

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

“Diseño y modelamiento de una red para Provisión de servicio de internet a las comunidades de Cauchiche y Campo Alegre en la isla Puná”

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingeniero En Electrónica Y Telecomunicaciones

Presentado por:

Víctor Vladimir Bastidas Bustamante

Edgar Leonardo Baidal Veloz

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2018

DEDICATORIA

El presente proyecto lo dedicamos a nuestros padres y familiares por fomentar sabiduría y valores a lo largo de toda nuestra vida.

DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; Víctor Vladimir Bastidas Bustamante y Edgar Leonardo Baidal Veloz, 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”

Víctor Bastidas

Edgar Baidal

EVALUADORES

Ing. Washington Medina

PROFESOR DE LA MATERIA

MSc. Cesar Yepez

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

El difícil acceso a la isla Puná ha desencadenado que la brecha digital de este sector se reduzca e impida el desarrollo social, turístico, tecnológico y académico al carecer de servicios basados en internet, donde las principales comunidades de Cauchiche y Campo Alegre ya que son el foco comercial de la isla y no puedan expandir su mercado a causa de la incomunicación a través de medios basados en internet, donde las escuelas y colegios carecen de uno de los principales motores de búsqueda de información como es el internet. El presente proyecto pretende reducir el analfabetismo digital a través del diseño y modelamiento de una red para la distribución de internet en las principales comunidades de la isla. Se realizó un reconocimiento topográfico para la localización de puntos desarrollados que brinden la mayor cobertura posible para la ubicación de puntos de accesos, los cuales por medio de antenas sectoriales se irradiará la señal hacia los usuarios. Empleando 2 enlaces RF desde Posorja a Cauchiche y de Cauchiche a Campo Alegre para la transmisión de datos hacia los respectivos AP. Se utilizó equipos de la línea Cambium Networks que cuentan con certificación IP-55 que se adaptan a condiciones extremas. Para la comunidad de Cauchiche se identificó el uso de un solo AP y tres para la comunidad de Campo Alegre trabajando en la banda de 5.8 GHz con canales de 20 MHz, se muestra como resultado en la simulación realizada en el software LINKplanner velocidades resultantes de hasta 117.31 Mbps en total.

Palabras Clave: Enlace RF, Internet, Punto de acceso (AP), Antena sectorial.

ABSTRACT

The difficult access to Puná Island has triggered the digital divide in this sector is not reduced and prevents social development, tourism, technology and academics to lack Internet-based services, where the main communities of Cauchiche and Campo Alegre are the commercial focus of the island and cannot expand its market because of the lack of communication through internet-based media, where schools and high schools are lack of the main search engines for information such as the internet. This project aims to reduce digital illiteracy through the design and modeling of a network for Internet distribution in the main communities. A topographic survey was made to locate developed points that provide the greatest possible coverage for the location of access points which by means of sectorial antennas, the signal will be radiated to the users using 2 RF links from Posorja to Cauchiche and from Cauchiche to Campo Alegre for the transmission of data to the respective AP. We used equipment from the Cambium Networks line that have IP-55 certification that adapt to extreme conditions. For the Cauchiche community of identified the use of a single AP and three for the community of Campo Alegre working in the 5.8 GHz band with 20 MHz channels, it is shown as a result in the simulation carried out in LINKplanner software resulting speeds up to 117.31 Mbps in total.

Keywords: link RF, Internet, Access Point (AP), Sectorial antenna.

ÍNDICE GENERAL

EVALUADORES.....	4
RESUMEN.....	I
<i>ABSTRACT</i>	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS	V
SIMBOLOGÍA	VI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VII
ÍNDICE DE TABLAS	IX
CAPÍTULO 1	10
1. Introducción	10
1.1 Descripción del problema	10
1.2 Justificación del problema.....	11
1.3 Objetivos.....	13
1.3.1 Objetivo General	13
1.3.2 Objetivos Específicos	13
1.4 Estado del Arte	13
1.5 Marco teórico	14
1.5.1 Definición y tipos de radio enlace.....	14
1.5.2 Line of sight (LOS)	15
1.5.3 Mecanismos de propagación de radio.....	15
CAPÍTULO 2.....	18
2. Metodología	18
2.1 Reconocimiento topográfico y social	19

2.2	Ubicación de puntos estratégicos para mayor cobertura	21
2.3	Diseño del enlace de radio Posorja-Cauchiche	22
2.4	Diseño del enlace de radio Cauchiche-Campo Alegre.....	24
2.5	Diseño de la red de distribución de internet.....	25
2.6	Diagrama de bloques de la red	28
2.7	Selección de equipos.....	29
2.7.1	Antena direccional ePMP 200	30
2.7.2	Antena sectorial ePMP 1000.....	32
2.7.3	AP ePMP 1000 GPS radio	33
2.7.4	Equipo para el usuario ePMP FORCE 180	34
2.8	Análisis del espectro	36
CAPÍTULO 3.....		39
3.	Resultados Y ANÁLISIS.....	39
3.1	Simulación de radio enlace Posorja-Cauchiche.....	39
3.2	Simulación de radio enlace Cauchiche-Campo Alegre.....	41
3.3	Simulación punto multipunto en Cauchiche y Campo Alegre	43
3.4	Estudio de pre factibilidad económica.....	45
3.4.1	Componentes y costos del sistema para Cauchiche y Campo Alegre ...	45
3.4.2	Plan de negocios a 15 y 30 meses.....	47
CAPÍTULO 4.....		50
4.	Conclusiones Y RECOMENDACIONES	50
	Conclusiones	50
	Recomendaciones	51
BIBLIOGRAFÍA.....		52
ANEXOS.....		53

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
TIC	Tecnologías de la Información y Comunicación
MINTEL	Ministerio de Telecomunicaciones y de la sociedad de la información
LOT	Ley Orgánica de Telecomunicaciones
PIB	Producto Interno Bruto
USB	Universal Serial Bus
RF	Radio Frecuencia
PTP	Point to Point
PMP	Punto Multi Punto
LOS	Line of sight
MIMO	Miltiple In Multiple Out
OFDM	Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales
ISP	Proveedor de Servicios de Internet
AP	Punto de acceso (Access point)
MCS	Esquema de Modulación y Codificación
QAM	Modulación en Amplitud en Cuadratura
GPS	Sistema de Posicionamiento Global
PoE	Power on Ethernet
TDM	Multiplexación por División de Tiempo
DL	Down
IVA	Impuesto al Valor Agregado
UTP	Par Trenzado No Blindado

SIMBOLOGÍA

Tx	Transmisor
Rx	Receptor
mi	Milla
ft	Pies
m	Metro
mV	Milivoltio
dBm	Decibelio por milivatio
v	voltio
w	watt
Mbps	Mega bit por segundo
Km	Kilómetro
GHz	Giga Hertz
MHZ	Mega Hertz
Kg	Kilogramo
cm	centímetro
ms	milisegundo

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Contribucion al PIB del Ecuador por industria [1]	12
Figura 1.2 Difracción de una onda al borde de una montaña [5]	16
Figura 1.3 Geometría de trayecto de rayo reflejado sobre la tierra [4].....	17
Figura 2.1 Distancia desde Posorja a Cauchiche	19
Figura 2.2 Distancia de Posorja a Campo Alegre	20
Figura 2.3 Distancia de Cauchiche a Campo Alegre	20
Figura 2.4 Vista satelital de Cauchiche	21
Figura 2.5 Terreno de ubicación de punto estrategico en Cauchiche	21
Figura 2.6 Vista satelital de Campo Alegre	22
Figura 2.7 Terreno de ubicación de punto estrategico en Campo Alegre	22
Figura 2.8 Enlace Posorja-Cauchiche.....	23
Figura 2.9 Enlace Cauchiche-Campo Alegre	24
Figura 2.10 Enlace Cauchiche-Campo alegre	25
Figura 2.11 Modelo de distribucion de internet a los usuarios [6]	26
Figura 2.12 Cobertura de Cauchiche	26
Figura 2.13 Cobertura de Campo Alegre	27
Figura 2.14 Cobertura de Campo Alegre	27
Figura 2.15 Cobertura de Campo Alegre	27
Figura 2.16 Diagrama de bloques general de los enlaces de radio	28
Figura 2.17 Diagrama de bloques general de los AP.....	29
Figura 2.18 Patrón de radiación en elevación [datasheet]	31
Figura 2.19 Patrón de radiación en azimuth [datasheet].....	31
Figura 2.20 Patrón de radiación en azimuth del ePMP 1000 [datasheet]	33
Figura 2.21 Patrón de radiación en elevación [datasheet]	33
Figura 2.22 Patrones de radiacion en azimuth y elevación del ePMP force 180 [datasheet].....	35
Figura 2.23 Análisis de espectro de 4920 a 5140 MHz.....	37
Figura 2.24 Análisis de espectro de 5735 a 5905 Mhz	38
Figura 3.1 Simulación radio enlace Posorja-Cauchiche.....	39

Figura 3.2 Parámetros de simulación radio enlace Posorja-Cauchiche.....	39
Figura 3.3 Desempeño del radio enlace Posorja-Cauchiche	40
Figura 3.4 Gráficos de Capacidad vs Disponibilidad para radio enlace Posorja-Cauchiche.....	41
Figura 3.5 Simulación de radio enlace Cauchiche-Campo Alegre	41
Figura 3.6 Parámetros de simulación radio enlace Cauchiche-Campo Alegre	42
Figura 3.7 Desempeño del radio enlace Cauchiche-Campo Alegre	42
Figura 3.8 Gráficos de Capacidad vs Disponibilidad para radio enlace Cauchiche-Campo Alegre	42
Figura 3.9 Cobertura Cauchiche	43
Figura 3.10 Cobertura Cauchiche	43
Figura 3.11 Enlace entre el AP y el cliente en Cauchiche	44
Figura 3.12 AP Cauchiche	44
Figura 3.13 Vista satelital de cobertura en Campo Alegre.....	45
Figura 3.14 Enlace entre el AP y el cliente en Campo Alegre	45

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Características del equipo ePMP 200	30
Tabla 2.2 Características del equipo ePMP 1000	32
Tabla 2.3 Características del equipo ePMP 1000 GPS RADIO	34
Tabla 2.4 Características del equipo ePMP force 180	35
Tabla 3.1 Costos de equipos en un AP	45
Tabla 3.2 Costos de infraestructura de un AP	46
Tabla 3.3 Costos de instalación	46
Tabla 3.4 Costos de equipos de usuarios	47
Tabla 3.5 Recuperación mensual de Inversión a 15 meses	47
Tabla 3.6 Recuperación mensual de Inversión a 30 meses	48

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

La isla Puná se encuentra ubicada en el golfo de Guayaquil a unos 15 minutos aproximadamente en lancha desde la parroquia de Posorja, con una superficie de 920 kilómetros cuadrados, la parroquia Puná es más conocida por sus atractivos eco-turísticos, así como playas y zonas arqueológicas. Y en un entorno donde las tecnologías de la información avanzan a pasos agigantados este es uno de los puntos geográficos del Ecuador donde por su complicado acceso ha impedido que se pueda abastecer de servicio de internet a dicha localidad.

Entre sus principales comunidades se encuentra Cauchiche y Campo Alegre los cuales son los principales focos del comercio y turismo en la isla. En este proyecto se llevará a cabo un estudio y modelamiento de tipo técnico, económico y social de la parroquia antes mencionada para montar una red inalámbrica y poder brindar servicios basados en internet en las principales comunidades de la isla.

1.1 Descripción del problema

La ubicación geográfica de la isla es uno de los principales problemas para la profundización de la tecnología en dicho sector ya que su punto más cercano al continente se encuentra en la zona noroeste de la isla separados aproximadamente unos 8 kilómetros en línea recta del continente, por esta situación ningún proveedor de internet ha considerado abastecer la zona con su servicio, donde el único medio de acceso a la isla es por medio de lanchas que tienen una dimensión de 4x1.2 metros, dejando a estas comunidades sin unos de los servicios más importante en la actualidad como es el internet.

Hoy en día los servicios basados en internet son muy importantes para las instituciones educativas, de turismo, comercio y para la comunidad en general, para cerrar las brechas que impiden seguir avanzando el desarrollo de las comunidades.

Esta brecha digital hace que escuelas que dispongan un laboratorio equipado con computadores no tengan acceso a internet y que esto produzca un analfabetismo digital por parte de los niños y adolescentes que empieza a carecer de uno de los

principales motores de búsqueda para el desarrollo de su educación de la actualidad.

Otra de las grandes desventajas de no tener una red de comunicación es el impedimento al desarrollo del comercio, agilización de pedidos, cotizaciones y muestreo de materia prima para los artesanos de la isla, para así no solo poder comprar materia del exterior a diferentes costos de adquisición sino también promocionar sus productos fuera de la isla para así abarcar un mayor mercado. Su falta de comunicación reduce su mercado a la propia isla y sitios alrededor de ella, Al ser un destino turístico la isla Puná no puede quedarse estancada en cuanto a tecnología ya que esto puede ayudar a promover el turismo mediante páginas web, imágenes, y diferentes tipos de herramientas de marketing se puede dar a conocer este destino turístico poco explotado de nuestro país, la conectividad hace que los turistas tengan una mejor experiencia ya que como en todo lugar hoy en día se ofrece un acceso a WI-FI.

1.2 Justificación del problema

Según EL PLAN NACIONAL DEL BUEN VIVIR [1] entre sus lineamientos se encuentra el democratizar la prestación de servicios públicos de telecomunicaciones y tecnologías de la información y comunicación (TIC), incluyendo radiodifusión, televisión, espectro radioeléctrico y aumentar el uso y acceso universal para el desarrollo de iniciativas económicas vinculadas con el desarrollo de las TIC.

Impulsar los programas de innovación participativa en los sectores rurales con sistemas formales e informales y uso de las TIC para aumentar la cobertura de los servicios y fomentar el intercambio de conocimientos entre locales y no locales. Continuar con la alfabetización digital de la población, capacitando a docentes, generando contenidos educativos que fortalezcan el proceso de aprendizaje.

La “ESTRATEGIA ECUADOR DIGITAL 2.0” [1] que se basa en proveer las TIC para el desarrollo productivo, social y solidario del Ecuador para mejorar la calidad de vida y proveer acceso inclusivo a las TIC.

Para esto se realizó “El Plan de Telecomunicaciones y Tecnologías de la Información del Ecuador 2016-2021” [1] el cual pretende ser uno instrumentos

para la planificación y control de las tecnologías de la información por parte del MINTEL (ministerio de telecomunicaciones y de la sociedad de la información), para el desarrollo sectorial e intersectorial para así lograr una mayor penetración digital y desarrollo del país, su objetivo es lograr situar al Ecuador para el año 2021 como un ejemplo en la región en cuanto a conectividad se refiere, acceso y producción de los servicios de TIC (tecnologías de la información y comunicación). La ley orgánica de telecomunicaciones (LOT) establecida en febrero del 2015, dicta el internet como un servicio básico sujeto a regulación tal como el resto de servicios básicos como agua, electricidad y telefonía local.

La industria de las TIC representa el 2.1% del producto interno bruto del Ecuador como se puede apreciar en la figura 1.1,

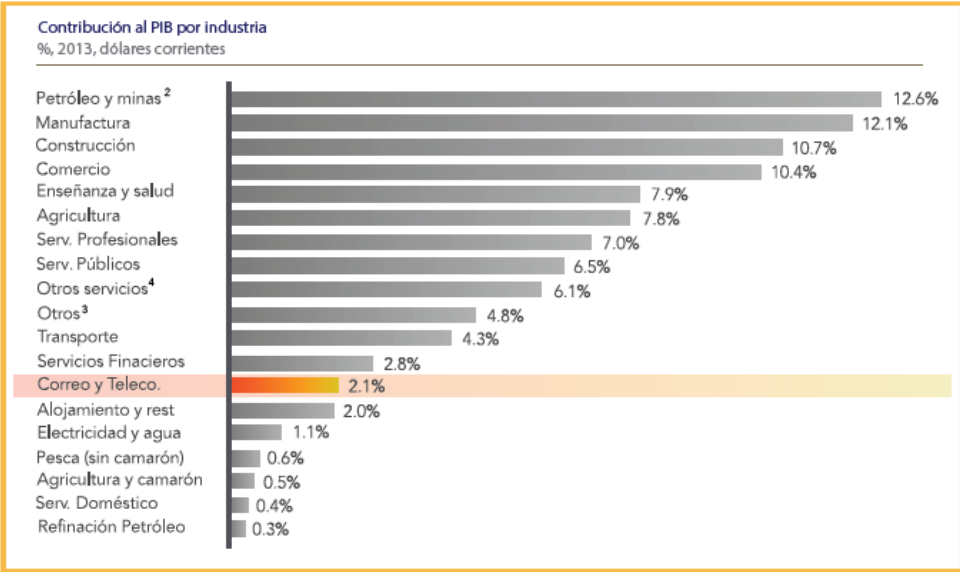


Figura 1.1 Contribucion al PIB del Ecuador por industria [1]

En el Ecuador existe una penetración de un 37% de computadores en el hogar y dicha cifra va correlacionada con la penetración de banda ancha fija en los hogares, esta situación hace considerar iniciativas de éxito que permitan incrementar la accesibilidad de las personas a los servicios basados en internet. Por otra parte, el mercado ecuatoriano de las TIC plantea un desafío al momento del despliegue de infraestructura, por esta razón asegurar un buen mercado brindando un servicio de accesibilidad de calidad puede hacer más rentable al

momento del despliegue de infraestructura. Según sea el caso una disminución de costos por accesibilidad a servicios de telecomunicaciones pudieran verse recompensado por el número de suscriptores a la red.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Diseñar y modelar una red inalámbrica para la distribución de internet en las comunidades de Cauchiche y Campo Alegre de la isla Puná.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Reconocer y analizar la topografía de las comunidades para obtener puntos estratégicos de mayor cobertura
- Realizar un estudio de mercado de los usuarios que se beneficiaran del servicio de internet
- Diseñar los enlaces punto a punto principales para el acceso de servicios basados en internet a la isla Puná
- Definir las especificaciones de ancho de banda, frecuencia de operación y vida útil de equipos a utilizar en la red que garantice una cobertura segura, confiable y de calidad para los usuarios
- Analizar funcionabilidad y cobertura total de la red bajo una simulación en un software libre
- Realizar un estudio de pre factibilidad Económica

1.4 Estado del Arte

En febrero del 2009 [2] se idealizó llevar cobertura de servicio de internet fijo con el diseño de una red para escuelas cercanas a subestación Santa Rosa ubicada en la provincia del Pichincha cantón Quito, esta zona suburbana de la capital no contaba con cobertura por parte de las principales empresas proveedoras de internet, una de las causas por la que carecía de cobertura es por su geografía ya que no existía línea de vista entre las escuelas y este sistemas se basaba en medios inalámbricos, donde en las subestaciones estarían los equipos terminales

conectados una red de fibra óptica, otro factor a considerar era el costo monetario que este tendría y no era factible realizar una inversión de dinero donde de no se iba a contar con los suficientes usuarios que podrían pagar por un servicio de internet fijo.

Una solución al problema fue una red inalámbrica basada en estándar WiMAX el diseño se llevó a cabo buscando la mayor cobertura posible, un menor tiempo de despliegue, escalabilidad y buena calidad de servicio. En la isla Puná una de los factores por la cual las principales empresas proveedoras de internet no puedan cubrir esta zona es por su acceso dificultoso y en donde consideran aspectos monetarios y de infraestructura.

En Perú en el año 2015 [3] se llevó a cabo una situación similar en la cual se idealizaba darle cobertura a la provincia de Recuay con tecnología routerboard que consistía en placas base pensadas para la construcción de router que suelen tener varios slots para conectar tarjetas inalámbricas, puertos Ethernet y USB, factibles al momento de crear nodos para redes inalámbricas ya que son mucho más personalizables y económicos en función de su aplicación.

A diferencia de lo antes expuesto, el presente proyecto se basará en un sistema inalámbrico con puntos de enlace RF que irán desde Posorja hasta los puntos estratégicos previamente seleccionados la cual darán la mayor cobertura geográfica posibles a las comunidades de Cauchiche y Campo Alegre. Mediante un acceso principal y un acceso punto-multipunto para equipos terminales en cada suscriptor.

1.5 Marco teórico

1.5.1 Definición y tipos de radio enlace

Radio enlace es una conexión inalámbrica entre dispositivos de telecomunicaciones a través de ondas electromagnéticas, estos dispositivos son terminales fijos y no móviles donde uno de los dispositivos funciona como transmisor (Tx) y el otro como receptor (Rx).

Los enlaces pueden ser:

Punto a punto (PTP), este tipo de conexión establece conectividad entre 2 nodos a través del mismo canal, por medio de 2 antenas direccionales con LOS.

Punto a multipunto (PMP), se establece un Tx y varios Rx

1.5.2 Line of sight (LOS)

Es la línea de mira entre las antenas del radio enlace, esta distancia no debe ser obstruida por nada para que exista la buena comunicación entre las antenas de radio, si las distancias de separación son muy grandes en comparación a las alturas de las antenas pueda que no exista LOS y no se establecería conexión.

Uno de los modelos más simples es tratar a la tierra como una esfera con un radio equivalente al radio del ecuador, y un método rápido para el cálculo de la distancia máxima de LOS viene dada por la ecuación:

$$d \equiv \sqrt{2h} \quad (1.1)$$

Donde:

d: distancia máxima de LOS en milla (mi)

h: altura de la antena en pies (ft)

1.5.3 Mecanismos de propagación de radio

La transmisión de ondas electromagnéticas en áreas abiertas se ve afectada por diversos factores como la longitud de onda, el medio por donde se propaga, la distancia desde un transmisor hasta el receptor, obstáculos entre la LOS, los Tx y Rx. Entre los principales mecanismos de propagación tenemos:

Scattering o dispersión

Esto ocurre cuando los objetos sobre los que incide la señal son de menor tamaño que la longitud de onda de la señal, ocurre en superficies rugosas, vehículos y la vegetación.

Cuando se mira a pequeña escala se podría observar una superficie rugosa como un conjunto de reflectores planos que producen reflexiones resultantes en muchas direcciones diferentes,

Difracción

Ocurre cuando la onda choca en el filo de un edificio, paredes u objetos grandes, véase figura 1.2, y estos actúan como una segunda fuente de emisión de onda, la pérdida de la señal ocasionada por la difracción puede ser mayor que la producida por la reflexión.

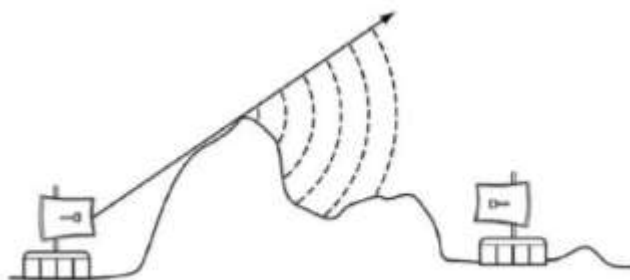


Figura 1.2 Difracción de una onda al borde de una montaña [5]

Reflexión

Ocurre cuando la longitud de onda es menor a los objetos en cual incide la onda electromagnética, en otros términos, la onda puede reflejarse en cualquier superficie y esto hace que actúe como varias

fuentes emisoras hacia un receptor véase figura 1.3, este efecto también es conocido como multitrayecto.

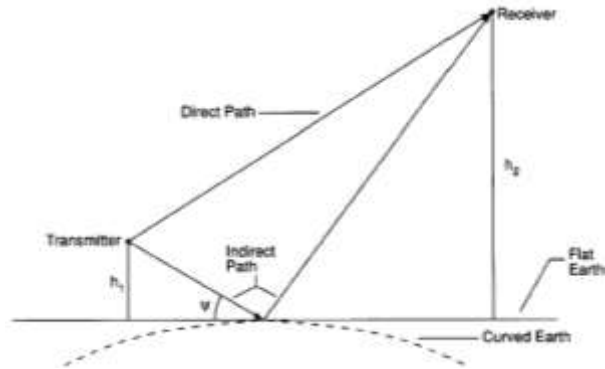


Figura 1.3 Geometría de trayecto de rayo reflejado sobre la tierra [4]

Refracción

Es la curvatura de la onda electromagnética por causa de la no homogeneidad en el medio, es decir la alteración de la dirección de desplazamiento de la onda.

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

Se llevará a cabo un reconocimiento topográfico de la isla Puná realizando un traslado al sitio para poder reconocer su topografía e identificar partes altas como colinas, cerros, etc. El objetivo de encontrar partes altas de la isla es para aprovechar esta altura y poder brindar la mayor cobertura posible con la mínima infraestructura, se tomarán coordenadas del sitio donde se ubicarán las torres para los respectivos radios enlaces. Estos sitios deben estar desarrollados, es decir contar con las condiciones suficientes para el correcto funcionamiento de los equipos y que se pueda contar con energía eléctrica. Después de esto se dialogará con los presidentes de comuna para poder receptar información respecto a necesidad de conectividad, definir las principales escuelas y colegios que funcionan en la isla y definir cuál es el foco comercial de la zona para dar solución a las necesidades de los habitantes de las comunas. Una vez ubicado los puntos estratégicos para la colocación de las torres se procederá al diseño de los enlaces de radio entre Posorja y las comunidades, dicha ubicación brindará cobertura a las comunas de Cauchiche y Campo Alegre. Se hará preferencia de partes elevadas para el enlace principal de Posorja hacia la isla. Se Detallará las especificaciones de cada equipo y se elegirá la mejor opción para cubrir el 100% de las comunas. Los equipos adecuados para el propósito antes descrito deberán cumplir con parámetros técnicos y comerciales para la implementación de cada punto de acceso en cada torre.

Se utilizará el software LINKplanner 4.8.2 para la predicción del funcionamiento y posibles áreas de cobertura de la red.

Se llevará a cabo un estudio de pre factibilidad económica para implementar la red realizando entrevistas a los habitantes de las comunas, en cuanto a su necesidad de internet y cuantas personas estarían dispuestas a pagar por un servicio de calidad, se realizará un estimado de números de usuarios iniciales y a cuantos años se podrá recuperar la inversión total de la red.

2.1 Reconocimiento topográfico y social

De unos 15 a 25 minutos en lancha partiendo de Posorja se encuentra el borde noroeste de la isla Puná, este frente tiene línea de vista directa desde la torre ubicada en Posorja la cual será de donde partirá en enlace hacia la isla, a 5 minutos de las playas de bellavista se encuentra la comunidad de Cauchiche la cual se ubica en una parte elevada de la isla. Aquí existen aproximadamente unas 150 familias y donde funciona una escuela a la cual asisten aproximadamente 100 alumnos que carecen de servicios basados en internet y no tiene las respectivas herramientas tecnológicas para el desarrollo educativo, comercial y turístico.

La topografía de la isla declina y las comunas próximas se encuentran por debajo del nivel de altura de Cauchiche. En automóvil a unos 40 minutos desde Cauchiche, pasando por amplias áreas desérticas y otras con follaje frondoso se encuentra Campo Alegre el cual es el foco comercial de la isla donde tienen la mayor actividad comercial, en la cual habitan un aproximado de 1200 personas. Es la comuna donde funcionan las camaroneras, tienen una escuela y colegio a la cual acude un aproximado de 300 alumnos.

En línea recta la distancia desde Posorja hacia Cauchiche es de 9.6 kilómetros, véase figura 2.1.



Figura 2.1 Distancia desde Posorja a Cauchiche

En línea recta desde Posorja a Campo Alegre se tiene una distancia en línea recta de 18 km como se puede apreciar en la figura 2.2



Figura 2.2 Distancia de Posorja a Campo Alegre

Desde la comuna de Cauchiche a Campo Alegre existe una distancia de separación de 11 km, véase figura 2.3

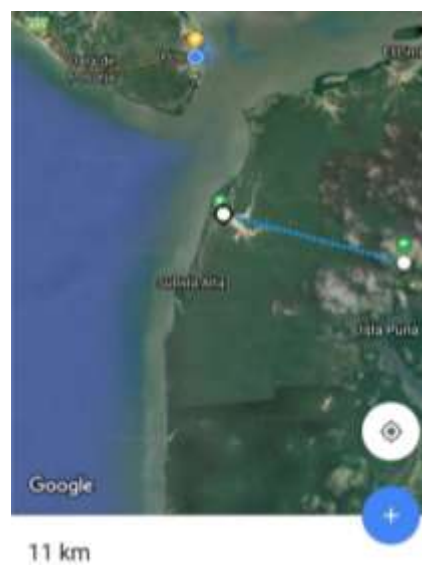


Figura 2.3 Distancia de Cauchiche a Campo Alegre

2.2 Ubicación de puntos estratégicos para mayor cobertura

Para la comunidad de Cauchiche, se aprovecha su altura topográfica y se ubicará una antena sectorial que cubra el 100% de la comuna, este punto se localizará a un extremo de la comunidad en una zona desarrollada con acceso a red eléctrica donde existen una amplia zona despejada y libre de habitantes, dicha ubicación vendrá dada por las coordenadas de: Latitud -2.7973262 y Longitud -80.2325521 cuya vista satelital se muestra en la figura 2.4 y el sitio en la figura 2.5, para la comuna de Campo Alegre este al tener un terreno muy irregular y puntos externos a la comuna no desarrollados se ubicará 2 antenas sectoriales para cubrir en 2 porciones la totalidad de la comuna, dicho punto se ubicará en el centro de la comunidad a unos 100 metros a la izquierda de la escuela en una pequeña loma ubicada en el centro geográfico de la comuna cuyas coordenadas vienen dadas por: Latitud -2.8199616 y Longitud -80.1350639, cuya vista satelital se muestra en la figura 2.6 y cuya ubicación corresponde a la figura 2.7.



Figura 2.4 Vista satelital de Cauchiche



Figura 2.5 Terreno de ubicación de punto estratégico en Cauchiche

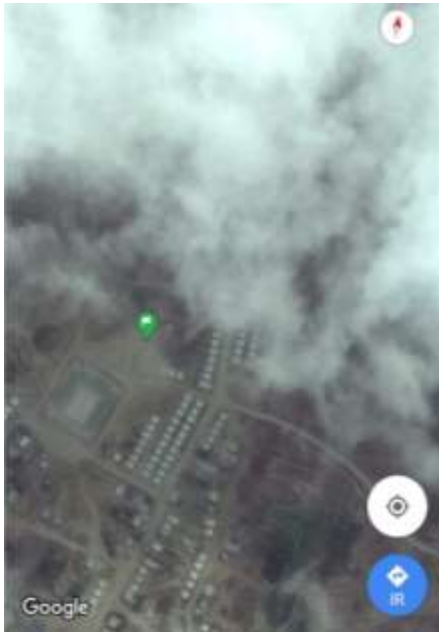


Figura 2.6 Vista satelital de Campo Alegre



Figura 2.7 Terreno de ubicación de punto estratégico en Campo Alegre

2.3 Diseño del enlace de radio Posorja-Cauchiche

Una vez efectuado el reconocimiento y ubicación del punto estratégico para la ubicación de la torre donde se situará la antena para el enlace RF se procederá a estimar la altura a la cual se colocará la antena, partiendo con la información ya existente, la torre en Posorja de donde partirá el enlace se encuentra sobre una casa ubicada a 20 metros por encima del nivel del mar, la torre donde se encuentra la antena de radio tiene 40 metros de altura, dando una altura total de 60 metros (196.8ft), la distancia de separación de dicho punto ubicado en las coordenadas latitud -2.711720 y longitud -80.245766, hacia el punto previamente seleccionado en Cauchiche tiene 9.5km (5.904mi), aplicamos la ecuación 1.1 tenemos:

$$d \equiv \sqrt{2h}$$

$$d \equiv \sqrt{2(196.8)}$$

$$d \equiv \sqrt{393.6}$$

$$d \equiv 19.83 \text{ mi} \approx 31.9 \text{ km}$$

El valor de 19.83 millas o 31,9 kilómetros es la distancia máxima de LOS desde la antena ubicada en Posorja, como entre este punto y Cauchiche existe una separación de 9.5km (5.904 mi) la distancia no representa ningún tipo de molestia para el diseño del enlace, en cuanto a la altura de la antena en el lado de Cauchiche se toma como LOS máximos la distancia entre Posorja-Cauchiche, utilizando la ecuación 1.1 y despejando la altura se obtiene:

$$d \equiv \sqrt{2h}$$

$$h \equiv \frac{d^2}{2}$$

$$h \equiv \frac{(5.904)^2}{2}$$

$$h \equiv 17.42 \text{ ft} \approx 5.311\text{m}$$

Este valor de 17.42 pies o 5.311 metros representa la altura mínima para exista LOS por lo tanto para el diseño se empleará alturas convenientes para el perfecto funcionamiento y fuera de alcance de los habitantes para el resguardo de los equipos.

Con ayuda de LINKplanner se puede verificar los resultados anteriormente obtenidos teóricamente, como se puede observar en la figura 2.8 entre la trayectoria del Tx y Rx no existe obstáculo alguno y en enlace se establecería al 100% utilizando una altura de 10 metros para la antena en la torre de Cauchiche.

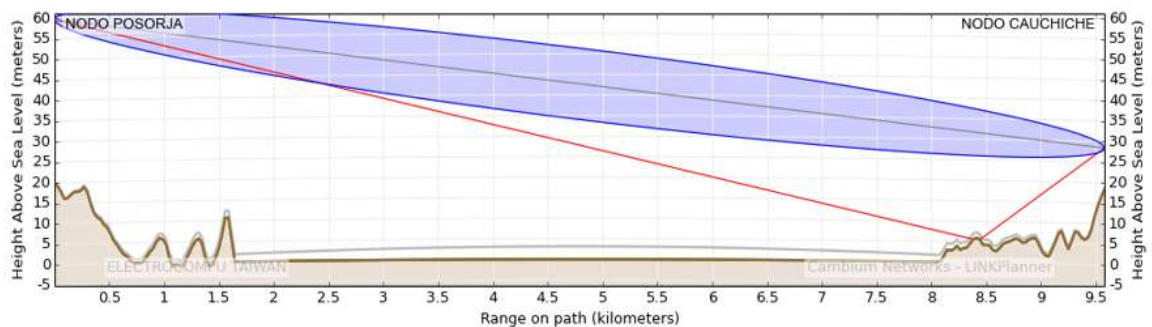


Figura 2.8 Enlace Posorja-Cauchiche

Dicho valor es tomado considerando que no existe obstáculo alguno entre el enlace y que mantendrá en buen resguardo los equipos.

2.4 Diseño del enlace de radio Cauchiche-Campo Alegre

Partiendo de la información ya previamente definida se tiene una antena ubicada a 30 metros (98.4ft) sobre el nivel del mar, utilizando la ecuación 1.1 se obtiene:

$$d = \sqrt{2h}$$

$$d = \sqrt{2(98.4)}$$

$$d = \sqrt{196.8}$$

$$d = 14.03mi \approx 22.57km$$

Se Concluye que la distancia entre las comunas de Cauchiche y Campo Alegre no será inconveniente para se efectúe el radio enlace entre estas dos comunas, en cuanto a la altura de la antena ubicada en Campo Alegre la topografía entre este enlace es muy irregular lo cual debemos escoger una altura adecuada para que no haya obstrucción entre el LOS, con ayuda de LINKplanner se verifica el relieve de la isla y se establece una altura inicial de 45 metros por encima del nivel del mar siendo 30 metros altura de la torre y 15 metros del terreno con respecto al nivel del mar, como se puede observar en la figura 2.9 con una altura de la antena a 45 metros existe obstáculo en la zona de fresnel el cual ocasionaría perdida de la señal en el LOS del enlace.

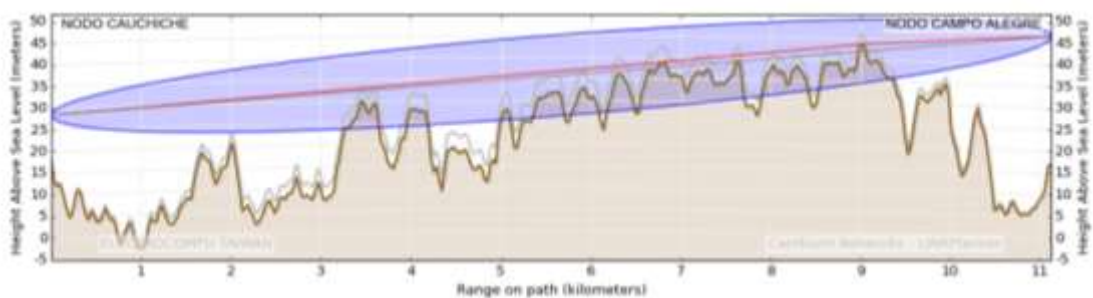


Figura 2.9 Enlace Cauchiche-Campo Alegre

Por lo cual se incrementará la altura de la torre ubicada en Cauchiche y Campo Alegre 10 metros más para que no exista obstáculo alguno entra el LOS del enlace, como se puede apreciar en la figura 2.10. El enlace no tendrá ningún tipo de obstáculo de por medio y es una altura suficiente para un buen desempeño y resguardo de equipos.

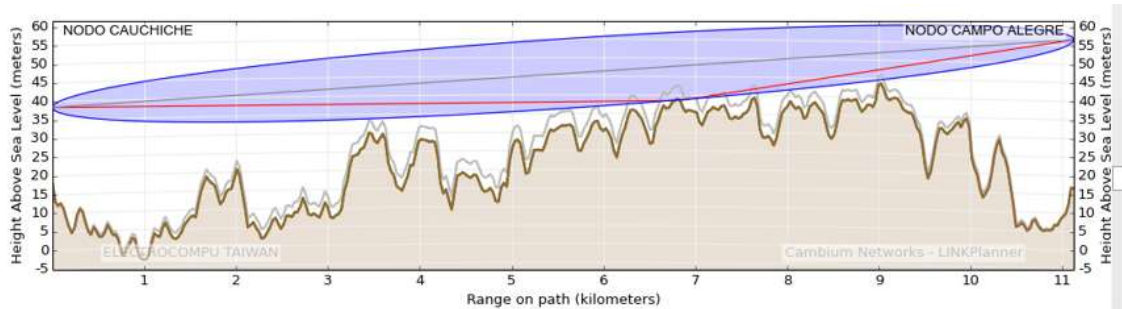


Figura 2.10 Enlace Cauchiche-Campo alegre

En este caso la torre de la antena tendrá una altura de 40 metros, y asegura una buena conexión entre las 2 comunas.

2.5 Diseño de la red de distribución de internet

Para la distribución del internet se utilizará una antena direccional para en caso de Cauchiche la torre estará ubicada a un extremo de la comuna por lo cual con una antena sectorial de 120 grados cubriríamos toda la comuna, mientras que en Campo Alegre como la torre se encontrará ubicada en el centro de la comuna se emplearan 3 antenas sectoriales de 120 grados cada una para poder cubrir toda la comuna.

Las antenas sectoriales funcionarían como transmisores y cada usuario tendrá un equipo receptor que recibirá la señal de internet. La red se modelará de manera semejante a una red celular con 1 o 2 clusters y cada usuario tendrá acceso inalámbrico a la señal como se aprecia en la figura 2.11

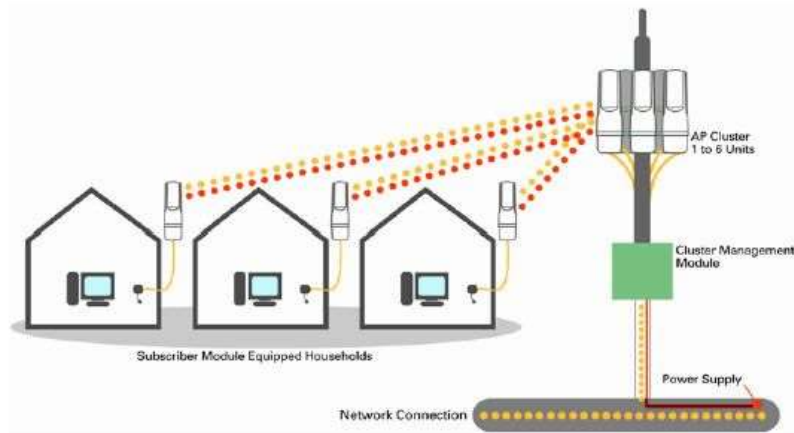


Figura 2.11 Modelo de distribución de internet a los usuarios [6]

Utilizando el simulador LINKplanner se obtiene una visión de la cobertura en las comunas anteriormente mencionadas, en la figura 2.12 se puede apreciar la cobertura del nodo en la comuna de Cauchiche.

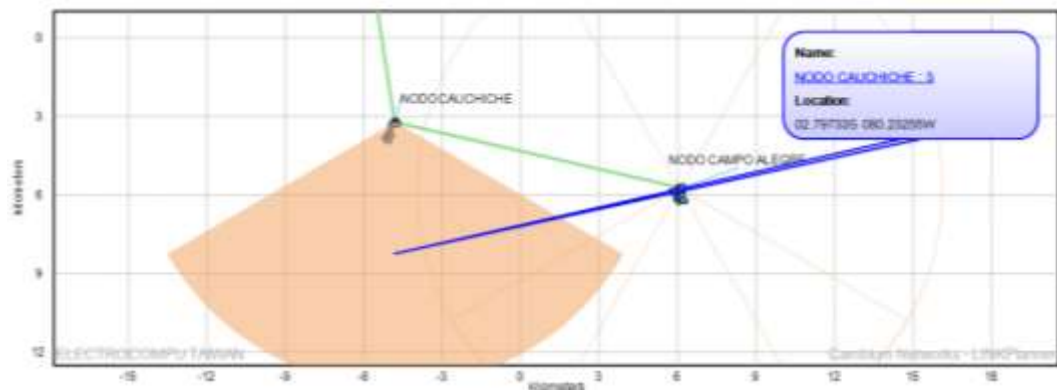


Figura 2.12 Cobertura de Cauchiche

En las figuras 2.13, 2.14 y 2.15 se pueden apreciar la cobertura de los nodos en la comuna de Campo Alegre.

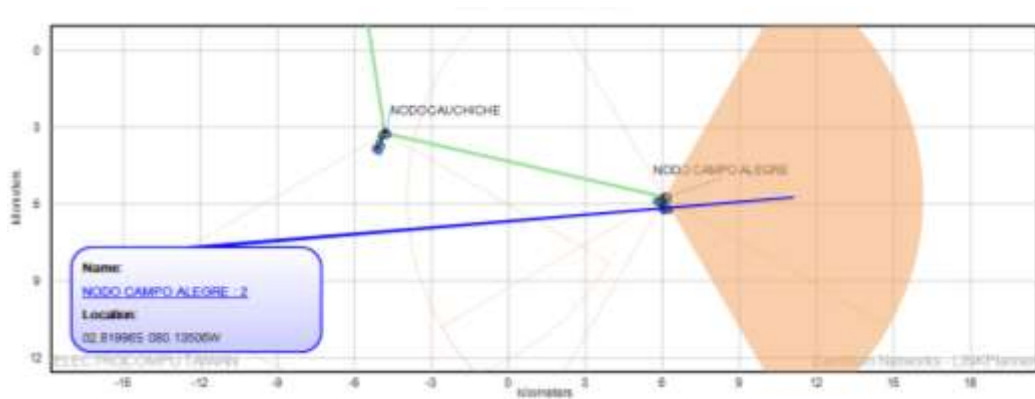


Figura 2.13 Cobertura de Campo Alegre

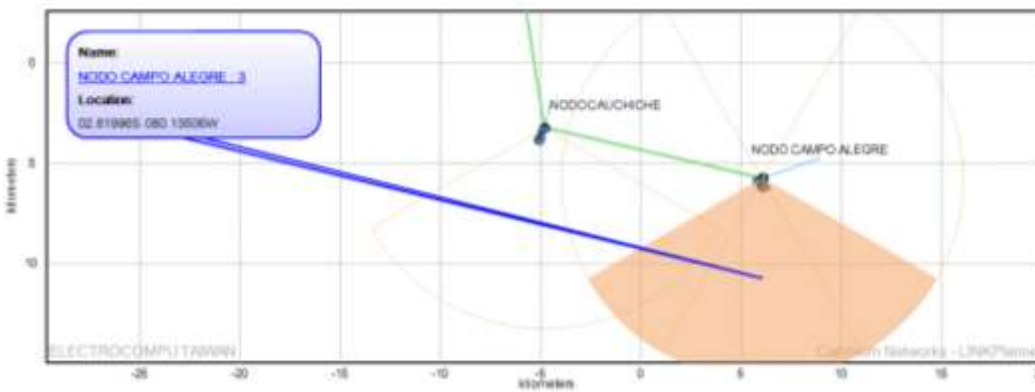


Figura 2.14 Cobertura de Campo Alegre

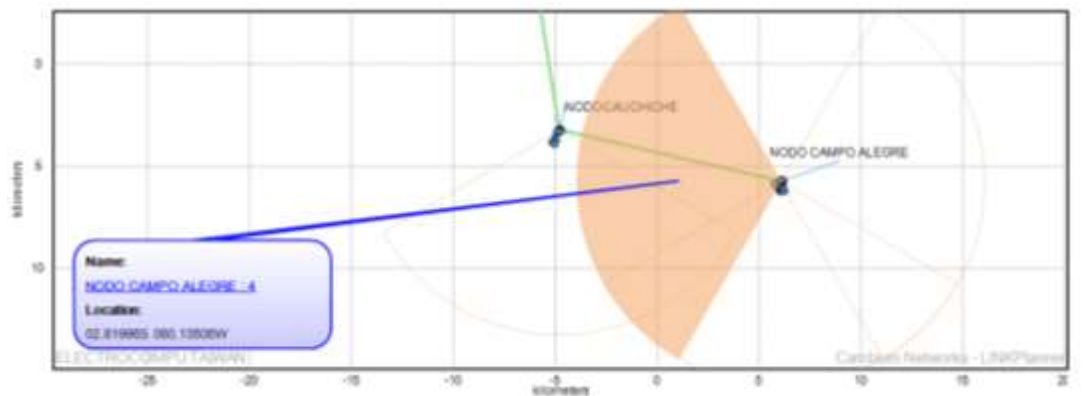


Figura 2.15 Cobertura de Campo Alegre

Las secciones naranjas muestran la cobertura de cada antena sectorial que son aproximadamente 15 kilómetros, y los puntos azules que se aprecia son una muestra de usuarios del sector.

2.6 Diagrama de bloques de la red

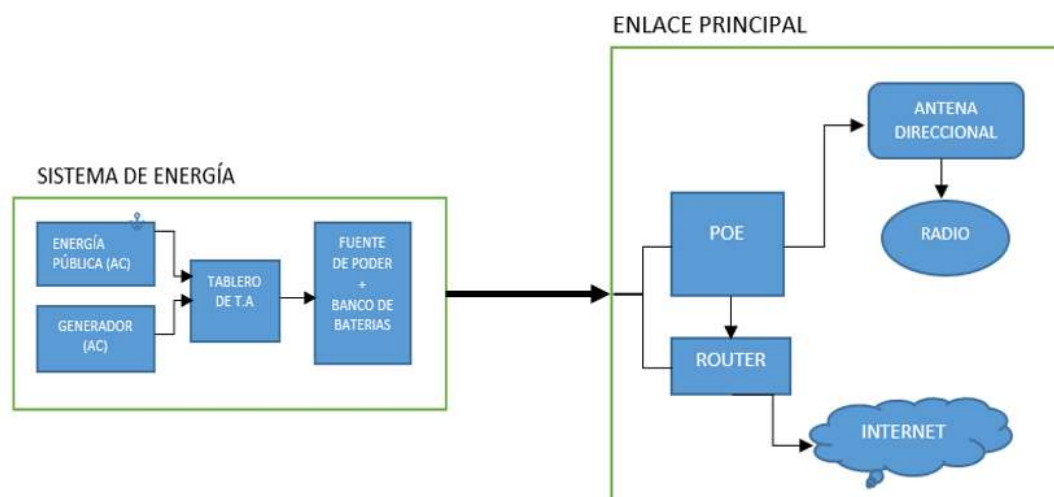


Figura 2.16 Diagrama de bloques general de los enlaces de radio

En la figura 2.16 se puede visualizar el diagrama de bloques del sistema, el bloque de energía que está compuesto por un generador de voltaje que es de gran ayuda en el momento que se pierda energía eléctrica, este irá conectado a un tablero de T.A la cual se conectara directo a la fuente de poder con un banco de baterías, a este sistema van conectados los equipos de la torre principal ubicada en Posorja el cual servirá como punto de inicio para los radio enlace hacia Cauchiche y Campo Alegre.

En la figura 2.17 se observa el diagrama de bloques del punto de acceso para ambas comunas, la cual funcionará con una parte de alimentación similar a la utilizada en los enlaces y la parte de distribución de internet con un switch el cual ayudará para la administración remota de los equipos. La señal será emitida mediante una antena sectorial la cual dará cobertura hacia los equipos terminales.

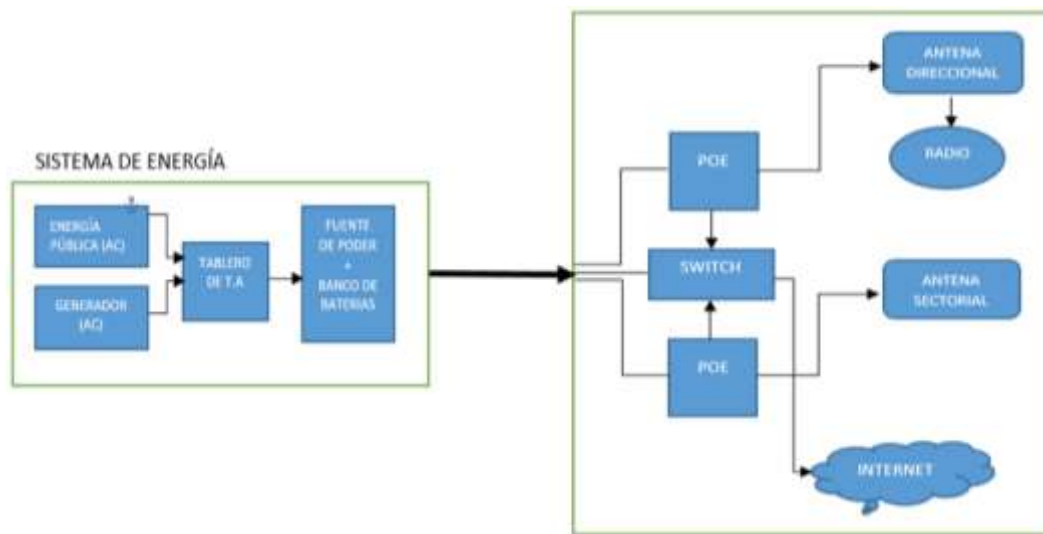


Figura 2.17 Diagrama de bloques general de los AP

2.7 Selección de equipos

Por la abundante naturaleza habida en la isla y las distancias entre puntos estratégicos se debe elegir equipos que se adapten a ciertas especificaciones y requerimientos para brindar a nuestros clientes un buen servicio, sean estos tales como:

- El mayor alcance que sea posible para abarcar el máximo de territorio
- Facilidad de configuración y monitoreo
- Conectividad segura tanto interna para el ISP como externas para nuestros clientes
- La topología que se maneje en los equipos debe ser punto a punto o punto multipunto
- Los equipos a utilizar deben estar basados en estándares que funcionen en el país
- Que la Conectividad de banda ancha sea confiable y de alta calidad
- Que tengan un alcance de 12km sin ningún inconveniente ya que nuestro enlace va a estar a esa distancia
- Los equipos deben soportar condiciones extremas, lluvia, viento, calor, humedad ya que las comunas se encuentran en ambientes hostiles.
- Deben tener protección contra descargas eléctricas
- Que trabajen con banda de frecuencia de 5.8Ghz, ya que es donde existen más canales disponibles y con mayor ancho de banda

Para el diseño del enlace RF se utilizará tecnología ePMP de la compañía Cambium Networks ya que cumplen todos los requisitos, además los equipos cuentan con certificación **IP-55** por lo que están preparados para trabajar en condiciones extremas. Estos equipos también cuentan con protector contra descargas internamente. Cuando se presentan condiciones de lluvia en la cual se atenúa la señal, el AP pide a las estaciones aumentar su potencia de salida para lograr la mejor señal posible sin exceder el valor pre-establecido evitando así la saturación.

2.7.1 Antena direccional ePMP 200

La antena direccional ePMP 200, cuenta con un diámetro que va entre los 6.4 a 7.6 cm con un peso aproximado de 2.8kg trabaja en frecuencias que van desde los 2402 MHz y los 2472 MHz que ofrece canales que van incrementando en rangos de 5Mhz con anchos de banda para cada canal de 5-10-20-40 MHz. En la tabla 2.1 se presenta las características del dispositivo.

CARACTERÍSTICA DEL EQUIPO	
IMAGEN	
Modelo	EPMP 200 2x2 mimo/ofdm
Rango de frecuencia	2402 MHz – 2472 MHz
Potencia de salida	-15dBm – 30dBm
Voltaje	10 a 30v
Potencia	10w

Tabla 2.1 Características del equipo ePMP 200 [datasheet]

Entre sus principales funciones se tiene:

- trabaja en un alto entorno de interferencia y provee una capacidad superior a 200 Mbps
- Consta de modos configurables para dúplex y full-dúplex con una latencia baja de alrededor de 2 a 3 ms
- Ofrece una administración excepcional para tres tipos de servicios VoIP, videos y datos a más de 3 niveles de prioridad
- Posee un gran alcance con una ganancia pico de 17dBi combinado con una potencia de transmisión de 30dBm
- Puede ser configurado para modo subscriptor o para alta ganancia para modo PTP

Posee un patrón de radiación con polarización horizontal en azimuth y elevación tal como se aprecia en la figura 2.19 y figura 2.18 respectivamente y una sensibilidad de -68 dBm en MCS15 (64QAM 5/6)

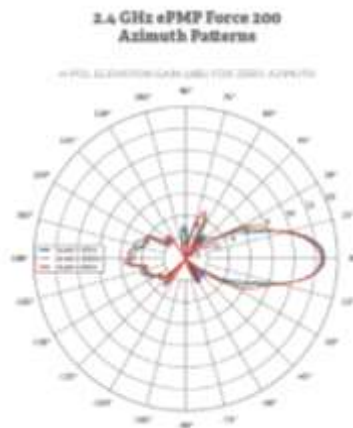


Figura 2.19 Patrón de radiación en azimuth
[datasheet]

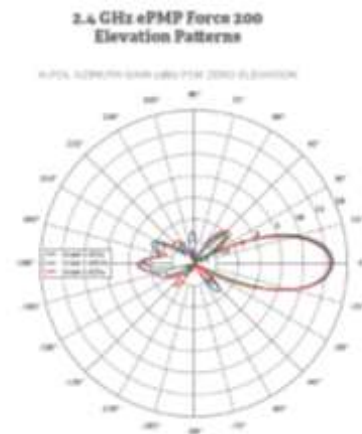


Figura 2.18 Patrón de radiación en elevación
[datasheet]

2.7.2 Antena sectorial ePMP 1000

Este tipo de antena otorga una máxima eficiencia de espectro ya que en conjunto con su AP (Access point) permite la reutilización de frecuencia y un mayor número de suscriptores con una mejor calidad de servicio.

Su diseño esta echo para entornos difíciles por su fácil configuración y su operación de transmisión dual.

En la tabla 2.2 se muestra sus principales características.

CARACTERÍSTICA DEL EQUIPO	
IMAGEN	
Modelo	ePMP 1000 2x2mimo
Rango de frecuencia	5150MHz – 5875MHz
Ganancia	14dBi/120°
Voltaje	10 a 30v
Potencia	5w

Tabla 2.2 Características del equipo ePMP 1000 [datasheet]

Sus patrones de radiación en azimuth y elevación se muestran en las figuras 2.20 y 2.21 respectivamente.

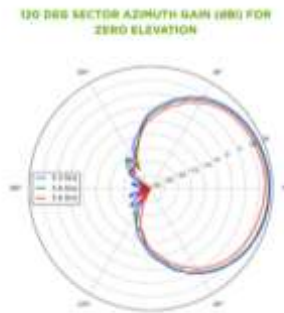


Figura 2.20 Patrón de radiación en azimuth del ePMP 1000 [datasheet]

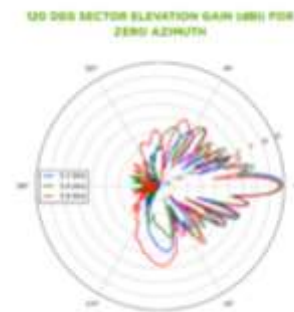


Figura 2.21 Patrón de radiación en elevación [datasheet]

2.7.3 AP ePMP 1000 GPS radio

En la tabla 2.3 se muestra las principales características del AP.

CARACTERÍSTICA DEL EQUIPO	
IMAGEN	
Modelo	ePMP 1000 GPS RADIO
Rango de frecuencia	4910MHz – 5970MHz
Ganancia	-17 – 30dBm
Voltaje	23 a 56v
Potencia	10w

Tabla 2.3 Características del equipo ePMP 1000 GPS RADIO [datasheet]

2.7.4 Equipo para el usuario ePMP FORCE 180

Para el acceso a los hogares como dispositivo terminal, cada usuario tendrá un módulo de radio integrado ePMP180 (véase figura 2.20), este dispositivo es una plataforma compacta y potente que funciona como punto de acceso, módulo de suscriptor o radio PTP con una antena que tiene una ganancia que va desde los 3dB a los 16 dBi lo cual proporciona un aumento en el alcance de hasta 40% más que dispositivos similares incluso a versiones anteriores del mismo, Viene equipado con un puerto Gigabit Ethernet y es alimentado por un inyector PoE, sus principales características se muestra en la tabla 2.4

CARACTERÍSTICA DEL EQUIPO	
IMAGEN	
Modelo	ePMP FORCE 180 2X2MIMO/OFDM
Rango de frecuencia	4910MHz – 5970MHz
Ganancia	-17 – 30dBm

Voltaje	10 a 30v
Potencia	10w

Tabla 2.4 Características del equipo ePMP force 180 [datasheet]

Entre sus principales funciones se tiene:

- Tiene una alta capacidad de conectividad confiable lo que para negocios a medida que se va expandiendo, hace q la red sea altamente escalable
- Ofrece confianza para servicios triple play como VoIP, video y datos
- El uso de tecnología 2x2 MIMO-OFDM ofrece una tasa de datos de hasta 200 Mbps de rendimiento real a los usuarios
- Puede funcionar como módulo de suscriptor o punto de acceso sincronizado o no sincronizado

Sus patrones de radiación en azimuth y elevación con polarización horizontal se aprecian en la figura 2.22

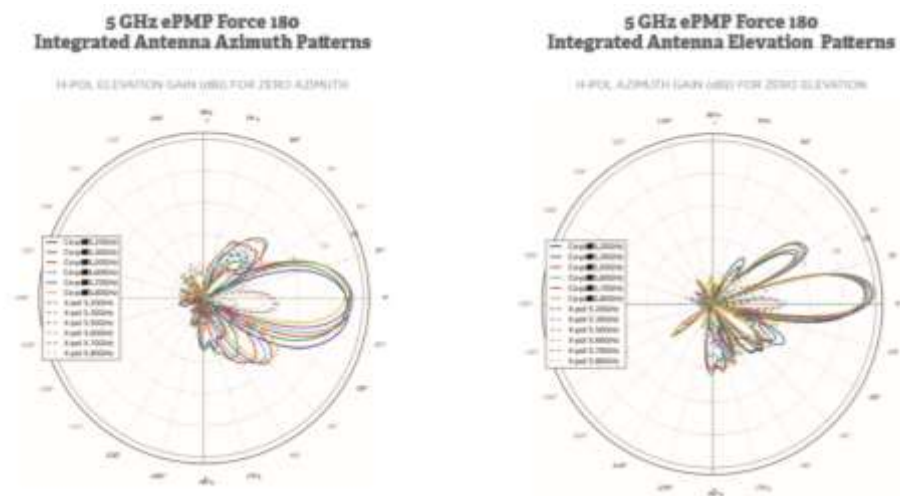


Figura 2.22 Patrones de radiación en azimuth y elevación del ePMP force 180 [datasheet]

2.8 Análisis del espectro

Para elegir una frecuencia de operación se procede a analizar el espectro con la ayuda del ePMP FORCE 180 el cual puede ser configurado como analizador de espectro, colocado a una altura de 40 metros por encima del nivel del mar en la torre ubicada en Posorja en dirección hacia la comuna de Cauchiche en la isla Puná se tomaron las siguientes capturas como se puede apreciar en las figuras 2.23 y 2.24 la frecuencia 5825MHz está libre por lo que utilizaremos para hacer el enlace y tenemos una interferencia en decibelios de -75.

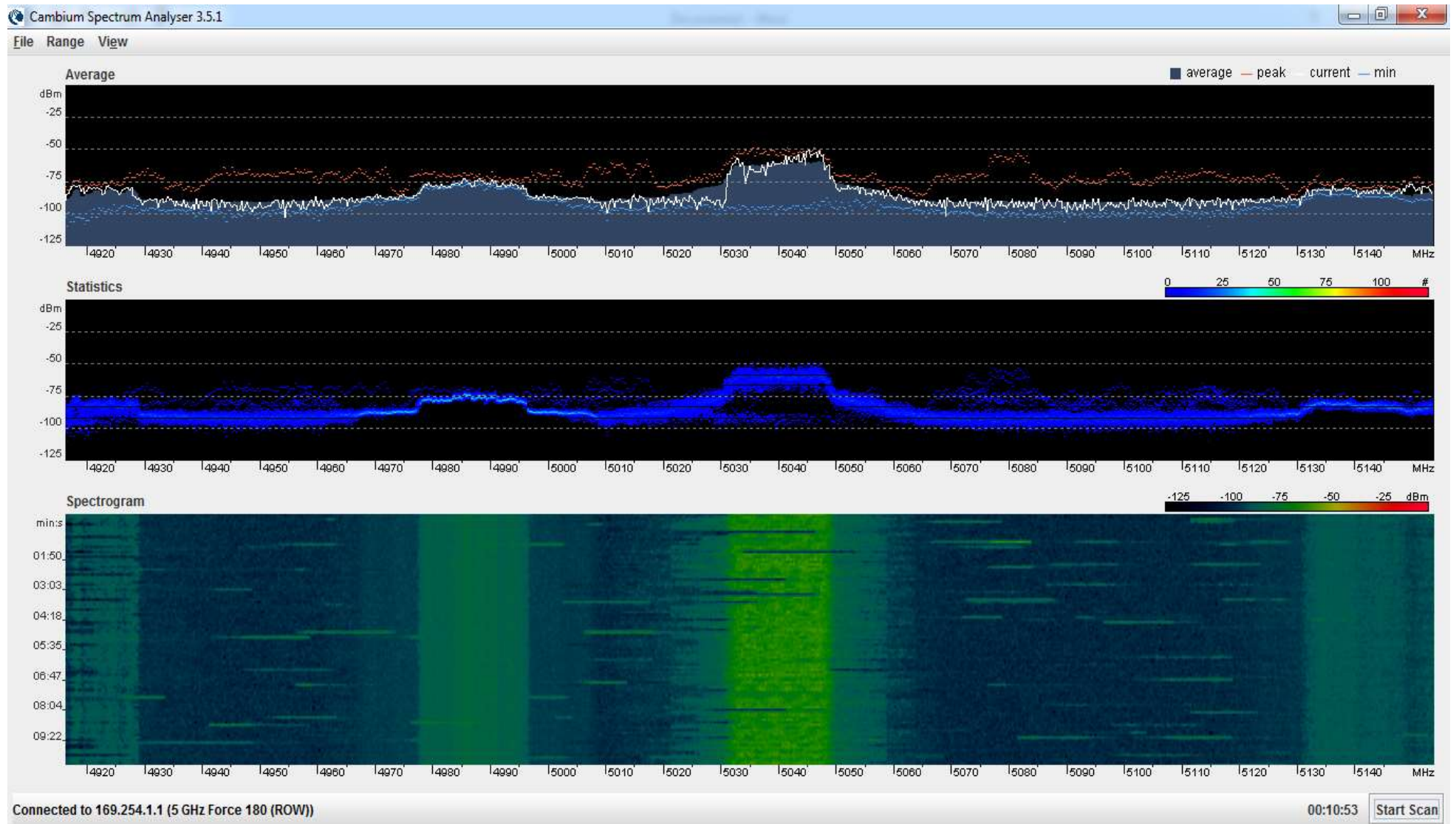


Figura 2.23 Análisis de espectro de 4920 a 5140 MHz

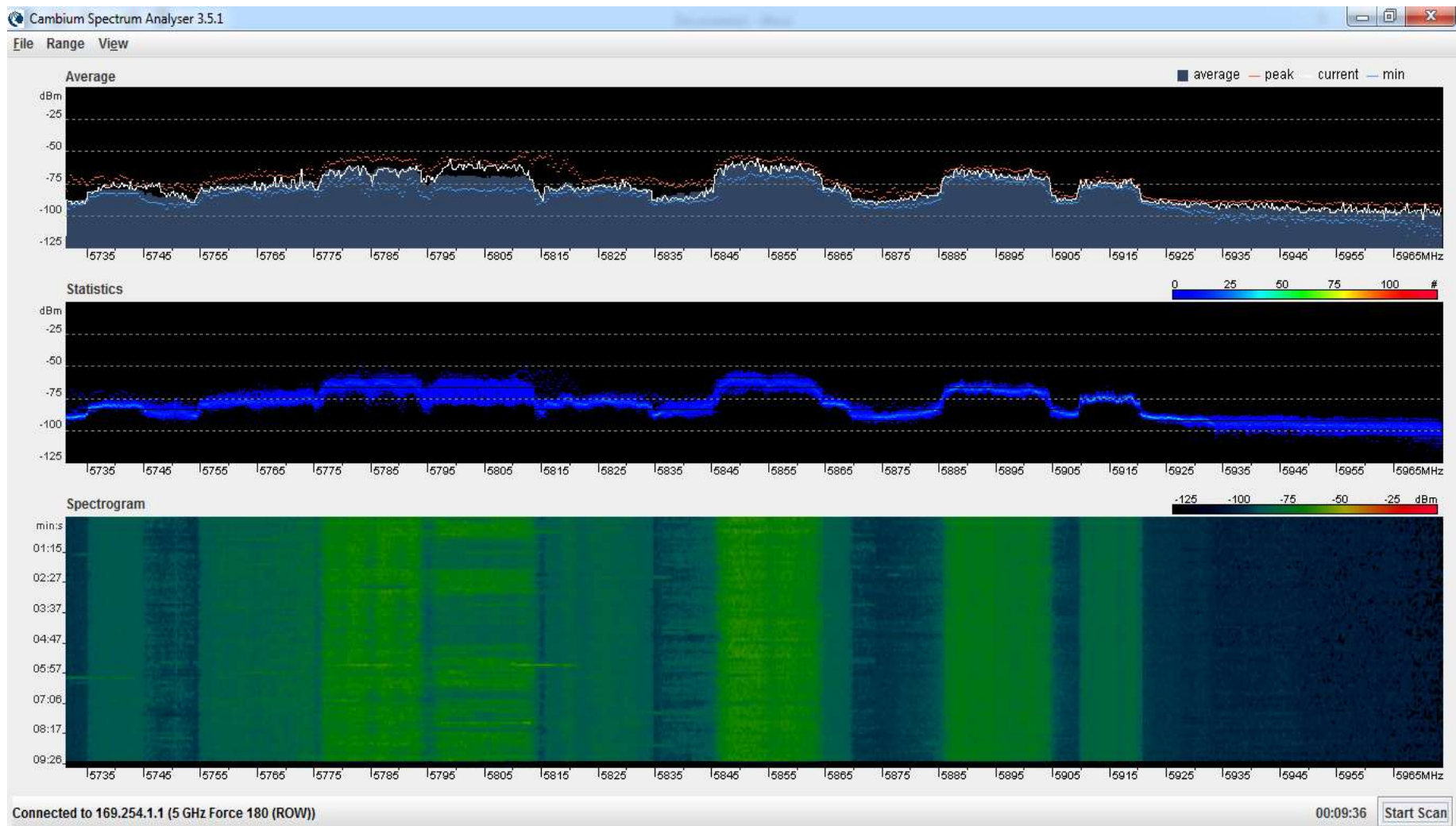


Figura 2.24 Análisis de espectro de 5735 a 5905 Mhz

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

3.1 Simulación de radio enlace Posorja-Cauchiche

Para el enlace principal entre el continente y la isla se determinó las alturas adecuadas para un enlace eficiente dando como resultado para la torre ubicada en Posorja un total de 60 metros de altura por encima del nivel del mar para la antena y en Cauchiche una altura de 40 metros con lo cual se obtiene un enlace eficiente sin obstáculos en la zona de Fresnel, véase figura 3.1.

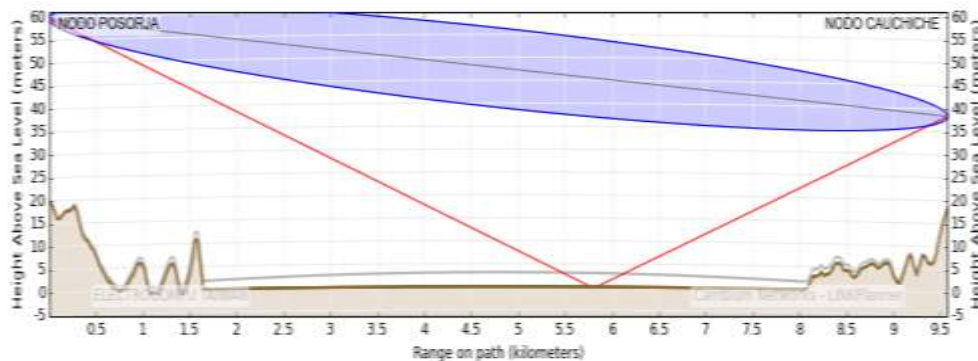


Figura 3.1 Simulación radio enlace Posorja-Cauchiche

Los parámetros que tuvo en cuenta para lograr dicha predicción se presentan en la figura 3.2, se trabajó en la banda 5.8Ghz, como equipo para el radio enlace el ePMP Force 200 regularizado para las normas de Ecuador para que automáticamente regule la potencia de transmisión en modo PTP.

Equipment				
Region and Equipment Selection				
Band	Product	Remote Product	Regulation	ePMP PTP Mode
5.8 GHz	ePMP Force 200	ePMP Force 200	Ecuador	PTP
ePMP Configuration				
Bandwidth	DL/UL Ratio	Frame Period	Maximum Mod Mode	Master
20 MHz	50/50	5 ms	MCS15 (6-QAM 0.83)	NODO POSORJA

Figura 3.2 Parámetros de simulación radio enlace Posorja-Cauchiche

Tener en cuenta que a más ancho de banda más información a transmitir, pero normalmente se utiliza 20 Mhz. Por ser un enlace punto-punto se usa una compartición de DL/UP de 50/50, como la técnica de compartición de canal es por multiplexación por división de tiempo (TDM), quiere decir que de la trama de tiempo la mitad es para transmitir y la otra mitad para recibir en un modo half dúplex, si la demanda de servicio fuera de 100% de internet se podría utilizar un 75/25 lo cual transmitiría más información de la que recibiría que es como comúnmente funciona el internet, pero en un enlace punto a punto es conveniente 50/50. Como a la trama se la partirá en dos se elige el tamaño de trama más grande de 5 milisegundos. Como dispositivo master el radio de Posorja.



Figura 3.3 Desempeño del radio enlace Posorja-Cauchiche

En la figura 3.3 se puede observar cómo se obtuvo un enlace con 58.78 Mbps para el nodo de Posorja y 58.53 Mbps en Cauchiche, dando como total 117.31 Mbps que maneja la trama del enlace. Se obtiene una predictibilidad de 99.99%.

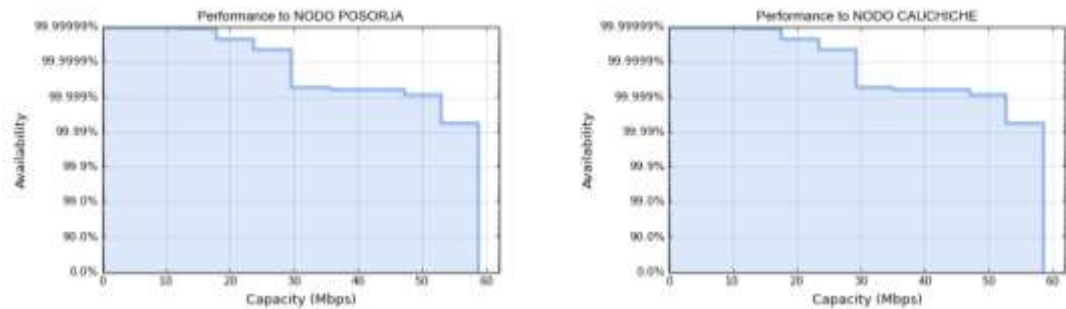


Figura 3.4 Gráficos de Capacidad vs Disponibilidad para radio enlace Posorja-Cauchiche

En la figura 3.4 se aprecia que si desea más disponibilidad se debe disminuir el ancho de banda, con alrededor de 18 Mbps se asegura que la red nunca va a fallar y para los 58.78 Mbps una disponibilidad de 99.99% lo cual verifica que el sistema tiene 0.01% de fallar.

3.2 Simulación de radio enlace Cauchiche-Campo Alegre

Para el enlace entre las comunas, se obtuvo las alturas adecuadas para un enlace eficiente dando como resultado para la torre ubicada en Cauchiche un total de 40 metros de altura por encima del nivel del mar para la antena y en Campo Alegre una altura de 55 metros con lo cual se obtiene un enlace eficiente sin obstáculos en la zona de Fresnel, como se muestra en la figura 3.5.

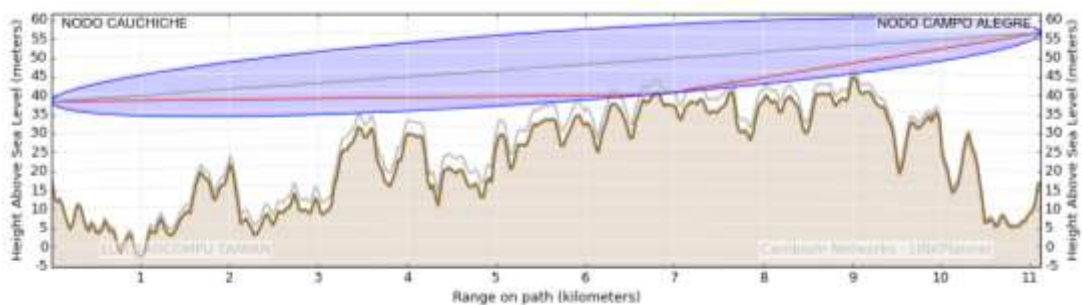


Figura 3.5 Simulación de radio enlace Cauchiche-Campo Alegre

Los parámetros que se tuvieron en consideración se muestran en la figura 3.6. Son similares al primer enlace con la diferencia de que es master está ubicado en Cauchiche

Figura 3.6 Parámetros de simulación radio enlace Cauchiche-Campo Alegre

Como resultados arrojó que el total de ancho de banda el nodo de Cauchiche es de 58.78 Mbps y en Campo Alegre de 58.29 Mbps dando un total de 117.07 Mbps tal como se muestra en la figura 3.7 y con una disponibilidad de un 99.99% como se puede apreciar en la figura 3.8.



Figura 3.7 Desempeño del radio enlace Cauchiche-Campo Alegre

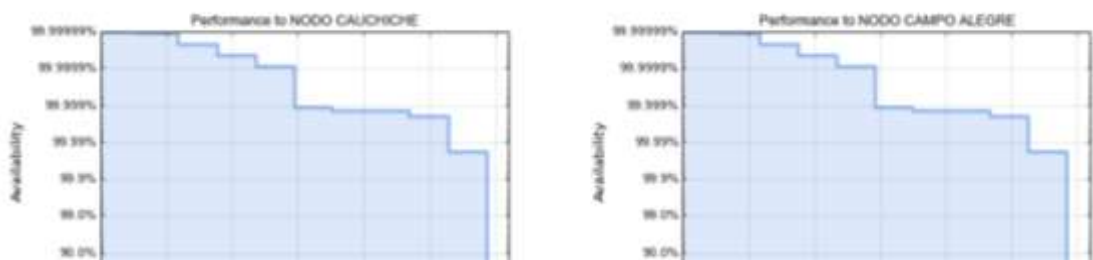


Figura 3.8 Gráficos de Capacidad vs Disponibilidad para radio enlace Cauchiche-Campo Alegre

3.3 Simulación punto multipunto en Cauchiche y Campo Alegre

Para la comuna de Cauchiche se tomaron en cuenta coordenadas de sitios importantes de la comuna como casas, escuelas etc. La cual es abarcada con una antena sectorial de 120 grados tal como se aprecia en la figura 3.9.

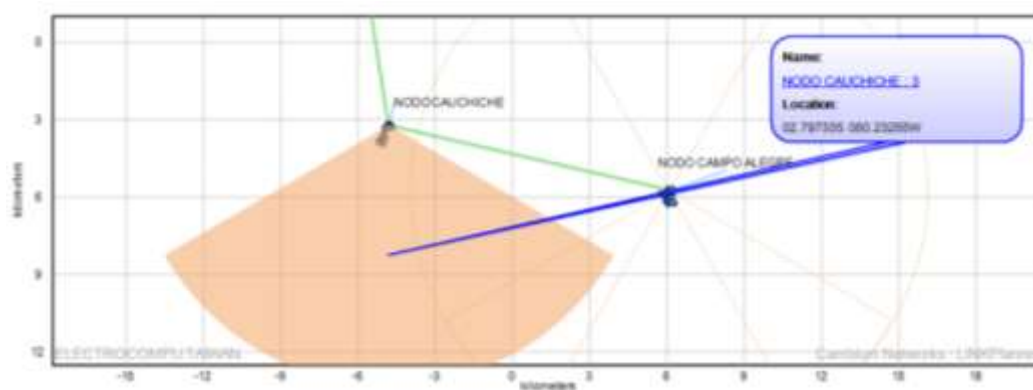


Figura 3.9 Cobertura Cauchiche

El alcance de la antena es de aproximadamente 10 kilómetros y con un AP se cubre el 99% de la población, en la figura 3.10 se puede apreciar una vista satelital de dicha cobertura.



Figura 3.10 Cobertura Cauchiche

Analizando cada enlace a los usuarios como pequeños enlaces punto a punto se obtuvo (véase figura 3.11) una disponibilidad del 100%.



Figura 3.11 Enlace entre el AP y el cliente en Cauchiche

En la figura 3.12 se aprecia que se utilizó canales de 20Mhz, pero ahora con un radio en DL/UP de 75/25 y no 50/50 como en los radios enlace esto se debe a que el servicio final a transmitir hacia los usuarios es netamente internet por lo tanto el time frame total 75% se usara para transmisión y 25% para recepción en modo suscriptor.

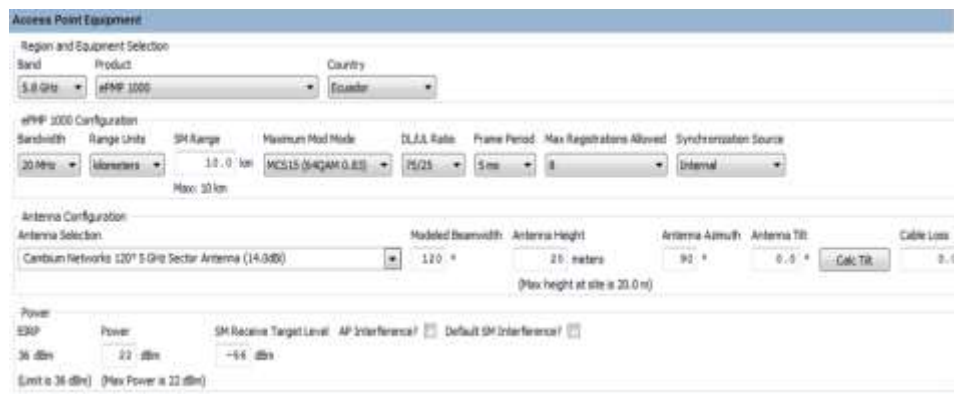


Figura 3.12 AP Cauchiche

En Campo Alegre se tiene 3 AP con 3 antenas sectoriales las cuales se aprecian en una vista satelital en la figura 3.13,



Figura 3.13 Vista satelital de cobertura en Campo Alegre

En una vista al enlace entre el AP y el cliente en Campo Alegre se puede apreciar en la figura 3.14 que se obtiene una disponibilidad del 99%.

3.4 Estudio de pre factibilidad económica

3.4.1 Componentes y costos del sistema para Cauchiche y Campo Alegre

Para dar cobertura a la comuna de Cauchiche se estableció un solo punto

Figura 3.14 Enlace entre el AP y el cliente en Campo Alegre
de acceso (AP) a un lado extremo de la comuna lo cual trabajará de manera punto multipunto, en la tabla 3.1 se muestra los costos de equipos utilizados en un AP.

Equipos	Valor
ePMP1000-AP	520
Antena sectorial	235
Surge Suppressor	23
Total (USD)	778

Tabla 3.1 Costos de equipos en un AP

En costos de infraestructura se tiene una torre con una altura de 20 metros en la cual se utiliza cable y conectores, el valor de mercado de una torre es aproximadamente \$80 por metro y un rollo de cable UTP de 305 metros tiene un valor de \$130 y los conectores RJ-45 tienen un costo unitario de \$0.15, en la tabla 3.2 se muestra los costos por infraestructura para el AP.

Infraestructura	Valor
Torre (20m)	1600
Cable (30m)	12.80
Conectores(20)	3
Total (USD)	1615,8

Tabla 3.2 Costos de infraestructura de un AP

Instalación	Valor
Torre	320
Equipos	120
Total (USD)	440

Tabla 3.3 Costos de instalación

A estos costos se le debe sumar el valor que tiene la instalación de equipos y de la torre en el respectivo sitio ya establecido. La instalación de una torre tiene un valor de mercado actual de un 20% del total del costo de la torre y la colocación de equipo un aproximado de \$120, en la tabla 3.3 se muestra los costos por instalación.

Se tiene que para la instalación de un AP en Cauchiche un costo total de \$2833.80 y por cada usuario se debe tomar en cuenta los costos por equipos como se aprecia en la tabla 3.4 para acceder al servicio

		Plazo (meses)	Número de usuarios	Total
Costo AP/usuario	2833,8	15	30	6,30
Costo equipos de usuario	150			10
		valor a recuperar mensual		16,30

Tabla 3.4 Recuperación mensual de Inversión a 15 meses

3.4.2 Plan de negocios a 15 y 30 meses

Para la habilitación de un AP se necesita un total de \$2833.8 que incluye equipos, infraestructura e instalación, cada usuario de la red tendrá un costo de \$150 con lo cual se pretende recuperar la inversión en:

a) en 15 meses con 30 usuarios

Equipos de usuario	Valor
Force 180	136
Tubo de 3 metros	9
conectores	0,75
cable (10 metros)	4,25
Total (USD)	150

Tabla 3.5 Costos de equipos de usuarios

El valor de costos de AP/usuarios se lo obtiene dividiendo el total de costo del AP para el número de usuarios que se estima en la red (véase tabla 3.5), con esto se obtiene un valor a recuperar de \$16.30 de inversión. Brindando un servicio a costo de mercado de \$30+IVA menos el 45% que cobra la operadora por la prestación de internet nos dejaría un ingreso de \$16.50 con lo cual se estaría como mínimo recuperando la inversión sin pérdidas, pero al ofrecer un servicio a un costo de \$30 se sobrepasa la tarifa accesible para las comunidades que muchas veces no cuentan con recursos económicos para adquirir un servicio de tal costo.

b) en 30 meses con 30 usuarios

		Plazo (meses)	Número de usuarios	Total
Costo AP/usuario	2833,8	30	30	3,15
Costo equipos de usuario	150			5
		valor a recuperar mensual		8,15

Tabla 3.6 Recuperación mensual de Inversión a 30 meses

El valor a recuperar es de \$8.15 como se aprecia en la tabla 3.6 con lo cual se podría ofrecer un servicio a un costo de \$20+IVA más accesible para gente de bajos recursos con lo cual quitando el 45% del costo de internet los ingresos serían de \$11 con lo cual se obtendría una mínima ganancia de $\$11 - 8.15 = \2.85 .

Los valores y estimaciones obtenidas son basados en una cantidad fija de usuarios se debe tener en cuenta que a medida que el tiempo transcurre la red puede agrandar su número de usuarios y dichos valores cambiarían.

Algo similar es para la comuna de Campo alegre para el cual se necesitarán 3 AP con lo cual los usuarios que se necesitarían son 90 usuarios.

Los servicios como luz eléctrica vienen previamente a convenio de las comunas a cambio de proveer del servicio gratuitamente la escuela de la comuna.

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Para el primer enlace de Posorja a Cauchiche como se muestra en la simulación con el software Link Planner, teniendo como referencia la regulación de nuestro país y trabajando en la banda de 5.8 GHz. Concluimos que, con una altura de 10 metros respecto al nivel del mar, es más que suficiente para que el enlace sea óptimo. Obteniendo 17 Mbps de capacidad con la máxima disponibilidad.
- Para el segundo enlace Cauchiche – Campo Alegre como observamos en la simulación con el software Link Planner. Concluimos que con los 10 metros en la torre de Cauchiche el enlace es pésimo. Obteniendo apenas 6 Mbps con la máxima disponibilidad.
- Por lo tanto, para que el segundo enlace sea óptimo podemos deducir que con 20 metros de altura en la torre de Cauchiche obtenemos 17 Mbps de capacidad con la máxima disponibilidad.
- Se utilizó el equipo Force180 para acceso a los hogares como dispositivo terminal ya que tiene una ganancia que va desde los 3db – 16db por lo que nos proporciona un aumento en el enlace de un 40% más que otros equipos.
- Se ha cumplido el objetivo del proyecto: Diseñar y Modelar una red inalámbrica para la distribución de internet en las comunidades de Cauchiche y Campo Alegre de la Isla Puná.
- De la misma manera, se han logrado los objetivos específicos, haciendo uso de tecnología apropiada, los puntos estratégicos de ubicación de la red y las especificaciones de los equipos, para garantizar una excelente calidad del servicio de Internet a los usuarios.
- Para llevar a cabo el diseño de la red se comprometieron varios factores topográficos de las comunas, requerimientos básicos del sistema, que faciliten el

perfecto control del mismo. Para esto fue de gran ayuda la información proporcionada por las comunas y el uso LINK Planner del Software.

Recomendaciones

- Aprovechar las ventajas que CAMBIUM NETWORKS proporciona a sus usuarios en todos sus equipos para que el diseño sea óptimo bajo condiciones extremas.
- La implementación de un proveedor de servicio de internet a las comunidades de Cauchiche y Campo Alegre en la Isla Puná, ya que se ha demostrado con resultados de las simulaciones que el diseño es técnicamente posible.
- Los equipos para el enlace de RF deben soportar condiciones climáticas muy fuertes, ya que las comunas se encuentran en ambientes hostiles. Además, deben soportar una alta seguridad a intrusos que puedan filtrarse a la red, por lo que es recomendable establecer protocolos de seguridad.
- Cuando trabajemos con el software de simulación Link Planner tener en cuenta todas sus especificaciones como: rangos de frecuencia, ancho de banda, la modulación y regulaciones según el país.
- Tener en cuenta la frecuencia con la que se va a trabajar en cada equipo para que el enlace se pueda establecer de la mejor manera posible.

BIBLIOGRAFÍA

[1] MINTEL. (2015). "El plan de telecomunicaciones y tecnologías de la información del Ecuador 2016-2021". Disponible en:

<https://www.telecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/2016/08/Plan-de-Telecomunicaciones-y-TI..pdf>

[2] C.R. Freire. "Diseño de una red para proveer internet a escuelas cercanas a la subestación Santa Rosa de Transelectric S.A". Dep. Ing. Elect., Uni. EPN. Ecuador. Quito. 2009

[3] N.O. Gonzales. "Diseño e implementación de un proveedor de servicios de internet inalámbrico utilizando la tecnología routerboard Mikrotik, en la ciudad de Recuay en el año 2015". Dep. Ing., Uni. Católica De Los Ángeles Chimbote. Perú. Huaraz. 2015

[4] M.R Ghezzi. (2005, 07, 29) "Propagación de las ondas de radio" [online]. Disponible en:

<http://lu6etj.host-argentina.com.ar/lu6etj/tecnicos/handbook/propagacion/propagacion.htm>

[5] R Flickenger. (2013, Febrero) "Wireless Networking in the Developing World". (3ra Ed) [Online] Disponible en: <http://wndw.net/index.html>

[6] Multiperkasa. (2011) "PMP 100 Series". [Online] Disponible en: <http://multiperkasa.com/canopy-pmp100.html>

ANEXOS

ANEXO A

Specifications

SPECIFICATION SHEET: ePMP 1000 SECTOR ANTENNA

SPECIFICATIONS	C050900D003A 90 DEGREE SECTOR	C050900D002A 120 DEGREE SECTOR
FREQUENCY RANGE	5150 – 5875 MHz	
ANTENNA TYPE	ACCESS POINT SECTOR	
GAIN	15 dBi	14 dBi
VSWR	1.6:1 MAX	1.7:1 MAX
PORT TO PORT ISOLATION	25 dB	
6DB BEAMWIDTH-AZIMUTH	90°	120°
3DB BEAMWIDTH-AZIMUTH	65°	90°
3DB BEAMWIDTH-ELEVATION	8°	12°
POLARIZATION	Dual Linear, Horizontal / Vertical	
MAXIMUM INPUT POWER	5 W	
INPUT IMPEDANCE	50 Ohms	
FRONT-TO-BACK RATIO	>32 dB	
CROSS POLARIZATION	>18 dB	
MECHANICAL SIZE (MM)	827h x 161w x 59d (excl AP & bracket) 827h x 161w x 231d (incl AP & bracket)	
ANTENNA WEIGHT	3.1 kg (6.8 lb), w/o bracket kit	
MOUNTED ANT WEIGHT (W/ AP)	5.5 kg (12.1 lb)	
ANTENNA CONNECTOR	2 x male RP-SMA	
WIND SURVIVAL	190 km/h (118 mph)	
WIND LOADING (@216 KM/H)	FRONT: 318 N (72 LBF) SIDE: 160 N (36 LBF)	
POLE MOUNTING HARDWARE	QUICK RELEASE, 1.5" TO 4.5" DIA. POLE	
MECHANICAL DOWNTILT	-3° TO 12°	

ANEXO B

Specifications

SPECIFICATION SHEET: ePMP 1000 GPS SYNC RADIO

Product	
SALES MODEL NUMBER	5 GHz: C058900P112A/C058900A112A (US/FCC), C050900P013A/C050900A013A (EU), C050900P011A/C050900A011A (Other) 2.4 GHz: C024900P011A/C024900A011A
Spectrum	
CHANNEL SPACING	Configurable on 5 MHz increments
FREQUENCY RANGE	5 GHz: 4910 – 5970 MHz (exact frequencies as allowed by local regulations) 2.4 GHz: 2402 – 2472 MHz
CHANNEL WIDTH	5 10 20 40 MHz
Interface	
MAC (MEDIA ACCESS CONTROL) LAYER	Cambium Proprietary
PHYSICAL LAYER	2x2 MIMO/OFDM
ETHERNET INTERFACE	100/1000BaseT, rate auto negotiated (802.3af compliant)
POWERING METHODS SUPPORTED	30V PoE Supply (included), CMM3 & CMM4, 802.3af PoE Supply
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	
SUBSCRIBERS PER SECTOR	Up to 120
ARQ	Yes
NOMINAL RECEIVE SENSITIVITY (W/ FEC) @ 20MHZ CHANNEL	MCS0 = -93 dBm to MCS15 = -69 dBm (per branch)
NOMINAL RECEIVE SENSITIVITY (W/ FEC) @ 40MHZ CHANNEL	MCS0 = -90 dBm to MCS15 = -66 dBm (per branch)
MODULATION LEVELS (ADAPTIVE)	MCS0 (BPSK) to MCS15 (64QAM 5/6)
GPS SYNCHRONIZATION	Yes, via Internal GPS, CMM3, or CMM4
QUALITY OF SERVICE	Three level priority (Voice, High, Low) with packet classification by DSCP, COS, VLAN ID, IP & MAC Addr, Broadcast, Multicast and Station Priority
Link Budget	
ANTENNA	Sector Antennas available
TRANSMIT POWER RANGE	-17 to +30 dBm (combined, to regional EIRP limit) (1 dB interval)