

DISEÑO DE UNA SOLUCIÓN INTEGRAL DE TELECOMUNICACIONES PARA LOS CENTROS DE SALUD PERTENECIENTES AL ÁREA #24 EN EL SECTOR DEL VALLE DE LOS CHILLOS

Villamar Cruz Andrés Alfonso, Ing. Corral Danilo, Ing. Aguilar Darwin

*Departamento de Eléctrica y Electrónica, Escuela Politécnica del Ejército
Quito, Ecuador*

andres_5154033@hotmail.com

Resumen— El presente artículo describe el proceso de diseño de una solución integral de telecomunicaciones para los Centros y Sub Centros de Salud del Área No. 24 en el Sector del Valle de los Chillos y presenta los resultados de las pruebas de campo realizadas una vez implementado el prototipo. Se utilizaron varias herramientas de diseño en los diferentes radioenlaces entre los Centros y Sub Centros de Salud y se analizó los factores que afectan estos radioenlaces, así como las aplicaciones que se pueden utilizar para mejorar los servicios de salud entre los potenciales usuarios de esta red.

Palabras Clave— solución de telecomunicaciones, centros y sub centros de salud, radioenlaces.

I. ANTECEDENTES

Las redes de voz y datos se han constituido en una herramienta básica para el funcionamiento de cualquier Institución o Empresa, gracias a la interconexión de equipos se cuenta con beneficios como: compartir información, trabajo en tiempo real desde sitios remotos, uso de software, hardware y aplicaciones específicas.

En el área física del Centro de Salud #24 se evidenció la carencia de servicios e infraestructura de red y telecomunicaciones que permitan interconectarse a fin de compartir información de los pacientes, médicos y personal de salud, tanto al interior del Centro, como con en los demás sub centros que pertenecen al área #24 y del cual el centro de salud “Conocoto” es la cabecera principal en la red de datos.

II. ESTÁNDARES DE REDES INALÁMBRICAS

La norma es un conjunto de reglas estandarizadas que contienen un catálogo de requisitos. Estos requisitos se refieren tanto a productos como a procesos.

El estándar puede ser conceptualizado como la definición clara de un modelo, criterio, regla de medida o de los requisitos mínimos aceptables para la operación de

procesos específicos, con el fin de asegurar la calidad en la prestación de los servicios de salud [1].

Se utilizó el estándar 802.11g o Wi-Fi trabajando en la banda ISM de 2.4 GHz, ya que cumple con las prestaciones del diseño de la red de datos, y que el radioenlace máximo es de 15 Km de distancia entre Centro y Sub Centro de Salud, por lo tanto la tecnología Wi-Fi está acorde al desarrollo del presente artículo.

III. EQUIPAMIENTO DE REDES

Para el equipamiento de todos los Centros y Sub Centros de Salud del Área No. 24 se utilizó equipos existentes en el mercado como es: Radio Ubiquiti NanoStation M2.



Fig. 1 NanoStation M2 [2].

Los radios Ubiquiti M2 trabajan en la banda ISM de 2.4 GHz.

Cada Radio posee una antena MIMO 2x2 integradas, que tienen una ganancia de 10.4 – 11.2 dBi. Las antenas vienen internamente en cada uno de los radios Ubiquiti, y sus especificaciones principales son:

- Rango de Frecuencia: 2.32 – 2.55 GHz
- Ancho de Haz, Polarización Vertical: 55°
- Ancho de Haz, Polarización Horizontal: 53°

Se escogió este tipo de radio, ya que cumple con las prestaciones del diseño de la red de datos para los Centros y Sub Centros de Salud del Área No. 24, tanto en el alcance de los radioenlaces como en la demanda del personal administrativo, pacientes, directores y doctores de cada Sub Centro de Salud, además ofrece una fiabilidad, rendimiento, y una ancho de banda de 54 Mbps.

IV. PARÁMETROS DE PROPAGACIÓN

El estudio de propagación se centra en las frecuencias a ser utilizadas en el presente artículo, donde se tiene en cuenta los fenómenos como las reflexiones ionosféricas, ondas de superficie y especialmente atenuaciones en el espacio libre y atenuaciones por lluvia.

A. Atenuación en el espacio libre

El espacio libre se define como un medio dieléctrico homogéneo, isótropo y alejado de cualquier obstáculo, como se puede comprobar en el entorno, ya que para el cálculo de los diferentes radioenlaces se utilizó la fórmula de Friis.

B. Refracción

La refracción es el aumento de la altura aparente de un objeto que hace que éste sea visible cuando en realidad se encuentra por debajo del horizonte, y está relacionado con la constante dieléctrica que a su vez depende de la presión, temperatura y de la humedad.

C. Difracción por zonas de Fresnel

La difracción es el fenómeno que ocurre cuando una onda electromagnética incide sobre un obstáculo, la tierra y sus irregularidades pueden impedir la visibilidad de los radios Ubiquiti NanoStation M2 de cada uno de los enlaces de los diferentes Centros y Sub Centros de Salud [3].

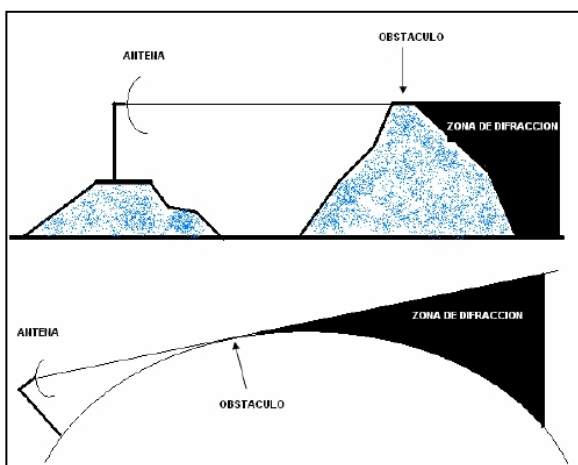


Fig. 2 Zonas de Refracción

D. Atenuación por lluvia

En la banda de 2.4 GHz la señal de los radioenlaces tienen una longitud de onda de 12.5 cm, lo cual este factor no impedirá la transmisión de datos, ya que el diámetro de una gota de lluvia es de aproximadamente de 0.8 milímetros. Por lo tanto no incidirá en los radioenlaces de los diferentes Centros y Sub Centros de Salud.

V. LUGARES DE INTERCONEXIÓN

A. Coordenadas Geográficas y Datos Específicos de Ubicación

Para realizar el levantamiento de información, se tomó los datos de los diferentes Centros y Sub Centros de Salud del Área No. 24 en el Sector del Valle de los Chillos mediante un GPS, y las coordenadas geográficas obtenidas se representaron en el Software Google Earth.

Centro- Sub Centro de Salud	Latitud	Longitud	Elevación (metros)
CONOCOTO	0°17'27.88"S	78°28'28.55"O	2543
ALANGASI	0°18'30.34"S	78°24'56.37"O	2570
AMAGUAÑA	0°22'34.03"S	78°30'16.67"O	2590
CUENDINA	0°22'30.42"S	78°28'54.75"O	2598
EL TINGO	0°17'7.97"S	78°26'23.57"O	2438
GUANGOPOLO	0°15'25.82"S	78°27'3.06"O	2468
LA MERCED	0°17'32.90"S	78°24'2.17"O	2589
PINTAG	0°22'31.74"S	78°22'23.21"O	2880
TOLONTAG	0°20'8.19"S	78°21'16.91"O	2756

Tabla. 1 Coordenadas geográficas de los Centros y Sub Centros del Salud [3].

B. Cantidad de Usuarios por Centro y Sub Centro de Salud

En la tabla 2 se muestra el personal de Salud, número de pacientes que son atendidos por día y la disponibilidad del servicio de Internet en cada uno de los Centros y Sub Centros de Salud del Área No. 24 en el Valle de los Chillos.

Centro- Sub Centro de Salud	Personal De Salud	Pacientes por día	Internet	Proveedor y Velocidad (Kbps)
CONOCOTO	25	150	SI	CNT 1000/250
ALANGASI	8	120	NO	--
AMAGUAÑA	13	100	NO	--
CUENDINA	5	20	NO	--
EL TINGO	8	110	SI	CNT 1000/250
GUANGOPOLO	12	60	NO	--
LA MERCED	11	50	SI	CNT 1000/250
PINTAG	9	100	NO	--
TOLONTAG	4	70	NO	--

Tabla. 2 Estadísticas de cada uno de los Centros y Sub Centros de Salud [3].

C. Servicios

El presente artículo contempla el estudio y diseño de una red de datos que interconecte todos los Centros y Sub Centros de Salud del Área #24 en el Sector del Valle de los Chillos, se podrá acceder a servicios de VoIP, transferencia de archivos, acceso a Internet, acceso a servidores de uso específico y todos los beneficios de red, de una manera más eficaz en apoyo a las actividades de salud.

VI. PLANIFICACIÓN Y DISEÑO DE LA RED DE ACCESO

A. Tecnologías

Las tecnologías a ser utilizadas en el diseño de la red para los Centros y Sub Centros de Salud del Área No. 24 en el Valle de los Chillos pueden ser: 802.11 o también llamado Wi-Fi, WiMAX, o dispositivos PCR (Plataforma de Conectividad Rural) para larga distancia de hasta 100 Kilómetros.

La tecnología a ser aplicada es Wi-Fi trabajando en la banda ISM de 2.4 GHz., ya que cumple con las prestaciones del diseño de la red de datos, por lo tanto la tecnología Wi-Fi está acorde al desarrollo de la solución planteada.

B. Estándar Optado

El estándar a utilizar para el diseño de la red de datos entre los Centros y Sub Centros de Salud del Área No.24 en el Sector del Valle de los Chillos es IEEE 802.11g que utiliza la banda de 2,4 GHz (al igual que el estándar 802.11b) pero opera a una velocidad teórica máxima de 54 Mbps.

C. Tipos de Radios y Antenas

Para el diseño de los radioenlaces, se utilizó Radios Ubiquiti NanoStation M2 trabajando en la banda de frecuencia de 2.4 GHz y las especificaciones se indica a continuación:

Fabricante	UBIQUITI NETWORKS
Tipo de Radio	NanoStation M2: 2.4 GHZ Hi Power 2x2 MIMO AirMax
Tipo de Procesador	Atheros MIPS 24KC, 400 MHz
Memoria de Información	32 MB SDRAM, 8MB FLASH
Antena Integrada	8dBd Dual Pol
Potencia de TX	20dBm, +/-1Db
Sensibilidad RX	-95dBm +/-1dB
Alimentación eléctrica	12V, 1A (12 Watts)

Tabla. 3 Especificaciones Técnicas de Radios Ubiquiti [3].

D. Capacidad de los Radioenlaces

Estimación de ancho de banda para VoIP

Se realizó el cálculo del volumen de tráfico de los Centros y Sub Centros de Salud para el servicio de telefonía IP, considerando una duración media de 3 minutos por llamada, además se tiene en cuenta una probabilidad de bloqueo máxima del 1% y se estima que siempre llaman el 25% de las terminales de los Centros de Salud, y se obtuvo el número de troncales y la capacidad requerida.

Con los parámetros antes mencionados se obtuvo los siguientes datos, como se muestra en la tabla 4.

Sub Centro de Salud	Líneas Telefónicas	Intensidad de Tráfico (Erlangs)	Número de Troncales	Capacidad Requerida
GUANGOPOLO	4	5	11	264 Kbps
EL TINGO	6	7.5	15	360 Kbps
LA MERCED	3	3.75	9	216 Kbps
ALANGASÍ	5	6.25	13	312 Kbps
PINTAG	4	5	11	264 Kbps
TOLONTAG	3	3.75	9	216 Kbps
CUENDINA	4	5	11	264 Kbps
AMAGUAÑA	5	6.25	13	312 Kbps

Tabla. 4 Estimación para VoIP [2].

Estimación de ancho de banda para Video conferencia

Según los requerimientos de los Centros y Sub Centros de Salud para el uso de videoconferencia, se estipula usar anchos de banda de 512 Kbps, consiguiendo una calidad de imagen y sonido aceptables, ya que se consideró un promedio de 4 usuarios fijos con una disponibilidad del 100%.

Con estos parámetros se obtuvo la capacidad requerida de cada Sub Centro de Salud, como se muestra en la tabla 5.

Sub Centro de Salud	Estipulación de Ancho de Banda	Usuarios Requeridos	Capacidad Requerida
GUANGOPOLO	512 Kbps	3	1.6 Mbps
EL TINGO	512 Kbps	4	2.1 Mbps
LA MERCED	512 Kbps	2	1.1 Mbps
ALANGASÍ	512 Kbps	2	1.1 Mbps
PINTAG	512 Kbps	2	1.1 Mbps
TOLONTAG	512 Kbps	1	512 Kbps
CUENDINA	512 Kbps	1	512 Kbps
AMAGUAÑA	512 Kbps	2	1.1 Mbps

Tabla. 5 Estimación para Video conferencia [2].

Estimación de ancho de banda para transferencia de archivos

Para brindar el servicio de transferencia de archivos se considera un promedio de 5 usuarios fijos.

Si a cada usuario se le asigna 256 Kbps, considerando el requerimiento de disponibilidad del 100% de usuarios (debido que se consideran usuarios fijos en cada uno de los Centros y Sub Centros de salud).

Mediante los parámetros antes mencionados, se obtuvo los siguientes datos como se muestra en la tabla 6.

Sub Centro de Salud	Estipulación de Ancho de Banda	Usuarios Requeridos	Capacidad Requerida
GUANGOPOLO	256 Kbps	3	768 Kbps
EL TINGO	256 Kbps	4	1.1 Mbps
LA MERCED	256 Kbps	3	768 Kbps
ALANGASÍ	256 Kbps	4	1.1 Mbps
PINTAG	256 Kbps	3	768 Kbps
TOLONTAG	256 Kbps	2	512 Kbps
CUENDINA	256 Kbps	1	256 Kbps
AMAGUAÑA	256 Kbps	3	768 Kbps

Tabla. 6 Estimación para transferencia de archivos [2].

Estimación de ancho de banda para acceso a Internet

El ancho de banda requerido para el servicio de acceso a Internet para cada uno de los nuevos Centros y Sub Centros de Salud del Área No. 24 en el Sector del Valle de los Chillos, será de 512 Kbps, para satisfacer todas las necesidades del personal de Salud que trabaja en cada uno de los Centros y Sub Centros de Salud.

El servicio de VoIP se realizará mediante un Servidor Asterisk (Linux) ubicado en el Centro de Salud de "Conocoto", configurado con el número de líneas telefónicas de VoIP calculadas anteriormente para toda la red de datos.

El servicio de transferencia de archivos se realizará mediante un servidor de transferencia de archivos ubicado en la cabecera principal de la red datos, en este caso será el Centro de Salud de "Conocoto", para que cualquier persona de cada Sub Centro pueda acceder a información confidencial de los Centros de Salud.

El servicio de Internet para el desarrollo del presente artículo, deberá ser de 3 Mbps, pero en compartición 1:1, es decir un ancho de banda exclusivamente para el Centro de Salud de "Conocoto", que será el nodo principal en la red de datos.

E. Análisis de Cobertura

Para lograr que exista la cobertura inalámbrica deseada, se empieza por realizar un cálculo del área de cobertura que tendrá cada punto de acceso.

Se debe tomar en cuenta, la asignación de los canales sin solapamiento como son: canal 1 (2412 MHz), canal 6 (2437 MHz) y canal 11 (2462 MHz) para los diferentes Centros y Sub Centros de Salud para que no exista interferencia co-canal.

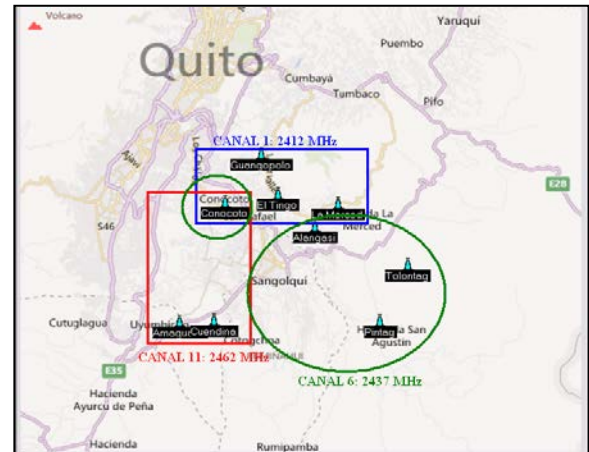


Fig. 3 Asignación de canales para la red de datos [3].

F. Diseño de los Radioenlaces

Para el desarrollo del presente proyecto se utilizó el software Radio Mobile Versión 10.7.2 para Windows, que es un programa para simular el diseño de redes inalámbricas, analizando las pérdidas básicas en sistemas de radiocomunicaciones.

Radioenlace Conocoto- El Tingo

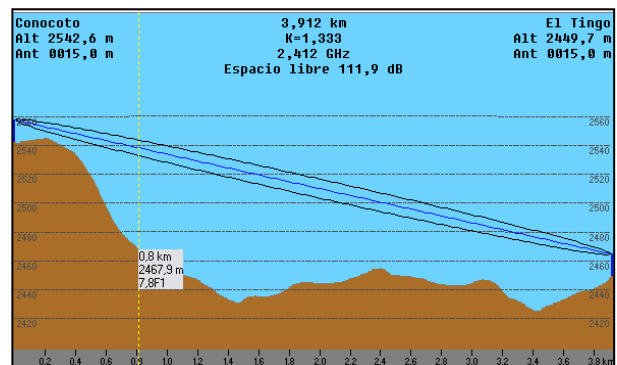


Fig. 4 Enlace Conocoto – El Tingo [3].

Como se puede observar en la figura 4, la distancia del radioenlace es de 3,91 Km, es decir los equipos Ubiquiti NanoStation M2 escogidos para el diseño de la red de datos cumplen con la prestaciones requeridas del Centro y Sub Centro de Salud.

El enlace puede operar a velocidad de 24 Mbps mediante el estándar 802.11g, que es suficiente para

satisfacer las necesidades calculadas anteriormente para ofrecer los diferentes tipos de servicios.

G. Diseño de Infraestructura de los Centros y Sub Centros de Salud del Área No. 24

Radioenlace El Tingo – Conocoto

En la figura 5, se indica el diseño de la infraestructura que se implementó para el enlace “El Tingo” – “Conocoto”, y se utilizó los siguientes elementos:

- Base de cemento y puesta a tierra
- Mástil de 15 metros
- Ubiquiti NanoStation M2

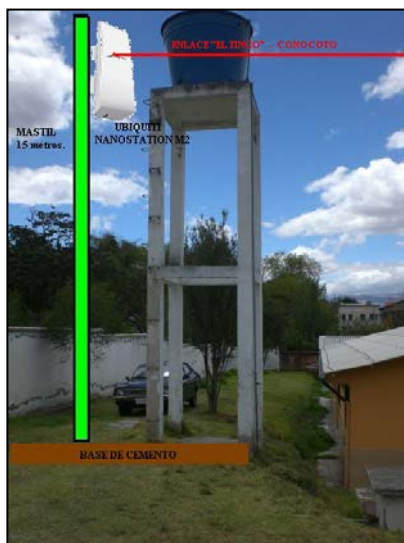


Fig. 5 Infraestructura El Tingo – Conocoto [3].

En la figura 6, se puede observar la implementación a futuro de un cuarto de comunicaciones en el Sub Centro de Salud “El Tingo”, y tendrá los siguientes elementos:

- Rack
- Switch
- Router
- Tomacorrientes
- UPS

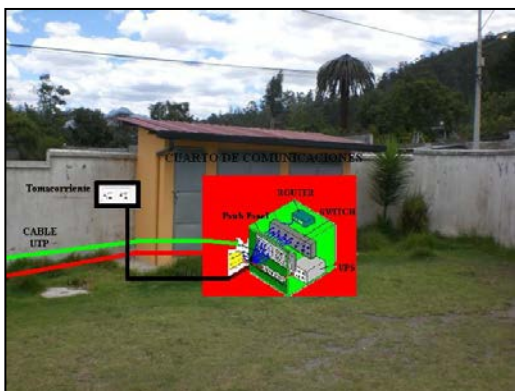


Fig. 6 Cuarto de Comunicaciones El Tingo – Conocoto [3].

H. Prototipo Implementado

Se realizó la implementación y simulación del radioenlace entre el Centro de Salud “Conocoto” y el Sub Centro de Salud “El Tingo”, y se utilizó los siguientes elementos:

- 2 Radios UBIQUITI NanoStation M2
- Mástil de 4 metros para el Centro de Salud de “Conocoto”
- Mástil de 3 metros para el Sub Centro de Salud de “El Tingo”
- 2 Computadores (Laptops)
- Cables UTP
- Fuentes de Alimentación
- Inyector de Trafico (JPerf 2.0.2)

En el Centro de Salud de “Conocoto” se configuró el primer equipo como Estación, y en el Sub Centro de Salud “El Tingo”, se configuró el equipo como Punto de Acceso como se muestra en la figura 7.

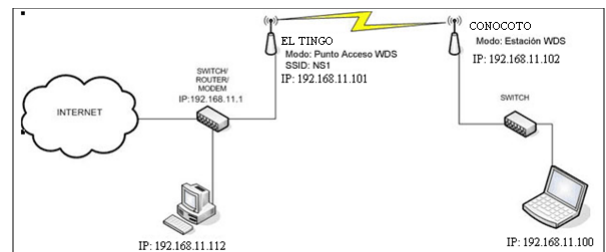


Fig. 7 Topología de Red [3].

Pruebas Operativas del Enlace Conocoto – El Tingo

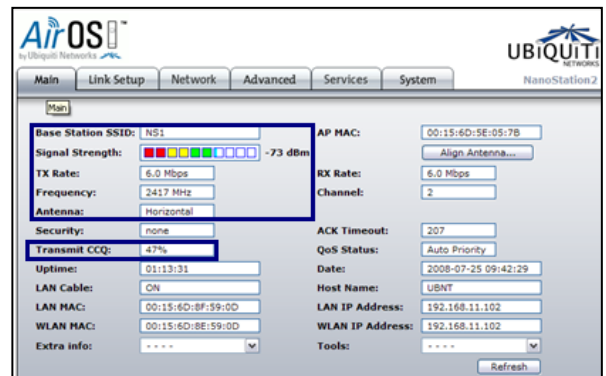


Fig. 8 Potencia de Señal: -73 dBm [3].

Los valores para establecer un enlace operativo son entre -85 dBm y -65 dBm, inferiores a -85 dBm causarían un posible corte en el enlace. Valores por encima de -65 dBm indican un exceso de señal y causarían un comportamiento anómalo en el dispositivo. Se debe ajustar la potencia de salida hasta conseguir estos valores óptimos de enlace.

Se realizó simulaciones mediante el software JPerf y QualNet, para obtener diferentes tipos de resultados y luego ser analizados.

Pruebas de conexión de red

Se realizó pruebas de conexiones de red entre el radioenlace Conocoto – El Tingo, para verificar que exista conexión entre los dos puntos de prueba.

El ping 192.168.11.102 se realizó desde el equipo del Sub Centro de Salud “El Tingo” hacia el equipo radio Ubiquiti ubicado en el Centro de Salud “Conocoto” para confirmar que exista conexión de red entre los dos equipos de comunicación.

```
C:\Users>ping 192.168.11.102 -t
Haciendo ping a 192.168.11.102 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.11.102: bytes=32 tiempo=2ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.11.102: bytes=32 tiempo=7ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.11.102: bytes=32 tiempo=3ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.11.102: bytes=32 tiempo=2ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.11.102: bytes=32 tiempo=9ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.11.102: bytes=32 tiempo=24ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.11.102: bytes=32 tiempo=10ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.11.102: bytes=32 tiempo=5ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.11.102: bytes=32 tiempo=10ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.11.102: bytes=32 tiempo=18ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.11.102: bytes=32 tiempo=20ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.11.102: bytes=32 tiempo=14ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.11.102: bytes=32 tiempo=6ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.11.102: bytes=32 tiempo=7ms TTL=64
```

Fig. 9 Ping a 192.168.11.102 [3].

Los tiempos aproximados de prueba entre ida y vuelta fueron de:

- Mínimo = 2 ms
- Máximo = 20 ms

```
Respuesta desde 192.168.11.102: bytes=32 tiempo=2ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.11.102: bytes=32 tiempo=5ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.11.102: bytes=32 tiempo=3ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.11.102: bytes=32 tiempo=7ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.11.102: bytes=32 tiempo=31ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.11.102: bytes=32 tiempo=9ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.11.102: bytes=32 tiempo=11ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.11.102: bytes=32 tiempo=2ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.11.102: bytes=32 tiempo=3ms TTL=64
```

Fig. 10 Ping a 192.168.11.102 [3].

Como se puede observar en la figura 9 y 10, el radioenlace implementado nunca pierde la conexión de red, es decir el radioenlace es óptimo para su transmisión de datos.

La siguiente prueba de conexión de red se dio mediante el ping 192.168.11.100, que fue realizado desde el equipo del Sub Centro de Salud “El Tingo” hacia la computadora del Centro de Salud “Conocoto” para confirmar que exista conexión de red entre los dos equipos de comunicación.

```
C:\Users>ping 192.168.11.100 -t
Haciendo ping a 192.168.11.100 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.11.100: bytes=32 tiempo=18ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.11.100: bytes=32 tiempo=26ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.11.100: bytes=32 tiempo=6ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.11.100: bytes=32 tiempo=9ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.11.100: bytes=32 tiempo=15ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.11.100: bytes=32 tiempo=7ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.11.100: bytes=32 tiempo=6ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.11.100: bytes=32 tiempo=6ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.11.100: bytes=32 tiempo=6ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.11.100: bytes=32 tiempo=12ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.11.100: bytes=32 tiempo=9ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.11.100: bytes=32 tiempo=31ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.11.100: bytes=32 tiempo=9ms TTL=128
```

Fig. 11 Ping a 192.168.11.100 [2].

Los tiempos aproximados de prueba entre ida y vuelta fueron de:

- Mínimo = 6 ms
- Máximo = 31 ms

En la segunda prueba de conexión de red los tiempos aproximados de prueba entre ida y vuelta fueron de:

- Mínimo = 2 ms
- Máximo = 18 ms

```
Respuesta desde 192.168.11.100: bytes=32 tiempo=10ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.11.100: bytes=32 tiempo=2ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.11.100: bytes=32 tiempo=8ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.11.100: bytes=32 tiempo=2ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.11.100: bytes=32 tiempo=11ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.11.100: bytes=32 tiempo=4ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.11.100: bytes=32 tiempo=4ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.11.100: bytes=32 tiempo=18ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.11.100: bytes=32 tiempo=14ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.11.100: bytes=32 tiempo=2ms TTL=128
```

Fig. 12 Ping a 192.168.11.100 [3].

Como se puede dar cuenta en las pruebas de conexión de red, el radioenlace Conocoto – El Tingo es factible, óptimo para realizar la transmisión de datos y ofrecer los diferentes tipos de servicios que se indica en el presente artículo.

Software Inyector de Tráfico JPerf

El software JPerf es un programa cliente-servidor que permite medir la velocidad máxima que alcanzan 2 computadoras conectadas en red local. Es similar al Iperf pero con interfaz gráfica en Java.

La diferencia entre estos dos programas es que Iperf se ejecuta mediante línea de comandos, y Jperf se ejecuta en Java (para ello necesitas tener instalado Java).

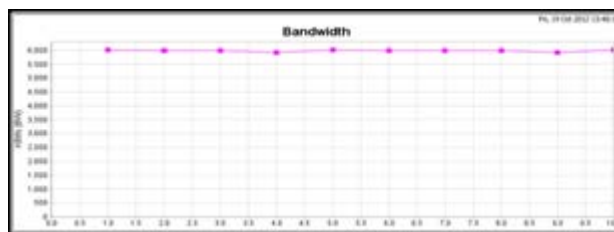


Fig. 13 Ancho de banda en el Centro de Salud de “Conocoto” [3].

Mediante los valores obtenidos en el Inyector de Tráfico JPerf se tomará el valor máximo de Throughput que será de: 3.7 Mbps, y el valor máximo de Jitter será de: 5 ms.

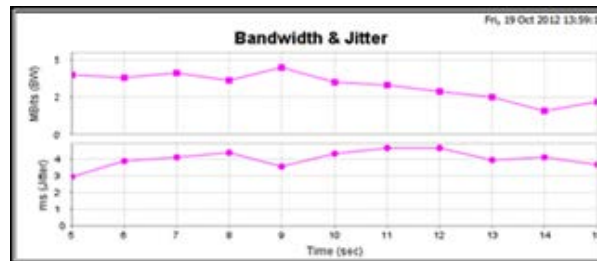


Fig. 14 Ancho de banda y Jitter en el Sub Centro de Salud de “El Tingo” [3].

Los valores tanto de Throughput y Jitter servirá para calcular la eficiencia del sistema para realizar la implementación a futuro del radioenlace entre el Centro de Salud “Conocoto” y el Sub Centro de Salud “El Tingo”.

Inyector de Tráfico QualNet

Es una plataforma de simulación de redes inalámbricas, por cable y el rendimiento del dispositivo de red. El Software QualNet puede explorar y analizar las primeras etapas de diseño de dispositivos y códigos de aplicación en redes cerradas en tiempo real.

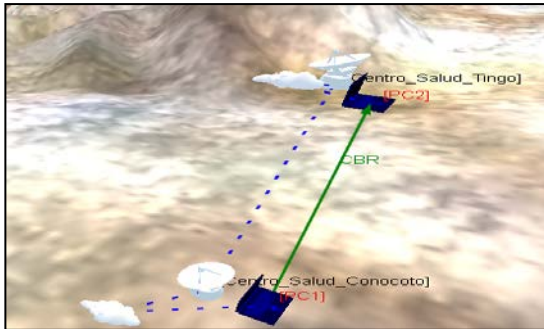


Fig. 15 Topología de Red. Enlace Conocoto – El Tingo en 3D [3].

En la figura 16 se muestra la simulación en 3D de la red inalámbrica entre el Centro de Salud “Conocoto” y el Sub Centro de Salud “El Tingo”.

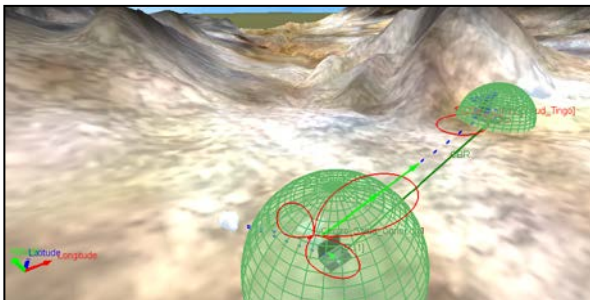


Fig. 16 Simulación en 3D de la red inalámbrica del Enlace Conocoto – El Tingo [3].

I. Análisis de Resultados

Mediante los datos obtenidos entre el inyector de tráfico JPerf y el simulador QualNet, se realizó una comparación de los parámetros obtenidos de la simulación del radioenlace Conocoto – El Tingo.

PARÁMETROS	JPERF (Valor Real)	QUALNET (Valor Práctico)
Paquetes Enviados	1000	1000
Throughput TX	5.5 Mbps	5.6 Mbps
Paquetes Recibidos	640	720
Paquetes Perdidos	360	280
Throughput RX	3.7 Mbps	4 Mbps
Jitter	0.005 ≈ 6 ms (milisegundos)	0.9 ms (milisegundos)

Tabla. 7 Valores obtenidos JPerf VS. QualNet [3].

Como se puede observar en la tabla 6 todos los valores reales obtenidos en la implementación del radioenlace entre el Centro de Salud “Conocoto” y el Sub Centro de Salud “El Tingo”, son menores respecto a los valores establecidos por la ITU.

Con la pérdida de paquetes al momento de la transmisión real que es de 340, la red se hará lenta, para solicitar re-transmisión de paquetes.

El Jitter es un parámetro fundamental en la transmisión de datos, para verificar si existe variabilidad de retardo en el radioenlace implementado, es decir según la tabla 6 obtiene en la transmisión real un jitter de 6 ms, y en la simulación tiene un jitter de 0.9 ms. Como se puede observar el valor jitter en la implementación del radioenlace en el campo, es mayor al valor obtenido en el simulador Qualnet.

VII. ANÁLISIS ECONÓMICO

A continuación se presenta el análisis de costo de cada uno de los equipos a utilizar en los enlaces, así también como el costo que implicará montar la infraestructura de cada uno de los Centros y Sub Centros de Salud del Área No. 24 en el Sector del Valle de los Chillos.

También se realizó un presupuesto final de todos los enlaces, con el objetivo de estimar la factibilidad económica del presente proyecto.

Los costos expresados a continuación, son valores referenciales promedio de los diferentes equipos disponibles en el mercado.

DESCRIPCIÓN	COSTO (\$)
Análisis de Costos	3189,00
Equipamiento de Red	8311,10
Costo de Servicios	5795,00
TOTAL DEL PROYECTO	\$ 17295,10

Tabla 8. Presupuesto total del proyecto [3].

En el análisis de costos se detalla el precio de los equipos NanoStation M2, obra civil, mano de obra, parte eléctrica, alimentación y movilización para la implementación de la red de datos para los Centros y Sub Centros de Salud en el Área No. 24 en el Sector del Valle de los Chillos.

En el equipamiento de red se considerará los costos de los equipos activos y equipos pasivos. En cuanto a mástiles, se requiere la construcción de un mástil de 15 metros en cada Centro y Sub Centro de Salud con su respectiva puesta a tierra.

Los principales servicios a ser implementación en la red de datos de los Centros y Sub Centros de Salud del Área No. 24 en el Sector del Valle de los Chillos serán de: telefonía IP, video conferencia y transferencia de archivos.

Valor Actual Neto (VAN) y Tasa Interna de Retorno (TIR)

Se realizó un análisis económico de los ingresos versus los egresos que genere la red de datos para los Centros y Sub Centros de Salud del Área No. 24 en el Sector del Valle de los Chillos.

En los egresos se incluyó solamente los costos por operación y mantenimiento, ya que los costos por equipamiento de la red, infraestructura y equipamiento en cada Sub Centro de Salud estarán totalmente cubiertos por el Ministerio de Salud Pública.

El costo de ancho de banda del Internet será de \$4800,00 dólares para la ejecución de la red de datos, cada año se duplicará su ancho de banda por el mismo costo que se contrató el servicio a cualquier proveedor.

EGRESOS	Costo Mensual US(\$)	Costo Anual US(\$)
Internet	400	4800
Mantenimiento	144	1728
TOTAL	544	\$ 6528,00

Tabla 9. Egreso mensual y anual de la red de datos [3].

Para los ingresos se tomó en cuenta el aporte mensual del Ministerio de Salud Pública y de los pacientes que son atendidos diariamente para la sustentabilidad de la red de datos para los Centros y Sub Centros de Salud.

INGRESOS	Costo Mensual US(\$)	Costo Anual US(\$)
Ministerio de Salud Pública	1200	14400
Atención Médica	900	10800
TOTAL	1500	25200

Tabla 10. Ingreso mensual y anual de la red de datos [3].

Al ser una red de datos sin fines de lucro y cuyo objetivo será brindar facilidades y servicios de: telefonía IP, transferencia de archivos, video conferencia y servicio de Internet, por lo tanto no se tendrá tasa de retorno.

Para saber si el proyecto será rentable, se utilizará las variables VAN y TIR.

Para realizar los cálculos de estas variables se utiliza la tasa pasiva de los bancos ya que se la toma como un punto de referencia para el cálculo de la rentabilidad.

Para el análisis de dichas variable económicas se hace uso de una tasa pasiva actual de los bancos del 16%.

- El VAN es la diferencia de todos los ingresos y egresos expresados en moneda actual. El criterio de evaluación plantea que el proyecto debe aceptarse si el $VAN > 0$ y rechazarse si $VAN < 0$.

- La Tasa Interna de Retorno o TIR es la rentabilidad que nos está proporcionando el proyecto.

	0 2012	1 2013	2 2014	3 2015	4 2016	5 2017
Ingresos		32895,10	31200,00	31200,00	31200,00	31200,00
Ministerio de Salud Pública		14400,00	28800,00	28800,00	28800,00	28800,00
Atención Médica		1200,00	2400,00	2400,00	2400,00	2400,00
Aporte MSP al Área No.24		17295,10				
Egresos		-6528,00	-6528,00	-6300	-6300	-6300
Internet		-4800,00	-4800,00	-4800,00	-4800,00	-4800,00
Mantenimiento		-1728,00	-1728,00	-1500,00	-1500,00	-1500,00
MARGEN DE OPERACIÓN BRUTO		26367,10	24672	24900	24900	24900
Inversión Inicial	17295,10					
Análisis de Costos	3189,00					
Equipamiento de Red	8311,10					
Costo de Servicios	5695,00					

Tabla 11. Egreso e Ingreso mensual y anual de la red de datos [3].

El cálculo del VAN, se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$VAN = - Inversión\ inicial + \sum \frac{Márgen\ operacional\ bruto}{(1+i)^n} \quad (1.1)$$

Donde:

i : Tasa de descuento (16%).

n : Número de sustentabilidad del proyecto (años).

$$VAN = -17295,10 + \frac{26367,10}{(1+0,16)} + \frac{24672}{(1+0,16)^2} + \frac{24900}{(1+0,16)^3} + \frac{24900}{(1+0,16)^4} + \frac{24900}{(1+0,16)^5}$$

$$VAN = -17295,10 + 22730,26 + 18335,31 + 15952,37 + 13752,05 + 11855,21$$

$$VAN = \$ 65330,10(\text{dólares}).$$

El cálculo de la Tasa Interna de Retorno (TIR), se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$TIR = - Inversión\ inicial + \sum \frac{Márgen\ operacional\ bruto}{(1+i)^n} \quad (1.2)$$

Para obtener la tasa de descuento, se deberá igual a cero, la ecuación 1.2.

$$0 = -17295,10 + \frac{26367,10}{(1+i)} + \frac{24672}{(1+i)^2} + \frac{24900}{(1+i)^3} + \frac{24900}{(1+i)^4} + \frac{24900}{(1+i)^5}$$

$$i = 0,47$$

$$i = 0,47 \times 100\%$$

$$i = 47\%$$

La tasa pasiva es el porcentaje de ganancia que se obtiene por retener capital en un banco, por esto si la variable TIR es mayor a la tasa pasiva entonces el proyecto es rentable.

De acuerdo a las variables, se puede concluir que el proyecto es altamente rentable y sostenible para la implementación de la red de datos para los Centros y Sub Centros de Salud.

VIII. CONCLUSIONES

- Se realizó el estudio y diseño de la red de datos para los Centros y Sub Centros de Salud del Área No. 24 en el Sector del Valle de los Chillos, ya que en este momento no disponen de ninguna red de comunicación para obtener los diferentes tipos de servicios a ser implementados en este proyecto.
- Para la implementación de la red de datos se realizó un Nodo de Access Point ubicado en la cabecera principal que será el Centro de Salud “Conocoto” para los diferentes radioenlaces. Para que no exista interferencia en la transmisión de datos entre los diferentes Centros y Sub Centros de Salud ubicados en el Sector del Valle de los Chillos, se configurará 3 access point en diferentes frecuencias.
- En base a las visitas de campo realizadas a los diferentes Centros y Sub Centros de Salud, se logró confirmar que existe la capacidad de energía y el espacio físico necesario para instalar los equipos propuestos en el presente proyecto.
- Mediante el análisis económico se puede garantizar que la propuesta es eficiente y rentable debido que, la inversión del presente proyecto es relativamente bajo, que se justificará con el beneficio que proveen este tipo de radios Wi-Fi soportando las nuevas aplicaciones y servicio que demanda el Ministerio de Salud Pública.
- En el diseño de la red de datos se utilizó los canales sin solapamiento de Wi-Fi en la banda de 2,4 GHz, como son: en canal 1, canal 6 y canal 11, para que no exista interferencia co-canal entre los radios Nano Station M2 ubicados en la cabecera principal.

REFERENCIAS

- [1] **Suñiga, Carlos.** 2011. Tuvdotcom. [En línea] 2011. [Citado el: 04 de 09 de 2012.] http://www.tuvdotcom.com/what_are_norms_and_requirements?locale=es.
- [2] **Carmona, Andrés.** Ciudad Wireless. [En línea] [Citado el: 04 de 12 de 2012.] http://www.ciudadwireless.com/ubiquiti_networks_ubiquiti_nsm2_nanostation_ghz-mimo-airmax-p-2790.html.
- [3] **Villamar, Andrés.** Diseño de una solución integral de telecomunicaciones para los Centros y Sub Centros de Salud del Área No. 24 en el Sector del Valle de los Chillos. Año 2012

BIOGRAFÍA



Andrés Alfonso Villamar Cruz, nace el 21 de Noviembre de 1986 en la ciudad de Quito – Ecuador, realizó sus estudios secundarios en la “Unidad Educativa La Salle” ubicado en Conocoto obteniendo el título de Bachiller en Físico Matemático. Sus estudios universitarios los realizó en la Escuela Politécnica del Ejército

ESPE, en la facultad de Eléctrica y Electrónica especialidad Telecomunicaciones.