



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

**“ANÁLISIS COMPARATIVO/TÉCNICO/ECONÓMICO Y
REGULATORIO PARA LA PROVISIÓN DE SERVICIOS
DE TELEFONÍA EN SECTORES DE BAJA DENSIDAD
POBLACIONAL”**

INFORME DE MATERIA INTEGRADORA

Previo a la obtención del Título de:

**INGENIERA EN ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES**

GABRIELA ALEJANDRA PAREDES TORRES

MARIA GRACIA CONSTANTE SANCHEZ

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO: 2017

AGRADECIMIENTOS

A Jesús mi Señor y Salvador, por otorgarme la bendición de culminar esta etapa tan anhelada, dándome la guía, su amor y las fuerzas necesarias para vencer cada obstáculo del día a día.

A mis padres Gabriel Paredes y Esther Torres, a mi hermana Grace Paredes y a mi abuelita Leonor Chamba, por sus consejos, oraciones y el apoyo incondicional que durante mis años de estudio me llenaron de aliento para seguir adelante.

A mi enamorado, Ricardo Maya, por sus oraciones y el apoyo incondicional desde el día en que iniciamos juntos esta etapa.

A mis profesores, quienes a lo largo de mi trayectoria académica contribuyeron con mi formación impartiendo sus conocimientos y experiencias, y en especial a mi tutor de proyecto integrador, Ing. Cesar Yépez, por su predisposición y paciencia.

A mis amigos, con quienes compartí esta experiencia única y en especial a mi compañera de proyecto y a mí amiga Lissette Salas, por su ayuda y apoyo incondicional.

Gabriela Paredes

Agradezco en primer lugar a Dios por darme la salud y los medios que me permitieron cumplir esta meta, a mi madre por ser un apoyo incondicional y siempre impulsarme a ser mejor, a mi padre quien desde el cielo sé que me acompaña en cada paso que doy. Agradezco a mi familia, a mis hermanos quienes son un ejemplo a seguir, motivándome a seguir sus pasos.

Agradezco al Ingeniero Cesar Yépez por transmitirnos sus conocimientos y ser una guía en el desarrollo de este proyecto de graduación. También doy gracias a mis amigos, las personas que Dios me puso en el transcurso de esta etapa, personas que aportaron en este logro de una manera u otra e hicieron este camino más fácil. Gracias.

María Gracia Constante

DEDICATORIA

Dedico este proyecto y toda mi carrera a Dios, quien merece toda la Gloria y Honra.

Dedico este proyecto con todo mi amor, a mis padres quienes con esfuerzo, ejemplo y dedicación me han formado como lo que soy hoy en día y guiado a cumplir esta meta.

A familia, quienes incondicionalmente estuvieron presentes y en especial a mis abuelitos Pedro Torres y Digna Paredes, quienes orgullosos de mí esperaban este logro y a pesar de ahora no estar conmigo con todo mi corazón dedico este proyecto.

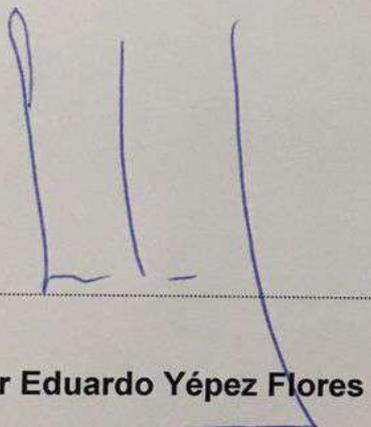
Gabriela Paredes

Dedico este proyecto integrador a mis padres, por haberme brindado su apoyo incondicional durante el desarrollo del mismo y mostrarme en todo momento que cuento con su respaldo para enfrentar los obstáculos que se presenten.

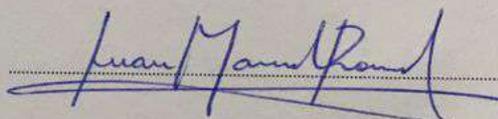
De igual manera, a todas las personas que de una u otra forma aportaron con su granito de arena, ya sea física o anímicamente.

María Gracia Constante

TRIBUNAL DE EVALUACIÓN

A handwritten signature in blue ink, consisting of three vertical strokes of varying heights and a horizontal base line, positioned above a dotted horizontal line.

Msc. Cesar Eduardo Yépez Flores
PROFESOR EVALUADOR

A handwritten signature in blue ink, featuring a cursive style with a prominent horizontal stroke across the bottom, positioned above a dotted horizontal line.

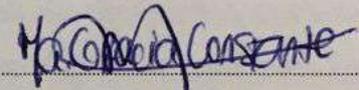
Msc. Juan Manuel Romero Arguello
PROFESOR EVALUADOR

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad y la autoría del contenido de este Trabajo de Titulación, nos corresponde exclusivamente; y damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"



Gabriela Alejandra Paredes Torres



María Gracia Constante Sánchez

RESUMEN

Este proyecto se enfoca en plantear una solución alternativa a las operadoras de telecomunicaciones existentes, con la cual se logre brindar el servicio de telefonía fija a zonas rurales de baja densidad poblacional y de difícil acceso geográfico. Debido a que estas zonas carecen de especificidades urbanas como la falta de alcantarillado y las calles no asfaltadas. Así como también bajos ingresos económicos y pocos habitantes en la comuna.

Con todo esto el sector escogido para realizar el estudio es la comuna de Tugaduaja perteneciente a la parroquia de Chanduy ubicada a 8,273 kilómetros de la misma. En este sector se realizó el reconocimiento de la zona y encuestas para confirmar la ausencia del servicio de telefonía fija y el cumplimiento de las características de la zona de estudio.

La solución a plantear, propone la implementación de una red, mediante un modelo de red Wimax, obteniendo ventajas del modelo como la facilidad de acceso al sector mediante comunicación inalámbrica y la opción de convergencia en la red a implementar. Para analizar la factibilidad técnica y viabilidad económica se realizó un estudio regulatorio, técnico y económico.

El análisis regulatorio abarca los requerimientos legales necesarios a los que debe regirse la implementación de la solución, tales como la importancia del título habilitante, los valores máximos de potencia de transmisión e información referente a las bandas libres a utilizar en el proyecto.

En los aspectos técnicos se detalla la propuesta de diseño, en la cual se plantea una comunicación punto-punto para la transmisión de información hacia la operadora y un enlace punto-multipunto para dar cobertura a toda la comuna.

En el estudio de viabilidad económica se realizaron cálculos contables correspondientes a la inversión inicial, depreciación, valores de pérdidas y ganancias debido a los costos fijos y variables, y un análisis de ingresos en un plazo de 5 años. Con los valores obtenidos se encuentra la tasa interna de retorno perteneciente al proyecto y se la compara con una tasa pasiva del Banco Central.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS.....	ii
DEDICATORIA	iii
TRIBUNAL DE EVALUACIÓN	iv
DECLARACIÓN EXPRESA	v
RESUMEN.....	vi
ÍNDICE GENERAL.....	vii
CAPÍTULO 1.....	1
1. COMPONENTES DEL PROYECTO.	1
1.1 Descripción del problema	1
1.2 Justificación.....	1
1.3 Objetivos.....	3
1.3.1 Objetivos generales.....	3
1.3.2 Objetivos específicos.....	3
1.4 Metodología.....	3
1.5 Resultados esperados.....	4
1.6 Elementos diferenciadores o innovadores.....	4
CAPÍTULO 2.....	5
2. FUNDAMENTO TEÓRICO	5
2.1 Comunicaciones Inalámbricas.....	5
2.1.1 Definición.....	5
2.1.2 Radioenlaces.....	5
2.2 Tecnología WISP.....	6
2.2.1 Definición.....	6

2.2.2	Enlaces Punto – Multipunto.....	7
2.2.3	Red de Área Metropolitana (MAN).....	7
2.2.4	Red WiMax.....	8
2.3	Telefonía IP	9
2.3.1	Definición.....	9
2.3.2	VoIP – Voice Over Internet Protocol.....	10
2.3.3	Ventajas de la Telefonía IP.....	11
2.3.4	Desventajas de VoIP.....	11
2.4	Protocolos de VoIP.....	12
2.4.1	H.323.....	12
CAPÍTULO 3.....		14
3.	SELECCIÓN DEL ÁREA DE INTERÉS	14
3.1	Selección de una zona rural de baja densidad poblacional en la cual se enfocará el estudio.	14
3.2	Verificar los servicios de Telecomunicaciones existentes en la comuna de Tugaduaja para tener conocimiento de los servicios faltantes y de la existencia de una posible infraestructura ya establecida en la comuna.	15
3.3	Analizar la presencia de Estaciones Bases cercanas de proveedores de empresas públicas como privadas que permitan la conexión desde la parroquia de Chanduy hacia el exterior.	22
3.4	Selección de banda de frecuencias	23
3.5	Características de los equipos.....	26
3.6	Diseño Punto–Punto para la comunicación hacia el exterior de la comuna de Tugaduaja	32

3.6.1	Enlace Punto – Punto Empresa Pública.....	32
3.6.2	Enlace Punto – Punto Empresa Privada.....	36
3.7.	Diseño del sistema Punto-Multipunto para brindar comunicación a la comuna de Tugaduaja.....	39
3.7.1	Cálculo del ancho de banda necesario para la comunicación Punto – Multipunto.....	39
3.7.2	Diseño del enlace Punto – Multipunto hacia el usuario final.....	41
3.8	Configuración de los equipos	45
3.8.1	Configuración de los Radios como punto de acceso.....	45
3.8.2	Configuración del Suscriptor	51
3.8.3	Configuración de equipos adicionales.....	55
CAPÍTULO 4.....		56
4.	RESULTADOS DE IMPLEMENTACIÓN PROPUESTA	56
4.1	Calcular el costo-beneficio para poder determinar la factibilidad del proyecto	56
4.2	Resultados.....	61
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		65
BIBLIOGRAFÍA.....		67
ANEXOS.....		70

CAPÍTULO 1

1. COMPONENTES DEL PROYECTO.

1.1 Descripción del problema

Existen en Ecuador zonas rurales marginales que no cuentan actualmente con servicios de telecomunicaciones, como el de telefonía fija. Estos sectores suelen ser caracterizados por una consistencia demográfica escasa, un difícil acceso geográfico e internamente carecen de ciertas especificidades urbanas como las calles no asfaltadas y el servicio de alcantarillado. Imponiendo así en los grandes proveedores de servicios de telecomunicaciones limitantes como: la accesibilidad del servicio para los usuarios, la concurrencia de su uso y el alcance de los proveedores hasta la zona específica.

De todos los inconvenientes antes mencionados, el más preocupante es el alcance de los proveedores hacia estas zonas, es decir el aislamiento que presentan estos pueblos o comunas con respecto a las instalaciones ya establecidas. Siendo esto una de las principales razones por las cuales estos sectores no cuentan con el servicio de telefonía fija, debido a que la instalación del cableado es costosa y el número de suscriptores no representaría un ingreso económico significativo. Como consecuencia, en el último censo realizado en Ecuador solo el 14,98% de población total tienen acceso al servicio de telefonía fija, niveles que son aún más críticos en las áreas rurales del país.

Este proyecto propone a las operadoras existentes de telecomunicaciones, una solución que permita ofrecer el servicio de telefonía fija a zonas marginales, mediante la implementación de una infraestructura inalámbrica para lo cual se realiza un análisis regulatorio, técnico y económico.

1.2 Justificación

De acuerdo a las últimas estadísticas emitidas por la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones (ARCOTEL) en el mes de agosto del 2016, el total de abonados al servicio de telefonía fija es de 2.446.269 con respecto a una población total de 16.445.435 habitantes [1] haciendo referencia al ítem No.

2 del artículo 16 de la Constitución de la República del Ecuador en la que menciona que todas las personas tienen derecho al acceso universal de las tecnologías de información y comunicación, el número de abonados indica que el país se encuentra ante una problemática con respecto al acceso del servicio de telefonía convencional.

Por mencionar un caso específico, en la parroquia Chanduy, del cantón Santa Elena de la provincia de Santa Elena, el 94,42% [1] de los habitantes, lo que equivale aproximadamente 15.122 de 16.363 habitantes de esta parroquia [2] no cuentan con el servicio antes mencionado.

Con el fin de aumentar la cantidad de suscriptores a este y otros servicios de telecomunicaciones en estas zonas, la ley orgánica de telecomunicaciones incluyó artículos priorizando una inversión social mediante planes propuestos por el estado. Dentro de estos planes se encuentra la idea de aumentar el servicio de telefonía fija, en especial a aquellas zonas rurales marginales, de baja densidad poblacional que a causa de eventualidades geográficas o económicas no cuentan actualmente con este servicio. Por lo tanto, el enfoque será ofrecer el servicio de telefonía fija en una de las comunas de la parroquia de Chanduy, la cual sería Tugaduaja. Esta comuna se encuentra ubicada a aproximadamente 8,73 km de la parroquia Chanduy.

El servicio de telefonía fija no solo es un derecho al que los ecuatorianos deben tener acceso sino que es una tecnología de información que tiene como ventaja sobre la telefonía móvil un mejor grado de servicio en casos de catástrofes naturales, como fue lo ocurrido en el pasado 16 de abril en el que uno de los 3 pilares de la gestión de catástrofes la cual es la comunicación no funcionó por medio de este tipo de tecnología [3] y la necesidad y urgencia de contactar unos con otros, causó caos e incluso saturación en los servidores de las redes sociales pero en el caso de la telefonía fija fue el medio para comunicarse desde las ciudades externas a la zona cero con la que se pudo acceder a información en incluso en zonas cercanas al terremoto en las que no hubo fuertes daño se pudo comunicar por este medio.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivos generales

- Proponer una solución a las operadoras de telecomunicaciones que permita proveer el servicio telefonía fija a zonas rurales de baja densidad poblacional y difícil acceso geográfico.

1.3.2 Objetivos específicos

- Plantear una solución alternativa a la comunicación alámbrica para facilitar el acceso zonas rurales.
- Realizar un diseño donde se establezca un análisis regulatorio, técnico y económico de el plan propuesto como solución.
- Analizar la viabilidad del proyecto mediante el cálculo de la tasa interna de retorno (TIR)

1.4 Metodología

- Seleccionar una zona rural de baja densidad poblacional en la cual se enfocará el estudio.
- Verificar servicios de telecomunicaciones existentes en la comuna de Tugaduaja, para tener conocimiento de los servicios faltantes y de la existencia de una posible infraestructura ya establecida.
- Efectuar el estudio regulatorio necesario para la implementación del enlace.
- Proponer un plan que ofrezca una solución inalámbrica a estos sectores con restricciones demográficas.
- Realizar un estudio del sector, buscando las mejores condiciones de propagación y ubicación estratégica para la torre.
- Diseñar la red inalámbrica Punto – Punto entre la comuna de Tugaduaja y la estación base de una empresa pública y privada más cercana.

- Diseñar la red inalámbrica Punto - Multipunto en Tugaduaja.
- Calcular el costo-beneficio para poder determinar la factibilidad del proyecto.

1.5 Resultados esperados

Con este proyecto se busca que las empresas de telecomunicaciones tengan a consideración una propuesta que permita aumentar el número de abonados al servicio de telefonía fija en el país, tomando como prioridad los sectores rurales y verificando inicialmente el costo - beneficio que conlleva establecer la infraestructura técnica de una red Inalámbrica.

1.6 Elementos diferenciadores o innovadores

Este proyecto tiene como enfoque principal y diferenciador, ofrecer a las operadoras de telefonía fija una solución en la implementación de este servicio en zonas rurales del país, buscando reducir el costo de la infraestructura técnica permitiendo minimizar la tarifa por el acceso al servicio por parte de los abonados.

Para poder llegar a estos sectores, el cual presentan un aspecto geográfico que dificulta la instalación alámbrica, se implementara una comunicación inalámbrica usando una topología WiMax.

La telefonía a proveer es fija pero no del tipo análoga debido a la red previamente mencionada. Se basa en el Protocolo de inicio de sesiones (SIP), para establecer las llamadas, este tipo de implementación permite ofrecer junto a este el servicio de Internet ampliando así el acceso universal de las tecnologías de información y comunicación.

CAPÍTULO 2

2. FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1 Comunicaciones Inalámbricas

2.1.1 Definición

Se denomina comunicaciones inalámbricas a los sistemas de radiocomunicación por los cuales se ofrece un servicio por medios no guiados como las ondas electromagnéticas. En la época de los años 80, aparecieron varios equipos telefónicos sin cable que permitían el acceso a una red telefónica, pero con límites de movilidad. También surgió la Red de Área Local Inalámbrica (WLAN) siendo esta un sistema enfocado a la comunicación inalámbrica, pero entre ordenadores [4].

La comunicación inalámbrica se da a través de ondas de radio, microondas e infrarrojas, que necesitan una antena de transmisión y de recepción para establecer la comunicación.

En este tipo de comunicación se tienen varias ventajas en el momento de implementar una red inalámbrica, desde el bajo costo de instalación y mantenimiento al no usar cables en la red, hasta la movilidad de los equipos de transmisión [5].

También se presentan varias desventajas como las interferencias provenientes de otros transmisores, los cambios atmosféricos, limitaciones de los equipos y la velocidad de transmisión puede ser afectada en enlaces de largas distancias.

2.1.2 Radioenlaces

En comunicaciones inalámbricas la interconexión de terminales efectuado por ondas radioeléctricas se denomina radioenlaces. Existen dos tipos de servicio de radioenlace: los de Servicio fijo cuando los terminales son fijos y los del Servicio Móviles, cuando se usan terminales móviles y se clasifican de acuerdo al lugar en donde están

situadas las terminales, si los terminales están en la Tierra, se denominan radioenlaces terrenales y cuando las repetidoras están a bordo de un satélite se denominan radioenlace espacial o por satélite. [6]

La infraestructura técnica de un radioenlace está conformada por estaciones terminales, estaciones repetidoras, antenas y elementos de supervisión y control. En algunos casos se usan estaciones repetidoras para efectuar tránsitos y otras para demodular la señal llamadas nodales. [6]

2.2 Tecnología WISP

2.2.1 Definición

El Proveedor de Servicio de Internet Inalámbrico conocido como WISP es un sistema usando una infraestructura MAN en este caso inalámbrica conocida también como WiMAX [7]. Este proveedor permite a los usuarios acceder a Internet y bajo este principio acceder a servicios de datos a una alta velocidad y mediante enlaces punto a punto y punto-multipunto [8].



Figura 2.1: Diseño de un Proveedor de Servicio de Internet Inalámbrico. [24]

Como podemos observar en la Figura 2.1, que un WISP está conformado por una estación base en la cual se encuentra el servidor de

control de acceso conectado a Internet. Esta estación base cuenta con antenas direccionales, ubicada de tal manera que proporcionen una cobertura omnidireccional [9].

2.2.2 Enlaces Punto - Multipunto

Un enlace Punto – Multipunto está conformado por un punto central y varios puntos remotos como se contempla en la Figura 2.2. El punto central se comunica con los demás puntos remotos y viceversa, lo cual nos indica que hay solo comunicación en esta vía y no entre los puntos remotos [10].



Figura 2.2: Enlace Punto – Multipunto. [25]

2.2.3 Red de Área Metropolitana (MAN)

Las redes de área Metropolitana o conocidas también como redes MAN son redes que permiten la comunicación entre sectores específicos como un campo universitario, entre edificios cercanos o en zonas rurales como se muestra en Figura 2.3.

Este tipo de redes pueden tener una cobertura de aproximadamente 50 km y a una velocidad de 2 a 155Mbps según el medio de transmisión usado. Entre los servicios que se puede ofrecer mediante una red MAN,

son la interconexión de centrales telefónicas digitales y la transmisión de video, imágenes, gráficos [11].

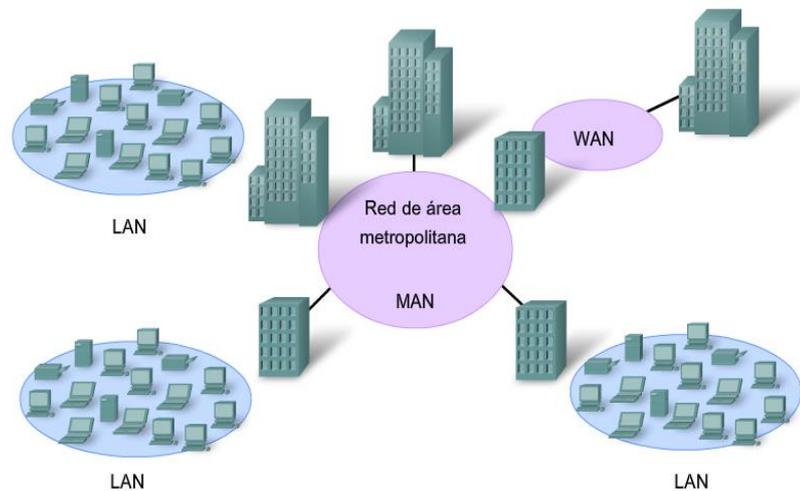


Figura 2.3: Red de Área Metropolitana [26]

2.2.4 Red WiMax

Una red WiMax es una tecnología inalámbrica que opera en la banda de 5.4GHz permitiendo mayores niveles de potencia. También presenta beneficios para los usuarios ofreciendo convergencia de servicios, como el acceso a Internet, servicios de una red Voz sobre IP y Servicio de HotSpot con un acceso limitado por el proveedor. Por medio de una conexión a una red determinada desde cualquier punto dentro del área de cobertura mediante enlaces de larga distancia [12].

Dependiendo del servicio que desea ofrecer, una red WiMax tiene dos tipos de red: WiMAX Fijo y WiMAX Móvil.

➤ WiMAX Fijo

Este tipo de red usa el estándar IEEE 802.16, el cual permite el acceso a Internet de banda ancha en la frecuencia de 2.5GHz, 3.5GHz y 5.8GHz.

Este tipo de red se identifica también como “fijo inalámbrico” ya que en su infraestructura técnica está compuesta por una antena, la cual

puede estar ubicada en un punto estratégico que permite el acceso a los usuarios.

➤ **WiMAX Móvil**

Este tipo de red usa el estándar IEEE 802.16e, el cual da portabilidad y capacidad a clientes móviles que pertenezcan al servicio ofrecido en una red WiMAX. Los equipos usados en este tipo de red que cumplan con el estándar antes mencionado usan OFDMA (Acceso Múltiple por División Ortogonal de Frecuencia) y con esto permite que un suscriptor pueda usar los subcanales disponibles dentro del periodo de transmisión [12][13].

2.3 Telefonía IP

2.3.1 Definición

Esta tecnología existe desde finales de los 90. Sin embargo, es hasta hace poco que se ha logrado extender, gracias a la mejora y estandarización de los sistemas de control de la calidad de la voz (QoS) y a la universalización del servicio Internet. [14]

El tráfico de voz sobre IP, tiene la capacidad de circular por cualquier tipo de red, sin importar el tamaño, desde una red PAN hasta una WAN. Es muy importante marcar la diferencia entre Voz sobre IP (VoIP) y Telefonía sobre IP:

- VoIP es el conjunto de normas, dispositivos, protocolos, en definitiva, la tecnología que permite comunicar voz sobre el protocolo IP.
- Telefonía sobre IP es el servicio telefónico disponible al público, por tanto con numeración E.164, realizado con tecnología de VoIP.[15]

Es decir, que la telefonía IP es un servicio que es brindado gracias al conjunto de procesos ofrecidos por la VoIP, los cuales permiten que la señal analógica que representa la voz, viaje a través del internet

mediante el protocolo IP. Para que esto sea posible, la voz analógica debe ser transformada a digital, ya que esta viaja en forma de paquete de datos, a diferencia de la telefonía convencional como redes PSTN en la cual viaja en su forma analógica.

Durante años, tanto empresas como hogares han utilizado la telefonía convencional, donde se maneja redes separadas para voz y datos. Sin embargo, telefonía IP es una tecnología que integra en una misma red las comunicaciones de voz y datos. Los elementos básicos que forman este sistema son: la central IP, el Gateway IP y los diferentes teléfonos IP.

Otro elemento que interviene en la telefonía VOIP es el códec, el cual es un dispositivo hardware que permite convertir una señal de audio analógico a un formato de audio digital, para transmitirlo y luego convertirlo nuevamente a un formato descomprimido de señal de audio. Para poder lograr esta tarea, toman prototipos de la señal de audio miles de veces por segundo. La cantidad de muestras por segundo que se tome en la señal VoIP depende del códec que se esté usando [16].

- 64,000 veces por segundo
- 32,000 veces por segundo
- 8,000 veces por segundo

2.3.2 VoIP – Voice Over Internet Protocol

VoIP es un protocolo cuya función principal es la transmisión mediante redes basadas en el protocolo IP, en lugar de una red telefónica convencional PSTN.

El protocolo de internet (IP) fue diseñado originalmente para la transmisión de datos, que para lograr la transmisión de voz debió adaptarse. VoIP permite la digitalización y empaquetamiento de la información que en este caso es la voz, para así poder ser transmitida de la misma forma que los paquetes de datos IP.

La telefonía basada en VoIP, no está limitada a las llamadas mediante redes IP, las líneas telefónicas tradicionales pueden ser utilizadas para garantizar una más alta calidad y disponibilidad de llamada, incluso uno de los protocolos de VoIP, permite la conversión de una llamada tradicional en una llamada VOIP/SIP. Con el uso de los Gateways VoIP se convierten las líneas entrantes PSTN en VOIP/SIP, permitiendo a los usuarios recibir y hacer llamadas en la red telefónica convencional.

La transmisión de Voz sobre IP (VoIP) puede facilitar muchos procesos y servicios que normalmente son muy difíciles y costosos de implementar usando la tradicional red de voz PSTN, como facilitar el proceso de incrementar líneas telefónicas, servicios adicionales a menor costo e incluso, lograr que las empresas sustituyan la telefonía convencional por la telefonía IP a un paso apresurado. [17]

2.3.3 Ventajas de la Telefonía IP

Una de las principales ventajas del servicio de telefonía IP, es la reducción de costos. Una llamada mediante VoIP es más barata comparada a una llamada convencional, debido a que permite la convergencia con la red usada para la transmisión de datos, optimizando recursos y reduciendo costos. Usualmente para una llamada entre dos teléfonos IP la llamada es gratuita, cuando se realiza una llamada de un teléfono IP a un teléfono convencional el costo corre a cargo del teléfono IP. [18]

Otra ventaja importante es que VoIP es el poder realizar una llamada desde cualquier lugar donde exista conectividad a Internet. El uso del protocolo IP para transmitir la voz permite que los teléfonos IP sean administrados por los proveedores desde cualquier lugar con conexión a Internet.

2.3.4 Desventajas de VoIP

Una de las desventajas de utilizar telefonía IP, es que no todos los sectores tienen acceso a una conexión a Internet. Sin embargo, este

problema se va solucionando con el tiempo, por el constante crecimiento de las redes IP. A pesar de esto, algunas desventajas persisten como las que se mencionan a continuación:

- VoIP funciona con una conexión de banda ancha y algunos hogares aún mantiene conexiones por medio de un modem, lo cual no es suficiente para mantener una conversación fluida.
- Llamadas al 911: Estas también son un problema con un sistema de telefonía VOIP. Como se sabe, la telefonía IP utiliza direcciones IP para identificar un número telefónico determinado, el problema es que no existe forma de asociar una dirección IP a un área geográfica, como cada ubicación geográfica tiene un número de emergencias en particular no es posible hacer una relación entre un número telefónico y su correspondiente sección en el 911.[19]
- Como es de conocimiento, VoIP transmite la voz mediante una conexión de red, como esta suele ser utilizada para la transmisión de datos adicionalmente de la voz, la calidad del servicio puede verse afectado por problemas de latencia o pérdida de paquetes, provocando que las conversaciones sean distorsionadas o que sean cortadas, para evitar estos problemas es de suma importancia manejar una segmentación de ancho de banda correctamente.
- VOIP es susceptible a virus o ataques, sin embargo, se está trabajando en una encriptación para prevenir este tipo de problemas.

2.4 Protocolos de VoIP

2.4.1 H.323

Es un protocolo que fue creado originalmente para realizar videoconferencias, un estándar creado por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) que decreta la forma en que se realiza la

compresión y descompresión de audio y video, asegurando la compatibilidad entre distintos fabricantes.

Esta norma utiliza ciertos protocolos para poder ofrecer un servicio completo.

- H.225 es el protocolo para control de llamadas, encargándose así de la señalización, registro y admisión de las llamadas, asimismo como la señalización y empaquetamiento de flujos de medio.
- H.235 es el encargado de la seguridad y cifrado.
- H.245 también es un protocolo de control y señalización, sin embargo, a diferencia del H.2245 no es en un enfoque de sesión, sino que maneja la apertura y cierre de los canales multimedia.
- H.450 para los servicios adicionales.
- RTP/RTCP, son los protocolos de transporte que se ocupan de la entrega punto a punto de los datos.
- RAS, registra maneja control de admisión y de ancho de banda.
- RSVP es un protocolo de reserva de recursos en la red para cada flujo de información de usuario.
- T.120 es un protocolo de datos para conferencias multimedia.

Un punto importante es que se deben determinar las capacidades de los sistemas, de forma que no se permita la transmisión de datos si no pueden ser gestionados por el receptor. [20]

CAPÍTULO 3

3. SELECCIÓN DEL ÁREA DE INTERÉS

3.1 Selección de una zona rural de baja densidad poblacional en la cual se enfocará el estudio.

En el momento de escoger la zona de estudio es importante hacerlo con una orientación hacia los sectores que no son del interés de grandes proveedores. Es decir, áreas que no representen mayor ganancia a estos o sectores de alcance geográfico complejo, que mediante las clásicas infraestructuras presentarían un arduo trabajo de instalación, debido a que no presentan calles pavimentados y la comunicación alámbrica no se considera viables como se logra contemplar en la Figura 3.1.

Sin embargo, estas características ofrecen la oportunidad de acceder mediante tecnologías alternativas y ofrecerles un nuevo servicio, en busca de aumentar el número de regiones favorecidas con los beneficios de las telecomunicaciones.

Como zona de estudio se escogió la comuna de Tugaduaja perteneciente a la parroquia Chanduy, ubicada en la provincia de Santa Elena la cual cuenta con aproximadamente 1500 habitantes, ya que se considera una zona de difícil acceso y baja densidad poblacional.

Se realizó un reconocimiento del área donde se observó alrededor de 300 hogares. Incluso uno de los factores que llamó la atención del sector, es que la mayoría de los habitantes son de escasos recursos y la implementación alámbrica establecería tarifas inasequibles debido al alto costo de implementación. Por estas razones la comuna se convierte en una zona de interés, ya que la tecnología a utilizar permite ofrecer un servicio de un costo más accesible a los habitantes.

Otro factor que llevo a la elección de este sector, es el hecho de que zonas cercanas a esta comuna cuentan con el servicio de telefonía fija, sin embargo, la comuna mencionada es considerada una zona marginal. Esta información se

deberá confirmar mediante un estudio estadístico que permita corroborar los supuestos de la ausencia de servicios.



Figura 3.1: Comuna de Tugaduaja

3.2 Verificar los servicios de Telecomunicaciones existentes en la comuna de Tugaduaja para tener conocimiento de los servicios faltantes y de la existencia de una posible infraestructura ya establecida en la comuna.

Para verificar la existencia de los servicios de telecomunicaciones en la comuna Tugaduaja se realizó una encuesta como se puede observar en el Anexo 1.

Con esta encuesta se busca conocer si los moradores de este sector cuentan con todos los servicios de telecomunicaciones como Telefonía Móvil, Radiodifusión Televisiva, Internet y Telefonía fija.

Para realizar la encuesta se tomó una muestra del 20% del número total de aproximadamente 300 casas habitadas presentes en la comuna, es decir 60 casas. Se realizó la distribución de la zona como se observa en la Figura 3.2, mediante un mapa obtenido de la aplicación web Google Earth y con esto preguntar en diferentes partes de la comuna.



Figura 3.2: Comuna de Tugaduja dividida en sectores

De la encuesta antes mencionada se obtuvieron los siguientes resultados:

En la primera pregunta de la encuesta, la presencia de los servicios de telefonía móvil es de un 97%, lo que indica que de la muestra tomada 55 de 60 casas en el sector cuentan con este servicio.

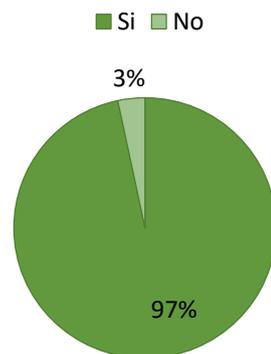
El servicio de Radiodifusión televisiva está presente en la comuna, el servicio pagado es usado por 60% de la población y el servicio pagado o por suscripción por el 40% de la población, es decir 36 casas y 24 casas respectivamente.

El servicio de internet en la comuna está presente en un 3% lo que equivale a 2 casas de las 60 tomadas como muestra. El servicio de telefonía fija no está presente en la comuna al obtener un porcentaje del 0% de casas que cuenten con este servicio. Resultados que se divisan en los gráficos estadísticos de la Figura 3.3.

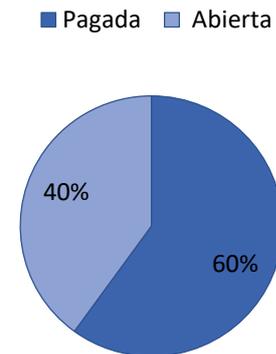
PREGUNTA 1: ¿Cuenta con los siguientes servicios de telecomunicaciones?

Resultados:

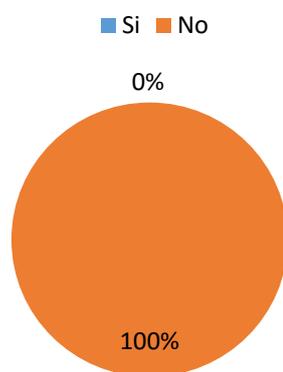
Telefonía Móvil



Televisión



Telefonía Fija



Internet

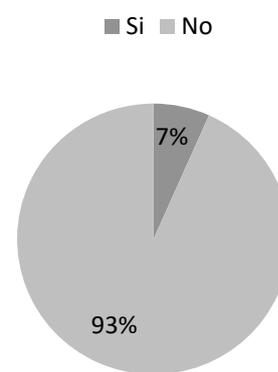


Figura 3.3: Resultados obtenidos en la Pregunta No. 1 de la encuesta

PREGUNTA 2. En caso de no contar con alguno de los servicios mencionados. ¿Cuál le gustaría adquirir?

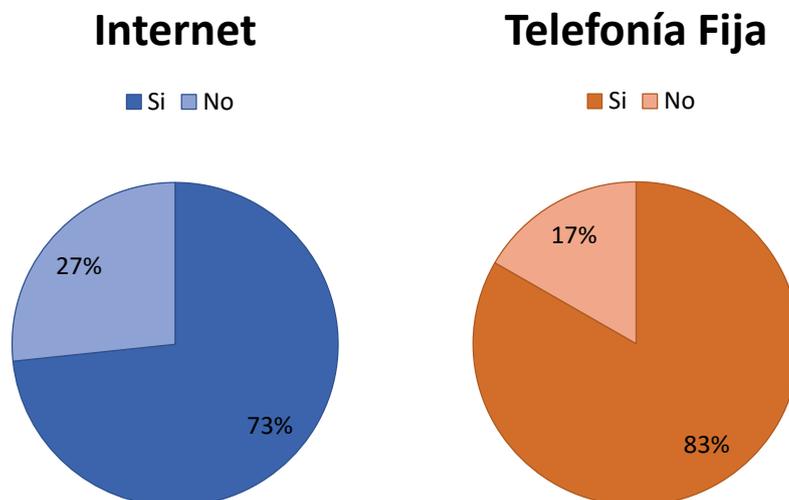
Resultados:

Figura 3.4. Resultados obtenidos en la Pregunta No. 2 de la encuesta

Como podemos observar en la Figura 3.4, los resultados obtenidos en esta pregunta, de la muestra tomada al 73% de los habitantes le gustaría contar con el servicio de Internet y en el caso de telefonía fija el 83%, es decir 50 de las 60 casas encuestadas. En esta pregunta los servicios de telefonía móvil y la televisión están presentes en la comuna y quienes no cuentan con el servicio no desean adquirirlo.

PREGUNTA 3. ¿Con que frecuencia utiliza el servicio de telefonía móvil?

- a. 0 - 3 veces en el día.
- b. 4 – 5 veces en el día.
- c. 6 o más veces en el día.

Frecuencia de Uso del Servicio de Telefonía Móvil

■ 0 - 3 veces en el día ■ 4 -5 veces en el día ■ 6 o más veces en el día

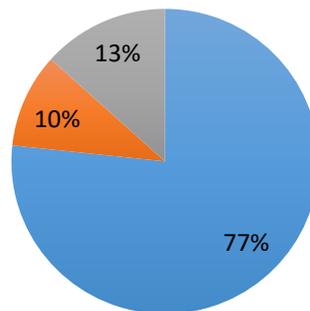


Figura 3.5: Resultados obtenidos en la Pregunta No. 3 de la encuesta

Como se divide en la Figura 5.5, el 77% de los habitantes del sector usa de 0 – 3 veces en el día el servicio de telefonía móvil, lo cual nos indica la importancia de la comunicación entre los habitantes del sector con otras zonas del país.

PREGUNTA 4. Indique un valor promedio de gasto mensual usando el servicio de telefonía móvil.

- \$0
- \$5 - \$10
- \$10 - \$15
- \$15 - \$20

Gasto Promedio Mensual del Uso del Servicio de Telefonía móvil

■ \$ 0 ■ \$5 - \$10 ■ \$10 - \$15 ■ \$15 - \$20

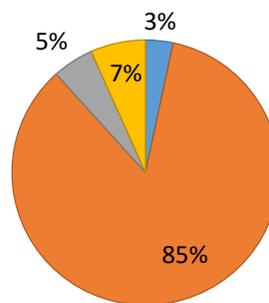


Figura 3.6: Resultados obtenidos en la Pregunta No.4 de la encuesta

Como se puede observar en la Figura 3.6, el 85% de los habitantes del sector gasta un valor promedio mensual entre 5 – 10 dólares al usar el servicio de telefonía móvil con poca frecuencia, es decir solo de 0 – 3 veces al día como lo indica los resultados de la encuesta. Los desenlaces de esta pregunta muestran la importancia de establecer un servicio que permita que estén comunicados con el exterior de la comuna, según la necesidad de cada habitante y a una mejor tarifa como lo permite el servicio de Telefonía Fija.

PREGUNTA 5. Indique un valor promedio mensual que estaría dispuesto a apagar por el servicio de telefonía fija.

- \$0
- \$5 - \$10
- \$10 - \$15
- \$15 - \$20

Valor Promedio Mensual a Pagar del Uso del Servicio de Telefonía Fija

■ \$ 0 ■ \$5 - \$10 ■ \$10 - \$15 ■ \$15 - \$20

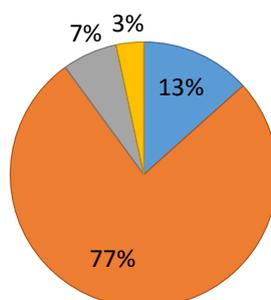


Figura 3.7. Resultados obtenidos en la Pregunta No. 5 de la encuesta

Como se puede observar en la Figura 3.7, el 77% de los habitantes encuestados del sector estaría dispuesto a pagar un valor promedio mensual entre 5 – 10 dólares por usar el servicio de telefonía fija. Cabe recalcar que el 13% corresponde a los moradores que no desean contar el servicio, que según la encuesta realizada son 8 de 60 moradores.

Con estos resultados se comprueba el supuesto de la inexistencia del servicio de telefonía fija en la comuna, ya que en la pregunta 1 se obtuvo un porcentaje del 0% como resultado de la misma y se observa en el Figura 3.3, lo cual también fue evidente en el momento de visitar la zona como podemos observar en la Figura 3.8.



Figura 3.8. Comuna de Tugaduaja – Sector 2 según la distribución indicada en el mapa para realizar la encuesta.

3.3 Analizar la presencia de Estaciones Bases cercanas de proveedores de empresas públicas como privadas que permitan la conexión desde la parroquia de Chanduy hacia el exterior.

El objetivo del proyecto es proveer una solución a las distintas operadoras de telecomunicaciones que les permita ofrecer el servicio de telefonía fija a los sectores rurales. La presencia de estaciones cercanas es importante, ya que permiten establecer un enlace punto a punto desde la estación base de la operadora a la comuna de Tugaduaja y una vez establecida esta comunicación permitirá establecer un enlace punto-multipunto dentro del sector, logrando así el intercambio de información desde el interior de la comuna hacia el exterior mediante llamadas nacionales e internacionales entrante y salientes.

En una de las visitas a la comuna Tugaduaja, realizando una inspección previa del sector se observó en la parroquia Chanduy una estación perteneciente a una empresa pública la cual se muestra en la Figura 3.9 y estaría dentro de las opciones para establecer un enlace, sin embargo, para poder plantear una solución alternativa, se investigó la existencia de alguna otra estación base, obtenido como resultado la ubicación de una estación en el Puerto de Chanduy, la cual pertenece a una empresa privada.



Figura 3.9 Central Telefónica Chanduy

3.4 Selección de banda de frecuencias

De acuerdo con el artículo 16 de la Constitución de la República, en el cual se especifica los derechos en el área de Comunicación e Información y en el ítem 3 menciona lo siguiente:

“La creación de medios de comunicación social, y al acceso en igualdad de condiciones al uso de las frecuencias del espectro radioeléctrico para la gestión de estaciones de radio y televisión públicas, privadas y comunitarias, y a bandas libres para la explotación de redes inalámbricas.”

La banda de frecuencia que se usará para el diseño del enlace corresponderá a las bandas libres indicadas en el Plan Nacional de Frecuencias – 2012 (Sección 2.7 Cuadros Nacionales de Atribución de Bandas de Frecuencias) y para el uso de las bandas libres, como lo indica la Ley Orgánica de las Telecomunicaciones, en el artículo 96 ítem 2, solo se requiere de un registro, es decir no de un título habilitante.

La banda de frecuencias que se usará para este proyecto en los enlaces punto – punto se muestra en la tabla 1:

5725-5830 RADIOLOCALIZACION Aficionados 5.150 5.455	5725-5830 RADIOLOCALIZACION Aficionados 5.150 5.455	5725-5830 EQA.90: (MDBA Y Enlaces radioeléctricos de radiodifusión sonoras que utilizan técnicas MDBA)
--	--	---

Tabla 1. Banda de frecuencias de 5725 – 5830MHz [27]

De igual manera la banda de frecuencia que se utilizara para la comunicación Punto-Multipunto pertenece a las bandas de frecuencia libres, es decir no licenciada, ya que se busca optimizar los costos del proyecto y facilitar el tema regulatorio. Normalmente este tipo de frecuencias presentan interferencias ya que son las comúnmente utilizadas, sin embargo, una de las ventajas des sector escogido es que es una zona geográficamente despejada.

Para la implementación correspondiente a la comunicación punto-multipunto se selecciona tres frecuencias distintas entre ellas y con la frecuencia utilizada en el enlace punto-punto, una frecuencia perteneciente a cada antena.

La importancia en que sean distintas radica en que se planteó la misma ubicación para las cuatro antenas, y teniendo conocimiento que el patrón de radiación de las mismas presenta lóbulos laterales que pueden causar interferencia, se selecciona distintas frecuencias para mitigar dicho efecto y obtener mejor calidad del enlace.

Las bandas de frecuencias designadas a la comunicación punto – multipunto correspondiente al enlace de última milla que dará cobertura a la comuna de Tugadua se contempla en la Tabla 2.

REGIÓN 2	ECUADOR	
Banda MHz	Banda MHz	Rango MHz Nota EQA (resumen): Servicio (Sistema/Uso)
5250-5255 EXPLORACION DE LA TIERRA POR SATELITE (activo) RADIOLOCALIZACION INVESTIGACION ESPACIAL 5.447D MOVIL salvo móvil aeronáutico MOD 5.446A 5.447F 5.448A	5250-5255 EXPLORACION DE LA TIERRA POR SATELITE (activo) RADIOLOCALIZACION INVESTIGACION ESPACIAL 5.447D MOVIL salvo móvil aeronáutico MOD 5.446A 5.447F 5.448A	5250-5255 EQA.90: (MDBA Y Enlaces radioeléctricos de radiodifusión sonoras que utilizan técnicas MDBA)
5255-5350 EXPLORACION DE LA TIERRA POR SATELITE (activo) RADIOLOCALIZACION INVESTIGACION ESPACIAL 5.447D MOVIL salvo móvil aeronáutico MOD 5.446A 5.447F 5.448 ^a	5255-5350 EXPLORACION DE LA TIERRA POR SATELITE (activo) RADIOLOCALIZACION INVESTIGACION ESPACIAL 5.447D MOVIL salvo móvil aeronáutico MOD 5.446A 5.447F 5.448A	5255-5350 EQA.90: (MDBA Y Enlaces radioeléctricos de radiodifusión sonoras que utilizan técnicas MDBA)
5470-5570 EXPLORACION DE LA TIERRA POR SATELITE (activo) RADIOLOCALIZACION INVESTIGACION ESPACIAL 5.447D MOVIL salvo móvil aeronáutico MOD 5.446A 5.447F 5.448 ^a	5470-5570 EXPLORACION DE LA TIERRA POR SATELITE (activo) RADIOLOCALIZACION INVESTIGACION ESPACIAL 5.447D MOVIL salvo móvil aeronáutico MOD 5.446A 5.447F 5.448A	5470-5570 EQA.90: (MDBA Y Enlaces radioeléctricos de radiodifusión sonoras que utilizan técnicas MDBA)

Tabla 2. Banda de frecuencias correspondiente a 5200MHz [27]

Cabe recalcar que en la resolución TEL-560-18 –CONATEL -2010, emitida por la antigua CONATEL en el año 2010, indica en la sección de Anexo la norma para la implementación y operación de los sistemas según la banda de frecuencias a usar.

Con respecto a los valores de potencia y ganancias de la antena a usar para el diseño del enlace, en la sección de Anexo de la resolución antes mencionada, indica los valores de potencia pico máxima (mW), los mismos que se detallan en la Tabla 3.

Bandas de Operación (MHz)	Potencia Pico Máxima del Transmisor (mW)	P.I.R.E. (mW)
5250 – 5350	250 (punto – multipunto)	1000
5725 – 5850	1000	*

*En la misma resolución indica que los sistemas que operen la banda de 5725 – 5850MHz, pueden emplear antenas de transmisión con ganancias en el rango de 6 -23 dBi.

Tabla 3. Características Técnicas del Sistema [28]

3.5 Características de los equipos

Se investigó las características de distintos equipos según los fabricantes, buscando atributos como mayor alcance de cobertura en la banda de 5GHz, mayor potencia de transmisión y un costo asequible, encontrando como mejor opción la marca Cambium Network, seleccionando los equipos que se presentan en la Figura 3.10, cuyas especificaciones se muestran en el Anexo 2.

Para la banda de 5GHz este fabricante ofrece los siguientes equipos : el *ePMP FORCE 200 para 5 GHz* para el enlace punto – punto ofreciendo un mayor alcance entre la torre ubicada en la comuna y la estación base escogida, para la comunicación punto-multipunto es necesaria la intervención de los equipos, el *ePMP 1000 para 5 GHz* el cual actúa como punto de acceso y distribuye la comunicación hacia los suscriptores los cuales se enlazan al mismo mediante el *ePMP FORCE 180 para 5 GHz* el que deberá encontrarse en cada usuario final.



Figura 3.10. Equipos marca Cambium Network para el enlace punto - punto (1) y punto – multipunto (2). [29]

El estudio se realiza considerando la máxima potencia permitida por el equipo analizándolo como un caso extremo, permitiendo verificar que dichos valores se encuentran dentro de los márgenes regulatorios mencionados en la sección 3.4. Sin embargo, es importante mencionar que los equipos actuales vienen con una configuración de software que permite modificar dicha potencia según lo requerido.

Algunas de las especificaciones de los equipos antes mencionados se indican a continuación en las Figuras 3.11 y 3.12:

SPECTRUM	
Channel Spacing	Configurable on 5 MHz increments
Frequency Range	2.4 GHz Model: 2402 – 2472 MHz 5 GHz Model: 4910 - 5970 MHz
Channel Width	5 10 20 40 MHz
PERFORMANCE	
ARQ	Yes
Nominal Receive Sensitivity (w/FEC) @200MHz Channel	MCS0 = -92 dBm to MCS15 = -68 dBm (per branch)
Nominal Receive Sensitivity (w/FEC) @40MHz Channel	MCS0 = -89 dBm to MCS15 = -65 dBm (per branch)
Modulation Levels (Adaptive)	MCS0 (BPSK) to MCS15 (64QAM 5/6)
Quality of Service	Three level priority (Voice, High, Low) with packet classification by DSCP, COS, VLAN ID, IP & MAC Address, Broadcast, Multicast and Station Priority
Transmit Power Range	-15 to +30 dBm (combined, to regional EIRP limit) (1 dB interval)

Figura 3.11. Características de equipo para enlace punto – punto ePMP FORCE 200 5 GHz. [29]

Spectrum	
CHANNEL SPACING	Configurable on 5 MHz increments
FREQUENCY RANGE	5 GHz 4910 - 5970 MHz (exact frequencies as allowed by local regulations)
CHANNEL WIDTH	5 10 20 40 MHz
Performance	
ARQ	Yes
NOMINAL RECEIVE SENSITIVITY (W/FEC) @20MHZ CHANNEL	MCS0 = -93 dBm to MCS15 = -72 dBm (per branch)
NOMINAL RECEIVE SENSITIVITY (W/FEC) @40MHZ CHANNEL	MCS0 = -90 dBm to MCS15 = -69 dBm (per branch)
MODULATION LEVELS (ADAPTIVE)	MCS0 (BPSK) to MCS15 (64QAM 5/6)
QUALITY OF SERVICE	Three level priority (Voice, High, Low) with packet classification by DSCP, COS, VLAN ID, IP & MAC Address, Broadcast, Multicast and Station Priority
Link Budget	
TRANSMIT POWER RANGE	-17 to +30 dBm (combined, to regional EIRP limit) (1 dB interval)
INTEGRATED ANTENNA PEAK GAIN	16 dBi
MAXIMUM TRANSMIT POWER	30 dBm combined (subject to regional regulatory restrictions)

Figura 3.12 Características de equipo para enlace punto – multipunto ePMP FORCE 180 5 GHz. [29]

Como se puede observar este modelo permite operar en dos rangos de frecuencia dependiendo del modelo, en este caso para 5GHz es desde 4910 – 5970MHz y con lo mencionado en la sección 3.4 para el enlace punto – punto se usará una frecuencia de 5.8GHz y para el enlace punto – multipunto las frecuencias de operación 5.25GHz, 5.3GHz, 5.4GHz.

El valor de potencia puede ir en un rango desde -15 a 30 dBm y según los índices permitidos mencionado en la sección 3.4 el valor de potencia para ambos enlaces será de 30dBm. Los valores de ganancia especificados en la Hoja de características en el Anexo 2, es de 25 dBi para el enlace punto – punto y 17dBi en el punto – multipunto.

MCS	Spatial	Modulation	Coding	Data rate (Mbit/s)			
Index	Streams	type	rate	20 MHz channel		40 MHz channel	
				<u>800 ns</u> <u>GI</u>	<u>400 ns</u> <u>GI</u>	<u>800 ns</u> <u>GI</u>	<u>400 ns</u> <u>GI</u>
0	1	<u>BPSK</u>	½	6,5	7,2	13,5	15
1	1	<u>QPSK</u>	½	13	14,4	27	30
2	1	<u>QPSK</u>	¾	19,5	21,7	40,5	45
3	1	<u>16-QAM</u>	½	26	28,9	54	60
4	1	<u>16-QAM</u>	¾	39	43,3	81	90
5	1	<u>64-QAM</u>	2/3	52	57,8	108	120
6	1	<u>64-QAM</u>	¾	58,5	65	121,5	135
7	1	<u>64-QAM</u>	5/6	65	72,2	135	150
8	2	<u>BPSK</u>	½	13	14,4	27	30
9	2	<u>QPSK</u>	½	26	28,9	54	60
10	2	<u>QPSK</u>	¾	39	43,3	81	90
11	2	<u>16-QAM</u>	½	52	57,8	108	120
12	2	<u>16-QAM</u>	¾	78	86,7	162	180
13	2	<u>64-QAM</u>	2/3	104	115,6	216	240
14	2	<u>64-QAM</u>	¾	117	130	243	270
15	2	<u>64-QAM</u>	5/6	130	144,4	270	300

Tabla 4. Parámetros en función del Sistema de Modulación y Codificación

Otra característica clave es el Sistema de Modulación y Codificación conocido por las siglas MCS, que en este equipo va desde MCS0 a MCS15 como lo indica la Figura 3.11 y dependiendo del sistema que se tenga en los enlaces se obtendrá la Sensibilidad del receptor (dBm), la modulación, el tiempo de guarda

y la tasa de datos en función del ancho del canal como se puede observar en la Tabla 4.

Los equipos previamente mencionados serán utilizados para la implementación del enlace RF (Radio Frecuencia), sin embargo, para establecer llamadas desde un punto a otro es necesario la participación de equipos adicionales como el cnPilot R200 mostrado en la Figura 3.13; el cual es un ruteador para hogares con la característica de funcionar también como un ATA (Adaptador de Teléfono Análogo), cuya función es fundamental, ya que permite la conexión de un teléfono analógico a una red IP, evitando la necesidad de teléfonos IP para el proyecto y optimizando costo. Al ser un ruteador, ofrece también la administración de una red inalámbrica para hogares, lo cual es útil si se da la implementación de brindar adjunto al servicio de telefonía el servicio de Internet.



Figura 3.13. Características básicas del cnPilot 200 [30].

Algunas de las especificaciones de los principales del equipo antes mencionado se observan en la Figura 3.14:

FEATURES	R200	R200P
KEY INTERFACES		
TELEPHONE INTERFACES 2 FXS ports, RJ11	✓	✓
WAN	1 x 10/100 RJ45	
LAN	4 x 10/100BaseT, RJ45	
USB	1 USB 2.0 Host Port for shared printer or storage	
WIFI	2x2 Single band 11n 2.4 GHz	
SSIDs 4 Per Radio	4	
PoE OUTPUT Powering Cambium's PM 450 and ePMP Subscriber Module		✓
RESET BUTTON Factory reset button	✓	✓
LED INDICATORS: Power	✓	✓
WLAN	✓	✓
LAN 1-4	✓	✓
Phone 1-2	✓	✓

Figura 3.14. Especificaciones del cnPilot 200 [30]

Otro equipo imprescindible es el ruteador ZyXEL USG110, a pesar de que su principal función es la de encaminar la información proveniente de la llamada. Este equipo cuenta con una opción importante conocida como ALG (Application Layer Gateway), la cual es un componente que permite la administración de protocolos de aplicación específicos como SIP y FTP, analizando el tráfico, asignando y definiendo políticas dinámicas para permitir que el tráfico pase a través del Gateway, es decir, el flujo de las direcciones públicas asignadas por el operador.

De los protocolos mencionados, el más importante para este proyecto es el protocolo SIP el cual permite el establecimiento de las llamadas.

3.6 Diseño Punto–Punto para la comunicación hacia el exterior de la comuna de Tugaduaja

A continuación, se realizará el estudio de las condiciones de propagación, para esto nos apoyaremos en el software Link Planner, el cual permite conocer características del enlace tanto para la empresa pública como para la empresa privada.

3.6.1 Enlace Punto – Punto Empresa Pública

Como se mencionó en la sección 3.2, en el sector de Chanduy se encuentra una central telefónica perteneciente a la operadora pública, ubicada a 8,273 km de la comuna Tugaduaja, como se puede contemplar en la Figura 3.15.

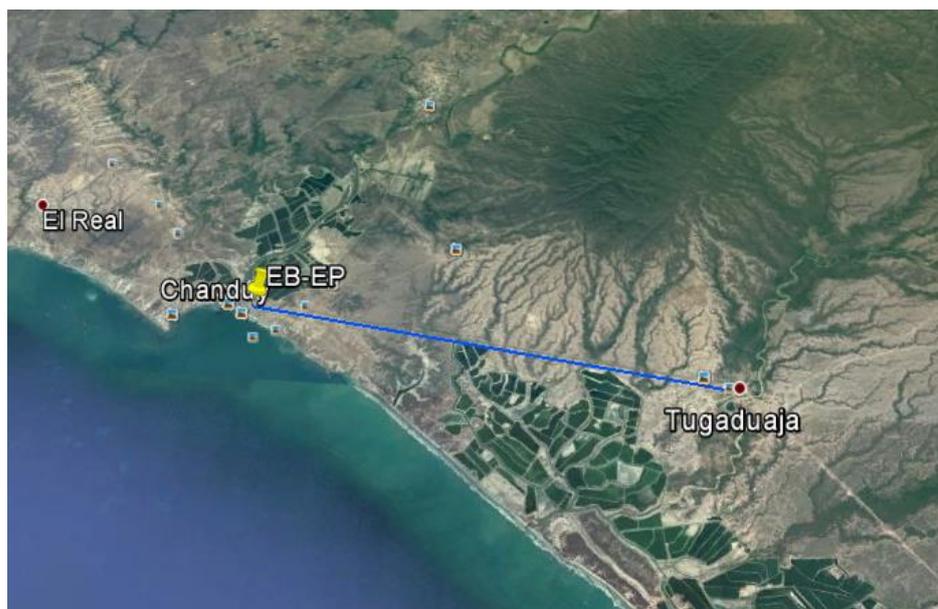


Figura 3.15. Línea de vista entre la Estación Base en Chanduy y la comuna de Tugaduaja

En esta central se encuentra una torre de aproximadamente 30 metros, lo que nos permitirá colocar la antena a una altura necesaria para el enlace.

Mediante el programa Cambium LINKPlanner se realizó la simulación del enlace entre los puntos antes mencionados, en este programa se puede

establecer la potencia de transmisión y frecuencia de operación los cuales tienen un valor de 30dBm, 15dBi y 5.8GHz respectivamente.

También es necesario indicar la altura de las antenas y la ubicación de los puntos mediante las coordenadas geográficas.

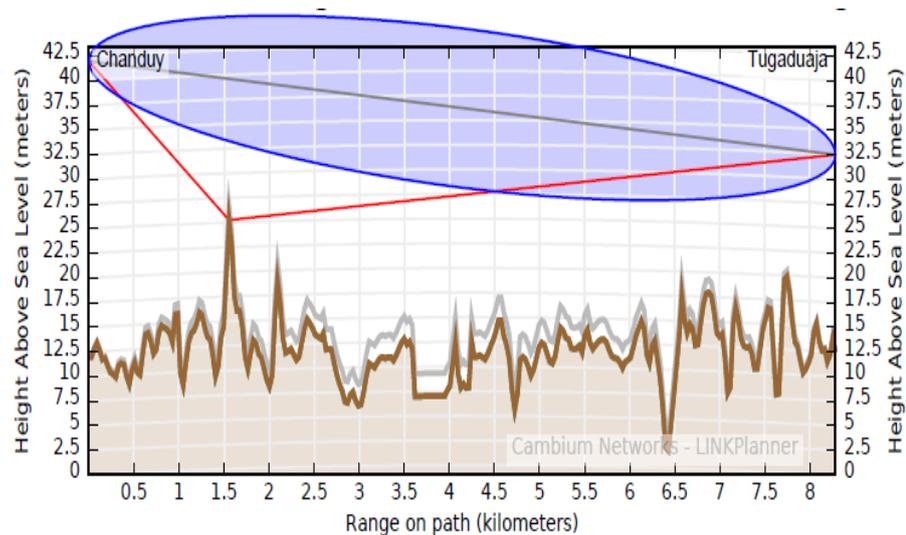


Figura 3.16. Zona de Fresnel Enlace Punto a Punto con la empresa Pública

Como se puede observar en la Figura 3.16, la altura de la antena en el punto de Chanduy es de 30 metros, pero en el programa indica 42,5 metros debido a que este punto se encuentra a 12,5 metros sobre el nivel del mar, lo mismo sucede en el punto de Tugaduaja en el que la antena está a 20 metros pero el punto está a 12.5 metros sobre el nivel de mar lo que da un total de 32,5 metros que es el valor que muestra el programa.

Los valores altura de las antenas mencionadas anteriormente se determinaron al observar que entre los puntos del enlace se encuentra un pico a 1,5 kilómetros de Chanduy, con una altura de 25 metros desde el nivel del mar y a su vez se realizó el análisis de línea de vista y de fresnel para el caso del obstáculo.

Primero se considerará **propagación de las ondas con línea de vista**, considerando la curvatura de tierra y se realizará el cálculo de la línea de vista con la siguiente ecuación [31]:

$$d \cong \sqrt{2rh} \quad (3.1.)$$

Sabiendo que el radio de la tierra es aproximadamente 3960 millas, la aproximación de tierra a usar es de $\frac{4}{3}$ y que h esta en pies, tenemos:

$$d \cong \sqrt{2\left(\frac{4}{3}3960\right)\frac{h}{5280}} \quad (3.2)$$

Teniendo como ecuación resultante:

$$d \cong \sqrt{2h}; \text{ donde } h(\text{ft}) \text{ y } d(\text{millas}) \quad (3.3)$$

Usando la ecuación 3.3. se realiza los cálculos de línea de vista en los siguientes sitios:

Central Telefónica de la Empresa Pública en Chanduy

$$h = 98,4252\text{ft} (30 \text{ m})$$

$$d \cong \sqrt{2h} \cong \sqrt{2(98,4252)} = 14.03 \text{ millas} = 22,57\text{km}$$

Torre en la comuna de Tugaduaja

$$h = 65,6168\text{ft} (20 \text{ m})$$

$$d \cong \sqrt{2h} \cong \sqrt{2(65,6168)} = 11.45 \text{ millas} = 18,42\text{km}$$

Los valores de distancia obtenidos, nos indican el alcance que tienen las antenas al ser ubicadas en las alturas antes indicadas, lo cual al tener solo 8,283km de distancia entre la central y la torre de la comuna se confirma la línea de vista en el enlace.

Por otro lado, es importante analizar la primera zona de Fresnel mediante la ecuación 3.4 [31], la cual nos permitirá analizar la línea de vista con respecto a los obstáculos a lo largo del enlace, en este caso tenemos un pico en el kilómetro 1,50 de aproximadamente 25 metros de altura sobre el nivel del mar.

$$F_1 = 17.3 \sqrt{\frac{d_1 d_2}{fd}} \quad (3.4)$$

$$F_1 = 17.3 \sqrt{\frac{(1.5)(6.783)}{(5.8)(8.283)}} = 7,96m$$

Como requerimiento se debe tener despejada el 60% de la primera zona de Fresnel, es decir del radio de 7,96 metros sería 4,77 metros y mediante el programa se puede observar como el pico no afecta a la zona de Fresnel.

En la figura 3.17 obtenida mediante el programa se puede observar valores característicos del enlace como la pérdida total, la ganancia del sistema, el margen de ganancia, la tasa de datos y el tamaño de la trama. El enlace presenta una pérdida total de 126.16, permitiendo una ganancia disponible del sistema de 158dB y un margen de ganancia 35.24dB, garantizando un enlace estable en caso de lluvias o interferencias a pesar de que tener un valor de 100% de Link Availability, el cual indica la disponibilidad del enlace y la calidad del mismo.

Frame Size:	1518 Bytes	Predicted Receive Power:	49dBm
System Gain Margin:	35.94dB	Mn IP Aviability Predicted:	100%
Free Space Path Loss:	126.06dB		
Total Path Loss:	126.16dB		

Figura 3.17. Parámetros del enlace Punto – punto con la empresa pública ubicada en Chanduy y la torre en Tugadujaja.

3.6.2 Enlace Punto – Punto Empresa Privada

Como se explicó previamente, se encontró la presencia de una Estación Base, perteneciente a una empresa privada de telecomunicaciones. Se pudo confirmar que cuenta con el servicio de enlace de datos y maneja una infraestructura de fibra óptica, permitiendo así la transmisión de información hacia el exterior. La misma, está ubicada a 9.63 km de la comuna de Tugaduaja, en el puerto de Chanduy como se exhibe en la Figura 3.18.

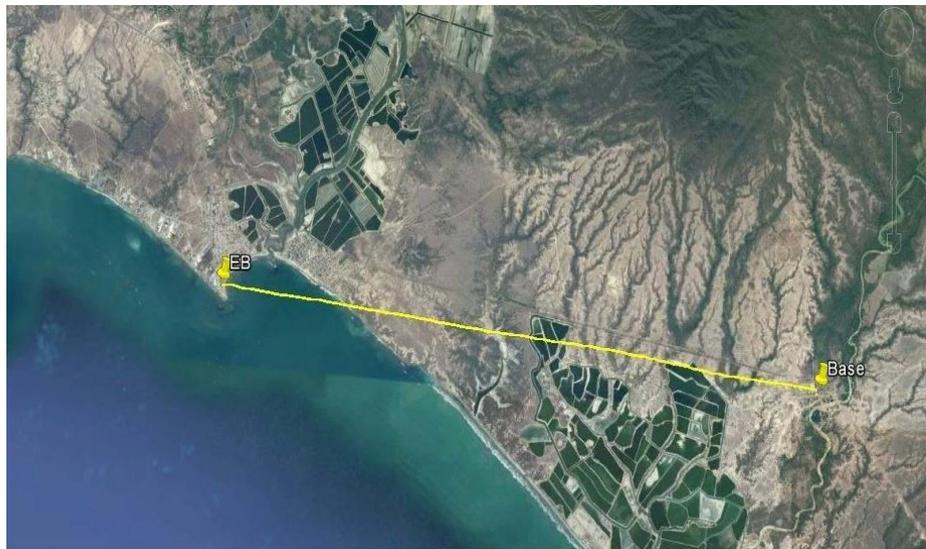


Figura 3.18. Línea de vista entre la Estación Base en el puerto Chanduy y la comuna de Tugaduaja

En la estación mencionada se encuentra una torre de la cual se podrá hacer uso para la instalación de la antena que permitirá la conexión punto a punto. Como altura prudente se consideró colocar la antena a 20 metros. Con este valor establecido, se realiza el estudio de una línea de vista existente entre los puntos, usando la ecuación 3.3.

Con una altura de la antena medida en pies, que en este caso es un valor de 65.61 fts, y obtenido como resultado la línea de vista máxima posible entre los puntos.

$$d \cong \sqrt{2h} \cong \sqrt{2(65,61)} = 11.45 \text{ millas} = 13,43\text{km}$$

Confirmando la existencia de línea de vista entre los puntos del enlace, dado que la separación entre estos es de 9,63 km.

Otro análisis importante al instalar un enlace, es la zona de Fresnel, la cual establece un radio desde la línea de vista, y exige un porcentaje del 60% libre de obstáculos para establecer correctamente la comunicación, para esto se toma en cuenta la elevación más grande en el camino y las distancias desde las antenas al mismo. A continuación, se detallan los cálculos realizados usando la ecuación 3.4.

$$F_1 = 17.3 \sqrt{\frac{(6.57)(3.06)}{(5.8)(9.63)}} = 10,36m$$

El valor obtenido como radio de Fresnel es de 10,36m, indicando la necesidad de un radio libre de 6.21m; para lograr esto, una altura estratégica de la antena debería ser este valor sumado a la altura del obstáculo con mayor elevación valor, el cual da como resultado 26m aproximadamente, escogiendo así como altura para la antena 30m y asegurando un enlace sin obstáculos como se evidencia en la Figura 3.19.

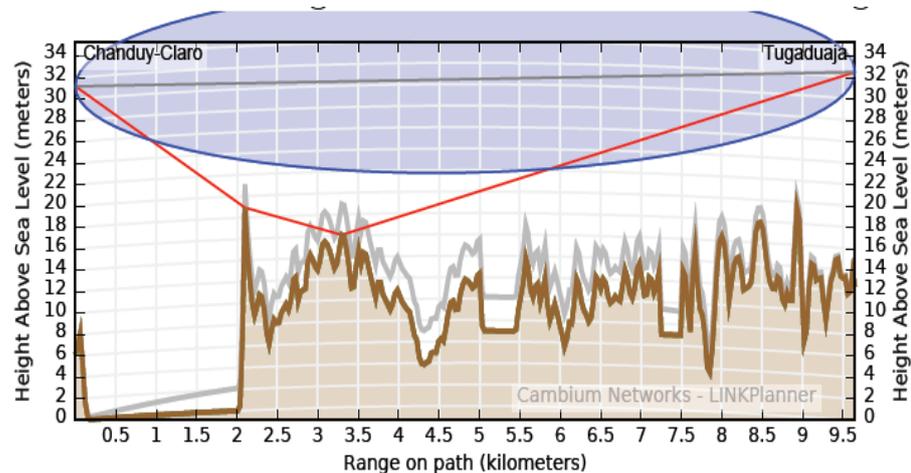


Figura 3.19. Detalles de en enlace Punto-Punto hacia la estación de la empresa privada.

El software permite conocer las características del enlace establecido, parámetros como la pérdida, la potencia, calidad del enlace, márgenes de ganancia, modificar la altura de las antenas, los cuales se resumen en la Figura 3.20.

Frame Size:	1518 Bytes	Predicted Receive Power:	54.80dBm
System Gain Margin:	34.60dB	Mn IP Aviability Predicted:	99.99%
Free Space Path Loss:	127.29dB		
Total Path Loss:	127.50dB		

Figura 3.20. Parámetros del enlace Punto – punto entre la torre de la empresa privada ubicada en Chanduy y la torre en Tugaduaja.

Previamente se especificó las características de los equipos, sin embargo, una ventaja del software es que se ingresa directamente el equipo a utilizar y este ya conoce los parámetros pertenecientes a este, como la ganancia de la antena, la potencia del transmisor y pérdidas por cables.

Sin embargo, como se especificó en el 3.4. la potencia es de 30Bm y la antena a usar posee una ganancia pico de 20dBi, sin embargo, este valor fue modificado a 15dBi ya que es lo necesario para una buena comunicación y hay que tener en cuenta que la EIRP debe registrarse a un valor permitido por los entes legales, valor explicado en la sección 3.4.

El enlace hacia la estación de la empresa privada presenta una calidad similar a la del dirigido hacia la empresa pública, la pérdida de camino es de 127.50 dB y se mantiene el excelente margen de ganancia de 34.60 dB.

3.7. Diseño del sistema Punto-Multipunto para brindar comunicación a la comuna de Tugaduaja.

3.7.1 Cálculo del ancho de banda necesario para la comunicación Punto - Multipunto.

Para el enlace punto – multipunto es necesario determinar el valor de ancho de banda del enlace en función de la intensidad de tráfico.

Primero se debe determinar el Volumen de tráfico mediante la ecuación 3.5:

$$V_T = c \cdot d_m \quad (3.5)$$

Donde c es la cantidad de solicitudes de servicio y d_m la duración media de cada llamada [21].

Para este proyecto se tomará como referencia que 150 casas en el sector usarán el servicio basándose en las encuestas realizadas en el sector y a los resultados obtenidos en el capítulo 2. También es necesario indicar la probabilidad de que las llamadas sean bloqueadas, lo cual indica el grado de servicios (GoS), lo cual como medida en nuestro país es de 0,01.

Para la duración media de cada llamada se estimará se realizan 2 llamadas de 5 minutos en una hora basado en los resultados obtenidos en las preguntas 3 y 4 de la encuesta realizada en las que indica la frecuencia con la que realizan llamadas los moradores del sector mediante la telefonía móvil y el gasto mensual.

Por lo tanto, $c = 150$ usuarios y usando la ecuación 3.6 [21] se determina la duración media de la llamada.

$$d_m = 2 \frac{\text{llamadas}}{\text{usuario}} * \frac{5 \text{ minutos}}{\text{llamada}} = 10 \frac{\text{minutos}}{\text{usuario}} \quad (3.6)$$

Reemplazando este valor en la Ecuación 3.5:

$$V_T = c \cdot d_m = 150 \text{ usuarios} * \frac{10 \text{ minutos}}{\text{usuario}} = 1500 \text{ minutos}$$

Para obtener la intensidad de tráfico (A) se usa la ecuación 3.7 [21], donde T es el periodo y la unidad esta en Earlang.

$$A = \frac{V_T}{T} = \frac{1500 \text{ minutos}}{60 \text{ minutos}} = 25 \text{ Erl} \quad (3.7)$$

Con este valor y mediante la tabla de Earlang B (Ver Anexo 3), la cual se usa para la probabilidad de que las llamadas bloqueadas sean eliminadas encontramos el número de canales.

Como podemos observar en la figura 3.21 se encontró el valor de los canales en función del de la probabilidad y el número de Earlang calculado, el cual es 25. Sin embargo, se usó el 25.51 siendo el aproximado más cercano ubicado en la tabla y obteniendo un total de 36 canales.

N/B	0.01	0.05	0.1	0.5	1.0
1	.0001	.0005	.0010	.0050	.0101
2	.0142	.0321	.0458	.1054	.1526
3	.0868	.1517	.1938	.3490	.4555
4	.2347	.3624	.4393	.7012	.8694
5	.4520	.6486	.7621	1.132	1.361
6	.7282	.9957	1.146	1.622	1.909
7	1.054	1.392	1.579	2.158	2.501
8	1.422	1.830	2.051	2.730	3.128
9	1.826	2.302	2.558	3.333	3.783
10	2.260	2.803	3.092	3.961	4.461
11	2.722	3.329	3.651	4.610	5.160
12	3.207	3.878	4.231	5.279	5.876
13	3.713	4.447	4.831	5.964	6.607
14	4.239	5.032	5.446	6.663	7.352
15	4.781	5.634	6.077	7.376	8.108
16	5.339	6.250	6.722	8.100	8.875
17	5.911	6.878	7.378	8.834	9.652
18	6.496	7.519	8.046	9.578	10.44
19	7.093	8.170	8.724	10.33	11.23
20	7.701	8.831	9.412	11.09	12.03
21	8.319	9.501	10.11	11.86	12.84
22	8.946	10.18	10.81	12.64	13.65
23	9.583	10.87	11.52	13.42	14.47
24	10.23	11.56	12.24	14.20	15.30
25	10.88	12.26	12.97	15.00	16.13
26	11.54	12.97	13.70	15.80	16.96
27	12.21	13.69	14.44	16.60	17.80
28	12.88	14.41	15.18	17.41	18.64
29	13.56	15.13	15.93	18.22	19.49
30	14.25	15.86	16.68	19.03	20.34
31	14.94	16.60	17.44	19.85	21.19
32	15.63	17.34	18.21	20.68	22.05
33	16.34	18.09	18.97	21.51	22.91
34	17.04	18.84	19.74	22.34	23.77
35	17.75	19.59	20.52	23.17	24.64
36	18.47	20.35	21.30	24.01	25.51

Figura 3.21. Parte de la tabla de Earlang B, para el valor de probabilidad y el número de canales

Para el ancho de banda total del enlace es necesario establecer el códec que se va usar, en este caso será el G.711, y la ecuación 3.8 [22] es la siguiente:

$$\text{Ancho de Banda total del enlace} = \text{Número de Erlang} * \text{Ancho de Banda Ethernet} \quad (3.8)$$

Información de códec				Cálculos de ancho de banda					
Velocidad de bits y códec (kbps)	Ejemplo de tamaño del códec (bytes)	Ejemplo de intervalo del códec (ms)	Mean Opinion Score (MOS)	Tamaño de la carga útil de voz (bytes)	Tamaño de la carga útil de voz (ms)	Paquetes por segundo (PPS)	Ancho de banda MP o FRF.12 (kbps)	Ancho de banda c/cRTP MP o FRF.12 (kbps)	Ancho de banda Ethernet (kbps)
G.711 (64 kbps)	80 bytes	10 ms	4,1	160 bytes	20 ms	50	82,8 kbps	67,6 kbps	87,2 kbps

Figura 3.22. Datos del CODEC G.711 [22]

Con el Ancho de Banda Ethernet proveniente de la figura 3.22, se calcula el ancho total del enlace utilizando la Ecuación 3.8:

$$25.81Erl * 87.2Kbps = 2.22Mbps$$

3.7.2 Diseño del enlace Punto – Multipunto hacia el usuario final.

El enlace Punto-Multipunto es el que tiene como función establecer la comunicación con los usuarios, la misma que estará establecida entre la torre ubicada como punto de acceso y cada uno de los hogares; la cobertura de la comuna de Tugaduaja se dividirá en 3 secciones, las cuales corresponden a los distintos puntos de acceso cada uno con 120 grados de cobertura lo cual se puede contemplar en la Figura 3.23. Para realizar los análisis de propagación se seleccionarán las casas ubicadas a los extremos de cada sector para analizar el peor caso posible.

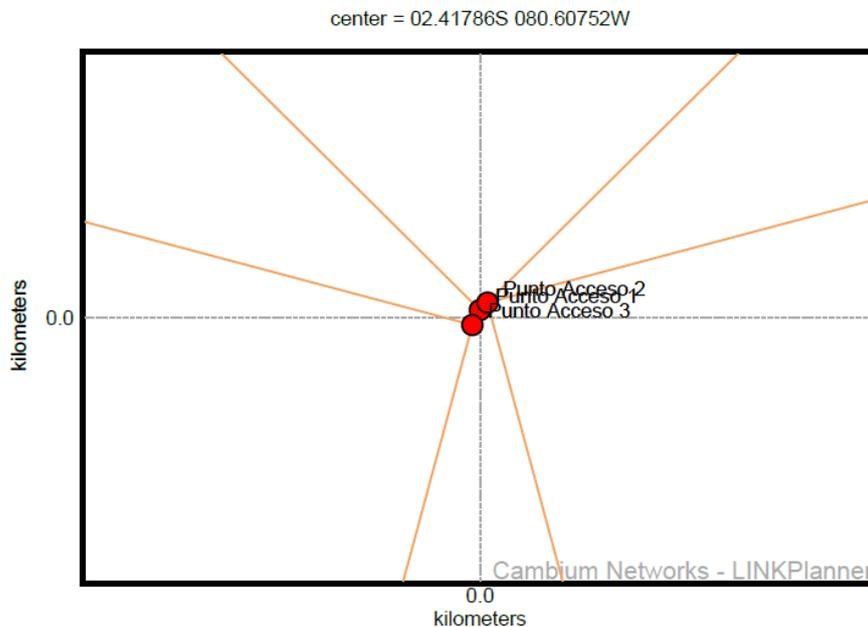


Figura 3.23. Descripción de la cobertura en Tugaduja

Para realizar el diseño, de igual manera que con el enlace Punto-Punto, se utilizó el software LinkPlanner el cual permitió ingresar los 3 suscriptores que representan al usuario final y serán utilizados como ejemplo para el diseño. Al ingresar los distintos suscriptores se establecen características de los enlaces como las frecuencias correspondientes. El ancho del canal el cual se estableció en 20MHz de acuerdo a las necesidades establecidas de acuerdo a las especificaciones del códec G.711, la resolución de la velocidad de subida y bajada del enlace, que a pesar que lo establecido para telefonía es 50/50 en busca de que siempre esté disponible 100Kbps en ambos sentidos, la calidad del enlace y el ancho de banda establecido permiten la facilidad de establecer dicha relación en 75/25, obteniendo la ventaja de ser la relación necesaria en caso de proveer el servicio de internet junto al de telefonía.

Otro parámetro importante a la hora de plantear el diseño del enlace es la altura de las antenas, la cual se consideró 10 metros basándose en

casa de dos pisos o en la implementación de un mástil para soporte de la misma.

En la información de cada suscriptor se logra ver información adicional como la EIRP que es de 36dBm, 22dBm, y 26dBm, valores que se relacionan con la potencia de transmisión y la ganancia de la antena, razón por la cual son valores diferentes. Como se explicó en las características de los equipos, actualmente estos presentan la facilidad de variar su potencia y ganancia según lo necesario, por lo que en nuestros suscriptores de ejemplo se presentaron potencias y ganancias de 20dBm y 13.1dBi para el suscriptor uno, 6dBm y 15.4dBi para el suscriptor 2 y 12dBm y 15.5dBi para el suscriptor 3. En la Figura 3.24 se muestra un ejemplo de los parámetros mostrados por un equipo suscriptor.

La variación en los mismos se debe a la distancia que existe entre el punto de acceso y cada suscriptor, el abonado de ejemplo uno se encuentra a 0.7km del punto de acceso y el dos y tres se encuentran a 0.2 y 0.4 kilómetros respectivamente, notando así la concordancia de estas distancias con las potencias y ganancias seleccionadas por el equipo.

Subscriber Module Equipment				
Region and Equipment Selection				
Band	Product	Country		
5.8 GHz	ePMP Force 180	Ecuador		
ePMP Force 180 Configuration				
Bandwidth	SM Range	Maximum Mod Mode	DL/UL Ratio	Frame Period
20 MHz	2 km	MCS15 (64QAM 0.83)	75/25	2.5 ms
	Max: 2 km			60
Max Registrations Allowed				
Antenna Configuration				
Antenna Selection		Antenna Height	Antenna Azimuth	Antenna Tilt
Cambium Networks 15° ePMP Force 180 (15.5dBi)		1.0 meters	98.4°	0.4° (uptilt)
		(Max height at site is 6.0 m)	(38.4° from boresight)	AP Antenna Gain
				13.1 dBi
Power				
EIRP	Power	Interference? <input type="checkbox"/>		
36 dBm	20 dBm			
(Limit is 53 dBm)	(Max Power is 30 dBm)			

Figura 3.24. Información del equipo suscriptor

Adicional a esto se permite observar la tabla de los índices MCS expuesta en la Figura 3.25 la misma que es utilizada por el equipo y relaciona la modulación y la velocidad establecida para el enlace. A cada

suscriptor se le asigna el MCS 1, ya que el códec a utilizar para establecer la llamada es el G.711 con un ancho de banda de 100Kbps y el MCS establece una modulación QPSK con 2.2Mbps de subida y 8.1Mbps de bajada lo cual es suficiente tanto para brindar telefonía como internet en el caso de expandir el servicio.

Performance Details														
Common details														
MCS:	MCS15	MCS14	MCS13	MCS12	MCS11	MCS10	MCS9	MCS7	MCS6	MCS5	MCS4	MCS3	MCS2	MCS1
Mode:	64QAM	64QAM	64QAM	16QAM	16QAM	QPSK	QPSK	64QAM	64QAM	64QAM	16QAM	16QAM	QPSK	QPSK
Payloads:	Dual	Single												
Aggregate Max Data Rate for 1 SM (Mbps):	103.3	93.0	82.7	62.0	41.3	31.0	20.7	51.7	46.3	41.3	31.0	20.7	15.7	10.3
Performance to Access Point														
Max Data Rate for 1 SM (Mbps):	22.5	20.2	18.0	13.5	9.0	6.7	4.5	11.2	9.9	9.0	6.7	4.5	3.0	2.2
Fade Margin (dB):	9.5	10.5	12.5	17.5	20.5	24.5	26.5	9.5	10.5	12.5	17.5	20.5	24.5	26.5
Mode Availability (%):	99.9994	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	100.0000
Receive Time in Mode (%):	99.9994	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Performance to Subscriber Module														
Max Data Rate for 1 SM (Mbps):	80.9	72.8	64.7	48.5	32.3	24.3	16.2	40.4	36.4	32.3	24.3	16.2	12.1	8.1
Fade Margin (dB):	10.5	13.5	15.5	20.5	23.5	26.5	29.5	13.5	15.5	17.5	22.5	26.5	30.5	31.5
Mode Availability (%):	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	99.9995	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	100.0000
Receive Time in Mode (%):	99.9995	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Figura 3.25. Tabla de índices MCS para el suscriptor uno establecida por el equipo

Finalmente, en lo que corresponde a la comunicación punto-multipunto se detallan los perfiles de los enlaces hacia los suscriptores en las Figuras 3.26, 3.27, 3.28 y se observan valores como un margen de ganancia alrededor de los 28dB, un promedio de perdida de camino menor a 100db gracias a las cortas distancias entre el punto de acceso y cada suscriptor, y se observa en cada enlace el índice MCS1 establecido respectivamente.

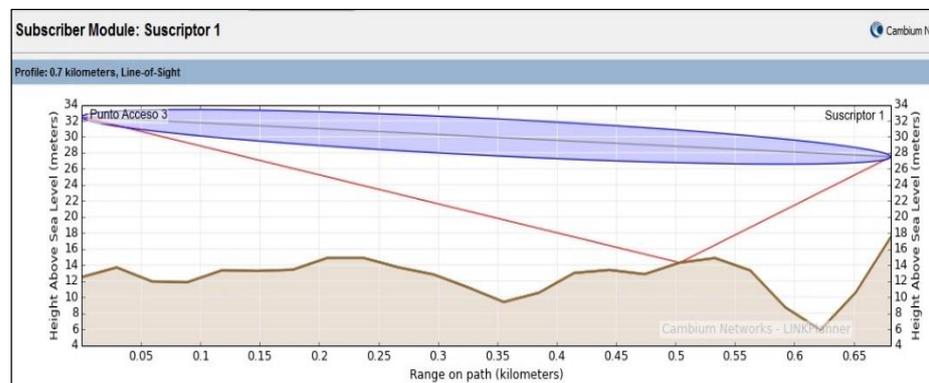


Figura 3.21. Perfil del enlace hacia el suscriptor 1

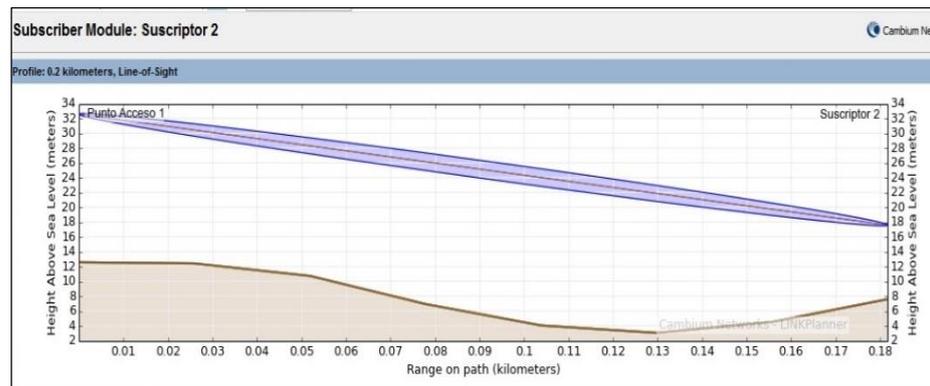


Figura 3.22. Perfil del enlace hacia el suscriptor 2

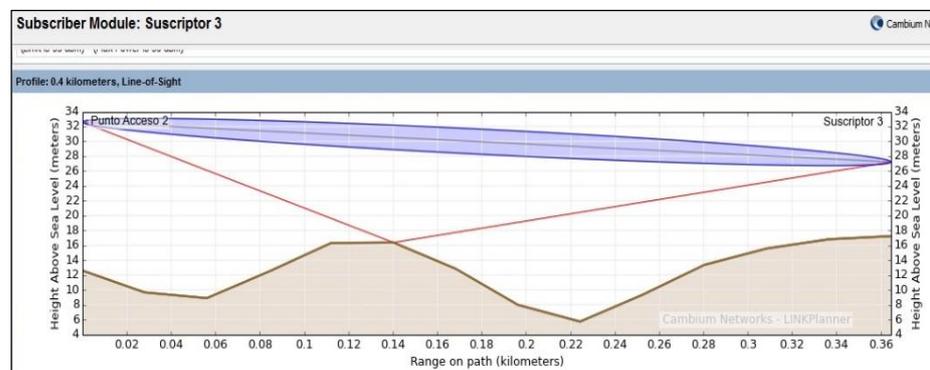


Figura 3.23. Perfil del enlace hacia el suscriptor 3

3.8 Configuración de los equipos

3.8.1 Configuración de los Radios como punto de acceso.

Una vez establecido el enlace y realizado los estudios de propagación, lo que permite la comunicación entre los distintos puntos es el establecer una red con direcciones privadas, teniendo en cuenta que cada usuario final tendrá una IP propia que le permita comunicarse con la estación.

En la sección 3.5 se mencionó los equipos a utilizar son los radios Cambium Network EPMP 1000, los que estarán ubicados como punto de acceso permitiendo la comunicación Multipunto, es decir este radio estará involucrado en la red establecida en la comuna de Tugaduaja. Para el enlace punto-punto se utiliza el equipo Cambium Network EPMP

FORCE 200 el cual presenta una configuración similar a los equipos utilizados para punto de acceso.

La configuración de estos dispositivos es gráfica, facilitando así el uso del mismo al servidor. Dentro de esta configuración grafica cuenta con las opciones de configuración de Radio, Calidad de Servicio (QoS), Sistema, Red y Seguridad, como se muestra a continuación en la Figura 3.29.

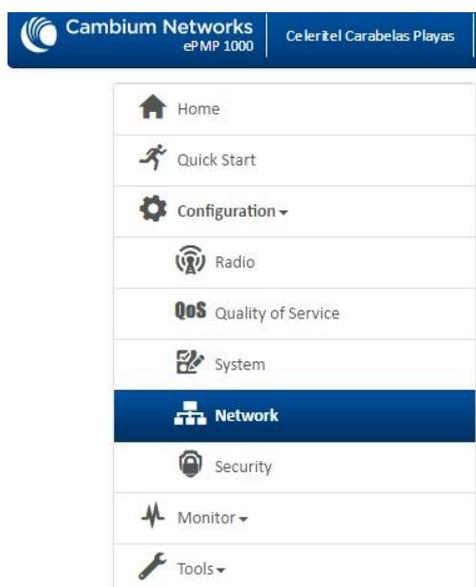


Figura 3.29. Opciones de configuración del Cambium EPMP 1000

Para poder describir la configuración accedió a equipos usados para establecer una red que provee servicio de Internet, por lo que se mostrará capturas de pantalla con una configuración establecida, sin embargo, se describirá como debería ser esta para un sistema de telefonía.

Para empezar, se especifica la configuración de red, donde se puede escoger la asignación de IPs de manera estática o mediante DHCP, para la red de telefonía se escogió una asignación estática. La configuración es la misma para los tres puntos de acceso que se establezcan para los distintos sectores y para el enlace Punto-Punto.

Los datos que cambian entre un punto de acceso y otro son las porciones de red, ya que se escoge distintas redes para que mediante las IPs asignadas al usuario poder identificar a que sector pertenece.

Para la comunicación en los enlaces multipunto utilizará las direcciones 192.168.2.0, 192.168.3.0, 192.168.4.0 y para el Punto-Punto la dirección 192.168.1.0, con un mascarará de 255.255.0.0 y sus respectivos Gateways. El escoger distintos segmentos de red facilita el solucionar los problemas en la misma, ya que permite saber de forma rápida en el sector al que corresponde el usuario si llegase a haber algún problema técnico.

En la figura 3.30 se logra observar la opción de crear VLANS, y como se mencionó previamente, una de las ventajas del proyecto es que una vez establecido, se puede plantear la alterativa de utilizar la misma red para proveer telefonía e internet, y en caso que así fuese se segmentaria la red para una mejor distribución de servicios, y se daría uso de las VLANS.

The image shows a web-based configuration interface for a network device. The breadcrumb navigation at the top reads "Configuration > Network". The main content is divided into two sections: "General" and "Virtual Local Area Network (VLAN)".

General Section:

- IP Assignment:** Radio buttons for "Static" (selected) and "DHCP".
- IP Address:** Text input field containing "192.168.240.157".
- Subnet Mask:** Text input field containing "255.255.255.0".
- Gateway:** Text input field containing "192.168.240.1".
- Preferred DNS Server:** Empty text input field.
- Alternate DNS Server:** Empty text input field.

Virtual Local Area Network (VLAN) Section:

- Management VLAN:** Radio buttons for "Disabled" (selected) and "Enabled".
- VLAN ID:** Text input field with a range indicator "min: 1 | max: 4094".
- VLAN Priority:** Text input field with a range indicator "min: 0 | max: 7".

Figura 3.30: Imagen de primera parte de configuración de Networking.

En la sección de QoS solo nos encontramos con la opción de Maximum Information Rate (MIR) y la opción de Traffic Priority como se observa en

la Figura 3.31, en las cuales la última opción es la más importante en el servicio de telefonía, porque al ser habilitada establece prioridad a la información transmitida por la llamada.

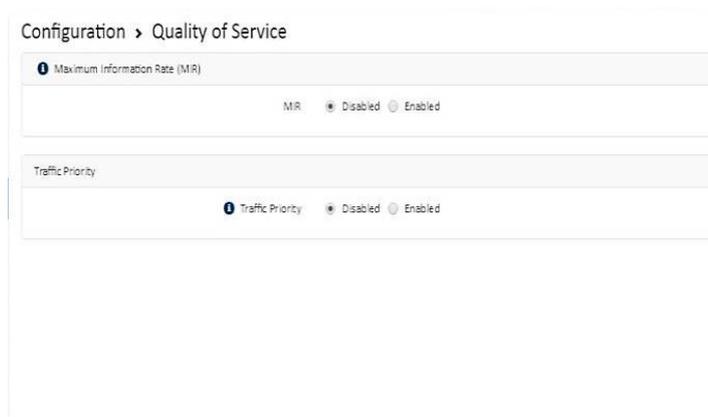


Figura 3.31: Imagen de la configuración de QoS.

En otra de las viñetas encontramos la configuración correspondiente al enlace RF, donde se especifica la función que tendrá el radio como punto de acceso, el tipo de enlace ya sea Punto-Multipunto o Punto-Punto, las unidades en las cuales mide el alcance, la frecuencia a utilizar en Megahercios la cual para el enlace Punto-Multipunto es de 5200[MHz] y para el Punto-Punto es de 5800[MHz], las frecuencias distintas evitan la interferencia ya que en la misma torre se ubicará el equipo para ambos enlaces.

En las siguientes figuras 3.32 y 3.33, se observa esta primera configuración tanto para Punto-Multipunto y para Punto-Punto, ya que en los parámetros mencionados los únicos cambios entre ambas configuraciones es el especificar el tipo de enlace y la frecuencia a utilizar y los parámetros de configuración restantes a especificar es igual para ambos equipos de los distintos enlaces RF.

Configuration > Radio

General

Radio Mode [?] Access Point
 Subscriber Module
 Spectrum Analyzer

Driver Mode TDD Standard WiFi ePTP Master TDD PTP

Country [?]

Range Unit Miles Kilometers

Access Point Configuration

SSID

Max Registrations Allowed subscribers | min: 1 | max: 120

Max Range kilometers | min: 1 | max: 64

Automatic Channel Selection Disabled Enabled

Channel Bandwidth 5 MHz 10 MHz 20 MHz 40 MHz

Frequency Carrier

Figura 3.32: Imagen de la primera parte de configuración de RF para PMP.

Configuration > Radio

General

Radio Mode [?] Access Point
 Subscriber Module
 Spectrum Analyzer

Driver Mode TDD Standard WiFi ePTP Master TDD PTP

Point-To-Point Access First Subscriber Module
 MAC Filtering

Country [?]

Range Unit Miles Kilometers

Access Point Configuration

SSID

Max Range kilometers | min: 1 | max: 64

Automatic Channel Selection Disabled Enabled

Channel Bandwidth 5 MHz 10 MHz 20 MHz 40 MHz

Frequency Carrier

Figura 3.33. Imagen de la primera parte de configuración de RF para PPT.

Otros parámetros de configuración referentes al enlace RF son las potencias y ganancias, en la figura 3.34 se puede observar como la potencia del Transmisor es de 30 dBm, la ganancia de la antena es de 15dBi, valores ya mencionados en la sección 3.4 y 3.5 al describir el diseño de propagación. La potencia a recibir está fijada en -55dBm, este

valor es importante, debido a que al establecer la potencia de recepción se evita un desperdicio de señal o pérdidas, ya que en caso de recibir una potencia por encima o debajo del valor establecido se envía un mensaje automático al equipo con el que se establezca la comunicación para que se modifique la potencia de transmisión.

The image shows a configuration interface for an RF link, divided into three main sections:

- Alternate Frequency Carrier:** This section allows for configuring two alternate frequency carriers. Each carrier has a dropdown menu for 'Alternate Frequency Carrier' (currently set to '-') and radio buttons for channel bandwidths: 5 MHz, 10 MHz, 20 MHz (selected), and 40 MHz.
- Power Control:** This section includes three input fields:
 - Transmitter Output Power:** Set to 30 dBm, with a range from -24 to 30 dBm.
 - Antenna Gain:** Set to 15 dB, with a range from 0 to 40 dB.
 - Subscriber Module Target Receive Level:** Set to -55 dBm, with a range from -80 to -40 dBm.
- Scheduler:** This section includes:
 - Downlink/Uplink Ratio:** Radio buttons for 75/25 (selected), 50/50, 30/70, and Flexible.
 - Frame Size:** Radio buttons for 2.5 ms and 5 ms.
 - Downlink Max Rate:** A dropdown menu set to MCS 9 - QPSK 1/2.
 - Management Traffic Rate:** Radio buttons for MCS0 and MCS1 (selected).

Figura 3.34. Imagen de la segunda parte de configuración del enlace RF.

Finalmente, logramos observar la relación Uplink/Downlink, en la figura se muestra este valor en 75/25 dado que es un ejemplo de una configuración para un servicio de internet, sin embargo, para el servicio de Telefonía tiene importancia tanto el flujo de subida como de bajada por lo que se está transmitiendo constantemente voz de un punto a otro, para una comunicación así la relación es 75/25. Finalmente, a continuación de ese parámetro se establece las velocidades y modulaciones limitando el flujo real de información al servicio a proveer, como se observa en la Figura 3.35 la cual muestra los parámetros solicitados para concluir la configuración.

The image shows a configuration interface with three main sections:

- Transmitter Output Power:** 30 dBm (min: -24, max: 30)
- Antenna Gain:** 15 dBi (min: 0, max: 40)
- Subscriber Module Target Receive Level:** -55 dBm (min: -80, max: -40)
- Scheduler:**
 - Downlink/Uplink Ratio: 75/25, 50/50, 30/70, Flexible
 - Frame Size: 2.5 ms, 5 ms
 - Downlink Max Rate: MCS 9 - QPSK 1/2
 - Management Traffic Rate: MCS0, MCS1
- Synchronization:**
 - Co-location Mode: Disabled, Enabled
 - Synchronization Source: GPS, CMM3, CMM4, Internal
 - Synchronization Holdoff Time: 30 sec (min: 20, max: 86400)

Figura 3.35: Imagen de la tercera parte de configuración de Networking.

3.8.2 Configuración del Suscriptor

Suscriptor es el nombre que recibe el radio que es utilizado en la última milla, es decir el que se encontrara en los hogares de los habitantes que contraten el servicio de telefonía. Dado que el equipo a utilizar es el mismo del punto de acceso, se puede contemplar en las imágenes que la configuración se realiza de igual manera, es decir, se cuenta con las opciones de Radio, Red y de más ya previamente mencionadas en la sección 3.8.1.

En la configuración correspondiente al Radio, se especifica que cumplirá una función de suscriptor dentro de una red multipuntos, configuración que se muestra en la Figura 3.36. Al asignarle dicha función se puede contemplar como las opciones del resto de configuración varían con respecto a la de un Radio utilizado como punto de acceso. A los suscriptores se les especifica el ancho de banda que será utilizado para la comunicación y según este parámetro se presenta un listado de rango de frecuencias que abarca el mismo como se contempla en la Figura 3.37.

En el caso del enlace a implementar para proveer el servicio de telefonía, al realizar el diseño de propagación se llegó a la conclusión de trabajar con un canal de 20MHz y la frecuencia de 5200 especificado en la sección 3.4.

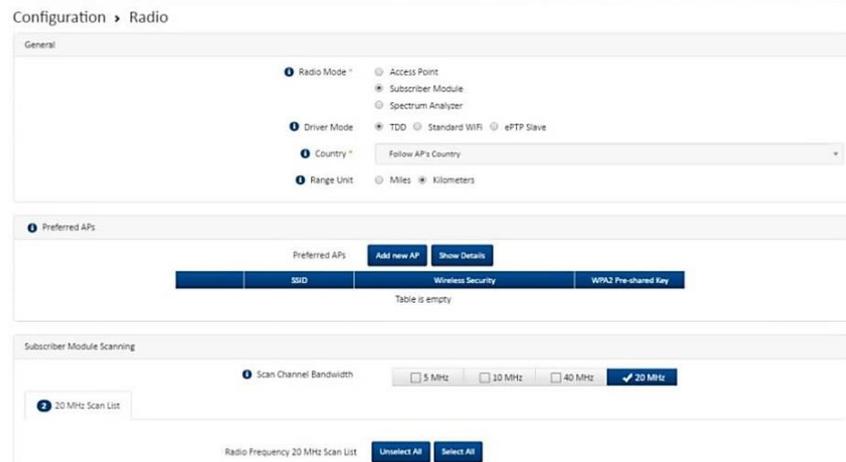


Figura 3.36: Imagen de la primera parte de configuración de Radio en un Subscriptor.

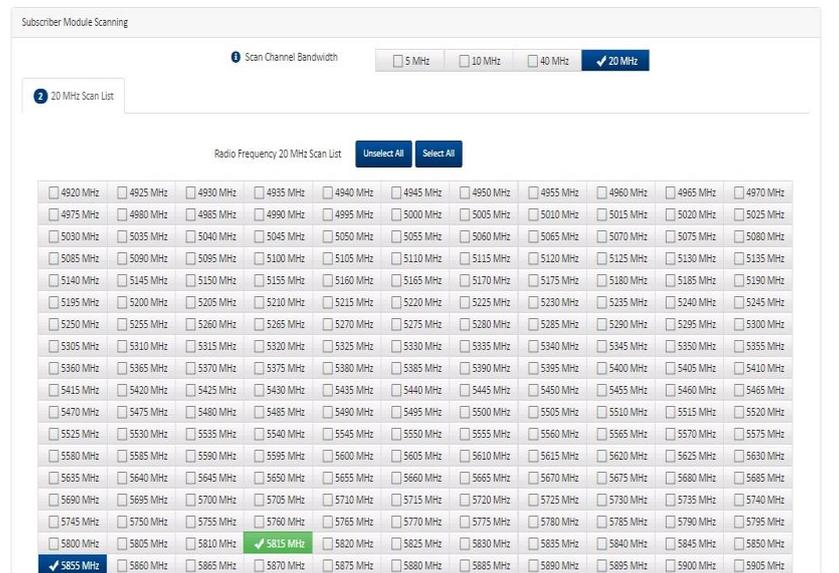


Figura 3.37: Imagen de la segunda parte de configuración de Radio en un Subscriptor.

Finalmente, en la sección de Radio, los últimos parámetros a configurar son potencias de transmisión, ganancia de la antena, umbral de recepción los mismos que fueron establecidos al realizar el diseño de propagación ya que corresponden a las características de los equipos a utilizar. En esta sección de la configuración también se es establecido velocidades máximas de transmisión, ya que permite asignar al cliente un límite en el flujo transmitido o recibido según lo contratado por el mismo. Dicha configuración solicitada se muestra en la Figura 3.38.

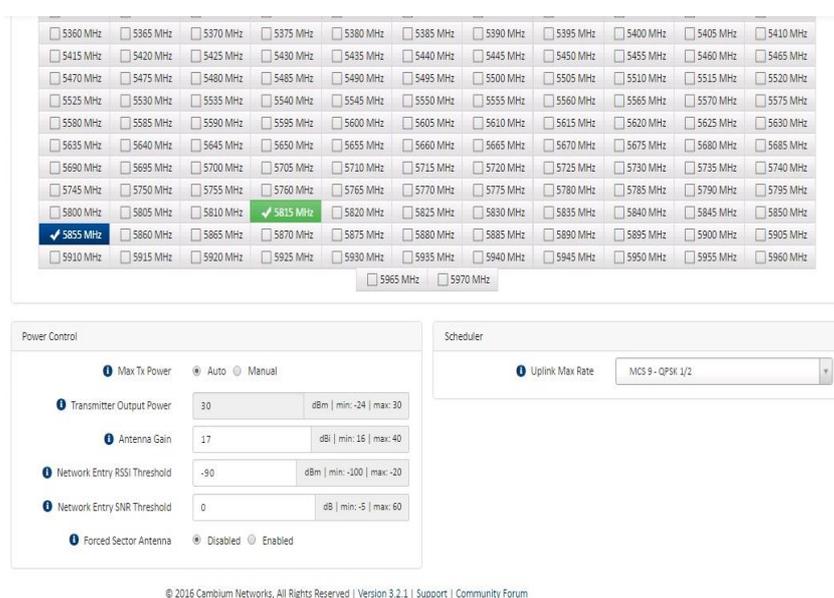


Figura 3.38: Imagen de la tercera parte de configuración de Radio en un Subscriber.

Con respecto a los parámetros correspondientes a QoS, System y Security, son iguales a la configuración especificada en el 3.6.1 en la cual el equipo trabaja como punto de acceso, siendo así la siguiente pestaña de configuración del subscriber a describir la de Network.

Al subscriber se lo configura con la función de Bridge como se puede observar en la Figura 3.39, es decir como "puente", este permitirá el flujo de toda la información entrante y saliente, ya que su función principal es el establecer una comunicación con el punto de acceso para poder realizar llamadas dentro y fuera de la comuna. La asignación de IP en

los equipos puede ser mediante DHCP o estática. A cada subscriber se le asignará una IP correspondiente a la red de acuerdo a su sector, la configuración de VLANS no será implementada y los protocolos se encuentran deshabilitados, como se muestra en la Figura 3.40.

La funcionalidad del equipo como Bridge hace que su configuración en Network no sea compleja; para entender mejor el funcionamiento de un equipo como bridge se hace la analogía a un cable, el cual permite el paso de toda la información sin realizar ningún tipo de filtrado, en este caso el equipo trabaja de la misma forma, sin embargo, lo que se establece es una comunicación inalámbrica, ofreciendo ventajas como bajo costo y poca relevancia hacia sector geográfico.

Configuration > Network

General

Network Mode NAT Bridge Router

IP Assignment Static DHCP

IP Address 192.168.30.41

Subnet Mask 255.255.255.0

Gateway 192.168.30.1

Preferred DNS Server 192.168.30.1

Alternate DNS Server

Ethernet Port Security Disabled Enabled

Secure MAC Limit 5 min: 1 | max: 254

MAC Aging Time 300 seconds | min: 0 | max: 1440

Virtual Local Area Network (VLAN)

Management VLAN Disabled Enabled

Management VLAN ID min: 1 | max: 4094

Management VLAN Priority min: 0 | max: 7

Data VLAN Disabled Enabled

Data VLAN ID min: 1 | max: 4094

Data VLAN Priority min: 0 | max: 7

Membership VLANs [Add](#) [Show Details](#)

VLAN ID Begin	VLAN ID End
Table is empty	

VLAN Mapping [Add](#) [Show Details](#)

C-VLAN	S-VLAN
Table is empty	

Ethernet Port

Ethernet MTU 1500 bytes | min: 576 | max: 1700

Ethernet Port Disabled Enabled

Figura 3.39: Imagen de la primera parte de configuración de Network en un Subscriber.

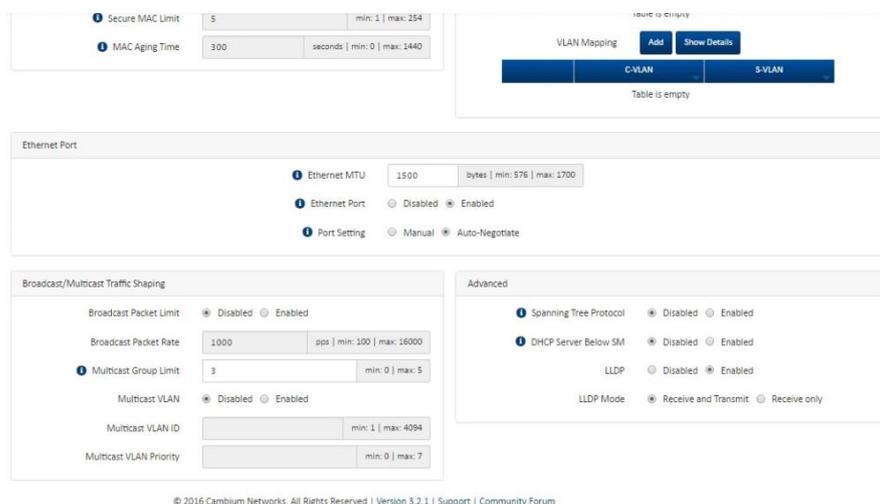


Figura 3.40: Imagen de la primera parte de configuración de Network en un Subscriber.

3.8.3 Configuración de equipos adicionales.

Entre los equipos necesario para el planteamiento de la solución también está el ruteador ZyXEL USG110; este equipo presenta una configuración gráfica, sin embargo compleja ya que obliga al programador a crear interfaces, redes, y objetos necesarios para el funcionamiento a realizar, aunque su uso en la red a establecer se enfoca principalmente en permitir el flujo del canal SIP proveniente de la operadora de telecomunicaciones, permitiendo así el tráfico de las IP publicas asignadas a los usuarios pertenecientes de las líneas telefónicas. Por otro lado, también permite el separar las redes LAN y WAN.

El equipo deberá contar con una configuración de asignación de puertos que permita administrar tres redes LAN, originadas de los distintos sectores de la comuna Tugaduaja, logrando que cada Radio cubra un ángulo de 120° y proporcionando así una cobertura a todo el sector. Incorporado a esta configuración también se debe establecer la red WAN, la cual será la encargada de la transmisión de información desde Tugaduaja hacia la estación de un operador.

CAPÍTULO 4

4. RESULTADOS DE IMPLEMENTACIÓN PROPUESTA

4.1 Calcular el costo-beneficio para poder determinar la factibilidad del proyecto

En esta sección del capítulo 4 referente a costos y beneficios se indicará los valores necesarios para poder calcular la tasa interna de retorno (TIR) y valor anual neto (VAN) y que permitirán establecer una conclusión sobre la viabilidad del proyecto.

Antes de empezar a detallar los ingresos, costos y valores contables es importante mencionar que la opción más factible para el financiamiento del proyecto planteado es recurrir a los fondos del Plan de Servicio Universal, el cual en el artículo 92 de la Ley Orgánica de Telecomunicaciones del Ecuador indica que:

“Las y los prestadores de servicios de telecomunicaciones, excepto los de radiodifusión, pagarán una contribución del 1% de los ingresos totales facturados y percibidos. Dicho aporte deberá ser realizado trimestralmente, dentro de los quince días siguientes a la terminación de cada trimestre de cada año calendario y la recaudación la realizará la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones.”

Este artículo menciona la obligación de las empresas de telecomunicaciones a dar un aporte del 1% de sus ingresos para la realización de proyectos comunitarios, dicho fondo que puede ser asignado al proyecto de provisión de servicio de telefonía a zonas rurales de difícil acceso geográfico.

Dentro de los análisis contables lo primero a establecer es la inversión inicial, la cual indica los valores necesarios para el proceso de operación de arranque, es decir el valor de los activos fijos indispensables para la implementación del plan mencionado.

Se realizó una investigación de mercado para constatar los costos de los equipos necesarios para la implementación del proyecto. En el listado de

activos detallado en la Tabla 5 referente a la inversión inicial, encontramos únicamente el valor de los equipos necesarios y previamente nombrados en el capítulo 3, no se menciona equipos de oficina o adicionales ya que el estudio realizado se enfoca en una propuesta hacia las operadoras de telecomunicaciones ya existentes y se basa en la supuesto existencia de suministros adicionales.

Inversión Inicial			
Activos	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
ePMP100 force 200 5GHz	2,00	\$250,00	\$ 500,00
Fuente de Poder	155,00	\$22,00	\$ 3.410,00
ePMP1000 5GHz	3,00	\$320,00	\$ 960,00
ePMP100 force 180 5GHz	150,00	\$195,00	\$ 29.250,00
cnPilot R200	150,00	\$145,00	\$ 21.750,00
Adaptador RJ45 [pack 100]	3,00	\$5,89	\$ 17,67
Cable UTP [pack 305m]	15,00	\$52,99	\$ 794,85
Mástil Usuario Final	150,00	\$6,00	\$ 900,00
Ruteador	1,00	\$700,00	\$ 700,00
UPS	1,00	\$350,00	\$ 350,00
Torre Punto de Acceso	1,00	\$1.992,00	\$ 1.992,00
Total			\$ 60.624,52

Tabla 5. Tabla de la Inversión Inicial de la propuesta.

De los activos fijos indicados se calcula una depreciación de acuerdo el tiempo de vida de cada producto dentro del inventario, se determinó un valor residual del 10% señalando que al finalizar el tiempo de vida del activo este tendrá un valor del 10% referente al primer año de vida.

La depreciación de los mismos varía según el activo y se muestra en la Tabla 6, por ejemplo, los equipos que establecen las comunicaciones tienen una depreciación de 15 años, mientras que las torres en los hogares tienen un tiempo de vida de 5 años y el cableado de 3 años, ya que se encuentran expuestos a factores climáticos y experimentan rápidas oxidaciones.

Descripción	Unidades	Valor	Total Valor Activos Despreciable	Periodo de Depreciación (ANUAL)	Valor Residual	Depreciación Anual	Año 2017	Año 2018	Año 2019	Año 2020	Año 2021
ePMP100 force 200 5GHz	2,00	\$ 250,00	\$ 500,00	15	\$ 50,00	\$ 30,00	\$ 30,00	\$ 30,00	\$ 30,00	\$ 30,00	\$ 30,00
Fuente de Poder	155,00	\$ 22,00	\$ 3.410,00	15	\$ 341,00	\$ 204,60	\$ 204,60	\$ 204,60	\$ 204,60	\$ 204,60	\$ 204,60
ePMP1000 5GHz	3,00	\$ 320,00	\$ 960,00	15	\$ 96,00	\$ 57,60	\$ 57,60	\$ 57,60	\$ 57,60	\$ 57,60	\$ 57,60
ePMP100 force 180 5GHz	150,00	\$ 195,00	\$ 29.250,00	15	\$ 2.925,00	\$ 1.755,00	\$ 1.755,00	\$ 1.755,00	\$ 1.755,00	\$ 1.755,00	\$ 1.755,00
cnPilot R200	150,00	\$ 145,00	\$ 21.750,00	15	\$ 2.175,00	\$ 1.305,00	\$ 1.305,00	\$ 1.305,00	\$ 1.305,00	\$ 1.305,00	\$ 1.305,00
Adaptador RJ45 [pack 100]	3,00	\$ 5,89	\$ 17,67	5	\$ 1,77	\$ 3,18	\$ 3,18	\$ 3,18	\$ 3,18	\$ 3,18	\$ 3,18
Cable UTP [pack 305m]	15,00	\$ 52,99	\$ 794,85	5	\$ 79,49	\$ 143,07	\$ 143,07	\$ 143,07	\$ 143,07	\$ 143,07	\$ 143,07
Mástil Usuario Final	150,00	\$ 6,00	\$ 900,00	3	\$ 90,00	\$ 270,00	\$ 270,00	\$ 270,00	\$ 270,00	\$ -	\$ -
Ruteador	1,00	\$ 700,00	\$ 700,00	15	\$ 70,00	\$ 42,00	\$ 42,00	\$ 42,00	\$ 42,00	\$ 42,00	\$ 42,00
UPS	1,00	\$ 350,00	\$ 350,00	15	\$ 35,00	\$ 21,00	\$ 21,00	\$ 21,00	\$ 21,00	\$ 21,00	\$ 21,00
Torre Punto de Acceso	1,00	\$ 1.992,00	\$ 1.992,00	5	\$ 199,20	\$ 358,56	\$ 358,56	\$ 358,56	\$ 358,56	\$ 358,56	\$ 358,56
							\$ 4.190,01	\$ 4.190,01	\$ 4.190,01	\$ 3.920,01	\$ 3.920,01
Porcentaje Valor Residual	10%										

Tabla 6. Cálculo de depreciación de los activos.

Una vez calculada la inversión inicial y la depreciación en un estudio realizado con respecto a 5 años, se elabora un pronóstico de ingresos, indicando el valor que la operadora recibiría por brindar el servicio de telefonía, para lo cual se estable una tarifa mínima que se deberá cobrar a los usuarios y un valor de la instalación.

Para este cálculo se planteó un supuesto de efectuar una instalación de 50 usuarios mensuales durante los primeros 3 meses, basado en las estadísticas planteadas en el capítulo 2, el cual menciona que la mitad de la población, es decir 150 hogares están dispuestos a adquirir dicho servicio, obteniendo los resultados mostrados en la Tabla 7.

Año 1				
Mes	Concepto	Cantidad	Valor	Total
Enero	Vivienda	50	\$ 38,00	\$ 1.900,00
Febrero	Nuevos Contratos	50	\$ 38,00	\$ 1.900,00
Febrero	Vivienda	50	\$ 8,00	\$ 400,00
Marzo	Nuevos Contratos	50	\$ 38,00	\$ 1.900,00
Marzo	Vivienda	100	\$ 8,00	\$ 800,00
Abril	Vivienda	150	\$ 8,00	\$ 1.200,00
Mayo	Vivienda	150	\$ 8,00	\$ 1.200,00
Junio	Vivienda	150	\$ 8,00	\$ 1.200,00
Julio	Vivienda	150	\$ 8,00	\$ 1.200,00
Agosto	Vivienda	150	\$ 8,00	\$ 1.200,00
Septiembre	Vivienda	150	\$ 8,00	\$ 1.200,00
Octubre	Vivienda	150	\$ 8,00	\$ 1.200,00
Noviembre	Vivienda	150	\$ 8,00	\$ 1.200,00
Diciembre	Vivienda	150	\$ 8,00	\$ 1.200,00
TOTAL				\$ 17.700,00

Tabla 7. Pronóstico de Ingresos del primer año

Complementario al valor mencionado se establece un aumento en las ganancias de 4, 5 y 6 por ciento en los años consecutivos, mediante la suposición de que al año de 6 a 9 hogares adicionales soliciten el servicio a brindar, datos que se presentan en la Tabla 8.

Incremento al año 2	4%	AÑO 2	\$	18.408,00
Incremento al año 3	5%	AÑO 3	\$	19.328,40
Incremento al año 4	6%	AÑO 4	\$	20.488,10
Incremento al año 5	6%	AÑO 5	\$	21.717,39

Tabla 8. Incremento de ingreso en los años consecutivos al año 1.

Para tener conocimiento de los valores de operación contable y del beneficio de explotación que presentara la realización del proyecto, se establece un cálculo de pérdidas y ganancias donde se especifican los costos anuales que se introducirán. Dentro de estos se encuentran el alquiler debido a la localización de la torre de punto de acceso en una casa de dos pisos de la comuna y con un incremento del mismo de 10% anual, el mantenimiento de equipos y el pago del uso de frecuencias MDBA, ya que a pesar de ser no licenciadas presentan un costo de \$5 mensuales por cada frecuencia a utilizar, dando un total de \$20 mensuales debido a las distintas comunicaciones tanto punto-punto y los tres sectores punto-multipunto, siendo un costo de \$240 anuales como se observa en la Tabla 9.

Los valores obtenidos mediante un total de costos junto con la depreciación son restados al ingreso de cada año dando como resultado el beneficio neto del proyecto en estudio.

Año	2017	2018	2019	2020	2021
Ingresos	\$ 17.700,00	\$ 18.408,00	\$ 19.328,40	\$ 20.488,10	\$ 21.717,39
Costos					
Alquiler	\$ 600,00	\$ 660,00	\$ 726,00	\$ 798,60	\$ 878,46
Mantenimiento de equipos	\$ 300,00	\$ 300,00	\$ 300,00	\$ 300,00	\$ 300,00
Liencias de MDBA	\$ 240,00	\$ 240,00	\$ 240,00	\$ 240,00	\$ 240,00
Total Costos	\$ 1.140,00	\$ 1.200,00	\$ 1.266,00	\$ 1.338,60	\$ 1.418,46
Utilidad Bruta	\$ 16.560,00	\$ 17.208,00	\$ 18.062,40	\$ 19.149,50	\$ 20.298,93
Depreciacion	\$ 4.190,01	\$ 4.190,01	\$ 4.190,01	\$ 3.920,01	\$ 3.920,01
Resultado Neto	\$ 12.369,99	\$ 13.017,99	\$ 13.872,39	\$ 15.229,49	\$ 16.378,92

Tabla 9. Pérdidas y ganancias de la implementación del estudio.

DETALLE	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
UTILIDAD NETA		\$ 12.369,99	\$ 13.017,99	\$ 13.872,39	\$ 15.229,49	\$ 16.378,92
INVERSION INICIAL	\$ 60.624,52					
REINVERSION						
DEPRECIACION		\$ 4.190,01	\$ 4.190,01	\$ 4.190,01	\$ 3.920,01	\$ 3.920,01
SALDO DE CAJA	\$-60.624,52	\$ 16.560,00	\$ 17.208,00	\$ 18.062,40	\$ 19.149,50	\$ 20.298,93

Tabla 10. Flujo de caja.

El flujo de caja que se exhibe en la Tabla 10, permite tener una idea del saldo restante teniendo en cuenta la utilidad neta y la depreciación, en este cálculo se plantea el año 0, donde solo se toma en cuenta la inversión inicial para luego en los años continuos calcular un ingreso, el mismo que ya se empieza a ver afectado por la depreciación, sin embargo, se obtienen valores altos como resultado de saldo de caja.

Finalmente, como objetivo de todos los cálculos previamente realizados, se encuentra el TIR, el VAN y el punto de equilibrio. El punto de equilibrio indica el valor de ingreso necesario para que la empresa no presentes perdidas. El TIR hace referencia a una tasa de retorno, la cual es comparada con la tasa del banco central del 12%.

Esta comparación determina la viabilidad del estudio, ya que una tasa mayor al 12% indica una rentabilidad mayor al invertir en el proyecto a ingresar el dinero en el banco, y el VAN es un valor que se trae de futuro, el cual si es positivo

señala que la inversión realizada presenta beneficios incluso para reinversión en el futuro.

Para encontrar los valores del TIR, VAN y el Punto de Equilibrio se realizó previamente el cálculo del total de costos referente a los 5 años de estudio indicado en la Tabla 11.

	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Ingresos	\$ 17.700,00	\$ 18.408,00	\$ 19.328,40	\$ 20.488,10	\$ 21.717,39
Costos Fijos	\$ 1.140,00	\$ 1.200,00	\$ 1.266,00	\$ 1.338,60	\$ 1.418,46
Costos Variables	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Total de Costos	\$ 1.140,00	\$ 1.200,00	\$ 1.266,00	\$ 1.338,60	\$ 1.418,46
Total	\$ 16.560,00	\$ 17.208,00	\$ 18.062,40	\$ 19.149,50	\$ 20.298,93

Tabla 11. Ingresos y costos para el cálculo del TIR y VAN

Punto de equilibrio	\$ 1.140,00
Tasa del Bco Central	12%
TIR	15%
VAN	\$125.672,82

Tabla 12. Resultados del punto de equilibrio, TIR y VAN

Con los resultados mostrados en la Tabla 12, de un TIR de 15% y un VAN de \$125.672,82 mediante los parámetros previamente mencionados, se permite concluir que el plan de provisión del servicio de telefonía a zonas rurales se considera un proyecto viable para la operadora a implementar.

4.2 Resultados

Para la realización de este proyecto, enfocado en proveer el servicio de telefonía fija en zonas con baja densidad poblacional, se tomó como sector de análisis la comuna de Tugaduaja ubicada en la provincia de Santa Elena.

Esta comuna, al igual que otras existentes en el país, carecen de recursos para su desarrollo y diario vivir, como es el caso de los servicios de telecomunicaciones que permiten la comunicación hacia el exterior de las comunas y el acceso a la información.

El análisis comparativo realizado se basó en los aspectos Regulatorios, Técnicos y Económicos, para la provisión del servicio antes mencionado, obteniendo los siguientes resultados:

Consideraciones Regulatorias

Tomando como punto de partida los artículos de la Constitución de la República del Ecuador que hacen relación al acceso universal de las tecnologías de la información, en la Ley Orgánica de las Telecomunicaciones (LOT) se menciona el Plan de Servicio Universal a cargo del Ministerio de Telecomunicaciones y Sociedad de la Información.

Este Plan da prioridad a las áreas geográficas donde existe menor cobertura de los servicios de telecomunicaciones, así como también con menos ingresos, por lo tanto, según los resultados obtenidos en encuesta realizada en la comuna, Tugaduaja está dentro las áreas geográficas de prioridad.

Como indica la LOT, el Plan puede ser ejecutado por empresas públicas o contratados con empresas mixtas, privadas o de la economía popular y solidaria, que estén habilitadas para proveer este servicio, es decir que consten con el título habilitante correspondiente.

Con los antes mencionado se ofrece este proyecto como solución que puede ser implementada por las empresas ya existentes u otras que se puedan crear que consten con el título habilitante para ofrecer el servicio de telefonía fija y a diferencia del servicio de telefonía ya existen, este tiene un enfoque comunitario en él se puede implementar con la contribución del 1% de los ingresos totales facturados y percibidos de los prestadores de servicios de telecomunicaciones.

Otra diferencia es que esta solución es inalámbrica siendo exento de los artículos correspondientes a las obligaciones que se tiene al implementar redes físicas y que el uso de frecuencias, al ser una zona alejada puede ser en las bandas libres ya que no interfieren con otras frecuencias y para su uso no se necesita de un nuevo título habilitante ni de un registro.

Desenlace Técnico

Para proponer la solución, primero se hizo un reconocimiento de la zona buscando analizar la factibilidad de diseñar una red física, pero las condiciones de la comuna, como la carencia de acceso directo a todos los domicilios presentes, es uno de los factores que no permitirían desarrollar una solución para un servicio de telecomunicaciones a un menor costo y tiempo.

La solución propuesta en este proyecto es inalámbrica y para realizar el diseño de las redes Punto – Punto y Punto – Multipunto, primero se hizo un reconocimiento de las empresas tanto públicas como privadas que ofrecen el servicio de telefonía fija en zonas cercanas a la comuna para establecer las distancias entre el operador y la comuna.

Analizando los equipos disponibles en el mercado, se optó por usar de la marca Cambium Network, los cuales tienen un software integrado que permite una mejor gestión de los parámetros de los enlaces como se describe en la sección 3.8.

Estos equipos trabajan en sistemas de modulación y codificación (MCS) con índice de 0 – 15, permitiendo así obtener el valor de sensibilidad del receptor. Con estos índices se puede obtener el tipo de modulación en función del ancho de canal y la tasa de datos.

Para este proyecto se usó un ancho de canal de 20MHz para el diseño de los enlaces y en el caso del enlace Punto - Punto de acuerdo a los cálculos obtenidos en la sección 3.7.1 el ancho total del enlace es de 2Mbps, lo cual según la tabla 2, se trabajaría con un índice MSC 0, con una modulación BPSK y una tasa de codificación de $\frac{1}{2}$. Cabe recalcar que estos valores pueden ser modificados en el caso de tener más suscriptores, ya que el ancho de banda depende de esta cantidad.

Para el caso del enlace Punto – Multipunto, este valor se mantiene fijo ya que depende del códec a utilizar para establecer la llamada es el G711 con un ancho de banda de 100Kbps, por lo tanto, el índice MSC es 1.

Evaluación de costos

Para determinar el costo-beneficio del proyecto, primeramente, se realizó un estudio de mercado, analizando distintas proformas de algunos proveedores de los equipos a utilizar el cual se detalla en la Tabla 4 mostrando el valor necesario para la inversión inicial, consiguiente a esto se procedió a calcular la depreciación de los equipos como activos fijos, elaborando así un pronóstico de ingresos basado en un estudio con respecto a 5 años que permita establecer una tarifa mínima considerando la asequibilidad del usuario y logrando viabilidad en el proyecto.

Mediante la elaboración del flujo de caja se calculó la utilidad neta que ofrece el proyecto, teniendo en cuenta los costos fijos, variables y la depreciación de los activos fijos. Estos datos contables son los que intervienen en el momento de calcular el TIR Y VAN, los culés son indicadores de viabilidad económica, siendo estos en el estudio realizado de 15% y \$125.672,82 indicando viabilidad en la solución planteada.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La solución desarrollada en este proyecto para ofrecer el servicio de telefonía fija es inalámbrica y comparada con las infraestructuras clásicas, es decir alámbricas, es una solución factible para dar cobertura a zonas rurales, debido a que algunos sectores presentan difícil acceso geográfico por la falta de especificidades urbanas como la falta de una estructura organizada de calles que impiden que el tendido de las redes sea definido concretamente.

De acuerdo al diseño técnico realizado, las distancias cortas desde la comuna de Tugaduaja hacia las estaciones bases escogidas, permiten establecer un enlace con bajos niveles de pérdidas obteniendo así un margen promedio de ganancia del sistema de 35.27 dB y dentro de la comuna las distancias entre el punto de acceso y el suscriptor son menores a 1km permitiendo así tener niveles de recepción altos y de buena calidad al no tener interferencias.

En el enlace punto-multipunto que ofrece la cobertura dentro de la comuna de Tugaduaja, se necesita un ancho de banda de 100kbps al usar el códec G.711, con un ancho de canal de 20MHz, se usó el índice MCS 1 el cual es el mínimo índice y tiene un ancho de banda mayor al requerido, y a su vez al tener distancias cortas permite niveles de recepción altos.

La inversión inicial necesaria para expandir el servicio de telefonía fija a los sectores rurales de manera alámbrica es mayor a la necesaria para una comunicación inalámbrica, ya que la implementación alámbrica requiere de un previo tratado de calles y cableado mientras que la inalámbrica hace uso únicamente de frecuencias establecidas.

La solución planteada es viable económicamente, ya que el análisis contable basado de estudio de 5 años de costos e ingresos dio como resultado que la inversión inicial de \$60.624,52 se recuperaría con una tasa interna de retorno del 15% siendo la misma más alta en comparación a una tasa pasiva del 12% perteneciente al banco central.

Se recomienda al elaborar el diseño de los enlaces, para el caso de zonas despejadas, el uso de frecuencias en las bandas libres para optimizar el proceso regulatorio y las tarifas por el uso de frecuencias, debido a que el pago por frecuencias no licenciadas es solo por registros con un costo por frecuencia que esta alrededor de \$5 mensuales.

Con los niveles de recepción altos en el enlace punto – multipunto y el ancho de banda excedente al usar la mínima modulación con el índice MSC 1, se recomienda que, con los mismos equipos no solo se implemente el servicio de telefonía fija sino también el de internet.

En este proyecto se recomiendan los equipos usados para el desarrollo del mismo, sin embargo, en el caso de optar por equipos con otras características o fabricantes, se deben mantener las siguientes características:

1. Ajuste a los Nivel de Recepción
2. Ruteador del suscriptor con el Adaptador de Teléfono Análogo (ATA).
3. En el caso de no tener el ATA incluido proveer al suscriptor el adaptador.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] ARCOTEL (2016, Agosto). Índice – Servicio de Telefonía por tipo de Acceso [Online]. Disponible: <http://www.arcotel.gob.ec/servicio-de-telefonía-fija/>
- [2] INEC. Tabulados Censales: Población por área, según provincia, cantón y parroquia de empadronamiento [Online]. Disponible en: <http://190.152.152.74/informacion-censal-cantonal>
- [3] Desarrollando Ideas. Terremoto en Ecuador. La importancia de la Comunicación en catástrofes [Online]. Disponible en: http://www.desarrollandoideas.com/wpcontent/uploads/sites/5/2016/06/160606_DI_articulo_catastrofes_ecuador_ESP.pdf
- [4] José María Hernando Rábanos, Luis Mendo Tomás, José Manuel Riera Salís, “Comunicaciones móviles”, Centro de Estudios Ramón Areces, Madrid, 1997, pp. 637 - 638
- [5] Richard Orozco, Néstor Arreaga, “Análisis y diseño de una red Inalámbrica para ANDEC”, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil
- [6] Roman Lara,” Estudio y diseño de una red inalámbrica para la empresa Dataradio Telecomunicaciones, que cubrirá a Quito, Calderón y Guachala Cayambe”, Escuela S Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, 2001
- [7] Magno Orozco, “Tecnología Inalámbrica de Banda Ancha con alta velocidad WiMax (Estándares IEE 802.16X)”, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, 2008.
- [8] Jorge González, “Diseño de un proveedor de servicio de internet inalámbrico”, UTPL, Quito, 2010
- [9] Roy Aguilar, Melissa Guerrero, Ricardo Rendón, “Diseño de un proveedor de servicios de Internet inalámbrico usando la tecnología de Spread Spectrum, para la ciudad de Machala, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, 2004.
- [10] Sergio R. Caprile, “Equisbí: Desarrollo de aplicaciones con comunicación remota basadas en módulos ZigBee y 802.15.4”, Gran Aldea Editores, 2009

- [11] José Joaquín López –Hermoso, “Informática aplicada a la gestión de empresas”, ESIC Editorial, Madrid, 2000.
- [12] Ibersystem, Redes WiMAX [Online], Disponible en:
<http://www.redeswimax.info/>.
- [13] Loutfi Nuaymi, “WiMAX: Technology for Broadband Wireless Access”, Wiley, Francia, 2007, pp.42
- [14] Quarea Voz Datos IP, ¿Qué es telefonía IP? [Online]. Disponible en:
<http://www.quarea.com/es/que-es-telefonía-ip>
- [15] Servicom tecnología a su servicio, Telefonía IP [Online], Disponible en:
<http://www.servicomecuador.com/servicios/telefonía-ip/>
- [16] Telefonía Voz IP, Códec Voip[Online], Disponible en:
<http://www.telefoniavozip.com/voip/codecs-voip.html>
- [17] 3CX. ¿Qué es voz sobre IP(VoIP)? [Online], Disponible en:
<http://www.3cx.es/voip-sip/voz-sobre-ip/>
- [18] Telefonía Voz IP. Ventajas de la Telefonía IP[Online], Disponible:
<http://www.telefoniavozip.com/voip/ventajas-de-la-telefonía-ip.html>
- [19] Telefonía Voz IP, Desventajas de la Telefonía IP[Online], Disponible en:
<http://www.telefoniavozip.com/voip/desventajas-de-la-telefonía-ip.html>
- [20] VoipForo, Componentes H.323[Online], Disponible en:
<http://www.voipforo.com/H323/H323componentes.php>
- [21] Orlando Micolini ,Augusto J. Herrera, Víctor Sauchelli, “Análisis de tráfico en un servidor de VoIP”, IEEE LATIN AMERICA TRANSACTIONS, vol. 11, No. 1, Feb. 2013
- [22] CISCO, Voz sobre IP, Consumo de ancho de banda por llamada [Online], Disponible:
http://www.cisco.com/cisco/web/support/LA/7/73/73295_bwidth_consume.html
- [23] Banco Central del Ecuador (BCE), Tabla de Tasas de Intereses [Online],

Disponible: <https://contenido.bce.fin.ec/docs.php?path=/documentos/Estadisticas/SectorMonFin/TasasInteres/Indice.html>

[24] Redes / Internet / Telefonía VoIP / WISP, Servicio de Internet sectorial; Zona rural [Online]. Disponible en: <http://isolutioncommx.wixsite.com/----/telefonía-voipconmutadores>

[25] Enlaces Inalámbricos Punto a Punto y Punto Multipunto [Online]. Disponible en: <http://xiboard.com.ve/enlaces-inalambricos-punto-a-punto-y-punto-multipunto/>

[26] Introducción a las TIC'S. Redes MAN [Online]. Disponible en: http://ittintroducciontics.blogspot.com/2014/10/red-man_19.html

[27] ARCOTEL (2012). Plan Nacional de Frecuencias 2012 [Online]. Disponible en: http://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/07/plan_nacional_frecuencias_2012.pdf

[28] ARCOTEL (2010). Resolución TEL-560-18-CONATEL-2010. Disponible en: http://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/06/560_tel_18_conatel.pdf

[29] Cambium Network. Datasheet ePMP FORCE 200 [Online]. Disponible en: http://www.morphwifi.com/download/cambium/SS_Force200_2.4_5_GHz.pdf

[30] Cambium Network. Datasheet cnPilot R200 [Online]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/324921901/Cambium-cnPilot-HomeBusiness>

[31] John S. Seybold, Ph.D., Introduction to RF Propagation, 2005, pp. 5, 145.

ANEXOS

ANEXO 1: Encuesta



ENCUESTA PARA ESTUDIO DE SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES PRESENTES EN LA COMUNA DE TUGADUAJA PARA PROYECTO INTEGRADOR DE LA ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

1. ¿Cuenta con los siguientes servicios de telecomunicaciones?

Telefonía Móvil	Televisión		Internet	Telefonía Fija
	Pagada	Abierta		

2. En caso de no contar con alguno de los servicios mencionados. ¿Cuál le gustaría adquirir?

Telefonía Móvil	Televisión		Internet	Telefonía Fija
	Pagada	Abierta		

3. ¿Con que frecuencia utiliza el servicio de telefonía móvil?

- 0 - 3 veces en el día.
- 4 – 5 veces en el día.
- 6 o más veces en el día.

4. Indique un valor promedio de gasto mensual usando el servicio de telefonía móvil.

- \$0
- \$5 - \$10
- \$10 - \$15
- \$15 - \$20

5. Indique un valor promedio mensual que estaría dispuesto a apagar por el servicio de telefonía fija.

- \$0
- \$5 - \$10
- \$10 - \$15
- \$15 - \$20

ANEXO 2: Hoja de Especificaciones de los equipos

Specifications

SPECIFICATION SHEET: ePMP Force 180 INTEGRATED

Product	
MODEL NUMBER	CO58900P072A (US/FCC), CO50900P071A (EU/ROW), (See below for a complete list of part numbers for ordering)
Spectrum	
CHANNEL SPACING	Configurable on 5 MHz increments
FREQUENCY RANGE	5 GHz 4910 - 5970 MHz (exact frequencies as allowed by local regulations)
CHANNEL WIDTH	5 10 20 40 MHz
Interface	
MAC (MEDIA ACCESS CONTROL) LAYER	Cambium Proprietary
PHYSICAL LAYER	2x2 MIMO/OFDM
ETHERNET INTERFACE	10/100/1000BaseT, Compatible with Cambium PoE pinouts (V+ = 7 & 8, Return = 4 & 5) and Standard PoE pinouts (V+ = 4 & 5, Return = 7 & 8)
PROTOCOLS USED	IPV4, UDP, TCP, IP, ICMP, SNMPv2c, HTTPS, STP, SSH, ICMP Snooping
NETWORK MANAGEMENT	HTTPS, SNMPv2c, SSH
VLAN	802.1Q with 802.1p priority
Performance	
ARQ	Yes
NOMINAL RECEIVE SENSITIVITY (W/FEC) @20MHZ CHANNEL	MCS0 = -93 dBm to MCS15 = -72 dBm (per branch)
NOMINAL RECEIVE SENSITIVITY (W/FEC) @40MHZ CHANNEL	MCS0 = -90 dBm to MCS15 = -69 dBm (per branch)
MODULATION LEVELS (ADAPTIVE)	MCS0 (BPSK) to MCS15 (64QAM 5/6)
QUALITY OF SERVICE	Three level priority (Voice, High, Low) with packet classification by DSCP, COS, VLAN ID, IP & MAC Address, Broadcast, Multicast and Station Priority
Link Budget	
TRANSMIT POWER RANGE	-17 to +30 dBm (combined, to regional ERP limit) (1 dB interval)
INTEGRATED ANTENNA PEAK GAIN	16 dBi
MAXIMUM TRANSMIT POWER	30 dBm combined (subject to regional regulatory restrictions)
Physical	
ANTENNA CONNECTION	Integrated antenna
SURGE SUPPRESSION	2 Joule Integrated
ENVIRONMENTAL	IP55
TEMPERATURE	-30°C to +60°C (-22°F to +140°F)
WEIGHT	0.50 kg (1.1 lbs.) (includes mounting bracket)
WIND SURVIVAL	145 km/hour (90 mi/hour) with antenna
DIMENSIONS (H x W x D)	12.4 x 25.1 x 11.9 cm (4.9 x 9.9 x 4.7 in) with mounting bracket attached
POWER CONSUMPTION	10 W Maximum, 5 W Typical
POLE DIAMETER RANGE	1 - 1.6 in (2.5 - 4.1 cm) with included clamp up to 2.25 in (5.7 cm) with larger clamp
INPUT VOLTAGE	10 to 30 V
Security	
ENCRYPTION	128-bit AES (CCMP mode)
Certifications	
FCC ID	Z8H89 FT0015
INDUSTRY CANADA CERT	109W-0015
CE	5 GHz: EN 302 502 v1.2.1 5 GHz: EN 301 893 v1.7.1

Specifications

SPECIFICATION SHEET: ePMP Force 180

PARAMETER	SPECIFICATION
FREQUENCY RANGE	4910 -5970 MHz
ANTENNA TYPE	INTEGRATED
TYPICAL GAIN	16 dBi
3dB BEAMWIDTH-AZIMUTH	15°
3dB BEAMWIDTH-ELEVATION	30°
POLARIZATION(S)	DUALLINEAR, H/V
FRONT-TO-BACK ISOLATION	>20 dB
CROSS POLARIZATION	15 dB

ePMP 5 GHz Force 180 Part Numbers:

Ordering Part Number	Description	Model Number for Regulatory Purposes
C050900C071A	ePMP 5 GHz Force 180 Integrated Radio (ROW) (no cord)	C050900P071A
C050900C171A	ePMP 5 GHz Force 180 Integrated Radio (ROW) (US cord)	C050900P071A
C050900C271A	ePMP 5 GHz Force 180 Integrated Radio (ROW) (EU cord)	C050900P071A
C050900C471A	ePMP 5 GHz Force 180 Integrated Radio (ROW) (India cord)	C050900P071A
C050900C571A	ePMP 5 GHz Force 180 Integrated Radio (ROW) (China/ANZ cord)	C050900P071A
C050900C671A	ePMP 5 GHz Force 180 Integrated Radio (ROW) (Brazil cord)	C050900P071A
C050900C073A	ePMP 5 GHz Force 180 Integrated Radio (EU) (EU cord)	C050900P071A
C058900C072A	ePMP 5 GHz Force 180 Integrated Radio (FCC) (US cord)	C058900P072A

ePMP™ FORCE 200 FOR 2.4 GHz and 5 GHz

Wireless service providers and enterprises around the globe are challenged to deliver reliable connectivity in overcrowded RF environment. As spectrum increasingly becomes a scarce commodity, finding the right broadband connectivity solution is vital for all low and high density types of deployments.

Cambium Networks resolves this challenge with a breakthrough technology solution that delivers superior performance, resiliency and reach in the most congested environments. The ePMP Force 200 high gain integrated solution enhances range and improves throughput in high interference environments. ePMP Force 200 is a completely redesigned solution from Cambium Networks that combines a highly integrated, high performance radio with a high gain dish antenna. The radio supports a gigabit Ethernet interface in order to provide maximum throughput. Operating in the 2.4 and 5 GHz frequency spectrum, the solution brings wireless broadband connectivity to customers over longer distances and provides a superior return on investment.



Side View

With Optional Radome
Sold Separately

FEATURES:

Cambium Networks' ePMP Force 200 is designed to operate in high interference environments and provides superior throughput of over 200 Mbps of real user data.

Configurable Modes of operation ensure robust adaptivity to both symmetrical and asymmetrical traffic while providing high performance and round-trip latency as low as 2 – 3 ms.

QoS management offers an outstanding quality for triple play services – VoIP, video and data and provides three levels of traffic priority.

Long deployment range is enabled by a high gain antenna combined with 30 dBm of transmit power

This platform can be configured as a Subscriber Module or a high gain PTP radio.

PRODUCT

Part Numbers See below for complete list of part numbers and model numbers

SPECTRUM

Channel Spacing Configurable on 5 MHz increments

Frequency Range 2.4 GHz Model: 2402 – 2472 MHz 5 GHz Model: 4910 5970 MHz

Channel Width 5 | 10 | 20 | 40 MHz

Specifications

ePMP™ FORCE 200 SPECIFICATION

INTERFACE

MAC (Media Access Control) Layer	Cambium Proprietary
Physical Layer	2x2 MIMO/OFDM
Ethernet Interfaced	10/100/1000 BaseT, Compatible with Cambium PoE & Standard PoE pinouts
Protocols Used	IPv4, UDP, TCP, IP, ICMP, SNMPv2c, HTTPS, STP, SSH, IGMP Snooping
Network Management	HTTPS, SNMPv2c, SSH
VLAN	802.1Q with 802.1p priority

PERFORMANCE

ARQ	Yes
Nominal Receive Sensitivity (w/FEC) @200MHz Channel	MCS0 = -92 dBm to MCS15 = -68 dBm (per branch)
Nominal Receive Sensitivity (w/FEC) @40MHz Channel	MCS0 = -89 dBm to MCS15 = -65 dBm (per branch)
Modulation Levels (Adaptive)	MCS0 (BPSK) to MCS15 (64QAM 5/6)
Quality of Service	Three level priority (Voice, High, Low) with packet classification by DSCP, COS, VLAN ID, IP & MAC Address, Broadcast, Multicast, Station Priority
Transmit Power Range	-15 to +30 dBm (combined, to regional EIRP limit) (1 dB interval)

PHYSICAL

Surge Suppression	1 Joule Integrated
Environmental	IP55
Temperature	-30°C to +60°C (-22°F to +140°F) with radome attached maximum temperature is +47°C (+116°F)
Weight	2.4 GHz Model: 2.8 kg (6.2 lbs) 5 GHz Model: 2.3 kg (5.1 lbs)
Wind Survival	145 km/hour (90 mi/hour)
Dimensions (Dia x Depth)	47 cm x 28 cm (18.5 in x 11.2 in)
Pole Diameter Range	6.4 cm 7.6 cm (2.5 in 3 in)
Power Consumption	10 W Maximum, 5 W Typical
Input Voltage	10 to 30 V

SECURITY

Encryption	128-bit AES (CCMP mode)
------------	-------------------------

CERTIFICATIONS

FCCID	2.4 GHz: Z8H80FT0019 / 5 GHz: Z8H80FT0015
Industry Canada Cert	2.4 GHz: 109W-0019 / 5 GHz: 109W-0015
CE	5 GHz: EN 302 502 v1.2.1 5 GHz: EN 301 893 v1.7.1

ANEXO 3: Tabla Erlang B

Erlang B Traffic Table

Maximum Offered Load Versus B and N
B is in %

N/B	0.01	0.05	0.1	0.5	1.0	2	5	10	15	20	30	40
1	.0001	.0005	.0010	.0050	.0101	.0204	.0526	.1111	.1765	.2500	.4286	.6667
2	.0142	.0321	.0458	.1054	.1526	.2235	.3813	.5954	.7962	1.000	1.449	2.000
3	.0868	.1517	.1938	.3490	.4555	.6022	.8994	1.271	1.603	1.930	2.633	3.480
4	.2347	.3624	.4393	.7012	.8694	1.092	1.525	2.045	2.501	2.945	3.891	5.021
5	.4520	.6486	.7621	1.132	1.361	1.657	2.219	2.881	3.454	4.010	5.189	6.596
6	.7282	.9957	1.146	1.622	1.909	2.276	2.960	3.758	4.445	5.109	6.514	8.191
7	1.054	1.392	1.579	2.158	2.501	2.935	3.738	4.666	5.461	6.230	7.856	9.800
8	1.422	1.830	2.051	2.730	3.128	3.627	4.543	5.597	6.498	7.369	9.213	11.42
9	1.826	2.302	2.558	3.333	3.783	4.345	5.370	6.546	7.551	8.522	10.58	13.05
10	2.260	2.803	3.092	3.961	4.461	5.084	6.216	7.511	8.616	9.685	11.95	14.68
11	2.722	3.329	3.651	4.610	5.160	5.842	7.076	8.487	9.691	10.86	13.33	16.31
12	3.207	3.878	4.231	5.279	5.876	6.615	7.950	9.474	10.78	12.04	14.72	17.95
13	3.713	4.447	4.831	5.964	6.607	7.402	8.835	10.47	11.87	13.22	16.11	19.60
14	4.239	5.032	5.446	6.663	7.352	8.200	9.730	11.47	12.97	14.41	17.50	21.24
15	4.781	5.634	6.077	7.376	8.108	9.010	10.63	12.48	14.07	15.61	18.90	22.89
16	5.339	6.250	6.722	8.100	8.875	9.828	11.54	13.50	15.18	16.81	20.30	24.54
17	5.911	6.878	7.378	8.834	9.632	10.66	12.46	14.52	16.29	18.01	21.70	26.19
18	6.496	7.519	8.046	9.578	10.44	11.49	13.39	15.55	17.41	19.22	23.10	27.84
19	7.093	8.170	8.724	10.33	11.23	12.33	14.32	16.58	18.53	20.42	24.51	29.50
20	7.701	8.831	9.412	11.09	12.03	13.18	15.25	17.61	19.65	21.64	25.92	31.15
21	8.319	9.501	10.11	11.86	12.84	14.04	16.19	18.65	20.77	22.85	27.33	32.81
22	8.946	10.18	10.81	12.64	13.65	14.90	17.13	19.69	21.90	24.06	28.74	34.46
23	9.583	10.87	11.52	13.42	14.47	15.76	18.08	20.74	23.03	25.28	30.15	36.12
24	10.23	11.56	12.24	14.20	15.30	16.63	19.03	21.78	24.16	26.50	31.56	37.78
25	10.88	12.26	12.97	15.00	16.13	17.51	19.99	22.83	25.30	27.72	32.97	39.44
26	11.54	12.97	13.70	15.80	16.96	18.38	20.94	23.89	26.43	28.94	34.39	41.10
27	12.21	13.69	14.44	16.60	17.80	19.27	21.90	24.94	27.57	30.16	35.80	42.76
28	12.88	14.41	15.18	17.41	18.64	20.15	22.87	26.00	28.71	31.39	37.21	44.41
29	13.56	15.13	15.93	18.22	19.49	21.04	23.83	27.05	29.85	32.61	38.63	46.07
30	14.25	15.86	16.68	19.03	20.34	21.93	24.80	28.11	31.00	33.84	40.05	47.74
31	14.94	16.60	17.44	19.85	21.19	22.83	25.77	29.17	32.14	35.07	41.46	49.40
32	15.63	17.34	18.21	20.68	22.05	23.73	26.75	30.24	33.28	36.30	42.88	51.06
33	16.34	18.09	18.97	21.51	22.91	24.63	27.72	31.30	34.43	37.52	44.30	52.72
34	17.04	18.84	19.74	22.34	23.77	25.53	28.70	32.37	35.58	38.75	45.72	54.38
35	17.75	19.59	20.52	23.17	24.64	26.44	29.68	33.43	36.72	39.99	47.14	56.04
36	18.47	20.35	21.30	24.01	25.51	27.34	30.66	34.50	37.87	41.22	48.56	57.70
37	19.19	21.11	22.08	24.85	26.38	28.25	31.64	35.57	39.02	42.45	49.98	59.37
38	19.91	21.87	22.86	25.69	27.25	29.17	32.62	36.64	40.17	43.68	51.40	61.03
39	20.64	22.64	23.65	26.53	28.13	30.08	33.61	37.72	41.32	44.91	52.82	62.69
40	21.37	23.41	24.44	27.38	29.01	31.00	34.60	38.79	42.48	46.15	54.24	64.35
41	22.11	24.19	25.24	28.23	29.89	31.92	35.58	39.86	43.63	47.38	55.66	66.02
42	22.85	24.97	26.04	29.09	30.77	32.84	36.57	40.94	44.78	48.62	57.08	67.68
43	23.59	25.75	26.84	29.94	31.66	33.76	37.57	42.01	45.94	49.85	58.50	69.34