lo observado en un periodo de dos días.
- Optimización de hardware, nuevo.
- Configuración de los 2 ROCKET M5 TITANIUM



Imagen 7. Rocket m5 ubiquiti.

Fuente: <http://community.ubnt.com/>.

Rocket Barrio1

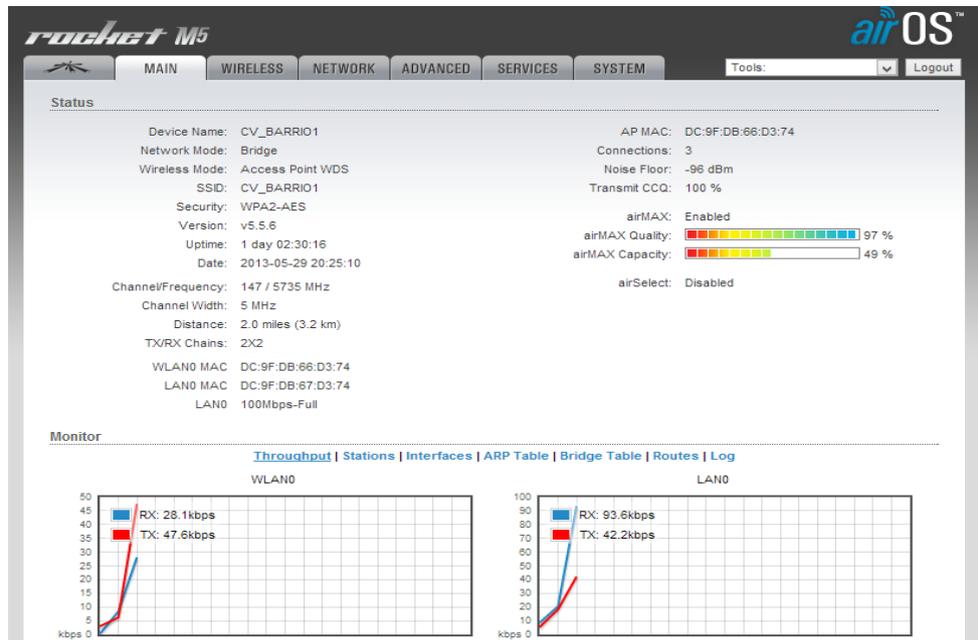


Imagen 8. Configuración rocket barrio 1.

Fuente: Elaboración propia

Rocket Barrio2



Imagen 9. Configuración rocket barrio 2.

Fuente: Elaboración propia

- Instalación, configuración y puesta a punto de hardware y software.

Se realizó la prueba en la ether11 la cual es donde recibimos nuestra línea de Internet de nuestro proveedor el cual administramos y repartimos de acuerdo a las sucursales que tenemos.

Interface <ether11> Statistics

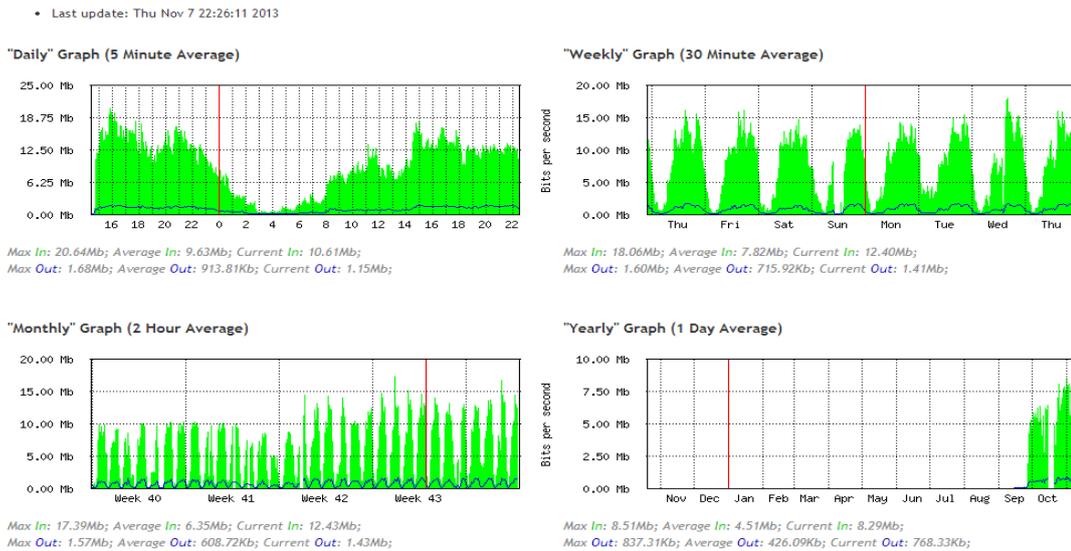


Imagen 10. Gráfica de recepción de Internet en la ether11.

Fuente: Elaboración propia.

Interface <ether1> Statistics

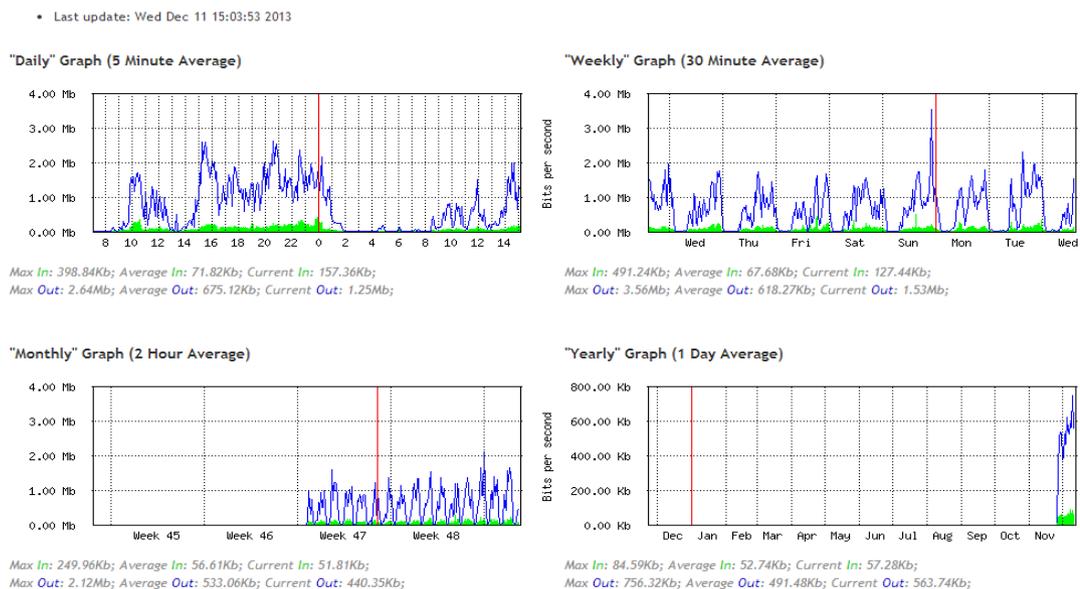
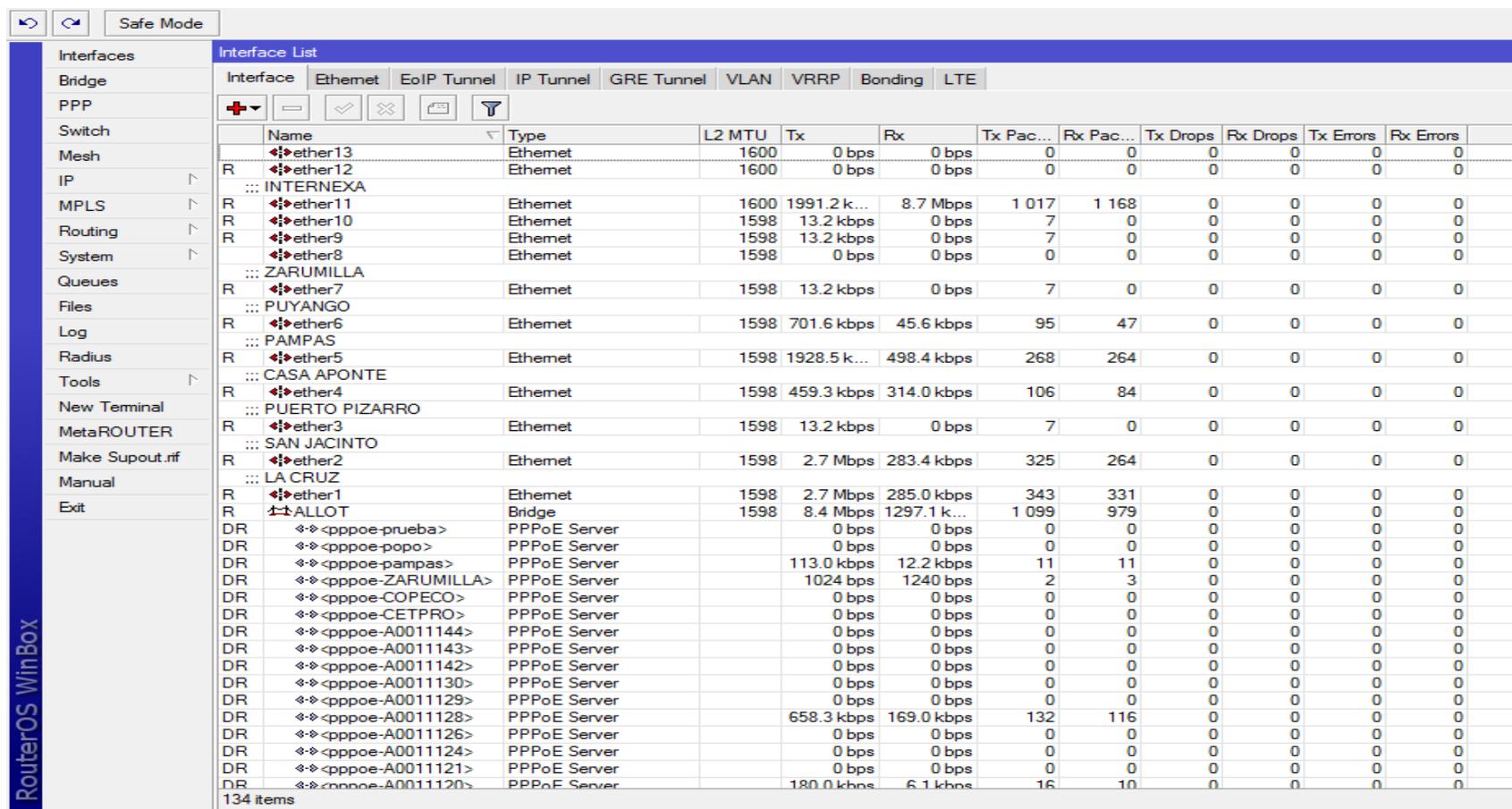


Imagen 11. Gráfica de recepción de Internet en la ether1.

Fuente: Elaboración propia.

- Simulación de tráfico de telecomunicaciones.

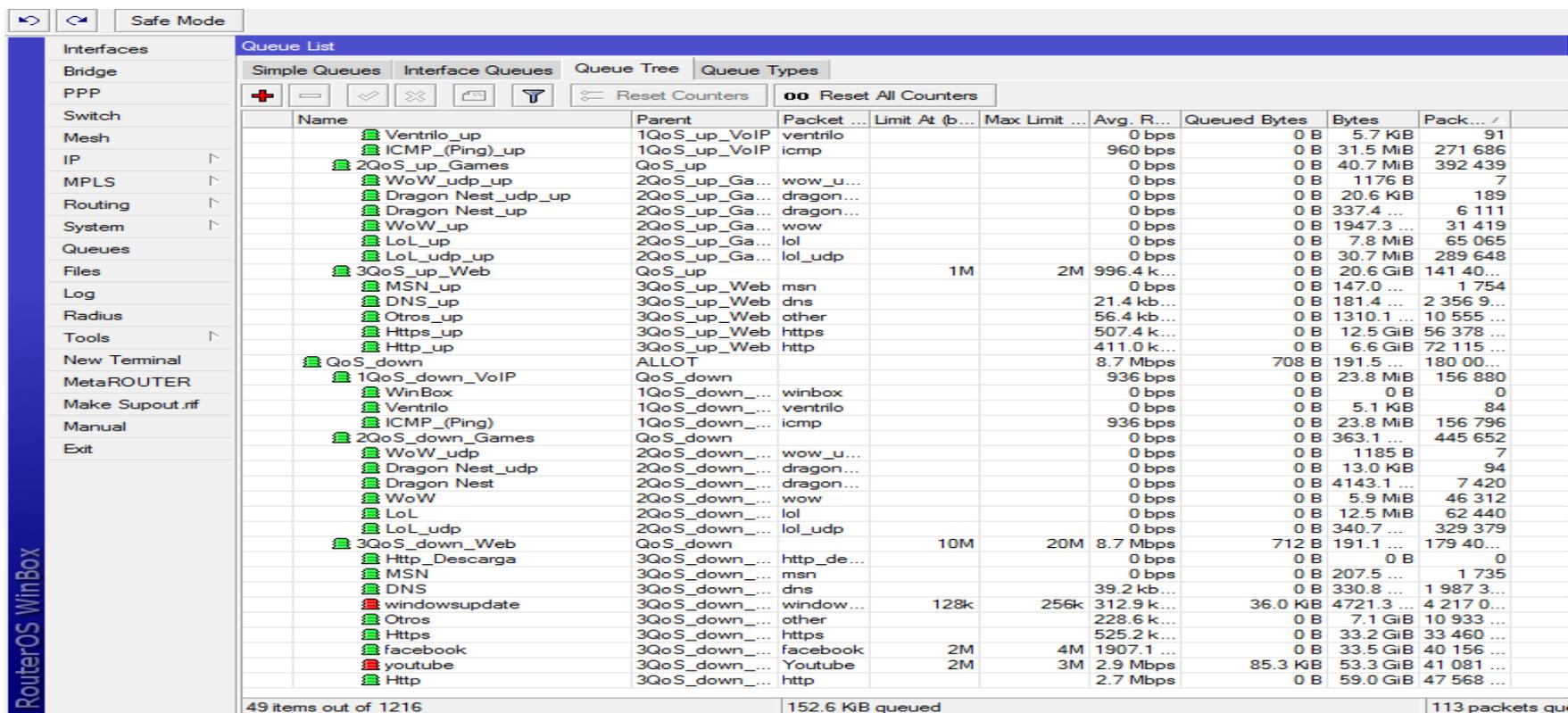


| Interface | Ethernet | EoIP Tunnel | IP Tunnel | GRE Tunnel | VLAN | VRRP | Bonding | LTE | | |
|------------------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-----------|-----------|----------|----------|-----------|-----------|
| Name | Type | L2 MTU | Tx | Rx | Tx Pac... | Rx Pac... | Tx Drops | Rx Drops | Tx Errors | Rx Errors |
| R ether13 | Ethernet | 1600 | 0 bps | 0 bps | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| R ether12 | Ethernet | 1600 | 0 bps | 0 bps | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ::: INTERNEXA | | | | | | | | | | |
| R ether11 | Ethernet | 1600 | 1991.2 k... | 8.7 Mbps | 1 017 | 1 168 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| R ether10 | Ethernet | 1598 | 13.2 kbps | 0 bps | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| R ether9 | Ethernet | 1598 | 13.2 kbps | 0 bps | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| R ether8 | Ethernet | 1598 | 0 bps | 0 bps | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ::: ZARUMILLA | | | | | | | | | | |
| R ether7 | Ethernet | 1598 | 13.2 kbps | 0 bps | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ::: PUYANGO | | | | | | | | | | |
| R ether6 | Ethernet | 1598 | 701.6 kbps | 45.6 kbps | 95 | 47 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ::: PAMPAS | | | | | | | | | | |
| R ether5 | Ethernet | 1598 | 1928.5 k... | 498.4 kbps | 268 | 264 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ::: CASA APONTE | | | | | | | | | | |
| R ether4 | Ethernet | 1598 | 459.3 kbps | 314.0 kbps | 106 | 84 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ::: PUERTO PIZARRO | | | | | | | | | | |
| R ether3 | Ethernet | 1598 | 13.2 kbps | 0 bps | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ::: SAN JACINTO | | | | | | | | | | |
| R ether2 | Ethernet | 1598 | 2.7 Mbps | 283.4 kbps | 325 | 264 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ::: LA CRUZ | | | | | | | | | | |
| R ether1 | Ethernet | 1598 | 2.7 Mbps | 285.0 kbps | 343 | 331 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| R ALLOT | Bridge | 1598 | 8.4 Mbps | 1297.1 k... | 1 099 | 979 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| DR <><pppoe-prueba> | PPPoE Server | | 0 bps | 0 bps | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| DR <><pppoe-popo> | PPPoE Server | | 0 bps | 0 bps | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| DR <><pppoe-pampas> | PPPoE Server | | 113.0 kbps | 12.2 kbps | 11 | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| DR <><pppoe-ZARUMILLA> | PPPoE Server | | 1024 bps | 1240 bps | 2 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| DR <><pppoe-COPECO> | PPPoE Server | | 0 bps | 0 bps | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| DR <><pppoe-CETPRO> | PPPoE Server | | 0 bps | 0 bps | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| DR <><pppoe-A0011144> | PPPoE Server | | 0 bps | 0 bps | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| DR <><pppoe-A0011143> | PPPoE Server | | 0 bps | 0 bps | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| DR <><pppoe-A0011142> | PPPoE Server | | 0 bps | 0 bps | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| DR <><pppoe-A0011130> | PPPoE Server | | 0 bps | 0 bps | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| DR <><pppoe-A0011129> | PPPoE Server | | 0 bps | 0 bps | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| DR <><pppoe-A0011128> | PPPoE Server | | 658.3 kbps | 169.0 kbps | 132 | 116 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| DR <><pppoe-A0011126> | PPPoE Server | | 0 bps | 0 bps | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| DR <><pppoe-A0011124> | PPPoE Server | | 0 bps | 0 bps | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| DR <><pppoe-A0011121> | PPPoE Server | | 0 bps | 0 bps | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| DR <><pppoe-A0011120> | PPPoE Server | | 180.0 kbps | 6.1 kbps | 16 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Imagen 12. Simulamos el tráfico distribuyendo nuestro ancho de banda en los usuarios de prueba.

Fuente: Elaboración propia.

- Implementación de políticas y distribución.



| Name | Parent | Packet ... | Limit At (b... | Max Limit ... | Avg. R... | Queued Bytes | Bytes | Pack... |
|--------------------|---------------|------------|----------------|---------------|------------|--------------|------------|------------|
| Ventrilo_up | 1QoS_up_VoIP | ventrilo | | | 0 bps | 0 B | 5.7 KB | 91 |
| ICMP_(Ping)_up | 1QoS_up_VoIP | icmp | | | 960 bps | 0 B | 31.5 MiB | 271 686 |
| 2QoS_up_Games | QoS_up | | | | 0 bps | 0 B | 40.7 MiB | 392 439 |
| WoW_udp_up | 2QoS_up_Ga... | wow_u... | | | 0 bps | 0 B | 1 176 B | 7 |
| Dragon Nest_udp_up | 2QoS_up_Ga... | dragon... | | | 0 bps | 0 B | 20.6 KB | 189 |
| Dragon Nest_up | 2QoS_up_Ga... | dragon... | | | 0 bps | 0 B | 337.4 ... | 6 111 |
| WoW_up | 2QoS_up_Ga... | wow | | | 0 bps | 0 B | 1947.3 ... | 31 419 |
| LoL_up | 2QoS_up_Ga... | lol | | | 0 bps | 0 B | 7.8 MiB | 65 065 |
| LoL_udp_up | 2QoS_up_Ga... | lol_udp | | | 0 bps | 0 B | 30.7 MiB | 289 648 |
| 3QoS_up_Web | QoS_up | | 1M | 2M | 996.4 k... | 0 B | 20.6 GiB | 141 40... |
| MSN_up | 3QoS_up_Web | msn | | | 0 bps | 0 B | 147.0 ... | 1 754 |
| DNS_up | 3QoS_up_Web | dns | | | 21.4 kb... | 0 B | 181.4 ... | 2 356 9... |
| Otros_up | 3QoS_up_Web | other | | | 56.4 kb... | 0 B | 1310.1 ... | 10 555 ... |
| Https_up | 3QoS_up_Web | https | | | 507.4 k... | 0 B | 12.5 GiB | 56 378 ... |
| Http_up | 3QoS_up_Web | http | | | 411.0 k... | 0 B | 6.6 GiB | 72 115 ... |
| QoS_down | ALLOT | | | | 8.7 Mbps | 708 B | 191.5 ... | 180 00... |
| 1QoS_down_VoIP | QoS_down | | | | 936 bps | 0 B | 23.8 MiB | 156 880 |
| WinBox | 1QoS_down_... | winbox | | | 0 bps | 0 B | 0 B | 0 |
| Ventrilo | 1QoS_down_... | ventrilo | | | 0 bps | 0 B | 5.1 KB | 84 |
| ICMP_(Ping) | 1QoS_down_... | icmp | | | 936 bps | 0 B | 23.8 MiB | 156 796 |
| 2QoS_down_Games | QoS_down | | | | 0 bps | 0 B | 363.1 ... | 445 652 |
| WoW_udp | 2QoS_down_... | wow_u... | | | 0 bps | 0 B | 1 185 B | 7 |
| Dragon Nest_udp | 2QoS_down_... | dragon... | | | 0 bps | 0 B | 13.0 KB | 94 |
| Dragon Nest | 2QoS_down_... | dragon... | | | 0 bps | 0 B | 4143.1 ... | 7 420 |
| WoW | 2QoS_down_... | wow | | | 0 bps | 0 B | 5.9 MiB | 46 312 |
| LoL | 2QoS_down_... | lol | | | 0 bps | 0 B | 12.5 MiB | 62 440 |
| LoL_udp | 2QoS_down_... | lol_udp | | | 0 bps | 0 B | 340.7 ... | 329 379 |
| 3QoS_down_Web | QoS_down | | 10M | 20M | 8.7 Mbps | 712 B | 191.1 ... | 179 40... |
| Http_Descarga | 3QoS_down_... | http_de... | | | 0 bps | 0 B | 0 B | 0 |
| MSN | 3QoS_down_... | msn | | | 0 bps | 0 B | 207.5 ... | 1 735 |
| DNS | 3QoS_down_... | dns | | | 39.2 kb... | 0 B | 330.8 ... | 1 987 3... |
| windowsupdate | 3QoS_down_... | window... | 128k | 256k | 312.9 k... | 36.0 KiB | 4721.3 ... | 4 217 0... |
| Otros | 3QoS_down_... | other | | | 228.6 k... | 0 B | 7.1 GiB | 10 933 ... |
| Https | 3QoS_down_... | https | | | 525.2 k... | 0 B | 33.2 GiB | 33 460 ... |
| facebook | 3QoS_down_... | facebook | 2M | 4M | 1907.1 ... | 0 B | 33.5 GiB | 40 156 ... |
| youtube | 3QoS_down_... | Youtube | 2M | 3M | 2.9 Mbps | 85.3 KiB | 53.3 GiB | 41 081 ... |
| Http | 3QoS_down_... | http | | | 2.7 Mbps | 0 B | 59.0 GiB | 47 568 ... |

49 items out of 1216 | 152.6 KB queued | 113 packets qu

Imagen 13. Implementación de políticas de navegación.

Fuente: Elaboración propia.

4. Conexiones en casa de Clientes.

- La prueba de conexiones de los clientes se realizó en las casas de las primeras personas que solicitaron el servicio dándoles a conocer que se les daría una semana de prueba para monitorear el servicio sin costo alguno, lo cual se tomó anotaciones las cuales se muestran en las imágenes.

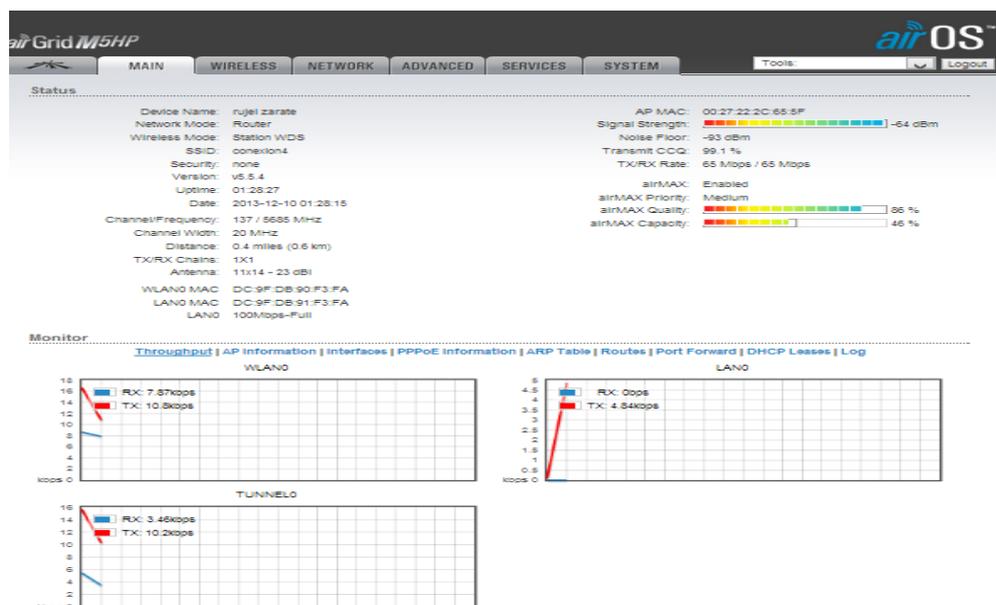
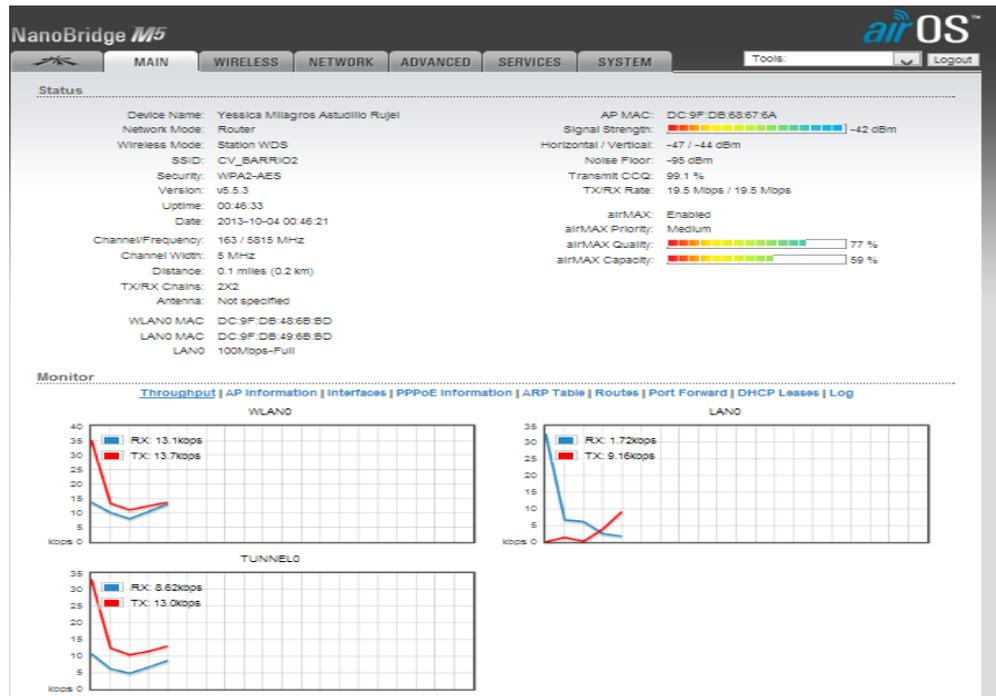


Imagen 14. Prueba de conexión.

Fuente: Elaboración propia

WebFig v5.20
Interface List

Interface

Add New ▼

178 items

| | | ▼ Name | Type | L2 MTU | Tx | Rx | Tx Packet (p/s) | Rx Packet (p/s) | Tx Drops | Rx Drops | Tx Errors | Rx Errors |
|--------------------------|---|---------|----------|--------|------------|------------|-----------------|-----------------|----------|----------|-----------|-----------|
| <input type="checkbox"/> | | ether13 | Ethernet | 1600 | 0 bps | 0 bps | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <input type="checkbox"/> | | ether12 | Ethernet | 1600 | 0 bps | 0 bps | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ;;; INTERNEXA | | | | | | | | | | | | |
| <input type="checkbox"/> | R | ether11 | Ethernet | 1600 | 646.8 kbps | 11.6 Mbps | 792 | 1 179 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <input type="checkbox"/> | R | ether10 | Ethernet | 1598 | 3.4 kbps | 0 bps | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <input type="checkbox"/> | R | ether9 | Ethernet | 1598 | 75.6 kbps | 11.2 kbps | 20 | 16 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <input type="checkbox"/> | R | ether8 | Ethernet | 1598 | 1285.5 kbp | 111.8 kbps | 135 | 90 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ;;; ZARUMILLA | | | | | | | | | | | | |
| <input type="checkbox"/> | R | ether7 | Ethernet | 1598 | 1040.9 kbp | 32.4 kbps | 91 | 57 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ;;; PUYANGO | | | | | | | | | | | | |
| <input type="checkbox"/> | R | ether6 | Ethernet | 1598 | 3.4 kbps | 0 bps | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ;;; PAMPAS | | | | | | | | | | | | |
| <input type="checkbox"/> | R | ether5 | Ethernet | 1598 | 567.0 kbps | 21.8 kbps | 63 | 36 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ;;; CASA APONTE | | | | | | | | | | | | |
| <input type="checkbox"/> | R | ether4 | Ethernet | 1598 | 2.2 Mbps | 113.8 kbps | 209 | 142 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ;;; PUERTO PIZARRO | | | | | | | | | | | | |
| <input type="checkbox"/> | R | ether3 | Ethernet | 1598 | 3.4 kbps | 0 bps | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ;;; SAN JACINTO | | | | | | | | | | | | |
| <input type="checkbox"/> | R | ether2 | Ethernet | 1598 | 4.9 Mbps | 331.8 kbps | 541 | 415 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ;;; LA CRUZ | | | | | | | | | | | | |

Imagen 15. Administración web del Router.

Fuente: Elaboración propia.

RouterOS WinBox

Safe Mode Hide Passwords

Interface List

Interface Ethemet EoIP Tunnel IP Tunnel GRE Tunnel VLAN VRRP Bonding LTE

Find

| Name | Type | MTU | L2 MTU | Tx | Rx | Tx Pac... | Rx Pac... | Tx Drops | Rx Drops | Tx Errors | Rx Errors | Master Port | Rx Ban... | Tx Ban... | Switch |
|--------------------|---------|------|--------|-------------|------------|-----------|-----------|----------|----------|-----------|-----------|-------------|-----------|-----------|--------|
| ::: SAN JACINTO | | | | | | | | | | | | | | | |
| R ether2 | Ethemet | 1500 | 1598 | 3.7 Mbps | 292.1 kbps | 404 | 297 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 none | unlimited | unlimited | 0 |
| R ether8 | Ethemet | 1500 | 1598 | 1375.9 k... | 46.1 kbps | 119 | 67 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 none | unlimited | unlimited | 1 |
| ::: ZARUMILLA | | | | | | | | | | | | | | | |
| R ether7 | Ethemet | 1500 | 1598 | 1051.7 k... | 23.7 kbps | 90 | 45 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 none | unlimited | unlimited | 1 |
| ::: CASA APONTE | | | | | | | | | | | | | | | |
| R ether4 | Ethemet | 1500 | 1598 | 1048.1 k... | 35.4 kbps | 97 | 52 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 none | 4M | 4M | 0 |
| ::: LA CRUZ | | | | | | | | | | | | | | | |
| R ether1 | Ethemet | 1500 | 1598 | 1045.0 k... | 25.4 kbps | 93 | 48 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 none | unlimited | unlimited | 0 |
| ::: INTERNEXA | | | | | | | | | | | | | | | |
| R ether11 | Ethemet | 1500 | 1600 | 374.4 kbps | 8.3 Mbps | 485 | 804 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 none | unlimited | unlimited | |
| ::: PAMPAS | | | | | | | | | | | | | | | |
| R ether5 | Ethemet | 1500 | 1598 | 226.5 kbps | 8.4 kbps | 23 | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 none | 8M | 8M | 0 |
| ::: PUERTO PIZARRO | | | | | | | | | | | | | | | |
| R ether3 | Ethemet | 1500 | 1598 | 1616 bps | 0 bps | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 none | unlimited | unlimited | 0 |
| ::: PUYANGO | | | | | | | | | | | | | | | |
| R ether6 | Ethemet | 1500 | 1598 | 1616 bps | 0 bps | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 none | 2M | 2M | 1 |
| R ether9 | Ethemet | 1500 | 1598 | 1616 bps | 0 bps | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 none | unlimited | unlimited | 1 |
| R ether10 | Ethemet | 1500 | 1598 | 1616 bps | 0 bps | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 none | unlimited | unlimited | 1 |
| R ether12 | Ethemet | 1500 | 1600 | 0 bps | 0 bps | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 none | unlimited | unlimited | |
| R ether13 | Ethemet | 1500 | 1600 | 0 bps | 0 bps | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 none | unlimited | unlimited | |

13 items out of 178

Imagen 16. Imagen de administración a través de WIMBOX.

Fuente: Elaboración propia.

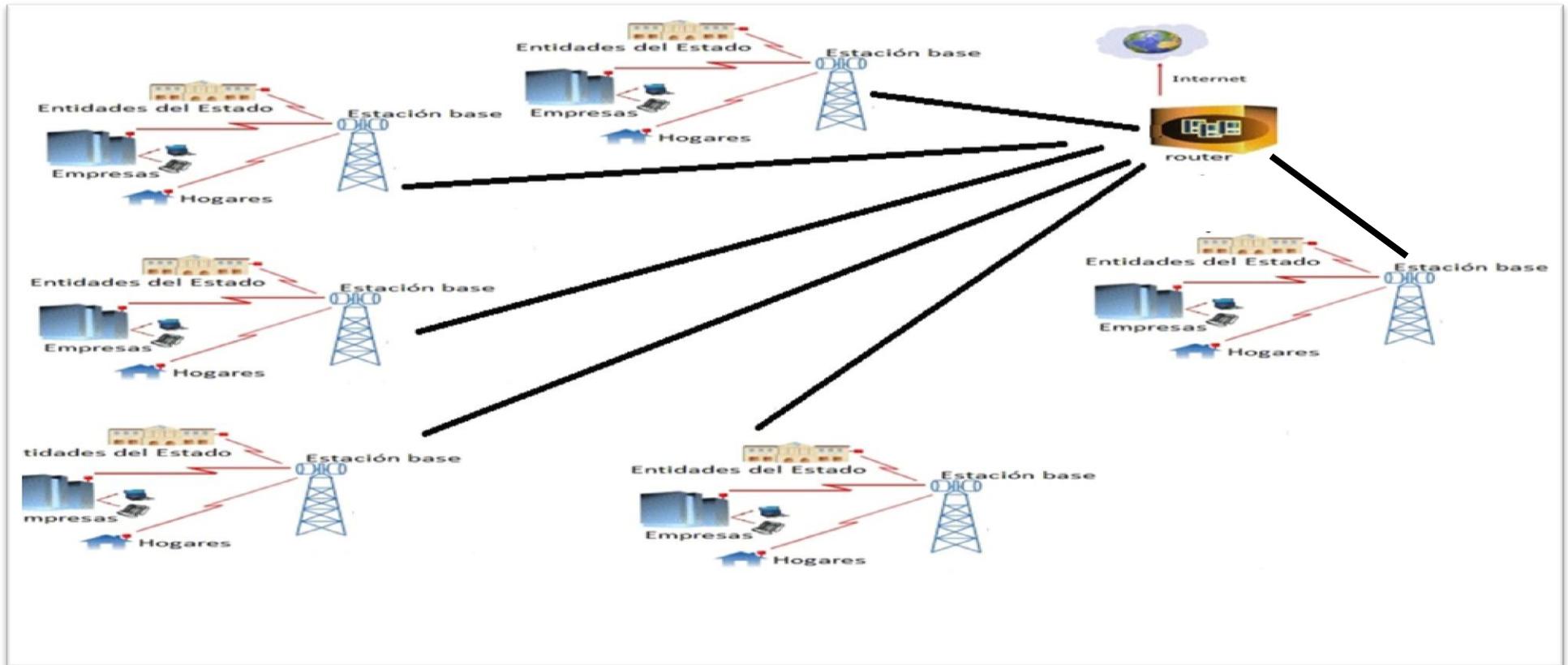


Imagen 17. Diseño Actual de la red de todas las estaciones base Implementadas.

Fuente: Elaboración propia

5. Encuesta Realizada

| EDAD | CUENTA CON INTERNET | QUE EMPRESA | CUANTO PAGA | DE CUANTOS MEGAS | ESTA SATÍSFESCHO | CUANTO PAGARIA A OTRA EMPRESA | COMPRARIA UNA ANTENA | CUANTAS CUOTAS | SE CAMBIARIA A CV |
|------|---------------------|-------------|------------------|------------------|------------------|-------------------------------|----------------------|----------------|-------------------|
| 23 | NO | Otros | 50 | 1MB | NO | 1MB MAS DE 65 SOLES | SI | 2 | SI |
| 37 | SI | Telefonica | 120 | 2MB | SI | 512KB MAS DE 35 SOLES | SI | 3 | SI |
| 27 | SI | Telefonica | 120 | | SI | 1MB MAS DE 65 SOLES | SI | 3 | SI |
| 35 | SI | Telefonica | 40 | 512KB | SI | 512KB MAS DE 35 SOLES | SI | 3 | SI |
| 30 | NO | Otros | 70 | 1MB | NO | 512KB MAS DE 35 SOLES | SI | 3 | SI |
| 27 | SI | Otros | 40 | 512KB | NO | 512KB MAS DE 35 SOLES | SI | 4 | SI |
| 20 | NO | Otros | | 1MB | NO | 512KB MAS DE 35 SOLES | SI | 4 | SI |
| 25 | NO | | | | NO | 512KB MAS DE 35 SOLES | SI | 3 | SI |
| 39 | SI | Telefonica | 69 | 1MB | NO | 1MB MAS DE 65 SOLES | NO | 2 | SI |
| 20 | NO | Claro | 0 | 512KB | NO | 1MB MAS DE 65 SOLES | NO | 3 | SI |
| 30 | SI | Telefonica | 50 | 2MB | NO | 512KB MAS DE 35 SOLES | NO | 4 | SI |
| 28 | NO | Otros | 70 | 1MB | NO | 512KB MAS DE 35 SOLES | NO | 3 | SI |
| 23 | NO | Otros | 70 | 1MB | SI | 1MB MAS DE 65 SOLES | NO | 3 | SI |
| 24 | NO | Otros | 50 | 1MB | NO | 1MB MAS DE 65 SOLES | NO | 4 | SI |
| 32 | NO | Otros | 50 | 1MB | NO | 512KB MAS DE 35 SOLES | NO | 4 | SI |
| 38 | SI | Telefonica | 75 promocion 115 | 3MB | SI | 1MB MAS DE 65 SOLES | NO | 5 | SI |
| 39 | SI | Telefonica | 160 | 2MB | SI | 2MB MAS DE 120 SOLES | NO | 5 | SI |
| 40 | SI | Telefonica | 160 | 2MB | SI | 2MB MAS DE 120 SOLES | NO | 5 | SI |
| 37 | SI | Telefonica | 160 | 2MB | SI | 2MB MAS DE 120 SOLES | NO | 5 | SI |
| 35 | SI | Telefonica | 160 | 2MB | NO | 2MB MAS DE 120 SOLES | NO | 5 | SI |
| 28 | SI | Telefonica | 160 | 2MB | SI | 2MB MAS DE 120 SOLES | NO | 5 | SI |
| 21 | SI | Telefonica | 120 | 1.5MB | NO | 1.5 MAS DE 95 SOLES | NO | 5 | SI |
| 34 | SI | Telefonica | 120 | 1.5MB | NO | 1.5 MAS DE 95 SOLES | NO | 5 | SI |
| 33 | SI | Telefonica | 160 | 2MB | NO | 2MB MAS DE 120 SOLES | NO | 5 | SI |
| 27 | SI | Telefonica | 120 | 1MB | SI | 1MB MAS DE 65 SOLES | NO | 5 | SI |
| 27 | SI | Telefonica | 160 | 2MB | NO | 2MB MAS DE 120 SOLES | NO | 5 | SI |
| 47 | SI | Telefonica | 160 | 2MB | NO | 2MB MAS DE 120 SOLES | NO | 5 | SI |
| 27 | SI | Telefonica | 120 | 1.5MB | NO | 1.5 MAS DE 95 SOLES | NO | 5 | SI |
| 27 | SI | Otros | 50 | 2MB | NO | 2MB 50 SOLES | NO | 5 | SI |
| 27 | SI | Otros | 50 | 2MB | NO | 2MB 50 SOLES | NO | 5 | SI |
| 29 | SI | Claro | 60 | 512KB | NO | 512KB MAS DE 35 SOLES | NO | 5 | SI |
| 33 | SI | Claro | 65 | 512KB | NO | 512KB MAS DE 35 SOLES | NO | 5 | SI |
| 34 | SI | Claro | 120 | 1MB | SI | 1MB MAS DE 65 SOLES | NO | 5 | SI |
| 32 | SI | Claro | 65 | 512KB | NO | 512KB MAS DE 35 SOLES | NO | 5 | SI |
| 32 | SI | Telefonica | 160 | 2MB | NO | 2MB MAS DE 120 SOLES | NO | 6 | SI |
| 28 | SI | Otros | 50 | 2MB | NO | 512KB MAS DE 35 SOLES | NO | 6 | SI |
| 30 | SI | Otros | 50 | 2MB | NO | 512KB MAS DE 35 SOLES | NO | 6 | SI |
| 30 | SI | Otros | 50 | 2MB | NO | 2MB 50 SOLES | NO | 6 | SI |
| 28 | SI | Otros | 50 | 2MB | NO | 2MB 50 SOLES | NO | 6 | SI |
| 27 | SI | Otros | 50 | 2MB | NO | 2MB 50 SOLES | NO | 6 | SI |
| 29 | SI | Otros | 50 | 1.5MB | NO | 1.5MB 50 SOLES | NO | 6 | SI |
| 24 | SI | Otros | 50 | 1MB | NO | 512KB MAS DE 35 SOLES | NO | 6 | SI |
| 28 | SI | Otros | 50 | 512KB | NO | 512KB MAS DE 35 SOLES | NO | 6 | SI |
| 28 | SI | Telefonica | 65 | 2MB | SI | 2MB 50 SOLES | NO | 7 | SI |
| 20 | SI | Telefonica | 50 | 2MB | NO | 2MB 50 SOLES | NO | 7 | SI |
| 18 | SI | Telefonica | 70 | MAS DE 3 | SI | 512KB MAS DE 35 SOLES | NO | 7 | NO |
| 36 | SI | Otros | 50 | 2MB | NO | 2MB 50 SOLES | NO | 7 | SI |
| 33 | SI | Otros | 50 | 2MB | NO | 2MB 50 SOLES | NO | 7 | SI |
| 23 | SI | Otros | 50 | 1MB | NO | 1MB 50 SOLES | NO | 7 | SI |
| 21 | SI | Otros | 50 | 2MB | NO | 2MB 50 SOLES | NO | 7 | SI |
| 34 | SI | Otros | 50 | 2MB | NO | 2MB 50 SOLES | NO | 7 | SI |
| 27 | SI | Otros | 50 | 1.5MB | NO | 1.5MB 50 SOLES | NO | 7 | SI |
| 27 | SI | Otros | 50 | 1.5MB | NO | 1.5MB 50 SOLES | NO | 7 | SI |
| 28 | SI | Otros | 50 | 2MB | NO | 2MB 50 SOLES | NO | 7 | SI |
| 33 | SI | Otros | 50 | 1.5MB | NO | 1.5MB 50 SOLES | NO | 7 | SI |
| 24 | SI | Otros | 50 | 1.5MB | NO | 1.5MB 50 SOLES | NO | 7 | SI |
| 39 | SI | Otros | 50 | 1.5MB | NO | 1.5MB 50 SOLES | NO | 7 | SI |
| 20 | SI | Otros | 50 | 1.5MB | NO | 1.5MB 50 SOLES | NO | 7 | SI |
| 47 | SI | Otros | 50 | 1.5MB | NO | 1.5MB 50 SOLES | NO | 7 | SI |
| 30 | SI | Otros | 50 | 1.5MB | NO | 1.5MB 50 SOLES | NO | 7 | SI |
| 40 | NO | Otros | 20 | 512KB | NO | 512KB MAS DE 35 SOLES | NO | 7 | SI |
| 60 | NO | Otros | | | NO | | NO | 7 | NO |
| 28 | NO | Otros | 40 | 512KB | NO | 512KB MAS DE 35 SOLES | NO | 7 | SI |
| 24 | SI | Claro | 120 | 1.5MB | NO | 2MB MAS DE 120 SOLES | NO | 7 | SI |
| 70 | NO | | | | NO | 512KB MAS DE 35 SOLES | NO | 7 | SI |

Imagen 18. Encuesta realizada servicio de internet.

Fuente: Elaboración propia

6. Registro de Calidad de Señal.

Tabla 4:
Porcentaje de calidad de señal.

| N | PaCCQ | PpCCQ | PaCCQ - PaCCQ | PpCCQ - PpCCQ | (PaCCQ - PaCCQ) ² | (PpCCQ - PpCCQ) ² |
|----|-------|-------|---------------|---------------|------------------------------|------------------------------|
| 1 | 85.50 | 94.69 | 1.48 | 0.17 | 2.20 | 0.03 |
| 2 | 85.00 | 94.36 | 0.98 | -0.17 | 0.97 | 0.03 |
| 3 | 84.50 | 94.76 | 0.48 | 0.23 | 0.23 | 0.05 |
| 4 | 83.50 | 94.73 | -0.52 | 0.21 | 0.27 | 0.04 |
| 5 | 85.00 | 94.49 | 0.98 | -0.03 | 0.97 | 0.00 |
| 6 | 84.50 | 94.56 | 0.48 | 0.03 | 0.23 | 0.00 |
| 7 | 83.50 | 94.96 | -0.52 | 0.43 | 0.27 | 0.19 |
| 8 | 83.50 | 94.82 | -0.52 | 0.30 | 0.27 | 0.09 |
| 9 | 83.50 | 94.73 | -0.52 | 0.21 | 0.27 | 0.04 |
| 10 | 84.50 | 94.93 | 0.48 | 0.41 | 0.23 | 0.17 |
| 11 | 84.50 | 94.82 | 0.48 | 0.30 | 0.23 | 0.09 |
| 12 | 84.50 | 94.58 | 0.48 | 0.06 | 0.23 | 0.00 |
| 13 | 84.00 | 94.73 | -0.02 | 0.21 | 0.00 | 0.04 |
| 14 | 84.50 | 94.49 | 0.48 | -0.03 | 0.23 | 0.00 |
| 15 | 84.00 | 94.71 | -0.02 | 0.19 | 0.00 | 0.04 |
| 16 | 83.00 | 94.58 | -1.02 | 0.06 | 1.03 | 0.00 |
| 17 | 83.50 | 94.89 | -0.52 | 0.37 | 0.27 | 0.13 |
| 18 | 84.00 | 94.67 | -0.02 | 0.14 | 0.00 | 0.02 |
| 19 | 84.50 | 94.80 | 0.48 | 0.28 | 0.23 | 0.08 |
| 20 | 84.00 | 94.40 | -0.02 | -0.12 | 0.00 | 0.01 |
| 21 | 84.50 | 94.82 | 0.48 | 0.30 | 0.23 | 0.09 |
| 22 | 83.00 | 94.42 | -1.02 | -0.10 | 1.03 | 0.01 |
| 23 | 84.50 | 94.73 | 0.48 | 0.21 | 0.23 | 0.04 |
| 24 | 84.50 | 94.82 | 0.48 | 0.30 | 0.23 | 0.09 |
| 25 | 84.00 | 94.62 | -0.02 | 0.10 | 0.00 | 0.01 |
| 26 | 84.00 | 94.93 | -0.02 | 0.41 | 0.00 | 0.17 |
| 27 | 83.50 | 94.56 | -0.52 | 0.03 | 0.27 | 0.00 |
| 28 | 83.50 | 94.80 | -0.52 | 0.28 | 0.27 | 0.08 |
| 29 | 85.00 | 94.93 | 0.98 | 0.41 | 0.97 | 0.17 |
| 30 | 84.00 | 94.71 | -0.02 | 0.19 | 0.00 | 0.04 |
| 31 | 84.50 | 94.40 | 0.48 | -0.12 | 0.23 | 0.01 |
| 32 | 83.50 | 94.93 | -0.52 | 0.41 | 0.27 | 0.17 |
| 33 | 84.00 | 95.49 | -0.02 | 0.97 | 0.00 | 0.93 |
| 34 | 85.00 | 94.89 | 0.98 | 0.37 | 0.97 | 0.13 |
| 35 | 84.00 | 94.64 | -0.02 | 0.12 | 0.00 | 0.01 |
| 36 | 84.50 | 94.31 | 0.48 | -0.21 | 0.23 | 0.04 |
| 37 | 84.00 | 94.62 | -0.02 | 0.10 | 0.00 | 0.01 |
| 38 | 84.00 | 94.49 | -0.02 | -0.03 | 0.00 | 0.00 |
| 39 | 85.00 | 94.60 | 0.98 | 0.08 | 0.97 | 0.01 |

| | | | | | | |
|----|-------|-------|-------|-------|------|------|
| 40 | 84.50 | 94.04 | 0.48 | -0.48 | 0.23 | 0.23 |
| 41 | 84.00 | 94.31 | -0.02 | -0.21 | 0.00 | 0.04 |
| 42 | 84.50 | 94.51 | 0.48 | -0.01 | 0.23 | 0.00 |
| 43 | 84.00 | 94.67 | -0.02 | 0.14 | 0.00 | 0.02 |
| 44 | 84.00 | 94.67 | -0.02 | 0.14 | 0.00 | 0.02 |
| 45 | 84.00 | 94.62 | -0.02 | 0.10 | 0.00 | 0.01 |
| 46 | 85.00 | 94.47 | 0.98 | -0.06 | 0.97 | 0.00 |
| 47 | 84.00 | 94.78 | -0.02 | 0.26 | 0.00 | 0.07 |
| 48 | 84.50 | 93.73 | 0.48 | -0.79 | 0.23 | 0.62 |
| 49 | 83.00 | 94.60 | -1.02 | 0.08 | 1.03 | 0.01 |
| 50 | 83.00 | 94.56 | -1.02 | 0.03 | 1.03 | 0.00 |
| 51 | 84.50 | 94.53 | 0.48 | 0.01 | 0.23 | 0.00 |
| 52 | 84.00 | 94.31 | -0.02 | -0.21 | 0.00 | 0.04 |
| 53 | 84.50 | 94.64 | 0.48 | 0.12 | 0.23 | 0.01 |
| 54 | 84.50 | 94.64 | 0.48 | 0.12 | 0.23 | 0.01 |
| 55 | 83.50 | 94.27 | -0.52 | -0.26 | 0.27 | 0.07 |
| 56 | 83.50 | 94.53 | -0.52 | 0.01 | 0.27 | 0.00 |
| 57 | 84.50 | 94.87 | 0.48 | 0.34 | 0.23 | 0.12 |
| 58 | 84.50 | 94.16 | 0.48 | -0.37 | 0.23 | 0.13 |
| 59 | 84.50 | 94.40 | 0.48 | -0.12 | 0.23 | 0.01 |
| 60 | 84.00 | 94.56 | -0.02 | 0.03 | 0.00 | 0.00 |
| 61 | 84.00 | 94.33 | -0.02 | -0.19 | 0.00 | 0.04 |
| 62 | 84.50 | 94.53 | 0.48 | 0.01 | 0.23 | 0.00 |
| 63 | 83.50 | 94.40 | -0.52 | -0.12 | 0.27 | 0.01 |
| 64 | 84.00 | 94.27 | -0.02 | -0.26 | 0.00 | 0.07 |
| 65 | 83.50 | 93.89 | -0.52 | -0.63 | 0.27 | 0.40 |
| 66 | 83.50 | 94.67 | -0.52 | 0.14 | 0.27 | 0.02 |
| 67 | 84.50 | 94.11 | 0.48 | -0.41 | 0.23 | 0.17 |
| 68 | 84.00 | 94.27 | -0.02 | -0.26 | 0.00 | 0.07 |
| 69 | 84.50 | 94.33 | 0.48 | -0.19 | 0.23 | 0.04 |
| 70 | 83.50 | 94.62 | -0.52 | 0.10 | 0.27 | 0.01 |
| 71 | 83.00 | 94.69 | -1.02 | 0.17 | 1.03 | 0.03 |
| 72 | 84.50 | 93.89 | 0.48 | -0.63 | 0.23 | 0.40 |
| 73 | 83.50 | 95.00 | -0.52 | 0.48 | 0.27 | 0.23 |
| 74 | 83.50 | 94.11 | -0.52 | -0.41 | 0.27 | 0.17 |
| 75 | 83.00 | 94.64 | -1.02 | 0.12 | 1.03 | 0.01 |
| 76 | 83.50 | 94.44 | -0.52 | -0.08 | 0.27 | 0.01 |
| 77 | 84.50 | 94.60 | 0.48 | 0.08 | 0.23 | 0.01 |
| 78 | 84.50 | 94.47 | 0.48 | -0.06 | 0.23 | 0.00 |
| 79 | 83.50 | 94.60 | -0.52 | 0.08 | 0.27 | 0.01 |
| 80 | 83.50 | 94.91 | -0.52 | 0.39 | 0.27 | 0.15 |
| 81 | 85.00 | 94.44 | 0.98 | -0.08 | 0.97 | 0.01 |
| 82 | 84.50 | 94.87 | 0.48 | 0.34 | 0.23 | 0.12 |

| | | | | | | |
|-----|-------|-------|-------|-------|------|------|
| 83 | 83.50 | 94.04 | -0.52 | -0.48 | 0.27 | 0.23 |
| 84 | 84.00 | 94.98 | -0.02 | 0.46 | 0.00 | 0.21 |
| 85 | 84.00 | 94.40 | -0.02 | -0.12 | 0.00 | 0.01 |
| 86 | 83.50 | 94.53 | -0.52 | 0.01 | 0.27 | 0.00 |
| 87 | 84.00 | 94.47 | -0.02 | -0.06 | 0.00 | 0.00 |
| 88 | 83.00 | 94.53 | -1.02 | 0.01 | 1.03 | 0.00 |
| 89 | 84.50 | 94.00 | 0.48 | -0.52 | 0.23 | 0.27 |
| 90 | 84.00 | 94.67 | -0.02 | 0.14 | 0.00 | 0.02 |
| 91 | 84.00 | 94.20 | -0.02 | -0.32 | 0.00 | 0.10 |
| 92 | 83.00 | 94.47 | -1.02 | -0.06 | 1.03 | 0.00 |
| 93 | 84.00 | 94.47 | -0.02 | -0.06 | 0.00 | 0.00 |
| 94 | 85.00 | 94.40 | 0.98 | -0.12 | 0.97 | 0.01 |
| 95 | 84.50 | 94.40 | 0.48 | -0.12 | 0.23 | 0.01 |
| 96 | 83.50 | 94.40 | -0.52 | -0.12 | 0.27 | 0.01 |
| 97 | 85.00 | 94.20 | 0.98 | -0.32 | 0.97 | 0.10 |
| 98 | 83.50 | 94.80 | -0.52 | 0.28 | 0.27 | 0.08 |
| 99 | 83.00 | 94.80 | -1.02 | 0.28 | 1.03 | 0.08 |
| 100 | 84.50 | 94.80 | 0.48 | 0.28 | 0.23 | 0.08 |
| 101 | 84.50 | 94.47 | 0.48 | -0.06 | 0.23 | 0.00 |
| 102 | 84.50 | 94.33 | 0.48 | -0.19 | 0.23 | 0.04 |
| 103 | 83.50 | 94.40 | -0.52 | -0.12 | 0.27 | 0.01 |
| 104 | 83.50 | 94.33 | -0.52 | -0.19 | 0.27 | 0.04 |
| 105 | 84.00 | 93.73 | -0.02 | -0.79 | 0.00 | 0.62 |
| 106 | 84.50 | 93.93 | 0.48 | -0.59 | 0.23 | 0.35 |
| 107 | 85.00 | 94.60 | 0.98 | 0.08 | 0.97 | 0.01 |
| 108 | 84.50 | 95.00 | 0.48 | 0.48 | 0.23 | 0.23 |
| 109 | 85.00 | 93.73 | 0.98 | -0.79 | 0.97 | 0.62 |
| 110 | 84.00 | 94.87 | -0.02 | 0.34 | 0.00 | 0.12 |
| 111 | 83.00 | 94.33 | -1.02 | -0.19 | 1.03 | 0.04 |
| 112 | 85.00 | 94.80 | 0.98 | 0.28 | 0.97 | 0.08 |
| 113 | 84.50 | 94.33 | 0.48 | -0.19 | 0.23 | 0.04 |
| 114 | 83.00 | 94.40 | -1.02 | -0.12 | 1.03 | 0.01 |
| 115 | 83.50 | 94.33 | -0.52 | -0.19 | 0.27 | 0.04 |
| 116 | 84.50 | 94.60 | 0.48 | 0.08 | 0.23 | 0.01 |
| 117 | 84.50 | 94.40 | 0.48 | -0.12 | 0.23 | 0.01 |
| 118 | 83.50 | 94.27 | -0.52 | -0.26 | 0.27 | 0.07 |
| 119 | 83.00 | 94.73 | -1.02 | 0.21 | 1.03 | 0.04 |
| 120 | 83.00 | 94.27 | -1.02 | -0.26 | 1.03 | 0.07 |
| 121 | 83.50 | 94.53 | -0.52 | 0.01 | 0.27 | 0.00 |
| 122 | 84.50 | 94.27 | 0.48 | -0.26 | 0.23 | 0.07 |
| 123 | 83.50 | 94.93 | -0.52 | 0.41 | 0.27 | 0.17 |
| 124 | 84.50 | 94.73 | 0.48 | 0.21 | 0.23 | 0.04 |
| 125 | 83.50 | 94.93 | -0.52 | 0.41 | 0.27 | 0.17 |

| | | | | | | |
|-----|-------|-------|-------|-------|------|------|
| 126 | 84.00 | 94.87 | -0.02 | 0.34 | 0.00 | 0.12 |
| 127 | 84.50 | 94.67 | 0.48 | 0.14 | 0.23 | 0.02 |
| 128 | 84.00 | 94.53 | -0.02 | 0.01 | 0.00 | 0.00 |
| 129 | 84.00 | 94.07 | -0.02 | -0.46 | 0.00 | 0.21 |
| 130 | 83.00 | 94.67 | -1.02 | 0.14 | 1.03 | 0.02 |
| 131 | 84.50 | 94.67 | 0.48 | 0.14 | 0.23 | 0.02 |
| 132 | 84.00 | 94.40 | -0.02 | -0.12 | 0.00 | 0.01 |
| 133 | 84.00 | 94.13 | -0.02 | -0.39 | 0.00 | 0.15 |
| 134 | 84.00 | 94.87 | -0.02 | 0.34 | 0.00 | 0.12 |
| 135 | 85.00 | 94.33 | 0.98 | -0.19 | 0.97 | 0.04 |
| 136 | 84.00 | 94.33 | -0.02 | -0.19 | 0.00 | 0.04 |
| 137 | 85.00 | 94.40 | 0.98 | -0.12 | 0.97 | 0.01 |
| 138 | 83.50 | 94.60 | -0.52 | 0.08 | 0.27 | 0.01 |
| 139 | 84.50 | 94.53 | 0.48 | 0.01 | 0.23 | 0.00 |
| 140 | 84.00 | 94.60 | -0.02 | 0.08 | 0.00 | 0.01 |
| 141 | 84.00 | 94.80 | -0.02 | 0.28 | 0.00 | 0.08 |
| 142 | 83.00 | 94.33 | -1.02 | -0.19 | 1.03 | 0.04 |
| 143 | 83.00 | 94.40 | -1.02 | -0.12 | 1.03 | 0.01 |
| 144 | 84.00 | 94.73 | -0.02 | 0.21 | 0.00 | 0.04 |
| 145 | 83.50 | 94.53 | -0.52 | 0.01 | 0.27 | 0.00 |
| 146 | 83.50 | 94.40 | -0.52 | -0.12 | 0.27 | 0.01 |
| 147 | 84.00 | 94.40 | -0.02 | -0.12 | 0.00 | 0.01 |
| 148 | 83.50 | 94.33 | -0.52 | -0.19 | 0.27 | 0.04 |
| 149 | 84.00 | 94.27 | -0.02 | -0.26 | 0.00 | 0.07 |
| 150 | 84.00 | 94.27 | -0.02 | -0.26 | 0.00 | 0.07 |
| 151 | 83.50 | 94.40 | -0.52 | -0.12 | 0.27 | 0.01 |
| 152 | 84.50 | 94.47 | 0.48 | -0.06 | 0.23 | 0.00 |
| 153 | 84.00 | 94.40 | -0.02 | -0.12 | 0.00 | 0.01 |
| 154 | 83.50 | 94.80 | -0.52 | 0.28 | 0.27 | 0.08 |
| 155 | 84.00 | 94.53 | -0.02 | 0.01 | 0.00 | 0.00 |
| 156 | 83.50 | 95.00 | -0.52 | 0.48 | 0.27 | 0.23 |
| 157 | 84.00 | 94.27 | -0.02 | -0.26 | 0.00 | 0.07 |
| 158 | 84.00 | 94.73 | -0.02 | 0.21 | 0.00 | 0.04 |
| 159 | 83.00 | 94.67 | -1.02 | 0.14 | 1.03 | 0.02 |
| 160 | 85.00 | 94.60 | 0.98 | 0.08 | 0.97 | 0.01 |
| 161 | 83.50 | 94.20 | -0.52 | -0.32 | 0.27 | 0.10 |
| 162 | 84.50 | 94.40 | 0.48 | -0.12 | 0.23 | 0.01 |
| 163 | 83.50 | 94.07 | -0.52 | -0.46 | 0.27 | 0.21 |
| 164 | 84.50 | 94.40 | 0.48 | -0.12 | 0.23 | 0.01 |
| 165 | 84.50 | 94.27 | 0.48 | -0.26 | 0.23 | 0.07 |
| 166 | 83.50 | 94.60 | -0.52 | 0.08 | 0.27 | 0.01 |
| 167 | 85.00 | 94.27 | 0.98 | -0.26 | 0.97 | 0.07 |
| 168 | 83.50 | 94.40 | -0.52 | -0.12 | 0.27 | 0.01 |

| | | | | | | |
|-----------|----------|----------|-------|-------|-------|-------|
| 169 | 83.50 | 94.67 | -0.52 | 0.14 | 0.27 | 0.02 |
| 170 | 84.00 | 94.53 | -0.02 | 0.01 | 0.00 | 0.00 |
| 171 | 84.00 | 94.87 | -0.02 | 0.34 | 0.00 | 0.12 |
| 172 | 84.50 | 94.67 | 0.48 | 0.14 | 0.23 | 0.02 |
| 173 | 83.00 | 94.67 | -1.02 | 0.14 | 1.03 | 0.02 |
| 174 | 84.50 | 94.33 | 0.48 | -0.19 | 0.23 | 0.04 |
| 175 | 84.50 | 94.80 | 0.48 | 0.28 | 0.23 | 0.08 |
| 176 | 84.00 | 93.87 | -0.02 | -0.66 | 0.00 | 0.43 |
| 177 | 83.50 | 94.27 | -0.52 | -0.26 | 0.27 | 0.07 |
| 178 | 84.00 | 94.73 | -0.02 | 0.21 | 0.00 | 0.04 |
| 179 | 83.00 | 94.40 | -1.02 | -0.12 | 1.03 | 0.01 |
| 180 | 84.00 | 94.93 | -0.02 | 0.41 | 0.00 | 0.17 |
| 181 | 84.00 | 94.67 | -0.02 | 0.14 | 0.00 | 0.02 |
| 182 | 84.00 | 94.33 | -0.02 | -0.19 | 0.00 | 0.04 |
| 183 | 84.00 | 94.47 | -0.02 | -0.06 | 0.00 | 0.00 |
| 184 | 84.00 | 94.27 | -0.02 | -0.26 | 0.00 | 0.07 |
| 185 | 83.00 | 95.00 | -1.02 | 0.48 | 1.03 | 0.23 |
| 186 | 83.00 | 94.53 | -1.02 | 0.01 | 1.03 | 0.00 |
| 187 | 84.50 | 94.60 | 0.48 | 0.08 | 0.23 | 0.01 |
| 188 | 85.00 | 94.20 | 0.98 | -0.32 | 0.97 | 0.10 |
| 189 | 83.00 | 94.20 | -1.02 | -0.32 | 1.03 | 0.10 |
| 190 | 85.00 | 94.20 | 0.98 | -0.32 | 0.97 | 0.10 |
| 191 | 83.50 | 94.33 | -0.52 | -0.19 | 0.27 | 0.04 |
| 192 | 84.50 | 94.60 | 0.48 | 0.08 | 0.23 | 0.01 |
| 193 | 84.50 | 94.00 | 0.48 | -0.52 | 0.23 | 0.27 |
| 194 | 84.00 | 94.53 | -0.02 | 0.01 | 0.00 | 0.00 |
| 195 | 84.50 | 94.33 | 0.48 | -0.19 | 0.23 | 0.04 |
| 196 | 83.50 | 94.20 | -0.52 | -0.32 | 0.27 | 0.10 |
| 197 | 85.00 | 95.20 | 0.98 | 0.68 | 0.97 | 0.46 |
| 198 | 84.00 | 94.27 | -0.02 | -0.26 | 0.00 | 0.07 |
| 199 | 84.00 | 95.07 | -0.02 | 0.54 | 0.00 | 0.30 |
| 200 | 84.00 | 94.40 | -0.02 | -0.12 | 0.00 | 0.01 |
| 201 | 84.50 | 94.53 | 0.48 | 0.01 | 0.23 | 0.00 |
| 202 | 85.00 | 95.00 | 0.98 | 0.48 | 0.97 | 0.23 |
| 203 | 84.50 | 94.40 | 0.48 | -0.12 | 0.23 | 0.01 |
| 204 | 83.00 | 95.07 | -1.02 | 0.54 | 1.03 | 0.30 |
| 205 | 83.50 | 94.40 | -0.52 | -0.12 | 0.27 | 0.01 |
| 206 | 84.00 | 94.87 | -0.02 | 0.34 | 0.00 | 0.12 |
| 207 | 84.50 | 93.87 | 0.48 | -0.66 | 0.23 | 0.43 |
| 208 | 83.50 | 94.60 | -0.52 | 0.08 | 0.27 | 0.01 |
| Σ | 17475.50 | 19660.67 | | | 71.19 | 16.80 |
| \bar{x} | 84.02 | 94.52 | | | 0.34 | 0.08 |

7. Registro consumo ancho de banda.

Tabla 5:
Porcentaje de consumo ancho de banda.

| n | Pma | Pmp | $\overline{Pma} - Pma$ | $\overline{Pmp} - Pmp$ | $(Pma - \overline{Pma})^2$ | $(Pmp - \overline{Pmp})^2$ |
|----|------|------|------------------------|------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 1 | 3.50 | 6.13 | -0.52 | -2.32 | 0.27 | 5.37 |
| 2 | 3.50 | 8.60 | -0.52 | 0.15 | 0.27 | 0.02 |
| 3 | 4.50 | 8.87 | 0.48 | 0.42 | 0.23 | 0.17 |
| 4 | 3.50 | 8.73 | -0.52 | 0.28 | 0.27 | 0.08 |
| 5 | 4.00 | 9.00 | -0.02 | 0.55 | 0.00 | 0.30 |
| 6 | 4.00 | 8.73 | -0.02 | 0.28 | 0.00 | 0.08 |
| 7 | 4.00 | 8.07 | -0.02 | -0.38 | 0.00 | 0.15 |
| 8 | 5.00 | 8.13 | 0.98 | -0.32 | 0.97 | 0.10 |
| 9 | 4.00 | 6.93 | -0.02 | -1.52 | 0.00 | 2.30 |
| 10 | 3.00 | 8.47 | -1.02 | 0.02 | 1.03 | 0.00 |
| 11 | 5.00 | 7.53 | 0.98 | -0.92 | 0.97 | 0.84 |
| 12 | 3.50 | 9.13 | -0.52 | 0.68 | 0.27 | 0.47 |
| 13 | 3.50 | 7.27 | -0.52 | -1.18 | 0.27 | 1.40 |
| 14 | 5.00 | 8.00 | 0.98 | -0.45 | 0.97 | 0.20 |
| 15 | 3.50 | 7.60 | -0.52 | -0.85 | 0.27 | 0.72 |
| 16 | 5.00 | 9.87 | 0.98 | 1.42 | 0.97 | 2.01 |
| 17 | 3.50 | 8.00 | -0.52 | -0.45 | 0.27 | 0.20 |
| 18 | 3.50 | 7.60 | -0.52 | -0.85 | 0.27 | 0.72 |
| 19 | 3.50 | 7.67 | -0.52 | -0.78 | 0.27 | 0.61 |
| 20 | 3.50 | 8.40 | -0.52 | -0.05 | 0.27 | 0.00 |
| 21 | 4.00 | 8.40 | -0.02 | -0.05 | 0.00 | 0.00 |
| 22 | 4.50 | 8.07 | 0.48 | -0.38 | 0.23 | 0.15 |
| 23 | 3.00 | 7.80 | -1.02 | -0.65 | 1.03 | 0.42 |
| 24 | 3.50 | 7.13 | -0.52 | -1.32 | 0.27 | 1.73 |
| 25 | 3.00 | 6.33 | -1.02 | -2.12 | 1.03 | 4.48 |
| 26 | 4.00 | 8.40 | -0.02 | -0.05 | 0.00 | 0.00 |
| 27 | 4.00 | 6.80 | -0.02 | -1.65 | 0.00 | 2.72 |
| 28 | 4.00 | 9.00 | -0.02 | 0.55 | 0.00 | 0.30 |
| 29 | 4.00 | 9.80 | -0.02 | 1.35 | 0.00 | 1.82 |
| 30 | 3.50 | 8.27 | -0.52 | -0.18 | 0.27 | 0.03 |
| 31 | 3.50 | 8.47 | -0.52 | 0.02 | 0.27 | 0.00 |
| 32 | 3.50 | 9.47 | -0.52 | 1.02 | 0.27 | 1.03 |
| 33 | 4.00 | 8.40 | -0.02 | -0.05 | 0.00 | 0.00 |
| 34 | 4.50 | 6.73 | 0.48 | -1.72 | 0.23 | 2.95 |
| 35 | 4.50 | 7.93 | 0.48 | -0.52 | 0.23 | 0.27 |
| 36 | 4.50 | 8.87 | 0.48 | 0.42 | 0.23 | 0.17 |
| 37 | 4.50 | 8.80 | 0.48 | 0.35 | 0.23 | 0.12 |
| 38 | 3.50 | 8.87 | -0.52 | 0.42 | 0.27 | 0.17 |
| 39 | 4.00 | 9.47 | -0.02 | 1.02 | 0.00 | 1.03 |

| | | | | | | |
|----|------|-------|-------|-------|------|------|
| 40 | 3.50 | 7.07 | -0.52 | -1.38 | 0.27 | 1.91 |
| 41 | 4.00 | 7.27 | -0.02 | -1.18 | 0.00 | 1.40 |
| 42 | 4.00 | 8.93 | -0.02 | 0.48 | 0.00 | 0.23 |
| 43 | 3.50 | 8.13 | -0.52 | -0.32 | 0.27 | 0.10 |
| 44 | 3.00 | 8.07 | -1.02 | -0.38 | 1.03 | 0.15 |
| 45 | 4.50 | 7.93 | 0.48 | -0.52 | 0.23 | 0.27 |
| 46 | 4.00 | 9.67 | -0.02 | 1.22 | 0.00 | 1.48 |
| 47 | 4.50 | 9.27 | 0.48 | 0.82 | 0.23 | 0.67 |
| 48 | 4.00 | 9.00 | -0.02 | 0.55 | 0.00 | 0.30 |
| 49 | 4.00 | 8.73 | -0.02 | 0.28 | 0.00 | 0.08 |
| 50 | 5.00 | 7.47 | 0.98 | -0.98 | 0.97 | 0.97 |
| 51 | 4.00 | 7.93 | -0.02 | -0.52 | 0.00 | 0.27 |
| 52 | 4.50 | 8.13 | 0.48 | -0.32 | 0.23 | 0.10 |
| 53 | 5.00 | 8.07 | 0.98 | -0.38 | 0.97 | 0.15 |
| 54 | 4.00 | 8.87 | -0.02 | 0.42 | 0.00 | 0.17 |
| 55 | 4.00 | 6.40 | -0.02 | -2.05 | 0.00 | 4.20 |
| 56 | 5.00 | 9.87 | 0.98 | 1.42 | 0.97 | 2.01 |
| 57 | 3.50 | 7.20 | -0.52 | -1.25 | 0.27 | 1.56 |
| 58 | 3.50 | 8.67 | -0.52 | 0.22 | 0.27 | 0.05 |
| 59 | 4.00 | 9.87 | -0.02 | 1.42 | 0.00 | 2.01 |
| 60 | 3.50 | 11.40 | -0.52 | 2.95 | 0.27 | 8.70 |
| 61 | 3.00 | 11.07 | -1.02 | 2.62 | 1.03 | 6.85 |
| 62 | 3.50 | 11.20 | -0.52 | 2.75 | 0.27 | 7.56 |
| 63 | 3.00 | 7.67 | -1.02 | -0.78 | 1.03 | 0.61 |
| 64 | 4.00 | 8.87 | -0.02 | 0.42 | 0.00 | 0.17 |
| 65 | 3.50 | 7.47 | -0.52 | -0.98 | 0.27 | 0.97 |
| 66 | 4.00 | 9.40 | -0.02 | 0.95 | 0.00 | 0.90 |
| 67 | 4.50 | 7.47 | 0.48 | -0.98 | 0.23 | 0.97 |
| 68 | 4.50 | 7.20 | 0.48 | -1.25 | 0.23 | 1.56 |
| 69 | 4.00 | 8.40 | -0.02 | -0.05 | 0.00 | 0.00 |
| 70 | 3.50 | 9.07 | -0.52 | 0.62 | 0.27 | 0.38 |
| 71 | 4.00 | 8.93 | -0.02 | 0.48 | 0.00 | 0.23 |
| 72 | 3.00 | 7.40 | -1.02 | -1.05 | 1.03 | 1.10 |
| 73 | 3.00 | 8.53 | -1.02 | 0.08 | 1.03 | 0.01 |
| 74 | 3.50 | 7.93 | -0.52 | -0.52 | 0.27 | 0.27 |
| 75 | 3.00 | 8.80 | -1.02 | 0.35 | 1.03 | 0.12 |
| 76 | 4.00 | 8.93 | -0.02 | 0.48 | 0.00 | 0.23 |
| 77 | 3.50 | 7.13 | -0.52 | -1.32 | 0.27 | 1.73 |
| 78 | 4.00 | 8.20 | -0.02 | -0.25 | 0.00 | 0.06 |
| 79 | 4.50 | 7.67 | 0.48 | -0.78 | 0.23 | 0.61 |
| 80 | 3.50 | 8.80 | -0.52 | 0.35 | 0.27 | 0.12 |
| 81 | 4.00 | 6.73 | -0.02 | -1.72 | 0.00 | 2.95 |
| 82 | 3.00 | 10.93 | -1.02 | 2.48 | 1.03 | 6.17 |

| | | | | | | |
|-----|------|-------|-------|-------|------|------|
| 83 | 4.50 | 9.40 | 0.48 | 0.95 | 0.23 | 0.90 |
| 84 | 5.00 | 9.13 | 0.98 | 0.68 | 0.97 | 0.47 |
| 85 | 4.00 | 7.07 | -0.02 | -1.38 | 0.00 | 1.91 |
| 86 | 3.50 | 7.87 | -0.52 | -0.58 | 0.27 | 0.34 |
| 87 | 4.50 | 8.40 | 0.48 | -0.05 | 0.23 | 0.00 |
| 88 | 3.50 | 9.47 | -0.52 | 1.02 | 0.27 | 1.03 |
| 89 | 4.00 | 7.73 | -0.02 | -0.72 | 0.00 | 0.51 |
| 90 | 5.00 | 7.67 | 0.98 | -0.78 | 0.97 | 0.61 |
| 91 | 4.00 | 8.67 | -0.02 | 0.22 | 0.00 | 0.05 |
| 92 | 4.50 | 9.60 | 0.48 | 1.15 | 0.23 | 1.32 |
| 93 | 4.50 | 9.47 | 0.48 | 1.02 | 0.23 | 1.03 |
| 94 | 4.00 | 7.73 | -0.02 | -0.72 | 0.00 | 0.51 |
| 95 | 3.00 | 8.00 | -1.02 | -0.45 | 1.03 | 0.20 |
| 96 | 4.00 | 9.53 | -0.02 | 1.08 | 0.00 | 1.17 |
| 97 | 3.50 | 8.67 | -0.52 | 0.22 | 0.27 | 0.05 |
| 98 | 3.50 | 10.87 | -0.52 | 2.42 | 0.27 | 5.84 |
| 99 | 5.00 | 9.60 | 0.98 | 1.15 | 0.97 | 1.32 |
| 100 | 4.00 | 8.33 | -0.02 | -0.12 | 0.00 | 0.01 |
| 101 | 4.00 | 8.67 | -0.02 | 0.22 | 0.00 | 0.05 |
| 102 | 4.00 | 10.93 | -0.02 | 2.48 | 0.00 | 6.17 |
| 103 | 4.50 | 9.47 | 0.48 | 1.02 | 0.23 | 1.03 |
| 104 | 4.50 | 7.47 | 0.48 | -0.98 | 0.23 | 0.97 |
| 105 | 3.50 | 10.20 | -0.52 | 1.75 | 0.27 | 3.06 |
| 106 | 4.00 | 7.73 | -0.02 | -0.72 | 0.00 | 0.51 |
| 107 | 3.50 | 7.13 | -0.52 | -1.32 | 0.27 | 1.73 |
| 108 | 4.50 | 7.93 | 0.48 | -0.52 | 0.23 | 0.27 |
| 109 | 3.50 | 7.60 | -0.52 | -0.85 | 0.27 | 0.72 |
| 110 | 3.50 | 8.60 | -0.52 | 0.15 | 0.27 | 0.02 |
| 111 | 5.00 | 7.20 | 0.98 | -1.25 | 0.97 | 1.56 |
| 112 | 4.50 | 7.40 | 0.48 | -1.05 | 0.23 | 1.10 |
| 113 | 5.00 | 8.87 | 0.98 | 0.42 | 0.97 | 0.17 |
| 114 | 4.00 | 8.33 | -0.02 | -0.12 | 0.00 | 0.01 |
| 115 | 4.00 | 8.00 | -0.02 | -0.45 | 0.00 | 0.20 |
| 116 | 3.50 | 9.40 | -0.52 | 0.95 | 0.27 | 0.90 |
| 117 | 4.50 | 8.87 | 0.48 | 0.42 | 0.23 | 0.17 |
| 118 | 3.50 | 8.53 | -0.52 | 0.08 | 0.27 | 0.01 |
| 119 | 4.00 | 8.33 | -0.02 | -0.12 | 0.00 | 0.01 |
| 120 | 4.50 | 7.73 | 0.48 | -0.72 | 0.23 | 0.51 |
| 121 | 4.50 | 9.20 | 0.48 | 0.75 | 0.23 | 0.56 |
| 122 | 5.00 | 9.20 | 0.98 | 0.75 | 0.97 | 0.56 |
| 123 | 4.00 | 7.80 | -0.02 | -0.65 | 0.00 | 0.42 |
| 124 | 4.00 | 8.40 | -0.02 | -0.05 | 0.00 | 0.00 |
| 125 | 4.50 | 10.20 | 0.48 | 1.75 | 0.23 | 3.06 |

| | | | | | | |
|-----|------|-------|-------|-------|------|------|
| 126 | 4.00 | 7.40 | -0.02 | -1.05 | 0.00 | 1.10 |
| 127 | 5.00 | 9.07 | 0.98 | 0.62 | 0.97 | 0.38 |
| 128 | 3.00 | 9.87 | -1.02 | 1.42 | 1.03 | 2.01 |
| 129 | 4.50 | 9.00 | 0.48 | 0.55 | 0.23 | 0.30 |
| 130 | 3.50 | 10.60 | -0.52 | 2.15 | 0.27 | 4.62 |
| 131 | 3.00 | 8.13 | -1.02 | -0.32 | 1.03 | 0.10 |
| 132 | 4.00 | 8.20 | -0.02 | -0.25 | 0.00 | 0.06 |
| 133 | 3.50 | 9.40 | -0.52 | 0.95 | 0.27 | 0.90 |
| 134 | 3.50 | 7.87 | -0.52 | -0.58 | 0.27 | 0.34 |
| 135 | 4.50 | 8.07 | 0.48 | -0.38 | 0.23 | 0.15 |
| 136 | 4.00 | 10.47 | -0.02 | 2.02 | 0.00 | 4.07 |
| 137 | 5.00 | 9.93 | 0.98 | 1.48 | 0.97 | 2.20 |
| 138 | 3.50 | 9.87 | -0.52 | 1.42 | 0.27 | 2.01 |
| 139 | 4.00 | 7.60 | -0.02 | -0.85 | 0.00 | 0.72 |
| 140 | 5.00 | 8.40 | 0.98 | -0.05 | 0.97 | 0.00 |
| 141 | 4.00 | 10.27 | -0.02 | 1.82 | 0.00 | 3.30 |
| 142 | 3.50 | 7.47 | -0.52 | -0.98 | 0.27 | 0.97 |
| 143 | 4.50 | 8.87 | 0.48 | 0.42 | 0.23 | 0.17 |
| 144 | 4.00 | 8.20 | -0.02 | -0.25 | 0.00 | 0.06 |
| 145 | 4.50 | 9.13 | 0.48 | 0.68 | 0.23 | 0.47 |
| 146 | 3.00 | 7.60 | -1.02 | -0.85 | 1.03 | 0.72 |
| 147 | 5.00 | 7.40 | 0.98 | -1.05 | 0.97 | 1.10 |
| 148 | 5.00 | 7.60 | 0.98 | -0.85 | 0.97 | 0.72 |
| 149 | 4.00 | 7.60 | -0.02 | -0.85 | 0.00 | 0.72 |
| 150 | 4.00 | 8.73 | -0.02 | 0.28 | 0.00 | 0.08 |
| 151 | 4.00 | 9.60 | -0.02 | 1.15 | 0.00 | 1.32 |
| 152 | 3.50 | 8.00 | -0.52 | -0.45 | 0.27 | 0.20 |
| 153 | 4.50 | 6.40 | 0.48 | -2.05 | 0.23 | 4.20 |
| 154 | 4.50 | 7.20 | 0.48 | -1.25 | 0.23 | 1.56 |
| 155 | 4.00 | 7.33 | -0.02 | -1.12 | 0.00 | 1.25 |
| 156 | 4.00 | 8.40 | -0.02 | -0.05 | 0.00 | 0.00 |
| 157 | 4.00 | 8.27 | -0.02 | -0.18 | 0.00 | 0.03 |
| 158 | 4.00 | 9.00 | -0.02 | 0.55 | 0.00 | 0.30 |
| 159 | 3.50 | 8.40 | -0.52 | -0.05 | 0.27 | 0.00 |
| 160 | 4.50 | 7.80 | 0.48 | -0.65 | 0.23 | 0.42 |
| 161 | 4.00 | 9.00 | -0.02 | 0.55 | 0.00 | 0.30 |
| 162 | 4.50 | 9.33 | 0.48 | 0.88 | 0.23 | 0.78 |
| 163 | 4.50 | 9.40 | 0.48 | 0.95 | 0.23 | 0.90 |
| 164 | 4.00 | 8.47 | -0.02 | 0.02 | 0.00 | 0.00 |
| 165 | 5.00 | 7.47 | 0.98 | -0.98 | 0.97 | 0.97 |
| 166 | 3.50 | 7.93 | -0.52 | -0.52 | 0.27 | 0.27 |
| 167 | 4.00 | 9.53 | -0.02 | 1.08 | 0.00 | 1.17 |
| 168 | 3.50 | 7.80 | -0.52 | -0.65 | 0.27 | 0.42 |

| | | | | | | |
|-----------|-------------|-------------|-------|-------|-------------|-------------|
| 169 | 3.50 | 9.67 | -0.52 | 1.22 | 0.27 | 1.48 |
| 170 | 5.00 | 9.00 | 0.98 | 0.55 | 0.97 | 0.30 |
| 171 | 5.00 | 6.00 | 0.98 | -2.45 | 0.97 | 6.00 |
| 172 | 3.50 | 9.47 | -0.52 | 1.02 | 0.27 | 1.03 |
| 173 | 4.50 | 9.00 | 0.48 | 0.55 | 0.23 | 0.30 |
| 174 | 3.50 | 8.07 | -0.52 | -0.38 | 0.27 | 0.15 |
| 175 | 3.50 | 8.60 | -0.52 | 0.15 | 0.27 | 0.02 |
| 176 | 4.50 | 9.87 | 0.48 | 1.42 | 0.23 | 2.01 |
| 177 | 4.00 | 7.47 | -0.02 | -0.98 | 0.00 | 0.97 |
| 178 | 4.50 | 9.93 | 0.48 | 1.48 | 0.23 | 2.20 |
| 179 | 4.50 | 7.67 | 0.48 | -0.78 | 0.23 | 0.61 |
| 180 | 4.00 | 8.40 | -0.02 | -0.05 | 0.00 | 0.00 |
| 181 | 3.00 | 8.53 | -1.02 | 0.08 | 1.03 | 0.01 |
| 182 | 4.00 | 7.80 | -0.02 | -0.65 | 0.00 | 0.42 |
| 183 | 4.00 | 6.67 | -0.02 | -1.78 | 0.00 | 3.18 |
| 184 | 4.00 | 8.93 | -0.02 | 0.48 | 0.00 | 0.23 |
| 185 | 4.00 | 8.80 | -0.02 | 0.35 | 0.00 | 0.12 |
| 186 | 5.00 | 7.20 | 0.98 | -1.25 | 0.97 | 1.56 |
| 187 | 5.00 | 8.67 | 0.98 | 0.22 | 0.97 | 0.05 |
| 188 | 4.50 | 8.47 | 0.48 | 0.02 | 0.23 | 0.00 |
| 189 | 4.00 | 8.60 | -0.02 | 0.15 | 0.00 | 0.02 |
| 190 | 3.00 | 7.87 | -1.02 | -0.58 | 1.03 | 0.34 |
| 191 | 4.00 | 9.87 | -0.02 | 1.42 | 0.00 | 2.01 |
| 192 | 3.50 | 9.00 | -0.52 | 0.55 | 0.27 | 0.30 |
| 193 | 4.00 | 8.20 | -0.02 | -0.25 | 0.00 | 0.06 |
| 194 | 4.00 | 8.33 | -0.02 | -0.12 | 0.00 | 0.01 |
| 195 | 5.00 | 8.07 | 0.98 | -0.38 | 0.97 | 0.15 |
| 196 | 3.00 | 10.00 | -1.02 | 1.55 | 1.03 | 2.40 |
| 197 | 4.00 | 8.27 | -0.02 | -0.18 | 0.00 | 0.03 |
| 198 | 4.00 | 8.40 | -0.02 | -0.05 | 0.00 | 0.00 |
| 199 | 4.50 | 8.87 | 0.48 | 0.42 | 0.23 | 0.17 |
| 200 | 4.00 | 8.27 | -0.02 | -0.18 | 0.00 | 0.03 |
| 201 | 3.50 | 9.93 | -0.52 | 1.48 | 0.27 | 2.20 |
| 202 | 4.50 | 9.47 | 0.48 | 1.02 | 0.23 | 1.03 |
| 203 | 4.50 | 8.27 | 0.48 | -0.18 | 0.23 | 0.03 |
| 204 | 5.00 | 6.93 | 0.98 | -1.52 | 0.97 | 2.30 |
| 205 | 4.50 | 6.93 | 0.48 | -1.52 | 0.23 | 2.30 |
| 206 | 3.50 | 7.33 | -0.52 | -1.12 | 0.27 | 1.25 |
| 207 | 4.00 | 7.80 | -0.02 | -0.65 | 0.00 | 0.42 |
| 208 | 4.50 | 7.00 | 0.48 | -1.45 | 0.23 | 2.10 |
| Σ | 835.50 | 1757.53 | | | 65.69 | 213.90 |
| \bar{x} | 4.02 | 8.45 | | | 0.32 | 1.03 |