



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL  
LITORAL**

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

**“DISEÑO DE UNA RED QUE PROPORCIONE ACCESO  
A INTERNET A LOS HABITANTES DE LA ISLA  
SANTAY”**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

Previo a la obtención del Título de:

**MAGISTER EN TELECOMUNICACIONES**

**AUTOR**

ING. KEVIN ALEXANDER BARBA SALAZAR

**DIRECTOR**

PhD. FRANCISCO NOVILLO PARALES

GUAYAQUIL – ECUADOR

**AÑO: 2021**

## **AGRADECIMIENTOS**

A DIOS por ser la luz que ilumina mi camino y por brindarme la oportunidad de gozar de una vida llena de armonía, salud y paz, y desde luego por llenarme de sabiduría y fortaleza durante el desarrollo y culminación de este proyecto.

A mis PADRES por motivarme a seguir adelante a través de sus sabios consejos, lecciones de vida y por todo su apoyo incondicional en cada paso dado a lo largo de mi vida.

A los DOCENTES de la Maestría en Telecomunicaciones de la Escuela Superior Politécnica del Litoral por todo el conocimiento impartido en clases.

Al Phd. Francisco Novillo Parales, por ser una guía fundamental para el desarrollo y culminación del presente proyecto de titulación.

A la Comunidad de la Isla Santay por brindar todas las facilidades para poder desarrollar el presente proyecto.

*Kevin Alexander Barba Salazar*

## **DEDICATORIA**

A Dios, por su infinita bondad y misericordia al brindarme la fortaleza necesaria para continuar con mi formación Académica.

A mis PADRES, por creer en mí y ser un gran ejemplo a seguir al demostrarme que con amor, honestidad, esfuerzo y perseverancia podemos alcanzar todas nuestras metas.

A mis HERMANOS Joel y Christopher, por todos los momentos compartidos y sobre todo para con mi ejemplo motivarlos a continuar con su formación académica.

A mi familia, docentes y amigos por confiar en mí y por brindarme todo el apoyo necesario durante el desarrollo del presente proyecto.

*Kevin Alexander Barba Salazar*

## TRIBUNAL DE EVALUACIÓN

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Francisco Novillo'.

---

**Ph.D Francisco Novillo**

**DOCENTE**

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'B. Ramos'.

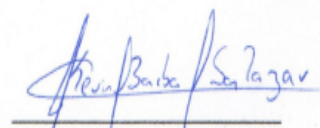
---

**Ph.D Boris Ramos**

**DOCENTE**

## DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad y la autoría del contenido de este Trabajo de Titulación, me corresponde exclusivamente; y doy mi 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"

A handwritten signature in blue ink, reading "Kevin Barba Salazar", written over a horizontal line.

Kevin Barba Salazar

## RESUMEN

En la actualidad, el servicio de Internet se ha convertido en uno de los servicios básicos que debe tener una familia en el Ecuador para su desarrollo y continuo aprendizaje de sus integrantes.

De acuerdo a esta premisa, la Isla Santay solo cuenta con internet en la escuela por lo cual es necesario poder realizar una infraestructura de telecomunicaciones a fin de lograr dar acceso a Internet a los habitantes de la Isla.

Por tal motivo, es necesario hacer un radio enlace hacia la Isla Santay. Se comenzó analizando dos posibles ubicaciones para el radio enlace que son: a) Nodo GYE – Nodo Isla Santay b) Nodo Duran – Nodo Isla Santay. Después de realizar los cálculos para los radios enlaces, se concluye que el radio enlace Nodo GYE – Nodo Isla Santay, cumple con los requisitos necesarios.

Se decidió tener dos tipos de tráfico para los dos tipos de usuarios que tendrá la red implementada, los cuales son: a) tráfico preferencial para los visitantes que llegan a la comuna y b) tráfico aceptable para los habitantes de la Isla Santay. Adicional se realizan encuestas para obtener datos necesarios para el dimensionamiento del tráfico que cursará en la red.

Se define que el ancho de banda mínimo requerido para el radio enlace debe ser de 132.80 Mbps. El radio enlace soporta teóricamente hasta 300Mbps de acuerdo al simulador Airlink lo que nos permite crear un plan de 3 Mbps a \$20.

Se hizo el cálculo de retorno de la inversión y se tiene que la inversión se recuperará en el año 4 después del despliegue de la infraestructura.

# ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	5
ÍNDICE DE TABLAS.....	10
CAPÍTULO 1.....	12
1 ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN.....	12
1.1 Descripción del Problema:.....	12
1.2 Justificación.....	13
1.3 Objetivos:.....	14
1.3.1 Objetivo General.....	14
1.3.2 Objetivos Específicos.....	14
1.4 Metodología:.....	14
1.5 Alcance:.....	15
CAPÍTULO 2.....	16
2 MARCO TEÓRICO.....	16
2.1 Estructura de redes de telecomunicaciones.....	16
2.1.1 Red de usuario.....	16
2.1.2 Red de acceso.....	17
2.1.3 Red de transporte.....	18
2.2 Antenas.....	20
2.2.1 Parámetros de una antena.....	20
2.2.2 Clasificación de las antenas.....	20
2.3 Medios de transmisión.....	22
2.3.1 Medio guiado.....	22
2.3.2 Medio no guiado.....	23
2.3.3 Pérdida de propagación en el espacio libre.....	23

2.3.4	Zona de Fresnel .....	25
2.3.5	Margen de desvanecimiento.....	27
2.3.6	Despeje de la primera zona de Fresnel .....	28
2.3.7	Presupuesto del enlace .....	29
2.4	Norma para la implementación y operación de sistemas de modulación digital de banda ancha. ....	30
2.5	Concesión de títulos habilitantes para acceso a Internet .....	31
2.6	Acuerdo Ministerial No 21 Isla Santay .....	32
2.7	Medición de parámetros de calidad para acceso a Internet .....	33
<b>2.7</b>	<b>Estadística: Población y Muestra .....</b>	<b>38</b>
CAPÍTULO 3.....		40
3	ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA SOLUCIÓN .....	40
3.1	Descripción de la solución .....	40
3.2	Cantidad de habitantes en la Isla Santay .....	41
3.3	Cálculo de la muestra poblacional .....	42
3.4	Dimensionamiento del tráfico de datos .....	43
3.4.1	Navegación Web .....	44
3.4.2	Descargas de archivos .....	45
3.4.3	Correo electrónico .....	46
3.4.4	Plataforma de Streaming .....	47
3.5	Cálculo del ancho de banda de hora pico .....	48
3.5.1	Tráfico promedio ponderado preferencial y aceptable .....	48
3.5.2	Cálculo de usuarios en la red .....	49
3.5.3	Cálculo del ancho de banda de un usuario .....	50
3.6	Análisis y formulación matemática para el dimensionamiento de la red ..	51
3.6.1	Cálculo de la zona de Fresnel .....	55
3.6.2	Cálculo del despeje .....	56



3.6.3 Presupuesto del enlace .....	57
CAPÍTULO 4.....	64
4 EQUIPAMIENTO Y PRESUPUESTO.....	64
4.1 Equipos e implementos de la red.....	64
4.1.1 Equipos .....	64
4.1.2 Torre Auto soportada.....	65
4.1.3 Cuarto de Control o Nodo.....	66
4.1.4 Distribución del equipamiento.....	66
4.2 Estudio y análisis financiero del proyecto.....	67
CONCLUSIONES .....	72
RECOMENDACIONES.....	72
BIBLIOGRAFÍA.....	73
ANEXOS .....	75

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Elementos de una red WIFI. Elaboración propia. ....	17
Figura 2.2 Red de acceso usando enlaces PtMP. Elaboración propia. ....	18
Figura 2.3 Red de transporte usando tecnología MPLS. Elaboración propia. ....	19
Figura 2.4 Antena Omnidireccional [9] .....	21
Figura 2.5 Antena Sectorial [10].....	21
Figura 2.6 Cable UTP [10]. ....	23
Figura 2.7 Zonas de Fresnel. Elaboración propia.....	25
Figura 2.8. Presupuesto del enlace. Elaboración propia. ....	29
Figura 3.1 Diagrama de red de la solución propuesta. Elaboración propia.....	41
Figura 3.2 Porcentaje de uso del servicio de Internet en Isla Santay. Elaboración propia.	43
Figura 3.3 Radio Enlaces de los posibles puntos donde se puede ofrecer el servicio. Elaboración propia.....	52
Figura 3.4 Radio Enlaces de la solución planteada. Elaboración propia. ....	53
Figura 3.5 Trayectoria Nodo 1 GYE a Nodo Isla Santay. Elaboración propia. ....	54
Figura 3.6 Trayectoria Nodo 2 Durán a Nodo Isla Santay. Elaboración propia. ....	54
Figura 3.7 Trayectoria Nodo Isla Santay a Escuela. Elaboración propia. ....	54
Figura 3.8 Trayectoria Nodo Isla Santay a Eco Aldea. Elaboración propia.....	54
Figura 3.9 Trayectoria Nodo Isla Santay a Entrada Eco Aldea. Elaboración propia. ....	55
Figura 3.10 Simulación de radio enlace entre Nodo GYE y Nodo Isla Santay. Elaboración propia. ....	61
Figura 3.11 Simulación de radio enlace entre Nodo Isla Santay y un usuario en la Eco Aldea. Elaboración propia.....	62
Figura 3.12. Cobertura de la antena sectorial de 45 grados colocada en el Nodo Santay. Elaboración propia.....	63
Figura 3.13 Simulación de radio enlace entre el Nodo Isla Santay y Entrada Eco Aldea. Elaboración propia.....	63
Figura 4.1 Hogares con acceso a internet [22].....	69

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tipo de Enlace permitido según la frecuencia de operación en bandas no licenciadas [12].	30
Tabla 2: Límite de transmisión según frecuencia de operación en bandas no licenciadas [12].	31
Tabla 3: Documentos relacionados a la infraestructura a implementar. [12]	32
Tabla 4: Parámetros de calidad para la navegación del usuario [14]	34
Tabla 5: Resoluciones de videos. Elaboración propia.	37
Tabla 6: Coeficiente de confianza (Z) [18].	39
Tabla 7: Configuraciones de radio enlaces. Elaboración propia.	41
Tabla 8: Parámetros para el cálculo del tamaño de la muestra poblacional. Elaboración propia.	42
Tabla 9: Tráfico promedio ponderado preferencial y aceptable. Elaboración propia.	49
Tabla 10: Porcentaje de uso de la red de acuerdo al tipo de usuario. Elaboración propia.	50
Tabla 11: Cantidad de usuarios concurrentes en la red. Elaboración propia.	50
Tabla 12: Ancho de Banda requerido para la red. Elaboración propia.	51
Tabla 13: Distancias de todos los enlaces en Km. Elaboración propia.	53
Tabla 14: Alturas para el cálculo del despeje. Elaboración propia.	56
Tabla 15: Parámetros para el cálculo del despeje del enlace Nodo 2 Durán Nodo Isla Santay. Elaboración propia.	57
Tabla 16: Parámetros para el cálculo del presupuesto del enlace Nodos a Nodo Isla Santay. Elaboración propia.	57
Tabla 17: Parámetros para el cálculo del presupuesto del enlace Nodo Isla Santay a Eco Aldea. Elaboración propia.	58
Tabla 18: Ancho de banda totales. Elaboración propia.	60
Tabla 19: Altura de las antenas de acuerdo a cada radio enlace. Elaboración propia.	61
Tabla 20: Equipos de redes que se encuentran en el nodo GYE	66
Tabla 21: Equipos de redes que se encuentran en el nodo GYE. Elaboración propia.	66
Tabla 22: Equipos para el enlace Nodo GYE - Nodo Isla Santay. Elaboración propia.	67
Tabla 23: Equipos para el enlace Nodo Isla Santay – EcoAldea. Elaboración propia.	67
Tabla 24: Inversión inicial. Elaboración propia.	68
Tabla 25: Gastos mensuales. Elaboración propia.	68

Tabla 26: Gastos de instalación a clientes. Elaboración propia.....	68
Tabla 27 Cálculo del porcentaje de adquisición del servicio de telefonía. Elaboración propia .....	69
Tabla 28 Cálculo del retorno de la inversión. Elaboración propia.....	71

# CAPÍTULO 1

## 1 ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

### 1.1 Descripción del Problema:

En la actualidad con el avance de la tecnología y la tendencia de convertir al internet en la principal herramienta de información, aprendizaje y trabajo, surge la necesidad de dotar del servicio a zonas donde se aún carecen del mismo.

En diferentes sectores del país el acceso al internet ha brindado cambios positivos en el estilo de vida de los habitantes y la penetración del internet en Ecuador es del 80%, sin embargo, aún existen sectores que carecen del servicio debido a dificultades ambientales, costo de equipos, falta de interés por parte de proveedores del servicio y/o autoridades competentes, entre otros factores [1].

En el contexto antes mencionado se encuentra la isla Santay que debido a su alto impacto en el ámbito turístico y social es la isla Santay, zona que hasta el momento solo la escuela tiene servicio del servicio de internet [2], pese a su gran cercanía con grandes ciudades como Guayaquil y el cantón Durán, debido que la falta de acceso a internet en toda la Isla Santay, impacta negativamente en los procesos de formación de los aldeanos, ya que se encuentran aislados de avances tecnológicos, fuentes de información y comunicación; factores que limitan el desarrollo de las actividades académicas, económicas y sociales de los habitantes.

Cabe destacar que tras visitar la Isla se pudo constatar la falta del servicio de internet fijo como móvil; sin embargo tras conversar con miembros del comité que representan a los habitantes de la Isla Santay señalan que existió un proyecto de la empresa privada que consistió en un enlace punto a punto desde el cantón Durán para dotar del servicio a la Escuela “Jaime Roldós Aguilera”; sin embargo, con el pasar del tiempo el proyecto no tuvo auto sustentabilidad, dejando así de funcionar hasta la actualidad.

En este contexto analizaremos varias alternativas para brindar acceso a internet a los habitantes de la isla Santay.

## **1.2 Justificación**

Por lo anteriormente expuesto se plantea el diseño de una red que proporcione acceso a internet a los habitantes de la Isla Santay.

En ese contexto, el proyecto planteado propone dotar del servicio de internet a los residentes y visitantes de la Isla Santay a través de una red inalámbrica, tomando en consideración el mínimo impacto ambiental.

El proyecto en mención es de vital importancia para disminuir la brecha digital existente en los habitantes de la Isla, tomando en consideración la presencia de una escuela que actualmente carece del servicio de internet, lo cual limita el acceso a fuentes de información, comunicación y entretenimiento a sus estudiantes.

En el sector comercial el acceso a internet permitirá a la comunidad contar con la oportunidad de exponer sus productos al mundo y cambiar su modelo de negocio a través del Comercio digital [3].

En el ámbito laboral permitirá fortalecer los lazos existentes entre las autoridades locales de la Isla Santay y las instituciones Gubernamentales y no Gubernamentales, a través de herramientas de comunicación en línea (online).

Sin duda la ejecución de un proyecto de esta índole es de vital importancia para fomentar la interacción entre los residentes de la Isla Santay y el resto del mundo, logrando así solucionar problemas básicos como la falta de fuentes de información y aprendizaje, comunicación y entretenimiento [4].

### **1.3 Objetivos:**

#### **1.3.1 Objetivo General**

Diseñar una red que permita ofrecer el servicio de internet a residentes y visitantes en las diversas zonas de la Isla Santay.

#### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Analizar el área de estudio y las posibles zonas de cobertura de la red.
- Revisar las normativas o reglamentaciones vigentes necesarias para el despliegue de la red.
- Realizar un estudio de la propagación de la señal en el ambiente tropical-húmedo que se encuentra en la isla.

### **1.4 Metodología:**

El método que emplearemos será el hipotético deductivo, y comprenderá el desarrollo de las siguientes fases:

#### **Fase 1**

Formulación del problema existente y revisión bibliográfica que abarque contenido relevante referente al tema de estudio.

#### **Fase 2**

Analizar el escenario, realizar un estudio de viabilidad, encuestas a los miembros de la comunidad y estudio de las normas y regulaciones vigentes de las telecomunicaciones en el Ecuador [5].

#### **Fase 3**

Identificación de los requerimientos de red, estudio de propagación [6].

#### **Fase 4**

Caracterización de la red, configuración del escenario y determinación de los parámetros de simulación a emplear.

## **Fase 5**

Diseño de la topología de red, análisis de los resultados obtenidos y presentación de conclusiones.

### **1.5 Alcance:**

El presente proyecto se basa en un estudio de factibilidad para dar servicio de internet a los habitantes de la Isla Santay, cabe recalcar que no se procederá con la implementación del mismo.

Las medidas y las pruebas son simulaciones que se realizarán para conocer la factibilidad del proyecto a ejecutar.



## CAPÍTULO 2

### 2 MARCO TEÓRICO

En este capítulo se hace la revisión de la estructura de las redes de telecomunicaciones que son: a) red de usuario, b) red de acceso, c) red de transporte y d) núcleo de red ( del cual no se detallará debido que esta arquitectura depende del ISP) [7]. Se detalla los diferentes medios de transmisión usados en el proyecto. Adicionalmente se detallará las fórmulas que se aplicarán en el proyecto y se procederá a revisar las normativas para el funcionamiento de radio enlaces.

#### 2.1 Estructura de redes de telecomunicaciones

##### 2.1.1 Red de usuario

Es la infraestructura necesaria que se instala en la ubicación del cliente final con la finalidad de proporcionar servicios a los usuarios mediante dispositivos finales. Este tipo de red puede ser ethernet o inalámbrica. En clientes residenciales se tiene una red WIFI que se conforma con los siguientes elementos: [7]:

- Access Point: Es un equipo inalámbrico que se instala en el centro de la zona a cubrir para mayor cobertura. Este equipo se conecta de forma cableada a la infraestructura de red del sitio. Además, cuenta con mecanismo de seguridad para encriptar y autenticar a los usuarios que quieran tener acceso a la red del sitio.
- Dispositivos finales: Son equipos que tienen una tarjeta inalámbrica para conectarse a un AP. Estos dispositivos pueden ser: laptops, celulares, tablets, televisores, etc.

En la figura 2.1 se puede visualizar los elementos de una red de usuario en la cual los elementos que tienen un adaptador de red inalámbrico como laptops, teléfonos móviles o tabletas se pueden comunicar con el AP. El AP a su vez se conecta a un router que es instalado por el ISP para proveer Internet u otro servicio al usuario final.

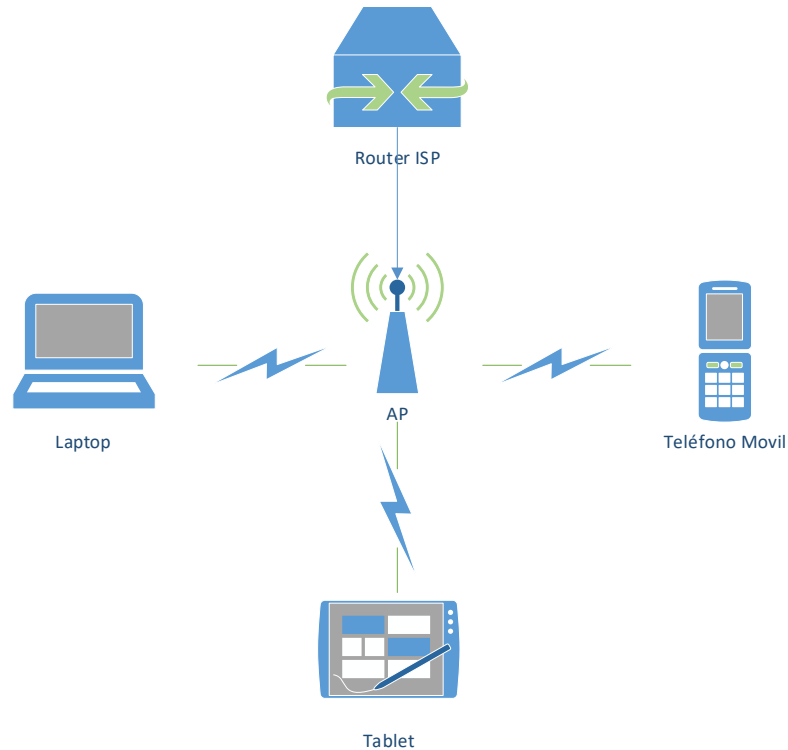


Figura 2.1 Elementos de una red WIFI. Elaboración propia.

### 2.1.2 Red de acceso

Sistemas y medios de transmisión que se instalarán para conectar las redes de usuarios a la red de transporte. Estos medios de transmisión pueden ser: fibra óptica, cable de cobre o de forma inalámbrica con radio enlaces [7].

Los radios enlaces pueden trabajar en dos topologías [7]:

- Punto a Punto (PtP): Se trabaja con una radio que se conoce como AP que se conecta a la red de transporte. Otra radio que conoce como ST que se conecta a la red de usuario. Estos enlaces son usados cuando no se puede usar medios guiados para conectar a los usuarios residenciales o corporativos a la red del ISP. También se usan para conectar con otro sitio que puede pertenecer a la misma empresa o domicilio. Se usan antenas directivas en ambos extremos.

- Punto a Multi Punto (PtMP): Se trabaja con una radio que se conoce como AP la cual se conecta a la red de transporte y varias radios que se conoce como ST que se conectan a la red de usuario. Estos enlaces son usados para conectar varios usuarios residenciales que están dentro de la cobertura de la radio AP a la red del ISP. Se usa antenas sectoriales con cierto grado de apertura en el AP y en ST se usa una antena direccional. En la figura 2.2 se puede observar un enlace PtMP entre el edificio matriz y dos sucursales.

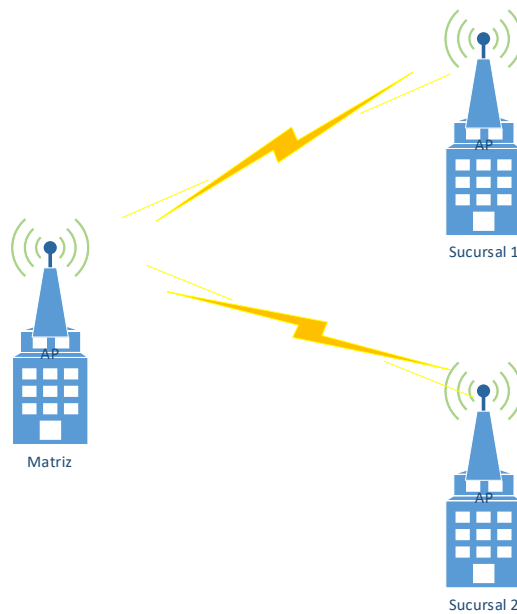


Figura 2.2 Red de acceso usando enlaces PtMP. *Elaboración propia.*

### 2.1.3 Red de transporte

Sistemas y medios de transmisión de alta velocidad para conectar redes de acceso al núcleo de red. En este tipo de sistemas no se conecta ninguna red de usuario. Los medios transmisión pueden ser fibra óptica o un enlace punto a punto.

Los elementos que conforman una red de transporte son [7]:

- Enlace punto a punto propuesto en el trabajo.
- Switches para conectar diferentes elementos de red.
- Router/Firewall para segmentar la red, dar calidad de servicio y características de seguridad.

En la figura 2.3 se puede visualizar una red de transporte MPLS(Multiprotocol Label Switching en inglés) [7] que conecta varias sucursales con la matriz y adicional permite la comunicación con Internet.

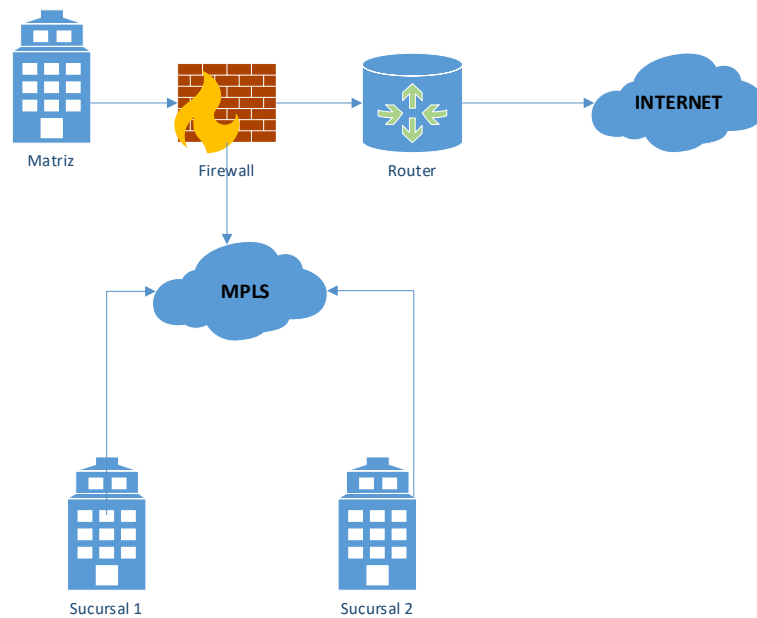


Figura 2.3 Red de transporte usando tecnología MPLS. Elaboración propia.

## 2.2 Antenas

Una antena es un dispositivo que se usa para recibir o transmitir ondas electromagnéticas desde o hacia el espacio libre [7].

### 2.2.1 Parámetros de una antena

Las antenas se comportan de igual manera si son usadas como antena receptora o transmisora. Los parámetros más importantes de una antena se enlistan a continuación [7]:

- Ganancia
- Directividad
- Ancho de Banda
- Anchura del haz
- Polarización

### 2.2.2 Clasificación de las antenas

De acuerdo a la forma de irradiar potencia, se clasifican en:

- **Antenas omnidireccionales:** Son antenas que irradian potencia aproximadamente equitativa en todas las direcciones es decir en los 360 grados, esto es una antena isotrópica. En realidad, el modelo de una antena isotrópica solo existe en teoría, ya que en la práctica una antena omnidireccional es una antena que irradia potencia en los 360 grados de forma no uniforme [8].



*Figura 2.4 Antena Omnidireccional [9]*

- Antenas Direccionales: Estas antenas se subdividen en dos categorías: a) antenas directivas que focalizan la potencia en una sola dirección y b) antenas sectoriales que irradian potencia sobre un área en específico [8].



*Figura 2.5 Antena Sectorial [10]*

## 2.3 Medios de transmisión

Existen dos tipos de medios transmisión de información: a) guiados como el cable de par trenzado, fibra óptica entre otros tipos y b) no guiados como la radio difusión. [9].

### 2.3.1 Medio guiado

En la actualidad existen dos tipos de medios guiados: a) par trenzado, b) fibra óptica y c) cable coaxial. A continuación, se explica el cable de par trenzado en específico el cable UTP (Unshielded Twisted Pair).

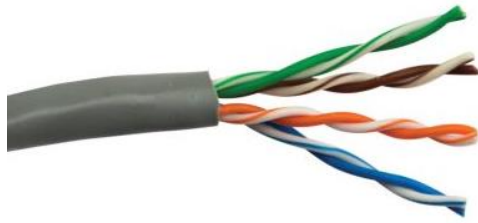
#### UTP

Es el medio de transmisión más usado en la actualidad. Esta constituido en varios pares (cuatro usualmente) de dos hilos cada uno entre cruzados entre sí y están recubiertos por un aislante. Cada par de hilos transporta una señal diferente al resto de los pares de hilos. Estos pares de hilos al estar torsionados, son más resistentes a las interferencias electromagnéticas.

Cada par está identificado por un color asignado de la siguiente forma:

- Par 1: Blanco- Azul/ Azul
- Par 2: Blanco-Naranja / Naranja
- Par 3: Blanco-Vede / Verde
- Par 4: Blanco-Café / Café

En la figura 2.6 se puede observar un cable de cobre que se agrupa entre pares para enrollarse entre sí y cancelar las interferencias electromagnéticas. Solo 2 de los 4 pares son usados para la transmisión y recepción de datos. Los otros pares son para encender equipos via Power of Ethernet (PoE) si se requiere.



*Figura 2.6 Cable UTP [10].*

### **2.3.2 Medio no guiado**

#### **Radiodifusión**

Este tipo de sistema permite el intercambio de información entre dos puntos distantes mediante el envío y recepción de ondas electromagnéticas. Este tipo de ondas tienen una velocidad de propagación cercana a la velocidad de la luz. Este sistema existe un equipo receptor y un equipo transmisor. El equipo transmisor genera una señal que luego es enviada a la antena y el proceso es inverso cuando llega al receptor [9].

### **2.3.3 Pérdida de propagación en el espacio libre**

Es la atenuación que es sujeta una onda electromagnética cuando viaja en línea recta en el vacío. La realidad es que la potencia no se pierde, sino que se reparte a medida que la onda se aleja de la antena receptora [9].

Las ondas electromagnéticas irradiadas por una antena transmisora tienen un frente de onda esférico. La cantidad de energía que pasa por una esfera centrada es igual. El área de superficie de una esfera con radio  $d$  es  $4\pi d^2$ .



Adicional, la densidad de potencia irradiada en cualquier dirección es inversamente proporcional a la distancia al cuadrado.

Para una antena isotrópica, la densidad de potencia que atraviesa una esfera en una antena es:

$$I = \frac{P_t}{4\pi D^2} \quad (2.1)$$

La densidad de potencia que recibe la antena receptora es:

$$P_r = A_{eff} * I \quad (2.2)$$

La constante  $A_{eff}$  es conocido como la apertura de la antena receptora y para una antena isotrópica es:

$$A_{eff} = \frac{\lambda^2}{4\pi} \quad (2.3)$$

Combinando (2.1) y (2.3) en (2.2), se obtiene la siguiente ecuación

$$P_r = \frac{P_t}{4\pi D^2} * \frac{\lambda^2}{4\pi} \quad (2.4)$$

$$\frac{P_t}{P_r} = \left( \frac{4\pi D}{\lambda} \right)^2$$

Se debe trabajar en términos de dB por lo cual (2.4) en términos antes mencionado es:

$$Lp(db) = 10 \log_{10} \left( \frac{4\pi D f}{c} \right)^2, \lambda = \frac{c}{f} \quad (2.5)$$

$$= 20 \log_{10} D + 20 \log_{10} f + 20 \log_{10} \left( \frac{4\pi}{c} \right)$$

Para D en términos de Km y f en términos de MHz, (2.5) se puede escribir de la siguiente manera

$$L_p(db) = 32.4 + 20 \log(f) + 20 \log(D) \quad (2.6)$$

donde:

D = distancia del enlace (Km).

f = frecuencia de operación del enlace (MHz).

### 2.3.4 Zona de Fresnel

En la planificación de un radio enlace, se debe tener en cuenta este concepto. La zona de Fresnel es un lóbulo de cobertura de las antenas que debe estar despejada de obstáculos para evitar el efecto de interferencias en la antena transmisora. Se recomienda tener un despeje del 60% de la primera zona de Fresnel para tener una correcta comunicación [11].

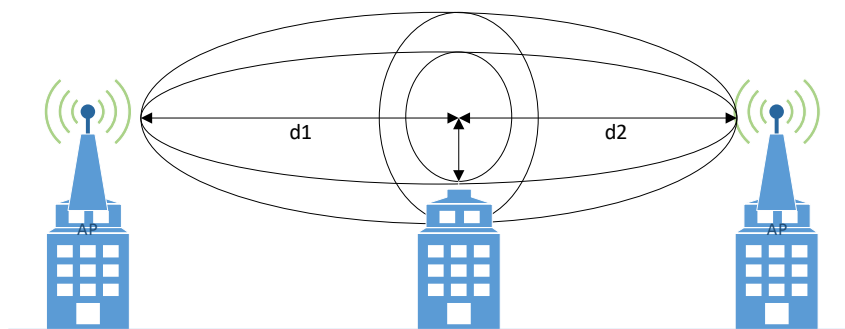


Figura 2.7 Zonas de Fresnel. Elaboración propia.

Considera P como un punto arbitrario dentro de la distancia del enlace y  $d_1$  y  $d_2$  como las distancia de la antena transmisora y receptora a P.

Para obtener el radio de la enésima zona de Fresnel se debe considerar que el volumen de dicha zona está delimitado por todos los puntos para los que la diferencia entre distancia entre la onda directa  $D = d_1 + d_2$  y la onda reflejada  $\overline{AP} + \overline{PB}$  es la constante  $n \lambda/2$ . Entonces se obtiene:

$$\overline{AP} + \overline{PB} - D = n \frac{\lambda}{2} \quad (2.7)$$

Escribiendo la fórmula anterior con las coordenadas de P y la distancia entre la antena transmisora y receptora se tiene:

$$\sqrt{d_1^2 + r_n^2} + \sqrt{d_2^2 + r_n^2} - D = n \frac{\lambda}{2} \quad (2.8)$$

Se asume que la distancia entre las dos antenas y el punto P es mucho más grande que el radio y expandiendo las raíces a series, se tiene la siguiente fórmula:

$$r_n^2 * \left( \frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2} \right) = n \frac{\lambda}{2} \quad (2.9)$$

$$r_n = 548 \sqrt{\frac{n * d_1 * d_2}{f * D}}, \lambda = \frac{c}{f} \quad (2.10)$$

donde:

$r_n$  = radio de la enésima zona de Fresnel (m).

$d_1$  = distancia desde el transmisor al objeto en (Km).

$d_2$  = distancia desde el receptor al objeto en (Km).

$D$  = distancia total del enlace en (Km).

$f$  = frecuencia en (MHz).

Si no hay posibles obstáculos entre la antena transmisora y receptora, se suele calcular la zona de Fresnel en el centro del radio enlace por lo cual la fórmula queda de la siguiente manera:

$$r = 8,657 \sqrt{D/f} \quad (2. 11)$$

donde:

r = radio en (m)

D = distancia entre antenas (Km)

f = frecuencia de la señal transmitida (GHz)

### 2.3.5 Margen de desvanecimiento

Es la atenuación de la señal por debajo de su nivel nominal. Este tipo de atenuación se debe a factores como el tipo de suelo, el clima y el entorno que rodea el radio enlace. Adicional depende de la tasa de error que se quiera aceptar en el enlace [11].

Dado lo anterior expuesto, esta atenuación se debe considerar en cualquier enlace de microonda. La ecuación del margen de desvanecimiento es la siguiente:

$$Fm = 30 \log D + 10 \log(6 * A * B * F) - 10 \log(1 - R) - 70 \quad (2. 12)$$

Donde:

D = distancia del transmisor al objetivo, en Km.

F = Frecuencia de la portadora en GHz.

R = objetivo de confiabilidad de la transmisión, en formato décima,

A = factor de rugosidad.

B = factor para convertir la peor probabilidad mensual en una probabilidad anual.

R = confiabilidad (99.99% = 0.9999 de confiabilidad)

### 2.3.6 Despeje de la primera zona de Fresnel

Este cálculo se debe realizar para conocer si las alturas de las torres propuestas permiten el despeje del 60% de la zona de Fresnel.

$$h_{des} = h_1 + \frac{d_1}{d_2} + (h_2 - h_1) - \left( H + \frac{d_1 * d_2 * 1000}{2 * k * a} \right) \quad (2. 13)$$

Dónde:

$h_{des}$  = altura de despeje desde el obstáculo hasta la línea de vista.

$h_1$  = altura del punto A (incluyendo la torre) (m).

$h_2$  = altura del punto B (incluyendo la torre) (m).

$h$  = altura del obstáculo. (m)

$d$  = distancia total del enlace (Km).

$d_1$  = distancia desde el transmisor hasta el obstáculo (Km).

$d_2$  = distancia desde el obstáculo hasta el receptor (Km).

$k$  = coeficiente de radio efectivo de la Tierra, valor tomado como 4/3 para la atmósfera estándar.

$A$  = 6370 metros, radio promedio de la tierra.

### 2.3.7 Presupuesto del enlace

Se requiere conocer cuál es la potencia de recepción en la radio receptora con la finalidad de verificar si el valor calculado es superior al valor de sensibilidad de la radio receptora. Este cálculo tiene como objetivo que la señal pueda ser demodulada de forma correcta en el lado del receptor de acuerdo a la potencia de transmisión y las ganancias de las antenas escogidas en este proyecto.

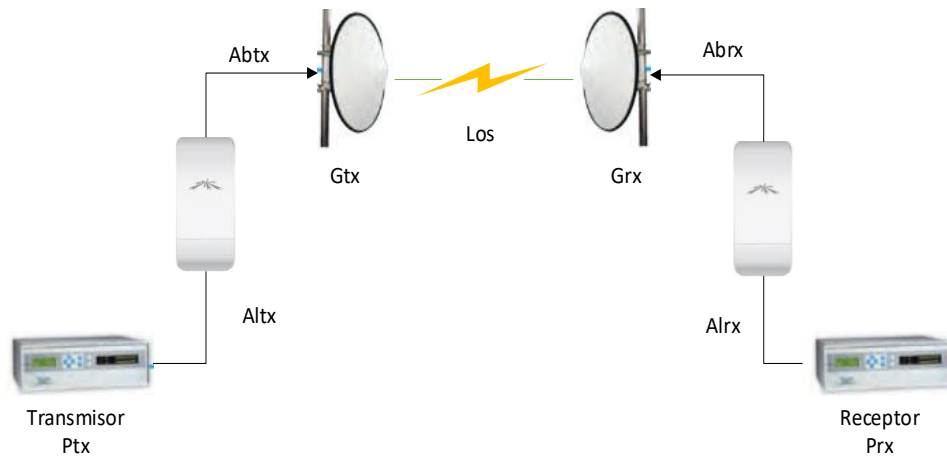


Figura 2.8. Presupuesto del enlace. Elaboración propia.

$$Prx = Ptx + Gtx - Altx - Abtx - Los + Grx - Abrx - Alrx \quad (2. 14)$$

Donde:

Ptx = potencia de transmisión.

Prx = potencia de recepción.

Gtx = ganancia de la antena transmisora.

Grx = ganancia de la antena receptora.

Los = pérdidas en el espacio libre.

Altx = Alrx = atenuación por cables.

Abtx = Abrx = atenuación por conexiones.

## 2.4 Norma para la implementación y operación de sistemas de modulación digital de banda ancha.

La Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones (Arcotel) es el organismo de control y regulación del espectro radioeléctrico en el Ecuador y es quien otorga los permisos habilitantes para el funcionamiento de los radios enlaces además de definir los parámetros técnicos que debe cumplir cada enlace para su funcionamiento en Ecuador [12].

De acuerdo a la frecuencia de operación del proyecto, se debe conocer qué tipo de enlace se encuentra permitido según las regulaciones de Ecuador.

De acuerdo a la tabla 1, se puede observar las configuraciones de los enlaces permitidos de acuerdo a la Arcotel tomando en cuenta la frecuencia de operación.

Según el tipo de enlace permitido por la Arcotel, se hará un diseño de las configuraciones de los enlaces en la Isla Santay

Banda UDBL	Tipo de Enlace / Sistema		
	PUNTO A PUNTO	PUNTO A MULTIPUNTO	MÓVIL
915 – 928 MHz	X	X	X
2400 – 2483.5 MHz	X	X	X
5150 – 5250 MHz	X	X	X
5250 – 5350 MHz	X	X	X
5470 – 5725 MHz	X	X	X
5725-5850 MHz	X	X	X
24.05 – 24.25 GHz	X	No permitido	No permitido
57 – 64 GHz	X	No permitido	No permitido

Tabla 1: Tipo de Enlace permitido según la frecuencia de operación en bandas no licenciadas [12].

La máxima potencia que pueden irradiar los radios de los enlaces inalámbricos del presente proyecto es de 21dBm (125.89 mW) que es inferior a la potencia máxima establecida para la frecuencia 5.8Ghz que se puede visualizar en la tabla 2.

Bandas de Operación	Potencia Pico Máxima del Transmisor (mW)	P.I.R.E. (mW)	Densidad de P.I.R.E. (mW/MHz)
915 – 928 MHz*	500	----	----
2400 – 2483.5 MHz*	1000	----	----
5150 – 5250 MHz*	50	200	10
5250 – 5350 MHz*	250	1000	50
5470 – 5725 MHz*	250	1000	50
5725-5850 MHz*	1000	---	----
57 – 64 GHz	500	20000	

Tabla 2: Límite de transmisión según frecuencia de operación en bandas no licenciadas [12].

Adicional a lo antes expuesto, la normativa exige que para los enlaces que trabajen en las bandas no licenciadas de 5725 – 5850 MHz pueden usar antenas con ganancia máxima de 23 dBi. Si la ganancia de la antena es superior a 23dBi, se requiere la reducción de 1 dB en la potencia de transmisión por cada dB que exceda de 23dBi. Se reduzca la potencia de transmisión de acuerdo a la ganancia de la antena que tenga el sistema. En la figura 2.11 se especifica la reducción de la potencia de transmisión al usar la banda 5725-5850 MHz que es la banda de operación de los enlaces en el trabajo propuesto.

## 2.5 Concesión de títulos habilitantes para acceso a Internet

La Arcotel indica que se necesitan 14 requisitos que deberá entregar el solicitante para la operación de los radios enlaces con la finalidad de brindar acceso a internet. Estos requisitos se encuentran en la página de la Arcotel (<http://www.arcotel.gob.ec/requisitos-acceso-a-internet2/>) [12].

Entre los requisitos se encuentran los siguientes documentos de la tabla #3 que están relacionados a la infraestructura que se requiere implementar:



Nombre	Código	Descripción
Mercado, competencia y expansión	IT-DRS-08	Instructivo de trabajo para: formato de estudio de mercado, competencia y plan de expansión para registro de servicios de telecomunicaciones.
	FO-DRS-40	Estudio de mercado, competencia y plan de expansión para registro de servicios de telecomunicaciones
Infraestructura Física	IT-CTDS-09	Instructivo de trabajo de los formatos técnicos para el otorgamiento del título habilitante para la prestación del servicio de acceso a internet
	FO-CTDS-28-AL-FO-CTDS-33	Formularios técnicos para el otorgamiento de títulos habilitantes para la prestación de servicios de acceso a internet
Infraestructura Inalámbrica	MDBA (AVIS)	Sistemas de modulación digital de banda ancha (aplicativo avis): información de la estructura del sistema de radiocomunicaciones, de antenas, patrones de radiación de antenas, de equipamiento y estudio técnico de emisiones de radiación no ionizante(rni)
	IT-DRE-03	Instructivo de trabajo de los formatos técnicos para el otorgamiento de títulos habilitantes del espectro radioeléctrico
	FO-DRE-01 al FO-DRE-04, FO-DRE-06, FO-DRE-07	Enlaces radioeléctricos: información de la estructura del sistema de radiocomunicaciones, de antenas, patrones de radiación de antenas, de equipamiento y estudio técnico de emisiones de rni

Tabla 3: Documentos relacionados a la infraestructura a implementar. [12]

## 2.6 Acuerdo Ministerial No 21 Isla Santay

La Isla Santay es una isla ecuatoriana que se ubica en el río Guayas aproximadamente a 800 metros de distancia de la ciudad de Guayaquil. El 20 de febrero del 2010 se firmó un acuerdo ministerial para incluir a la isla Santay al Sistema Nacional de Áreas Protegidas como Área Nacional de Recreación [13].

De lo anterior expuesto, existen ciertas actividades que no se puede realizar en la isla Santay, pudiendo destacar la siguiente:

- Construcción de cualquier tipo de infraestructura, incluyendo caminos, a excepción de las instalaciones administrativas y de uso público que se construyan para el manejo del Área Protegida.

De las actividades permitidas que destacaremos en la isla podemos mencionar:

- Construcción de infraestructura eco-turística desmontable y de acuerdo con las normas que sean además amigables con el entorno.

Por tal motivo podemos definir la prohibición de realizar obra civil para realizar tendidos de cobre o de fibra para las conexiones de la red de acceso a la red de transporte, razón por la cual se hará uso de enlaces inalámbricos

## **2.7 Medición de parámetros de calidad para acceso a Internet**

De acuerdo a la encuesta realizada a los residentes de la Isla Santay, se obtiene los siguientes tráficos más usados en dicho lugar:

- Navegación web y redes sociales
- Descargas
- Correo Electrónico
- Streaming

Para el cálculo de las velocidades de transmisión para la navegación web, descargas y correo electrónico, se hará uso de la normativa ETSI EG 202 057-4.

La normativa ETSI EG 202 057-4 [14] en la tabla 4 expone cuáles deben ser los valores recomendados en cuanto a tamaño de paquete y retardos cuando el usuario final usa una determinada aplicación. De la tabla 4 se han escogido cuáles son los tipos de aplicaciones a usar por los residentes de la comuna y los visitantes con la finalidad de proporcionar dos tipos de tráficos diferenciados a) preferencial y b) aceptable.

Existen dos tipos de tráfico a calcular: a) preferencial y b) aceptable. Se tiene el tráfico preferencial que es exclusivo para los residentes de la comuna por lo cual se le asignara mayor ancho de banda a diferencia del tráfico aceptable que es para los visitantes que llegan a la comuna.

En la columna #2 se tienen los 3 tipos de tráfico generados por el usuario para calcular las velocidades de transmisión. De estos tipos de tráfico, se obtendrá un tamaño aproximado según lo indica la columna #3. De acuerdo al tipo de usuario, se le asignara un valor de retardo. Si el usuario es un residente de la comuna, tendrá un valor de retardo preferencial, caso contrario se le asignará un retardo aceptable [15].

Medio	Aplicación	Tamaño aproximado	Parámetros de rendimiento
			<b>Retardo</b>
Data	Navegación Web	~10 KB	Preferencia < 2 s por página web Aceptable < 4 s por página web
Data	Bulk Data /Transferencia y Recuperación	10KB-10 MB	Preferencial < 15s Aceptable < 60 s
Data	Correo Electrónico	< 10KB	Preferencial < 2 s Aceptable < 4 s

Tabla 4: Parámetros de calidad para la navegación del usuario [14]

De la tabla 4 se obtienen dos fórmulas (para tráfico preferencial y aceptable) de 3 de las 4 categorías que son:

- **Navegación web y redes sociales**

El primer término de la fórmula es el tamaño aproximado de navegación web dividido para un retardo que dependerá si es un usuario residencial o es un usuario visitante. El segundo término es un valor agregado en caso que la pagina este cargada de imágenes y videos y es dividido por un retardo dependiendo del tipo de usuario. Esta fórmula nos da como resultado un valor en términos de KiloByte/s pero en velocidades de transmisión se usa en términos de kbps por lo cual se debe hacer una conversión de KiloByte a Kilobit.

En total se obtienen dos fórmulas para las velocidades de transmisiones por cada tipo de usuario a) tráfico preferencial y b) tráfico aceptable.

$$\text{Navegación Web Preferencial} = \left( \frac{\text{Navegación Web}}{2s} + \frac{\text{Bulk Data}}{15s} + \frac{\text{Video}}{5} \right) * \frac{8Kb}{1 KB} \quad (2. 15)$$

$$\text{Navegación Web Aceptable} = \left( \frac{\text{Navegación Web}}{4s} + \frac{\text{Bulk Data}}{60s} + \frac{\text{Video}}{10} \right) * \frac{8Kb}{1 KB} \quad (2. 16)$$

- **Descargas**

La descripción de la fórmula es igual a la fórmula de navegación web y redes sociales.

$$\text{Descargas Web Preferencial} = \left( \frac{\text{Navegación Web}}{2s} + \frac{\text{Bulk Data}}{15s} \right) * \frac{8Kb}{1 KB} \quad (2. 17)$$

$$\text{Descargas Web Aceptable} = \left( \frac{\text{Navegación Web}}{2s} + \frac{\text{Bulk Data}}{60s} \right) * \frac{8Kb}{1 KB} \quad (2. 18)$$

- **Correo Electrónico**

Un usuario puede revisar su correo electrónico usando un navegador web o desde un dispositivo móvil a través de la aplicación de correo electrónico.

Cuando se emplea un navegador web se genera un tráfico para visualizar la interfaz web del correo junto a los mensajes que el usuario tiene almacenados en su cuenta, a diferencia del aplicativo móvil que solo genera un tráfico para mostrar los mensajes en caso de que existan alguno nuevo en la cuenta [16].

Se decide tomar en cuenta el tráfico que genera un usuario al revisar su correo usando un navegador web debido a que el mismo genera más tráfico; por lo cual se considera el peor escenario, el cual sería que todos los usuarios de la comuna usen este método para revisar sus correos.

El primer término de la fórmula es el tamaño aproximado de navegación web dividido para un retardo que dependerá si es un usuario residencial o es un usuario visitante. El segundo término es un valor agregado en caso que la pagina este cargada de imágenes y videos y es dividido por un retardo dependiendo del tipo de usuario. El tercer término es un valor aproximado de tráfico al usar el correo electrónico y es dividido por un retardo que depende del tipo de usuario. Esta fórmula nos da como resultado un valor en términos de KiloByte/s pero en velocidades de transmisión se usa en términos de kbps por lo cual se debe hacer una conversión de KiloByte a Kilobit.

En total se obtienen dos fórmulas para las velocidades de transmisiones por cada tipo de usuario a) tráfico preferencial y b) tráfico aceptable.

$$\text{Correo Preferencial} = \left( \frac{\text{Navegación Web}}{2s} + \frac{\text{Bulk Data}}{15s} + \frac{\text{Email}}{2s} \right) * \frac{8Kb}{1 KB} \quad (2. 19)$$

$$\text{Correo Aceptable} = \left( \frac{\text{Navegación Web}}{4s} + \frac{\text{Bulk Data}}{60s} + \frac{\text{Email}}{4s} \right) * \frac{8Kb}{1 KB} \quad (2. 20)$$

- **Streaming**

Para el cálculo de la velocidad de transmisión preferencial y aceptable, se elige el valor promedio de las resoluciones antes expuestas de acuerdo a la tabla 4.

<b>Calidad</b>	<b>Resolución</b>	<b>Velocidad de transmisión de Video</b>	<b>Velocidad de transmisión de Audio</b>
Baja	480x270	400kbps	64kbps
Mediana	640x360	800 - 1200 kbps	96kbps
Alta	960x540 / 854x480	1200 - 1500 kbps	96kbps
Alta Definición 720	1280x720	1,500 - 4,000 kbps	128kbps
Alta Definición 1080	1920x1080	4,000-8,000 kbps	192kbps
4K	3840x2160	8,000-14,000 kbps	192kbps

*Tabla 5: Resoluciones de videos. Elaboración propia.*

Los usuarios residenciales usaran una calidad de video de alta definición de 720p y los usuarios visitantes usaran una calidad de video alta que es inferior a la calidad de video antes expuesta. Definiendo las calidades de video de cada tipo de usuario, se puede obtener las dos fórmulas para las velocidades de transmisión preferencial y aceptable.

La variable de límite superior representa la máxima velocidad de transmisión de video que se obtiene de una resolución de video y la variable de límite inferior representa la mínima velocidad de transmisión de video que se obtiene de una resolución de video. Se saca un valor promedio y se lo divide para un retardo y se obtienen las dos fórmulas para el tráfico preferencial y aceptable

$$\text{Streaming Preferencial} = \frac{(\text{Límite Superior} - \text{Límite Inferior})}{2} \quad (2.21)$$

$$\text{Streaming Aceptable} = \frac{(\text{Límite Superior} - \text{Límite Inferior})}{2} \quad (2.22)$$

## 2.7 Estadística: Población y Muestra

Se entiende por población al conjunto de individuos o elementos que comparten una misma característica por la cual se quiere obtener conclusiones. En cambio, una muestra es el subconjunto de una población de interés la cual permita que las conclusiones obtenidas se puedan generalizar para toda la población [16].

El cálculo del tamaño de la muestra depende de si se toma en cuenta:

- a) La media poblacional
- b) Proporción poblacional

En el presente proyecto no se tiene datos sobre la media poblacional por lo cual el parámetro a usar es la proporción poblacional. De lo anterior, expuesto, se tiene que tener en cuenta dos factores [17]:

- a) Para una población finita
- b) Para una población infinita

En nuestro caso se conoce el tamaño de la población por lo cual la fórmula para el cálculo de la muestra es la siguiente:

$$n = \frac{N * Z^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z^2 * p * q} \quad (2.23)$$

Donde:

$n$  = tamaño de la muestra

$N$  = tamaño de la población

$Z$  = coeficiente de confianza para un nivel de confianza determinado

$p$  = probabilidad de éxito

$q$  = probabilidad de fracaso

$d$  = error admisible

En la tabla #5 se puede utilizar para obtener el parámetro de  $Z$  de acuerdo al porcentaje de confianza que se requiera utilizar para el cálculo de la muestra.

Valor de $Z$	1,15	1,28	1,44	1,65	1,96	2,24	2,58
Nivel de confianza	75%	80%	85%	90%	95%	97,5%	99%

*Tabla 6: Coeficiente de confianza ( $Z$ ) [18].*



## CAPÍTULO 3

### 3 ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA SOLUCIÓN

#### 3.1 Descripción de la solución

Para validar la factibilidad del proyecto es necesario hacer una topología de red para conocer lo que requiere el proyecto.

Se necesita realizar un enlace para comunicar la Isla Santay con Guayaquil. Adicional se requiere un cuarto de comunicación central en la Isla Santay para poder establecer la comunicación principal del servicio de internet por medio de radioenlace, para esto es necesario la construcción de una torre auto soportada y un pequeño cuarto de control donde lo llamaremos nodo Isla Santay.

Una vez establecido el enlace principal se procederá a realizar otro radio enlace para poder brindar el servicio de internet a los habitantes de la Isla Santay mediante el equipamiento necesario que estará en el nodo Isla Santay.

La figura 3 expone la solución propuesta que se basa en el diseño de un radio enlace entre el nodo de Guayaquil y el nodo de Isla Santay y su configuración es un enlace punto a punto (PtP) por lo cual se emplearan antenas parabólicas. El radio enlace entre el nodo isla Santay y las casas tendrán una configuración punto a multipunto (PtMP) por lo cual en el nodo Isla Santay se usarán antenas sectoriales y en las casas se tendrá equipos con antenas integradas. Con el enlace de PtMP también se brindará el servicio la escuela de la Isla Santay.

Se va a utilizar la banda de los 5GHZ, específicamente la frecuencia 5800MHz tomando en consideración que la frecuencia 2.4GHZ ya se encuentra congestionada.

Se tienen dos radios enlaces (Nodo 1 GYE a Nodo Isla Santay y Nodo 2 Durán a Nodo Isla Santay). Se evaluará la factibilidad de ambos radios enlaces antes mencionados para escoger solo uno de ellos. Adicional se tiene otro radio enlace (Nodo Isla Santay a EcoAlde, Bar, Escuela).

Origen	Destino	Configuración	Banda
Nodo 1 GYE	Nodo Isla Santay	PtP	5.8GHZ
Nodo 2 Durán	Nodo Isla Santay	PtP	5.8GHZ
Nodo Isla Santay	EcoAldea, Bar, Escuela	PtMP	5.8GHZ

Tabla 7: Configuraciones de radio enlaces. Elaboración propia.

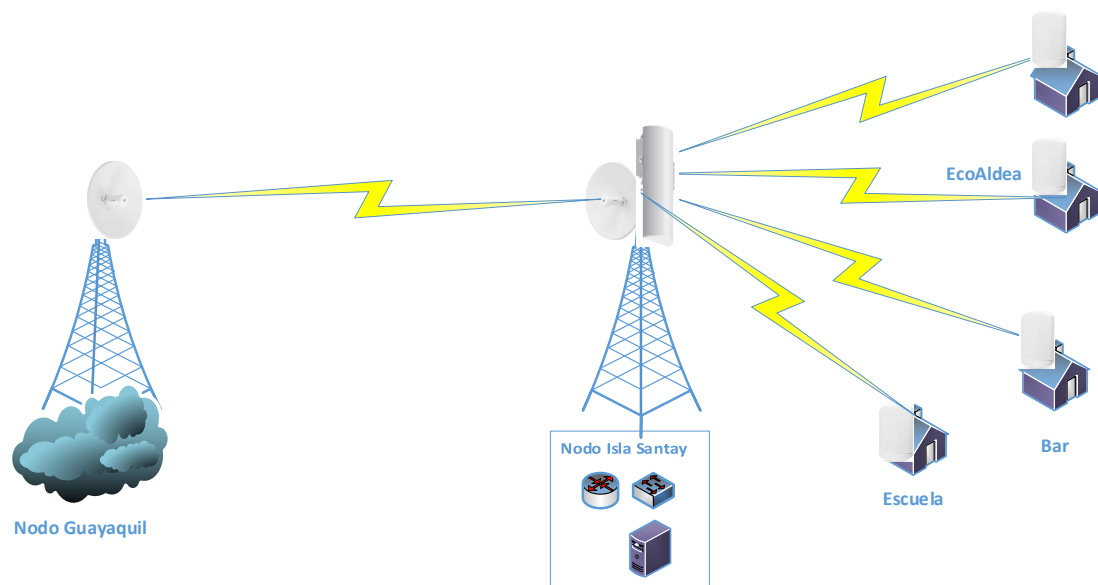


Figura 3.1 Diagrama de red de la solución propuesta. Elaboración propia.

### 3.2 Cantidad de habitantes en la Isla Santay

De acuerdo al Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda [19], en la Isla Santay habitan aproximadamente 220 personas en las cuales están agrupadas en 56 familias.

Se realiza un cálculo matemático para obtener la cantidad aproximada de personas que hay en una familia de la Isla Santay

$$\# \text{ Personas por Familia} = \frac{\text{Cantidad de habitantes}}{\text{Cantidad de familia}} \quad (2.24)$$

$$\begin{aligned} \text{Personas por Familia} &= \frac{220}{56} \\ &= 4 \end{aligned}$$

Se aproxima el valor obtenido y se tiene 4 personas que forman una familia (2 padres y 2 niños o jóvenes) por lo cual nos da un resultado de 224 habitantes.

### 3.3 Cálculo de la muestra poblacional

Se empleará (2.23) para el cálculo en mención teniendo los parámetros que se encuentran en la tabla #7. El valor de Z se obtuvo de la tabla #5 al escoger un porcentaje de confianza del 95%. No se tienen un valor exacto de los parámetros p y q por lo cual en estos casos se asume que p y q equivalen a 0.5%. El parámetro de d es el error que se ha asumido y es de 0,05%. Se usa (2.23) para el cálculo de la muestra.

Parámetro	Valor
N	220
Z	1.96
p	0.5%
q	0.5%
d	0.05%

Tabla 8: Parámetros para el cálculo del tamaño de la muestra poblacional. Elaboración propia.

$$n = \frac{220 * (1.96)^2 * 0.5 * 0.5}{(0.05)^2 * (220 - 1) + (1.96)^2 * 0.5 * 0.5}$$

$$n = 140.12$$

Del valor antes calculado, se obtiene que se deben encuestar al menos 140 personas de la comuna de la Isla Santay para obtener una conclusión general sobre toda la población. La encuesta realizada se encuentra en la sección de ANEXOS.

De acuerdo a la encuesta realizada a los habitantes de la Isla Santay se obtiene en promedio la cantidad de usuarios visitantes para los fines de semana es de 100 usuarios en un instante de tiempo. Se toma como referencia el fin de semana porque son los días que más movimiento existe en la comuna y el enlace debería estar dimensionado con una capacidad que puede entregar el servicio de Internet en dichos días.

Adicional se tiene un gráfico PIE de los porcentajes de uso del servicio de Internet para la isla Santay. Estos datos fueron obtenidos al realizar una encuesta a los habitantes de la isla Santay sobre los servicios que más utilizaban en Internet.

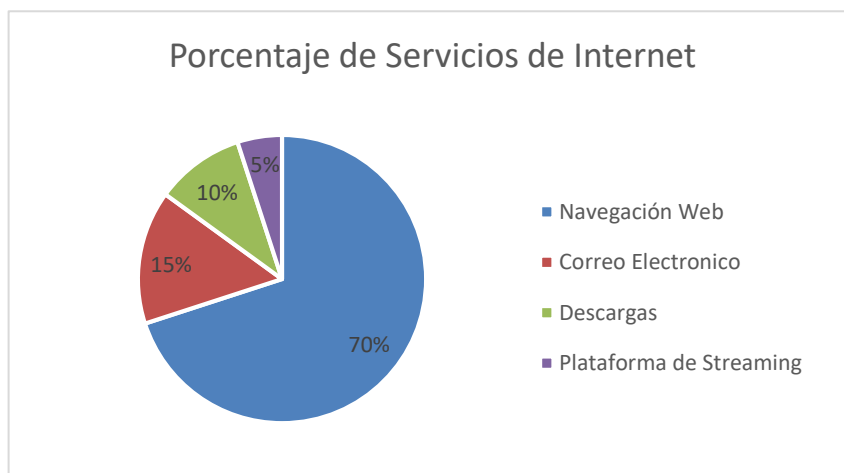


Figura 3.2 Porcentaje de uso del servicio de Internet en Isla Santay. Elaboración propia.

### 3.4 Dimensionamiento del tráfico de datos

En base a la cantidad de usuarios se necesita calcular el ancho de banda que se requerirá para la red de transporte y la red de acceso por lo cual, se necesita calcular el ancho de banda total de la red de usuario que serán servicios que son

usados comúnmente. Adicional, con este cálculo, se puede definir cuáles serán los planes de Internet a ofrecer a los residentes. Los servicios más comunes de los usuarios residenciales son:

- Navegación Web (Páginas web con imágenes y video/audio, redes sociales)
- Descargas de archivos
- Correo electrónico
- Plataforma de Streaming (Youtube, Netflix, etc)

#### Navegación Web

Una página web puede estar compuesta de solo texto o imágenes audio y video por lo cual el cálculo de la velocidad de transmisión de navegación web se lo hará en base a la norma [14] donde se exponen los parámetros preferenciales y aceptables para la calidad de tráfico que cursa una red. Según la normativa ETSI [14] es tolerable un retraso no más de 10 segundos hasta mostrar la página web en el navegador del usuario.

Las fórmulas para el cálculo de la velocidad de transmisión de (2.15) y (2.16) contiene los parámetros de Navegación Web que es la página web, la cual ha sido definida con un tamaño de 10KBytes, el parámetro Bulk Data que representa imágenes y/o audio se definirá con un tamaño de 300 KBytes y un parámetro adicional de videos embebidos en la página web como Youtube entre otras plataformas serán definidos con un tamaño de 1000 KBytes [15].

$$\begin{aligned} \text{Navegación Web Preferencial} &= \left( \frac{\text{Navegación Web}}{2s} + \frac{\text{Bulk Data}}{15s} \right) * \frac{8Kb}{1KB} \\ &= \left( \frac{10KB}{2s} + \frac{300KB}{15s} \right) * \frac{8Kb}{1KB} \\ &= 200Kbps \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Navegación Web Aceptable} &= \left( \frac{\text{Navegación Web}}{4s} + \frac{\text{Bulk Data}}{60s} \right) * \frac{8Kb}{1 KB} \\
&= \left( \frac{10KB}{4s} + \frac{300KB}{60s} + \frac{1000}{10} \right) * \frac{8Kb}{1 KB} \\
&= 60 Kbps
\end{aligned}$$

De las fórmulas antes descritas se tiene que la velocidad de transmisión que se obtendrá por usuario para el servicio de navegación web preferencial (usuario visitante) es de 200 Kbps y la velocidad de transmisión que se obtendrá por usuario para el servicio web aceptable (usuario residente) es de 60 Kbps. Con eso se está entregando un tráfico diferenciado en el servicio web es decir mayor capacidad para los residentes de la comuna en comparación a los visitantes. Estos valores son las velocidades de transmisión que se obtendrá por cada página que el usuario visite en el Internet.

### 3.4.1 Descargas de archivos

Las fórmulas para el cálculo de la velocidad de transmisión de (2.17) y (2.18) contiene los parámetros de Navegación Web que se definirán con un tamaño de 10KB y el parámetro Bulk Data que se definirá con un tamaño de 1MB [14].

$$\begin{aligned}
\text{Descargas Web Preferencial} &= \left( \frac{\text{Navegación Web}}{2s} + \frac{\text{Bulk Data}}{15s} \right) * \frac{8Kb}{1 KB} \\
&= \left( \frac{10KB}{2s} + \frac{1000KB}{15s} \right) * \frac{8Kb}{1 KB} \\
&= 573.33 Kbps
\end{aligned}$$

$$\text{Descargas Web Aceptable} = \left( \frac{\text{Navegación Web}}{2s} + \frac{\text{Bulk Data}}{60s} \right) * \frac{8Kb}{1 KB}$$

$$= \left( \frac{10KB}{2s} + \frac{1000KB}{60s} \right) * \frac{8Kb}{1KB}$$

$$= 173.33 Kbps$$

De las fórmulas antes descritas se tiene que la velocidad de transmisión que se obtendrá por usuario para el servicio de descargas (imágenes, videos, etc) preferencial es de 573.33 Kbps y la velocidad de transmisión que se obtendrá por usuario para el servicio de descarga aceptable es de 173.33 Kbps. Con eso se está entregando un tráfico diferenciado en el servicio de descarga es decir mayor capacidad para los residentes de la comuna en comparación a los visitantes. Estos valores son las velocidades de transmisión máximas que se obtendrá por cada descarga y el valor de bulk data se lo obtuvo de [14].

### 3.4.2 Correo electrónico

El correo es un servicio de almacenamiento por lo cual se puede tener un retraso de minutos o incluso horas [14].

Las fórmulas para el cálculo de la velocidad de transmisión de (2.19) y (2.20) contiene los parámetros de Navegación Web que es la página web cliente del correo, la cual se ha definido con un tamaño de 10KByte, el parámetro Bulk Data que representa los datos transferidos entre el servidor de correo y la página web cliente del correo se definirán con un tamaño de 10 KByte y el parámetro email se definirá con un tamaño de 10 KB [15].

$$\text{Correo Preferencial} = \left( \frac{\text{Navegación Web}}{2s} + \frac{\text{Bulk Data}}{15s} + \frac{\text{Email}}{2s} \right) * \frac{8Kb}{1KB}$$

$$= \left( \frac{10KB}{2s} + \frac{10KB}{15s} + \frac{10}{2s} \right) * \frac{8Kb}{1KB}$$

$$= 85.33 Kpbs$$

$$\begin{aligned}
\text{Correo Aceptable} &= \left( \frac{\text{Navegación Web}}{4s} + \frac{\text{Bulk Data}}{60s} + \frac{\text{Email}}{4s} \right) * \frac{8Kb}{1 KB} \\
&= \left( \frac{10KB}{4s} + \frac{10KB}{60s} + \frac{10}{4s} \right) * \frac{8Kb}{1 KB} \\
&= 41.33 Kpbs
\end{aligned}$$

De las fórmulas antes descritas se tiene que la velocidad de transmisión que se obtendrá por usuario para el servicio de correo preferencial es de 85.33 Kbps y la velocidad de transmisión que se obtendrá por usuario para el correo aceptable es de 41.33 Kbps. Estos valores son las velocidades de transmisión que se obtendrá por cada vez que el usuario entre a su correo personal y esto incluye navegación web, un valor de bulk data que se obtuvieron de [14].

### 3.4.3 Plataforma de Streaming

Las plataformas de streaming tienen una característica de velocidad de transmisión adaptativo que permite entregar el streaming con una cierta resolución de acuerdo al ancho de banda disponible del cliente.

Se asegurará que las plataformas de streaming entreguen el contenido con una resolución 480P (velocidad de transmisión aceptable) y 720P (velocidad de transmisión preferencial) y los anchos de bandas necesarios para esas resoluciones se encuentran en la siguiente tabla #5.

Se hará uso de las fórmulas de (2.21) y (2.22)

$$\text{Streaming Preferencial} = \frac{(\text{Límite Superior} - \text{Límite Inferior})}{2}$$

$$\text{Streaming Preferencial} = \frac{(4000 - 15000)}{2}$$

$$\text{Streaming Preferencial} = 2750 Kbps$$



$$\text{Streaming Acceptable} = \frac{(\text{Límite Superior} - \text{Límite Inferior})}{2}$$

$$\text{Streaming Acceptable} = \frac{(1500 - 1200)}{2}$$

$$\text{Streaming Acceptable} = 1350 \text{ Kbps}$$

Se tiene que la velocidad de transmisión que se obtendrá por usuario para el servicio de streaming preferencial es de 2750 Kbps y la velocidad de transmisión que se obtendrá por usuario para el servicio streaming aceptable es de 1350 Kbps. Estos valores son las velocidades de transmisión promedio que se obtendrá cada vez que el usuario use un servicio de streaming como Netflix entre otros.

### **3.5 Cálculo del ancho de banda de hora pico**

Con la velocidad de transmisión calculados para cada uno de los servicios de Internet que ocuparán los habitantes de la Isla Santay, se puede establecer el ancho de banda preferencial y aceptable [20].

#### **3.5.1 Tráfico promedio ponderado preferencial y aceptable**

Se calcula el tráfico promedio ponderado de las velocidades de transmisión con el índice de servicio. El resultado se puede visualizar en la siguiente tabla. La tabla #6 contiene una columna llamada Índice de Servicio que dichos porcentajes fueron obtenidos de [21] y mide cual es el porcentaje que tiene cada servicio de la vida cotidiana de un usuario.

<b>Tipo de Tráfico</b>	<b>Índice de Servicio (%)</b>	<b>Bitrate Pref. (Kbps)</b>	<b>Bitrate Aceptable (Kbps)</b>	<b>Índice * Bitrate Pref. (Kbps)</b>	<b>Índice * Bitrate Aceptable (Kbps)</b>
Navegación Web	50	200.00	60.00	100.00	30.00
Correo Electrónico	10	85.33	41.33	8.53	4.13
Descargas	10	573.33	173.33	57.33	17.33
Plataforma de Streaming	30	2170.00	1350.00	651.00	405.00
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>3028.67</b>	<b>1624.67</b>	<b>816.87</b>	<b>456.47</b>

*Tabla 9: Tráfico promedio ponderado preferencial y aceptable. Elaboración propia.*

Un usuario con tráfico preferencial requiere una velocidad de transmisión de 816.87 Kbps mientras que un usuario con tráfico aceptable requiere una velocidad de transmisión de 456.47 Kbps.

### **3.5.2 Cálculo de usuarios en la red**

A través de las encuestas realizadas a los habitantes de la Isla Santay, se obtiene que una familia está conformada por dos padres y dos hijos en promedio. Adicional se considera la visita de usuarios a la Eco Aldea.

Se propone calcular el número de usuarios en la red, para ello se realizará una estimación del número de usuarios concurrentes que harán uso de los servicios de Internet y estos valores fueron obtenidos a través de encuestas realizadas a los habitantes de la Isla Santay. La tabla #8 expresa que solo el 50% de los padres de familia usaran el servicio de Internet de acuerdo a la encuesta realizada.

<b>Tipo de usuario</b>	<b>Índice de uso (%)</b>
Padres	50
Hijos	90
Visitantes	75

*Tabla 10: Porcentaje de uso de la red de acuerdo al tipo de usuario. Elaboración propia.*

En la siguiente tabla se obtiene la cantidad de usuarios concurrentes que se conectarán a la red. Se tienen 56 familias en la Isla Santay por lo cual, de acuerdo a la encuesta realizada, se tiene en promedio que una familia está conformada por 2 padres y dos hijos, la cantidad de padres es 112 al igual que la cantidad de hijos.

<b>Tipo de usuario</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Índice de uso (%)</b>	<b>Estimación de Usuarios</b>
Padres	112	50	56
Hijos	112	90	101
Visitantes	100	75	75
<b>Total</b>	<b>324</b>		<b>232</b>

*Tabla 11: Cantidad de usuarios concurrentes en la red. Elaboración propia.*

### **3.5.3 Cálculo del ancho de banda de un usuario**

Se procede a calcular el ancho de banda de los usuarios concurrentes en la red basándose en los siguientes criterios:

- A los padres e hijos de la Eco Aldea, se les asignará una velocidad de transmisión aceptable.
- A los visitantes de la Eco Aldea, se le asignará una velocidad de transmisión preferencial.

Para el cálculo del tráfico referencial para los visitantes en la Eco Aldea, se multiplica la cantidad de usuarios concurrentes por la velocidad de transmisión preferencial.

Para el cálculo del tráfico aceptable para los padres e hijos de la Eco Aldea, se multiplica la cantidad de usuarios concurrentes por la velocidad de transmisión aceptable.

Dentro del tráfico total, se encuentra contemplado el tráfico para la escuela de la comuna.

<b>Tipo Tráfico</b>	<b>Velocidad de transmisión (Mbps)</b>
Trafico Aceptable Padres	25.56
Trafico Aceptable hijo	46.01
Trafico Preferencial Visitantes	61.27
<b>Total</b>	<b>132.84</b>

*Tabla 12: Ancho de Banda requerido para la red. Elaboración propia.*

### **3.6 Análisis y formulación matemática para el dimensionamiento de la red**

Se hace un estudio con las posibles ubicaciones donde estaría la infraestructura del proyecto:

- a) Universidad Politécnica Salesiana (Guayaquil).
- b) Cerro Las Cabras (Durán).

Adicional se tiene enlace punto a multipunto a la Eco Aldea para dar servicio de Internet tanto para los usuarios en la aldea como para los usuarios en la escuela y los turistas.

En total se obtienen los siguientes enlaces:

1. Enlace PtP entre el nodo 1 GYE y el nodo Isla Santay.
2. Enlace PtP entre el nodo 2 Durán
3. y el Nodo Isla Santay.
4. Enlace PtMP entre el nodo Isla Santay y la Eco Aldea, escuela y bar.

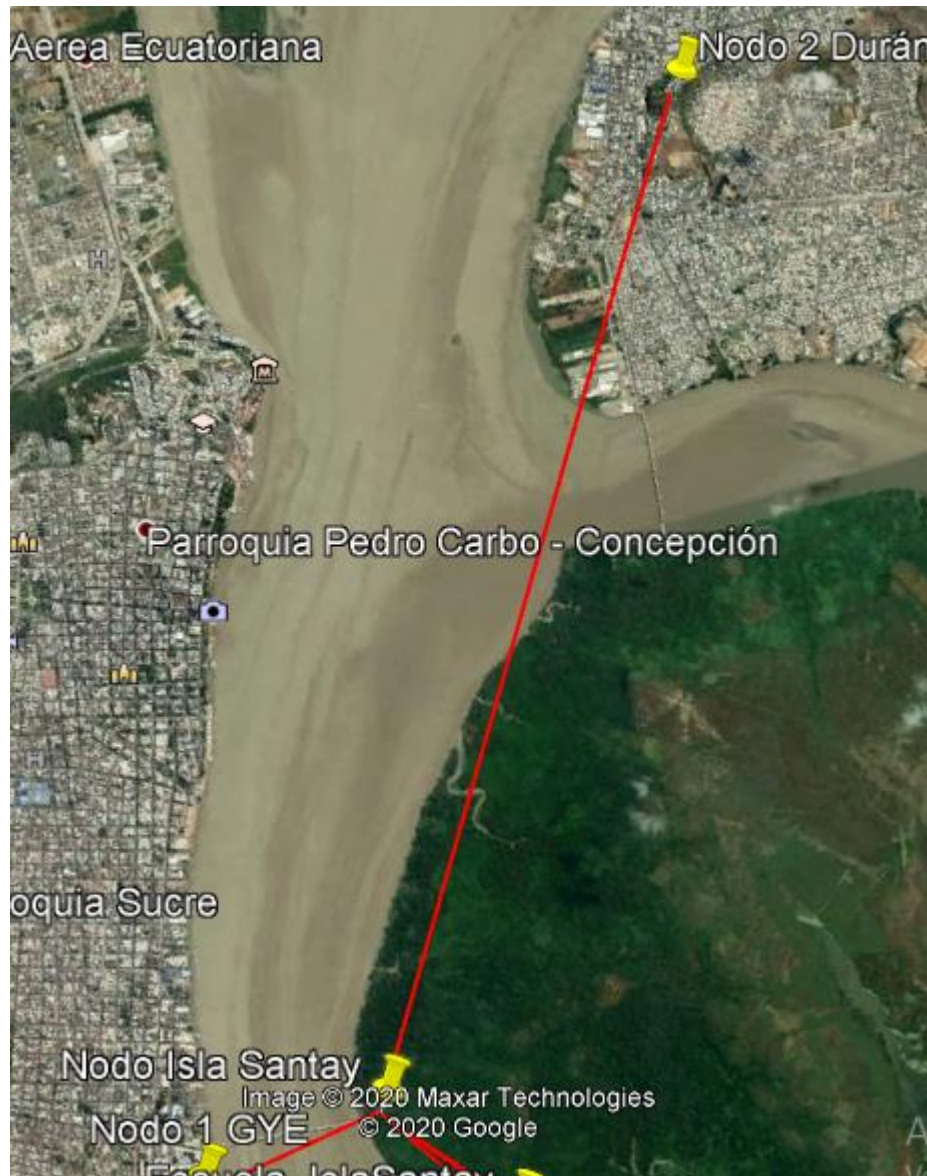


Figura 3.3 Radio Enlaces de los posibles puntos donde se puede ofrecer el servicio. Elaboración propia.



Figura 3.4 Radio Enlaces de la solución planteada. Elaboración propia.

La siguiente tabla muestra la distancia del nodo Isla Santay hacia los diferentes nodos.

Distancia(km)		
<b>Nodo Isla Santay – Nodo 1 GYE</b>	<b>Nodo Isla Santay – Nodo 2 Durán</b>	<b>Nodo Isla Santay – Eco Aldea</b>
1.1	5.78	1.4

Tabla 13: Distancias de todos los enlaces en Km. Elaboración propia.

A continuación, se presenta el perfil topográfico en donde se encuentran el Nodo1 GYE, Nodo 2 Durán, Nodo Isla Santay y Eco Aldea.

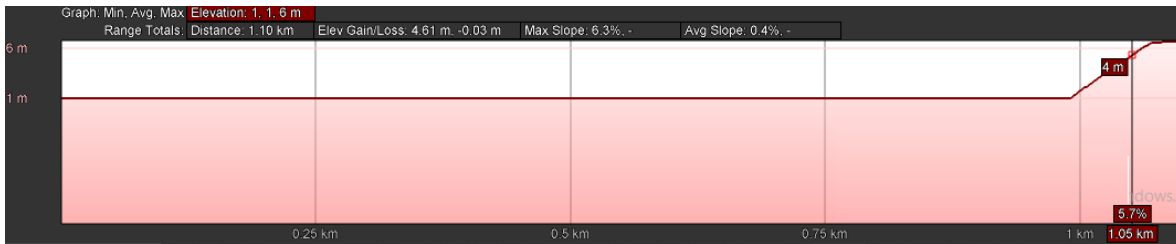


Figura 3.5 Trayectoria Nodo 1 GYE a Nodo Isla Santay. Elaboración propia.

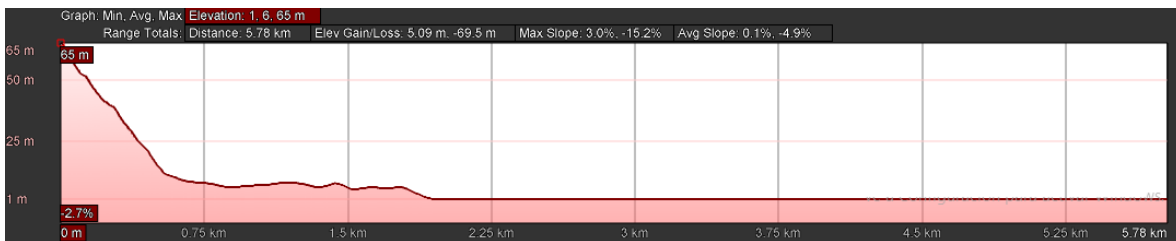


Figura 3.6 Trayectoria Nodo 2 Durán a Nodo Isla Santay. Elaboración propia.

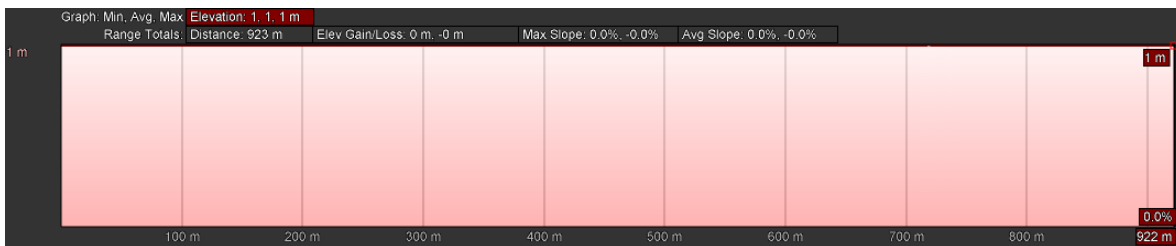


Figura 3.7 Trayectoria Nodo Isla Santay a Escuela. Elaboración propia.

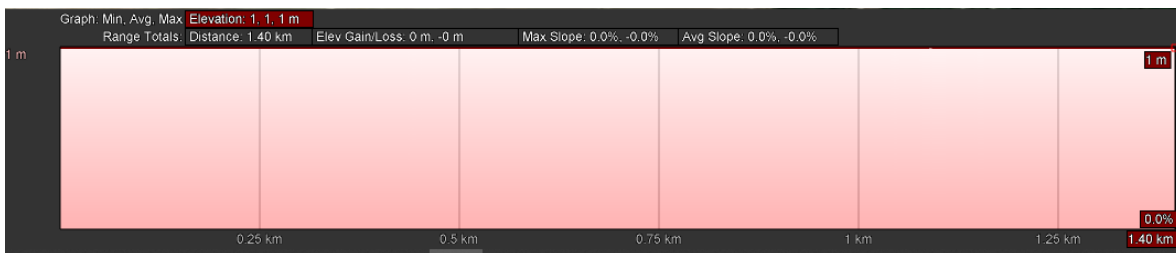


Figura 3.8 Trayectoria Nodo Isla Santay a Eco Aldea. Elaboración propia.

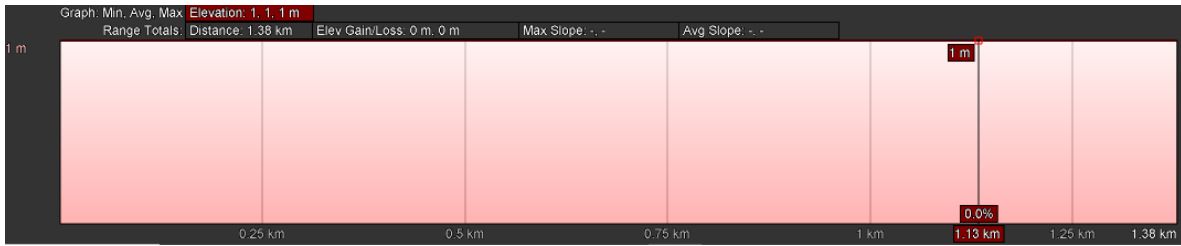


Figura 3.9 Trayectoria Nodo Isla Santay a Entrada Eco Aldea. Elaboración propia.

### 3.6.1 Cálculo de la zona de Fresnel

#### **Nodo 1 GYE – Nodo Santay**

Se determina no existe obstáculos por lo que se calcula la zona de Fresnel en el punto medio del enlace usando (2.10).

$$F_{N1-Ns} = 8.657 * \sqrt{(1.10) \div (5.8)} = 13.48 \text{ m}$$

#### **Nodo 2 Durán – Nodo Isla Santay**

Se determina no existe obstáculos por lo que se calcula la zona de Fresnel en el punto medio del enlace usando (2.10).

$$F_{N2-Ns} = 8.657 * \sqrt{(5.78) \div (5.8)} = 8.64 \text{ m}$$

#### **Nodo Isla Santay – Eco Aldea**

Se determina no existe obstáculos por lo que se calcula la zona de Fresnel en el punto medio del enlace usando (2.10).

$$F_{Ns-E} = 8.657 * \sqrt{(1.4) \div (5.8)} = 4.25 \text{ m}$$



### 3.6.2 Cálculo del despeje

En la siguiente tabla se encuentran todas las alturas (altura sobre el nivel del mar + torre) para el cálculo de despeje. Este cálculo solo se lo realiza para el enlace Nodo 2 Durán - Nodo Isla Santay debido a la distancia y a las alturas con respecto al nivel del mar entre un Nodo 2 Durán y el Nodo Isla Santay.

La torre del Nodo 2 Durán y del Nodo Isla Santay tendrán una altura de 20 metros.

Las alturas sobre el nivel del mar de Nodo 2 Durán y Nodo Isla Santay son de 65 metros y 2 metros respectivamente.

<b>Nodo 2 Durán – Nodo Santay</b>	
<b>Altura Nodo Santay</b>	<b>Altura Nodo Durán</b>
22 m	85 m

*Tabla 14: Alturas para el cálculo del despeje. Elaboración propia.*

Se procede a calcular si la primera zona de Fresnel usando (2.13) queda despejada con las alturas propuestas. Este cálculo solo se lo realizara para el enlace de Nodo 2 Durán – Nodo Isla Santay debido a la altura del cerro de Las Cabras. Este valor se lo debe comparar con el valor de la zona de Fresnel calculado para cada enlace. Si el valor de despeje es mayor que la zona de Fresnel, significa que las alturas propuestas suficientes para poder despejar el 60% de la zona de Fresnel.

En la siguiente tabla se encuentran las alturas sobre el nivel del mar (H) de los obstáculos, la distancia entre la torre del Nodo 2 Durán y el obstáculo (d1) y la distancia entre el obstáculo y el Nodo Isla Santay (d2) de cada radio enlace a evaluar.

### Nodo 2 Durán – Nodo Isla Santay

Variable	Valor	Medida
H	2	m
d1	2.89	Km
d2	2.89	Km

Tabla 15: Parámetros para el cálculo del despeje del enlace Nodo 2 Durán Nodo Isla Santay. Elaboración propia.

Como no existe obstáculos en el trayecto del enlace, el cálculo del despeje se lo hará en medio del enlace

$$H_{des_{N2-E}} = 22 + \frac{2.89}{5.78} + (85 - 22) - \left( 2 + \frac{22*85*1000}{2*\frac{4}{3}*6370} \right) = 51 \text{ m} > 7.43 \text{ m}$$

El resultado es que las alturas propuestas permiten un despeje del 60% de la zona de Fresnel.

### 3.6.3 Presupuesto del enlace

La siguiente tabla, se presentan los parámetros que se utilizaran para los cálculos en los 2 radios enlaces de los nodos al Nodo Isla Santay.

Presupuesto del enlace Nodos - Nodo Isla Santay		
Parámetros	Valor	Unidad
PTX	20	dBm
Sensibilidad	-70	dBm
GTX	24	dBi
GRX	24	dBi
ALTX	2	dB
ALRX	2	dB

Tabla 16: Parámetros para el cálculo del presupuesto del enlace Nodos a Nodo Isla Santay. Elaboración propia.

La tabla #16, se presentan los parámetros que serán usado para los cálculos del enlace Nodo Isla Santay al Eco Aldea.

<b>Presupuesto del enlace Nodo Isla Santay - EcoAldea</b>		
<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
PTX	21	dBm
GTX	22	dBi
GRX	16	dBi
ALTX	2	dB
ALRX	2	dB

Tabla 17: Parámetros para el cálculo del presupuesto del enlace Nodo Isla Santay a Eco Aldea. Elaboración propia.

El cálculo de las pérdidas en el espacio libre, margen de desvanecimiento y presupuesto del enlace se lo realizará usando las ecuaciones (2.6),(2.11) y (2.14) respectivamente.

#### *Nodo 1 GYE – Nodo Isla Santay*

- Pérdidas en el espacio libre

$$Lp_{N1-Ns} = 92.4 + 20 \log(5.8) + 20 \log(1.10) = -108.56 \text{ dB}$$

- Potencia en el Receptor

$$Prx_{N1-Ns} = 20 - 0 - 2 + 24 - 108.56 + 24 - 2 - 0 = -44.53 \text{ dBm}$$

$$\text{Margen}_{N1-Ns} = -44.53 - (-70) = 25.46 \text{ dB}$$

- Margen de desvanecimiento

$$\begin{aligned} FM_{N1-Ns} &= 30 \log(1.10) + 10 \log(6 * 4 * 1 * 5.8) - 10 \log(1 - 0.9999) - 70 \\ &= -7.32 \text{ dB} \end{aligned}$$

$$\text{Margen} > FM$$

Tomando en cuenta todos los parámetros necesarios, se obtiene que este enlace si es factible.

*Nodo 2 Durán – Nodo Isla Santay*

- Pérdidas en el espacio libre

$$Lp_{N2-Ns} = 92.4 + 20 \log(5.8) + 20 \log(5.78) = -122.94 \text{ dB}$$

- Potencia en el Receptor

$$Prx_{N2-Ns} = 16 - 0 - 2 + 16 - 122.94 + 16 - 2 - 0 = -50.94 \text{ dBm}$$

$$Margen_{N2-Ns} = -54.98 - (-70) = 19.05 \text{ dB}$$

- Margen de desvanecimiento

$$\begin{aligned} FM_{N2-Ns} &= 30 \log(5.78) + 10 \log(6 * 4 * 1 * 5.8) - 10 \log(1 - 0.9999) - 70 \\ &= 14.29 \text{ dB} \end{aligned}$$

Margen > FM

Tomando en cuenta todos los parámetros necesarios, se obtiene que este enlace si es factible.

Según los cálculos del margen de desvanecimiento en los dos radios enlaces, se escoge el menor valor por lo cual se escoge el radio enlace Nodo 1 GYE – Nodo Isla Santay.

Se procede a realizar el mismo cálculo para el enlace restante.

*Nodo Isla Santay – Eco Aldea*

Como es un enlace PtMP, se escogió un punto dentro del rango de apertura que tiene la antena sectorial de 45 grados colocada en el Nodo Isla Santay.

- Pérdidas en el espacio libre

$$Lp_{NS-E} = 92.4 + 20 \log(5.8) + 20 \log(1.4) = -110.63 \text{ dB}$$

- Potencia en el Receptor

$$Prx_{NS-E} = 21 - 0 - 2 + 22 - 110.63 + 16 - 2 - 0 = -55.63 \text{ dBm}$$

$$Prx_{NS-E} = -55.63 - (-70) = 14.36 \text{ dB}$$

- Margen de desvanecimiento

$$\begin{aligned} Prx_{NS-E} &= 30 \log(1.4) + 10 \log(6 * 4 * 1 * 5.8) - 10 \log(1 - \\ &0.9999) - 70 \\ &= -4.17 \text{ dB} \end{aligned}$$

Margen > FM

Tomando en cuenta todos los parámetros necesarios, se obtiene que este enlace si es factible.

Una vez calculada la factibilidad de los enlaces antes mencionados se resume en la siguiente tabla, todos los anchos de banda que se requiere en cada enlace para soportar la cantidad de tráfico dimensionada en los puntos anteriores. El ancho de banda que debe tener la red de transporte es la suma de los tráficos antes calculados (tráfico preferencial y trafico aceptable).

Enlace	Bitrate (Mbps)
Nodo GYE - Nodo Isla Santay	132.84
Nodo Isla Santay - EcoAldea	<b>132.84</b>

Tabla 18: Ancho de banda totales. Elaboración propia.

Utilizando el simulador de enlaces llamado AirLink de Ubiquiti, se procede a ingresar los parámetros del enlace para conocer el ancho de banda de los radios enlaces propuestos.

En la siguiente tabla se puede visualizar las alturas de cada antena de acuerdo a cada radio enlace.

Nodo GYE - Nodo Santay		Nodo Santay-EcoAldea	
Nodo Santay	Nodo GYE	Nodo Santay	EcoAldea
20 m	20 m	10 m	5 m

Tabla 19: Altura de las antenas de acuerdo a cada radio enlace. Elaboración propia.

Las siguientes figuras se obtuvieron en el simulador Airlink lo cual nos muestra el perfil topográfico del enlace, la distancia y el ancho de banda obtenido usando los parámetros de la tabla #13, #14, #16.

La figura 3.10 se puede observar el radio enlace desde el nodo GYE hasta el nodo Isla Santay. Adicional se puede visualizar la altura de las antenas y del ancho de banda teórico del enlace (305 Mbps) usando una potencia de transmisión de 21 dBm y un ancho del canal de 40MHz.

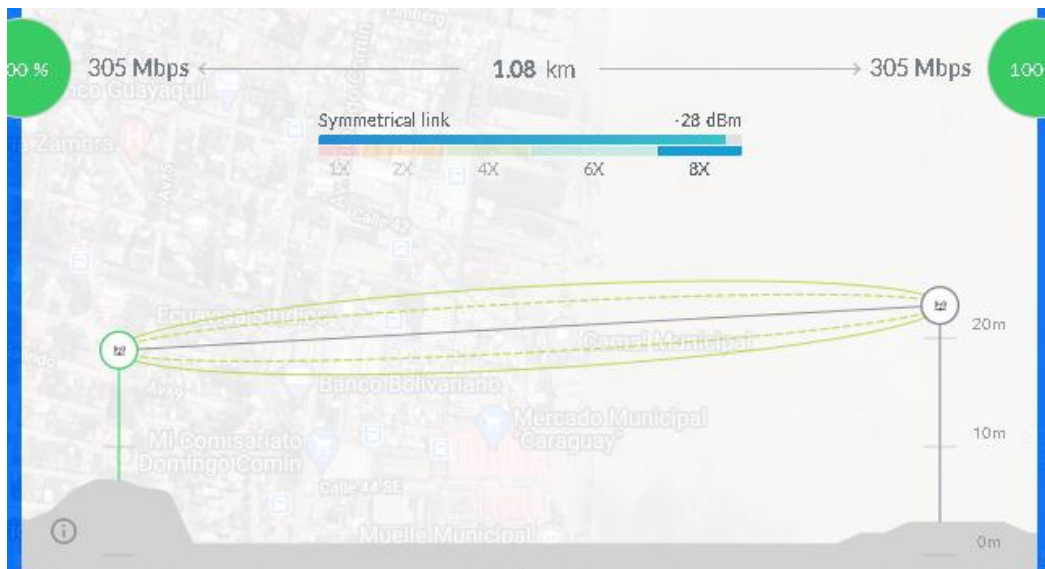


Figura 3.10 Simulación de radio enlace entre Nodo GYE y Nodo Isla Santay. Elaboración propia.

La figura 3.11 se puede observar el radio enlace desde el nodo Isla Santay hasta una casa dentro de la EcoAldea . Adicional se puede visualizar la altura de las antenas y del ancho de banda teórico del enlace (305 Mbps) usando una potencia de transmisión de 21 dBm y un ancho del canal de 40MHz. Este enlace es PtMP pero se simuló un punto dentro del rango de la antena sectorial que tiene el enlace para conocer cual es su rendimiento.

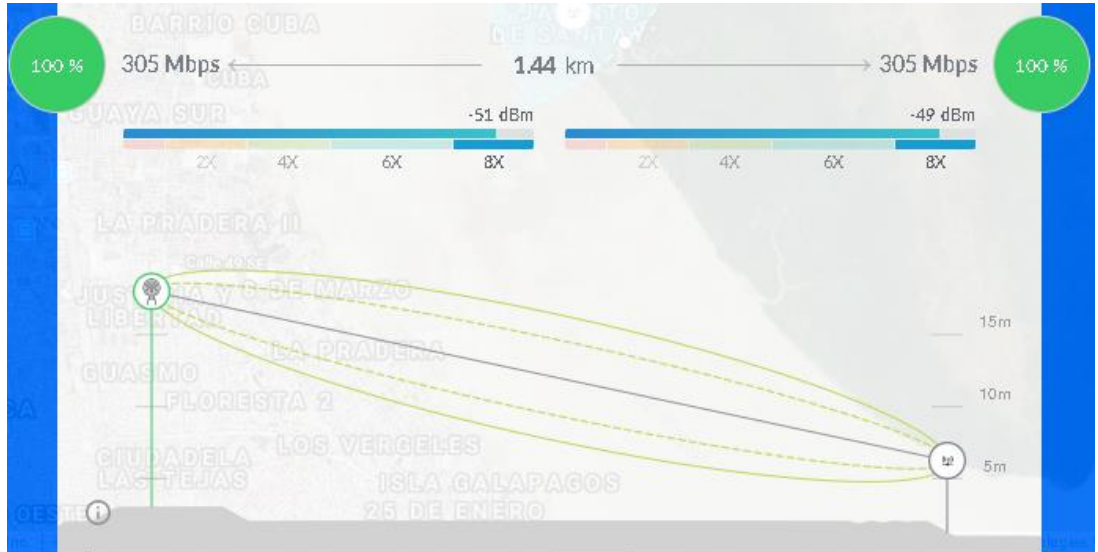


Figura 3.11 Simulación de radio enlace entre Nodo Isla Santay y un usuario en la Eco Aldea. Elaboración propia

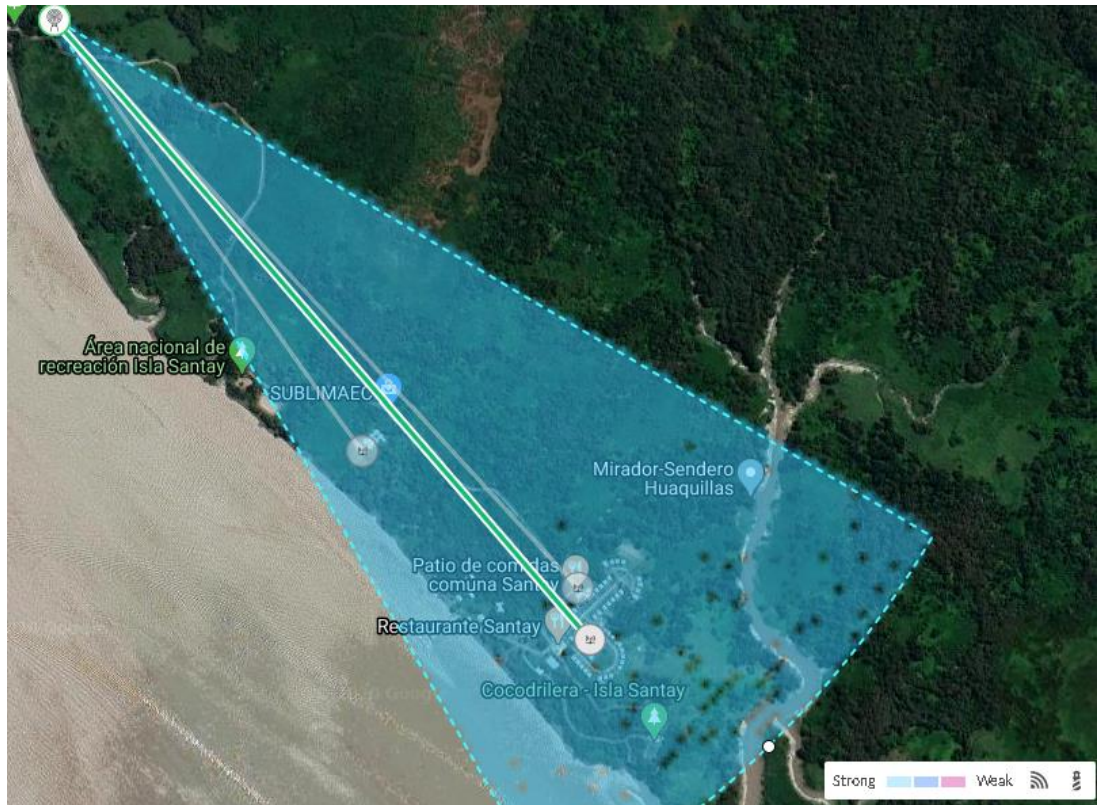


Figura 3.12. Cobertura de la antena sectorial de 45 grados colocada en el Nodo Santay. Elaboración propia.

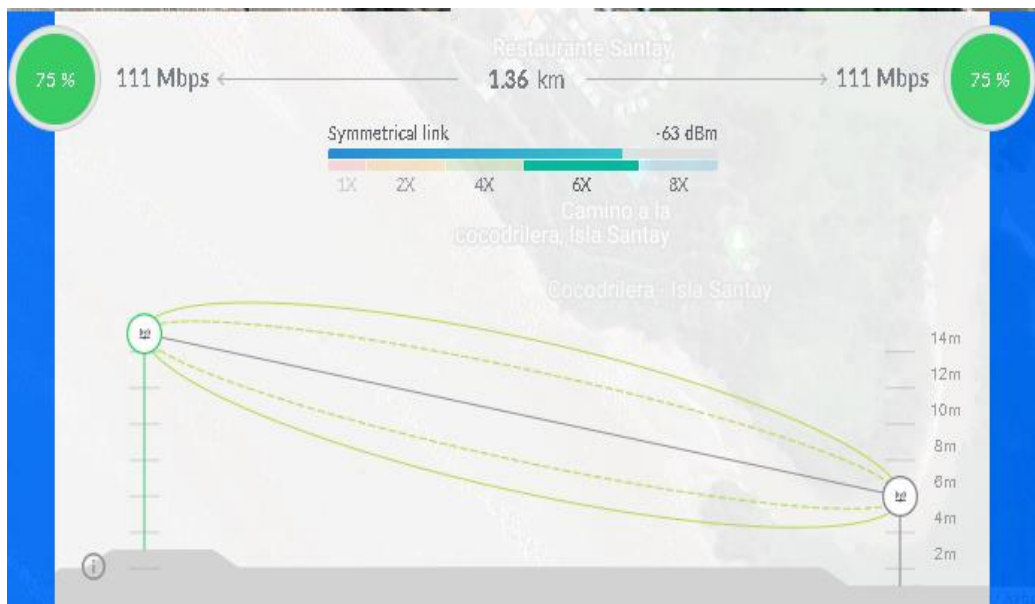


Figura 3.13 Simulación de radio enlace entre el Nodo Isla Santay y Entrada Eco Aldea. Elaboración propia



## CAPÍTULO 4

### 4 EQUIPAMIENTO Y PRESUPUESTO

En el presente capítulo procederemos a detallar los equipos que serán necesarios considerar para la realización de nuestro proyecto, tomando en consideración lo descrito en capítulos anteriores.

#### 4.1 Equipos e implementos de la red

##### 4.1.1 Equipos

###### **Switches**

Equipo switch de 12 puertos POE de 100/1000 Mbps para conectar diferentes equipos de red.

###### **Rack de piso 18UR**

Es un rack donde se instalarán todos los equipos de telecomunicaciones

###### **Samsung AR5500**

Aire Acondicionado AR5500 para montaje en pared con enfriamiento de 12000 BTU/h, el cual nos permitirá mantener a una temperatura adecuada a nuestros equipos.

###### **Firewall**

Equipo perimetral para dotar a la red Lan de características de seguridad. Adicional trabaja con router para conectar redes diferentes

###### **Equipo inalámbrico**

Equipo router inalámbrico que permite a los usuarios finales conectarse a la red Lan a través del Wifi

### **Radio para enlace backbone**

Equipo de radioenlace puede trabajar en modo AP o ST y trabaja en la banda de los 5GHZ. El backbone inalámbrico está conformado con este tipo de radios. En la torre del nodo, se colocará esta radio y trabajará en modo AP. En el nodo Isla Santay, se colocará otra radio que trabajará en modo ST.

### **Antena parabólica**

Es una antena parabólica con ganancia de 30dBi. Se instalará en ambos lados del backbone inalámbrico.

### **Antena sectorial**

Es una antena sectorial de 45 grados con una ganancia de 22 dBi. Se la colocara a la radio rocket 5ac Lite para el enlace Nodo Santay a Eco Aldea.

### **Radio para usuario final**

Equipo de radioenlace que puede trabajar como AP o ST y trabaja en la banda de los 5GHZ. Se lo utilizará como como ST para las casas de los habitantes de la isla Santay.

## **4.1.2 Torre Auto soportada**

Es necesario la implementación de una torre auto soportada para la colocación de los equipos de radioenlace, ya otorgan altura y así obtener una buena línea de vista con la antena principal y así poder establecer una excelente comunicación y alcanzar mayores anchos de banda.

La Altura de la torre auto soportada se la determinara en el estudio de RF.

### 4.1.3 Cuarto de Control o Nodo

Es necesaria la implementación de un cuarto de control o nodo de 6 metros cuadrados para poder colocar todos los equipos de telecomunicaciones

Desde el router principal se creará una red para brindar el servicio a las casas de la isla Santay por medio de equipamiento de switches, wifi, router.

El cuarto de Control o Nodo deberá tener ventilación, seguridad, baterías y redundancia con el enlace principal.

### 4.1.4 Distribución del equipamiento

El radio enlace de backbone está constituido por dos torres auto soportadas (situados en Guayaquil e Isla Santay) con diferentes equipos de redes que se enlistan en las siguientes tablas

Equipo	Descripción
Radio	Equipo para radio enlace de backbone
Antena 30 dBi	Antena directiva
Switch 12 puertos	Conmutador de red
Pararrayos	Instrumento para evitar daños por rayos
Firewall	Equipo de seguridad perimetral
Cubiculo	
Rack de piso	Armario para soporte de equipos

Tabla 20: Equipos de redes que se encuentran en el nodo GYE

Equipo	Descripción
Radio	Equipo para radio enlace de backbone
Antena 30 dBi	Antena directiva
Switch 12 puertos	Conmutador de red
Pararrayos	Instrumento para evitar daños por rayos
Radio + antena sectorial	Equipo para radio enlace de acceso
Rack de piso	Armario para soporte de equipos

Tabla 21: Equipos de redes que se encuentran en el nodo GYE. Elaboración propia.

Las siguientes tablas se observan los equipos que se requieren utilizar en los dos radios enlaces.

Equipo	Cantidad	Descripción
Radio	2	Equipo para radio enlace de backbone
Antena 30 dBi	2	Antena direcciva

Tabla 22: Equipos para el enlace Nodo GYE - Nodo Isla Santay. Elaboración propia.

Equipo	Cantidad	Descripción
Radio + Antena sectorial	1	Equipo para radio enlace de backbone
Radio + Antena del cliente	1	Radio que se instala en la ubicación del cliente

Tabla 23: Equipos para el enlace Nodo Isla Santay – EcoAldea. Elaboración propia.

#### 4.2 Estudio y análisis financiero del proyecto

Se realiza una proyección de costos de cuánto costaría el proyecto para así validar la rentabilidad del proyecto.

Materiales	Precio	Cantidad	Total
Eléctricos, cables, tomacorriente	\$30.00	2.00	\$60.00
Medidor Eléctrico	\$100.00	2.00	\$200.00
Pararrayos	\$250.00	2.00	\$500.00
Switch Ruckus12 puertos	\$540.00	2.00	\$1,080.00
UPS 1000 Watt	\$200.00	2.00	\$400.00
Rack 18 UR	\$150.00	2.00	\$300.00
Cubículo metálico	\$2,000.00	2.00	\$4,000.00
Bobina de cable STP	\$300.00	1.00	\$300.00
Ubiquiti 5AC Gen2	\$300.00	2.00	\$600.00
Antena 30 dBi	\$300.00	2.00	\$600.00
Ubiquiti ac 5 Lite	\$200.00	1.00	\$200.00
Torres auto soportadas 20metros	\$1,150.00	2.00	\$2,300.00
Firewall	\$1,800.00	1.00	\$1,800.00
BW Telconet + Instalación	\$200.00	1.00	\$200.00
Construcción de casetas (16m2)	\$2,000.00	2.00	\$4,000.00

<b>Total</b>			<b>\$16,540.00</b>
--------------	--	--	--------------------

*Tabla 24: Inversión inicial. Elaboración propia.*

<b>FIJOS ALQUILERES</b>	<b>TOTAL</b>
BW Telconet Nodo GYE - Isla Santay	\$165
Consumo eléctrico	200
Mantenimiento	50
	<b>\$415.00</b>

*Tabla 25: Gastos mensuales. Elaboración propia.*

Se necesitaría un capital aproximado de \$16.540,00 para montar toda la infraestructura y un pago de \$415 mensuales por el enlace de internet.

El costo de instalación es de \$130 donde se incluye los siguientes materiales de la tabla #21

<b>MATERIALES DE INSTALACION CLIENTE</b>	<b>Precio</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Total</b>
Mikrotik Router inalámbrico	\$40.00	1	\$40.00
Radio Ubiquiti	\$50.00	1	\$50.00
Cable de red	\$5.00	1	\$5.00
Conector Rj45 + Botas	\$1.50	2	\$3.00
Canaletas	\$1.00	10	\$10.00
<b>Total</b>			<b>\$108.00</b>

*Tabla 26: Gastos de instalación a clientes. Elaboración propia.*

El tiempo de retorno de la inversión es el tiempo que se tarda en conseguir el dinero que fue invertido para desplegar la infraestructura necesaria para el proyecto. Se calcula calculando el saldo de ingresos y egresos por cada año hasta obtener el año en donde se retorna la inversión.

De acuerdo a la encuesta realizada a los habitantes de la Isla Santay, solo 20 hogares contrataran el servicio de internet. Adicional se debe deducir cuantos hogares contrataran el servicio en cada año.

En la figura 4.1 se puede observar los porcentajes de acceso a Internet que ha tenido el país en un determinado año de acuerdo a los datos obtenidos por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC).

Para nuestro proyecto se usarán los datos proporcionados para la zona rural con la finalidad de obtener datos similares a los datos que se podrían obtener en la Isla Santay

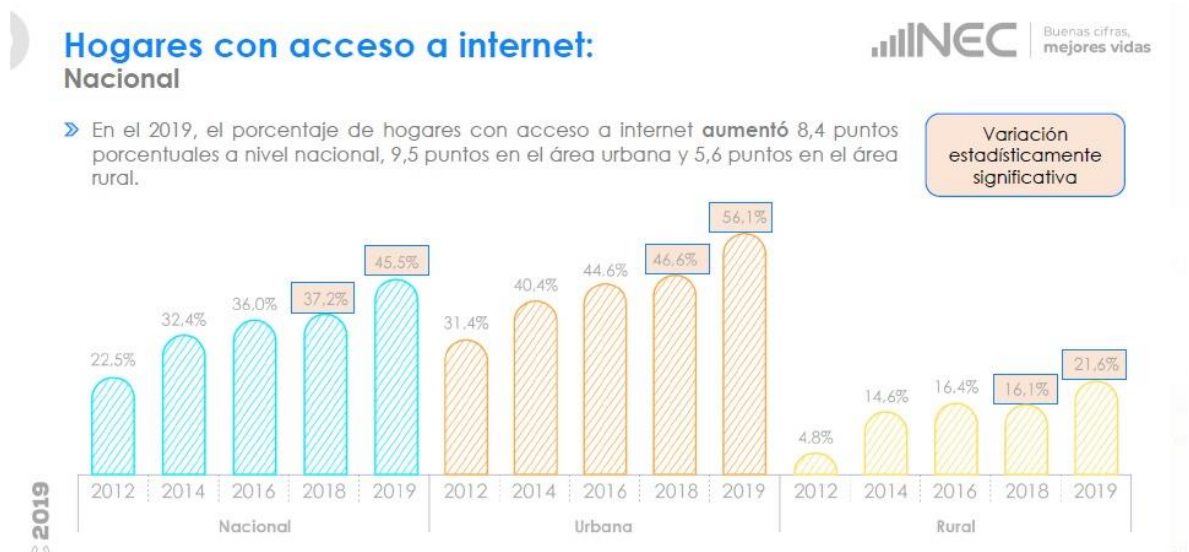


Figura 0.1 Hogares con acceso a internet [22].

Se hace un promedio de los valores porcentuales, y el resultado se lo usará como porcentaje de crecimiento de adquisición del servicio de Internet por parte de la Isla Santay. Este cálculo se lo puede observar en la tabla #22.

AÑO	PORCENTUAL	VALOR DELTA
2012	4.8	
2014	14.6	9.8
2016	16.4	1.8
2018	16.1	-0.3
2019	21.6	5.5
<i>Total</i>		<i>16.8</i>
<b>Resultado</b>		<b>4.2</b>

Tabla 27 Cálculo del porcentaje de adquisición del servicio de telefonía. Elaboración propia

El valor porcentual se multiplica por 56 (cantidad de hogares en la Isla Santay) para conocer el crecimiento anual.

$$\text{Crecimiento} = 56 * 4.2/100$$

$$\text{Crecimiento} = 2,2$$

$$\text{Crecimiento} = 2 \text{ hogares por año}$$

En la tabla #23 se puede visualizar el cálculo del retorno de la inversión. Como ejemplo tenemos que el valor de ingreso es la suma de los hogares que adquirieron el servicio de internet al año; sumado a la ganancia que se obtiene al restar el costo de la instalación menos el valor de la instalación; y sumado al valor que se cobra para el visitante que requiera acceso a Internet (\$1). Se define ofrecer un plan de 3Mbps a \$20.

En el año 1 se tiene que 20 hogares van a contratar el servicio de Internet lo que significa que se realizaran 20 instalaciones entonces la ganancia que se tiene en ese año por instalaciones es:

$$\begin{aligned} \text{Ganancia instalación} &= 20 * (130 - 108) \\ &= 440 \end{aligned}$$

Se procede a calcular el flujo que ingresa por el pago del servicio de Internet (\$20) de los 20 hogares al año

$$\begin{aligned} \text{Flujo servicio Internet} &= 20 * 20 * 12 \\ &= 4800 \end{aligned}$$

A los visitantes se les cobrará 1 dólares para que puedan acceder al servicio de Internet. El flujo de persona los fines de semana es de aproximadamente 100 personas.

$$\text{Flujo servicio Internet visitantes} = 100 * 4 * 12$$

$$= 20 * 20 * 12$$

El total de ingresos en el año 1 se lo puede visualizar en la tabla #23. El valor de egresos es el valor de los pagos mensuales multiplicado por 12 y su valor se puede visualizar en la tabla #23.

AÑO	INGRESO	EGRESO	SALDO
1	\$ 10,040	\$ 4980	\$ 5060
2	\$ 10,124	\$ 4980	\$ 5144
3	\$ 10,604	\$ 4980	\$ 5624
4	\$ 11,084	\$ 4980	\$ 6104

**Total** **\$ 21,932.00**

*Tabla 28 Cálculo del retorno de la inversión. Elaboración propia*

En el siguiente año, se suma el valor de dos a la cantidad de hogares del año paso y así sucesivamente hasta encontrar el año en el cual la suma de los saldos sea mayor a la inversión.

En 4 años se recuperará la inversión inicial para el despliegue de la infraestructura para dar servicio de Internet a la Isla Santay.

Los hogares de la comuna tienen energía eléctrica a través de paneles solares por lo cual se debe tener en cuenta la potencia de consumo de los equipos que se conectaran donde el cliente cuando se adquiriera el servicio de Internet.

Los equipos a conectar son:

- Equipo inalámbrico que consume 9W
- Radio receptora que consume 7W

En total, el sistema de paneles solares en cada hogar de la comuna debe suministrar 16W adicionales al consumo de los aparatos electrónicos u otros equipos conectados al suministro eléctrico.



## **CONCLUSIONES**

Se concluye que es factible realizar un enlace backbone desde la Universidad Politécnica Salesiana y un punto en la Isla Santay, el cual ofrece un ancho de banda adecuado para cubrir las necesidades de los habitantes de la Isla Santay y los visitantes que llegan a conocer los atractivos de la misma.

Se calculó dos tipos de tráfico para los habitantes de la comuna y para los visitantes. Los cálculos realizados nos ayudaron a determinar cuál sería el ancho de banda teórico que requiere el backbone para poder brindar servicio de internet tanto como a los habitantes de la comuna como a los visitantes. Con esta información se estableció un plan de internet de 3 Mbps a \$20.

Se extrapoló el crecimiento de hogares que van a contratar el servicio de internet usando como referencia los datos obtenidos por el INEC desde el año 2012 hasta el año 2019. Lo anteriormente descrito, nos ayudó a realizar una tabla con los ingresos y egresos anuales para conocer el tiempo de retorno de la inversión para nuestro proyecto.

## **RECOMENDACIONES**

El presente proyecto contempló la realización de un enlace backbone usando un radio enlace. Estos tipos de enlaces adicionales que son fáciles de implementar y económicos, tienden a ser degradados por diferentes factores tales como: lluvia, otros radios enlaces entre otros. Se debería buscar una solución para mitigar la degradación del enlace o buscar otra manera de realizar el enlace backbone.

Adicional se debe hacer un estudio del sistema de paneles solares que tiene cada hogar de la comuna para conocer el estado de los equipos y realizar el respectivo mantenimiento de los mismos. El objetivo de este estudio es para lograr integrar los equipos necesarios del lado del cliente para el servicio de internet y que este servicio no afecte al correcto funcionamiento de los aparatos electrónicos que se tiene en cada hogar.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] J. P. D. A. P. M. – I. & L. V. Partners, «Formacion Gerencial,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.formaciongerencial.com/estadodigitalecuador/>. [Último acceso: 24 Abril 2020].
- [2] L. a. d. Santay, «Los amigos de Santay,» 20 07 2012. [En línea]. Available: <https://www.islasantay.info/2012/07/primera-conexion-via-internet-entre-la.html>.
- [3] W. Stallings, Comunicaciones y redes de computadores, Prentice Hall, 2000.
- [4] W. Tomasi, Sistemas de Comunicaciones Electrónicas, Mexico: Pearson, 2003.
- [5] M. d. T. y. d. I. S. d. I. Información, «Leyes y reglamentos del Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información y sus entidades adscritas,» 2017. [En línea]. Available: <https://www.telecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/2017/11/Leyes-y-Reglamentos-Indice-10.11.2017.pdf>.
- [6] ITU, «Recomendación P.530-16: Datos de propagación y métodos de predicción requeridos para el diseño de sistemas terrestres con línea de vista,» 2015. [En línea]. Available: <https://www.itu.int/rec/R-REC-P.530/es>.
- [7] G. Colbach, Wireless Networking: Introduction to Bluetooth and WiFi, Amazon Digital Services LLC, 2017.
- [8] J. J. M. Fuentes, Radiocomunicación, Fundamentos de Radiación, Sevilla: Escuela Técnica Superior de Ingeniería, 2012.
- [9] G. Colbach, «Wireless Networking: Introduction to Bluetooth and WiFi,» *Amazon Digital Services LLC*, 2017.
- [10] F. J. G. L. L. M. C. GRANADO, «REDES INALAMBRICAS,» Anaya Multimedia, Madrid, 2010.
- [11] P. O. Roth, FUNDAMENTOS DE PROPAGACIÓN DE ONDAS, Malaga: UNIVERSIDAD DE MALAGA. SERVICIO DE PUBLICACIONES E INTERCAMB, 2015.
- [12] ARCOTEL, «ARCOTEL,» 2018. [En línea]. Available: <https://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/2018/04/NORMA-ESPECTRO-DE-USO-LIBRE-Y-ESPECTRO-PARA-USO-DETERMINADO-EN-BANDAS-LIBRES.pdf>. [Último acceso: 24 Abril 2020].
- [13] M. D. AMBIENTE, «MINISTERIO DEL AMBIENTE,» 10 Agosto 2010. [En línea]. Available: <http://suia.ambiente.gob.ec/documents/10179/242256/19+PLAN+DE+MANEJO+ISLA+SANTAY+ANR+Isla+Santay.pdf/a13669f7-b6e6-4592-93c6-c339f48b00ea>. [Último acceso: 24 Abril 2020].
- [14] E. E. 2. 057-4, «ETSI EG 202 057-4,» 2005. [En línea]. Available: [https://www.etsi.org/deliver/etsi\\_eg/202000\\_202099/20205704/01.01.01\\_60/eg\\_20205704v010101p.pdf](https://www.etsi.org/deliver/etsi_eg/202000_202099/20205704/01.01.01_60/eg_20205704v010101p.pdf).
- [15] J. A. R. M. CÉSAR HUGO CRIOLLO ORTIZ, *DISEÑO DE LA RED INALÁMBRICA QUE PROPORCIONE ACCESO A LA INTERNET Y HABILITE SERVICIOS DE VIDEO Y VIGILANCIA, EN LAS ZONAS TURÍSTICAS DE LA ISLA SANTAY*, Guayaquil, 2017.

- [16] V. DIAZ DE RADA, ANALISIS DE DATOS DE ENCUESTA, Barcelona: UOC (UNIVERSITAT OBERTA DE CATALUNYA), 2009.
- [17] J. L. DEVORE, PROBABILIDAD Y ESTADISTICA PARA INGENIERÍA Y CIENCIAS, Mexico: Cengage Learning Editores, 2008.
- [18] M. G. G. Isabel Castillo Manrique, ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA Y CÁLCULO DE PROBABILIDADES, Madrid: PEARSON EDUCACIÓN,S.A, 2006.
- [19] M. d. D. U. y. Social, «Miinisterio de Desarrollo Urbano y Social,» [En línea]. Available: <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/habitantes-de-santay-estan-en-un-pequeno-paraiso/>. [Último acceso: 28 Abril 2020].
- [20] L. G. T. A. GEMA KATHERINE CHÁVEZ ZAMBRANO, «PROPUESTA DE RED DE DATOS PARA LA GESTIÓN DE LOS SERVICIOS DE RED EN EL CAMPUS POLITÉCNICO DE LA ESPAM MFL,» Calceta, 2016.
- [21] J. P. d. Alcazar, «Estado Digital 2020,» 2020.
- [22] INEC, «Encuesta Multiproposito TIC,» INEC, Ecuador, 2019.
- [23] E. M. Arturo Serrano, La Brecha Digital: Mitos y Realidades, Mexico: UABC, 2003.
- [24] D. International, «An Introduction to Wifi,» *Digi International*, 2008.
- [25] A. T. HABILITANTES, «ARCOTEL,» Junio 2016. [En línea]. Available: [https://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/2016/08/IT-DRE-03\\_OTH-ESPECTRO-RADIOEL%C3%89CTRICO\\_V1.0\\_18Jul20162.pdf](https://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/2016/08/IT-DRE-03_OTH-ESPECTRO-RADIOEL%C3%89CTRICO_V1.0_18Jul20162.pdf). [Último acceso: 24 Abril 2020].

# ANEXOS

## ANEXO A: ABREVIATURAS

AP: Access Point

ARCOTEL: Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones

dB: Decibelio

dBm: decibelio-mili vatio

GHZ: Giga hercios

KB/s: KiloByte por segundo

KB: KiloByte

Kbps: Kilobits por segundo

INEC: Instituto Nacional de Estadística y Censos

LAN: Local Area Network

MB MegaByte

Mb: Megabits

MHZ: Mega hercios

MPLS: Multiprotocol Label Switching

PtMP: Point to Multipoint

PtP: Point to Point

RNI: Radiación no Ionizante

ST: Station

UT : Unshielded Twisted Pair

WAN: Wide Area Network

## ANEXO B: PREGUNTAS DE ENCUESTA

- 1) ¿Qué rol tiene en su familia?
  - a) Padre
  - b) Hijo
- 2) ¿Cuántas personas conforman su familia?
  - a) 2
  - b) 3
  - c) 4
  - d) 5
  - e) Mayor a 5
- 3) ¿Si tuviera acceso a Internet, usaría el servicio?
  - a) Si
  - b) No
- 4) ¿Cuánto es el uso en porcentaje que usted le daría al servicio de Internet en la Isla Santay?
  - a) 0%
  - b) 25%
  - c) 50%
  - d) 75%
  - e) 100%
- 5) ¿Cuáles de los siguientes servicios de Internet usted más usaría?
  - a) Navegación web (Páginas web con imágenes y video/audio, redes sociales)
  - b) Correo electrónico
  - c) Descarga de archivos
  - d) Plataforma de Streaming

6) A criterio de personal, cual es la cantidad promedio de visitantes que visitan la comuna los fines de semana

- a) 1 – 25
- b) 25-50
- c) 50-75
- d) 75-100
- e) Mayor a 100

# ANEXCO C: HOJA DE ESPECIFICACIONES DE EQUIPOS

## Specifications

RP-5AC-Gen2		
Dimensions	88 x 40 x 230 mm (3.47 x 1.58 x 9.06")	
Weight	400 g (14.11 oz)	
Networking Interface	(1) 10/100/1000 Ethernet Port	
RF Connectors	(2) RP-SMA (Waterproof), (1) GPS* (Waterproof)	
LEDs	(4) Signal Strength, GPS*, LAN, Power	
Enclosure	Die-Cast Aluminum with White Powder Coating	
Max. Power Consumption	9.5W	
Power Supply	24V, 1A Gigabit PoE Adapter (Included)	
Power Method	Passive PoE (Pairs 4, 5+; 7, 8 Return)	
Processor Specs	Atheros MIPS 74Kc	
Memory	128 MB DDR2 SDRAM	
Supported Voltage Range	18-26VDC	
Signal Strength LEDs	Software-Adjustable to Correspond to Custom RSSI Levels	
Channel Sizes	PTP Mode	PtMP Mode
	10/20/30/40/50/60/80 MHz	10/20/30/40 MHz
ESD/EMP Protection	± 24 kV Contact / Air for Ethernet	
Operating Temperature	-40 to 80° C (-40 to 176° F)	
Operating Humidity	5 to 95% Noncondensing	
RoHS Compliance	Yes	
Shock and Vibration	ETSI300-019-1.4	
Modes	Access Point, Station	
Services	Web Server, SNMP, SSH Server, Telnet , Ping Watchdog, DHCP, NAT, Bridging, Routing	
Utilities	airMagic, airView, Antenna Alignment Tool, Discovery Utility, Site Survey, Ping, Traceroute, Speed Test	
Distance Adjustment	Dynamic Ack and Ackless Mode	
Power Adjustment	Software Adjustable UI or CLI	
Security	WPA2 AES Only	
QoS	Supports Packet Level Classification WMM and User Customer Level: High/Medium/Low	

Ubiquiti Rocket 5AC

## Features

### Network Services

- Dynamic routing (OSPF, BGP, RIPv2)
- Static and Policy routing
- Route controlled by application
- Built-in DHCP, NTP, DNS Server and DNS proxy
- Tap mode – connects to SPAN port
- Interface modes: sniffer, port aggregated, loopback, VLANs (802.1Q and Trunking)
- L2/L3 switching & routing
- Virtual wire (Layer 1) transparent inline deployment

### Firewall

- Operating modes: NAT/route, transparent (bridge), and mixed mode
- Policy objects: predefined, custom, and object grouping
- Security policy based on application, role and geo-location
- Application Level Gateways and session support: MSRPC, PPTP, RAS, RSH, SIP, FTP, TFTP, HTTP, dcerpc, dns-tcp, dns-udp, H.245 0, H.245 1, H.323
- NAT and ALG support: NAT46, NAT64, NAT444, SNAT, DNAT, PAT, Full Cone NAT, STUN
- NAT configuration: per policy and central NAT table
- VoIP: SIP/H.323/SCCP NAT traversal, RTP pin holing
- Global policy management view
- Security policy redundancy inspection
- Schedules: one-time and recurring

### Intrusion Prevention

- Up to 8000+ signatures, protocol anomaly detection, rate-based

### Additional web filtering features:

- Filter Java Applet, ActiveX or cookie
- Block HTTP Post
- Log search keywords
- Exempt scanning encrypted connections on certain categories for privacy
- Web filtering profile override: allows administrator to temporarily assign different profiles to user/group/IP
- Web filter local categories and category rating override

### Cloud-Sandbox

- Upload malicious files to cloud sandbox for analysis, including HTTPS encrypted traffic
- Provide complete behavior analysis report for malicious files

### IP Reputation

- Botnet server IP blocking with global IP reputation database

### SSL Decryption

- Application identification for SSL encrypted traffic
- IPS enablement for SSL encrypted traffic
- AV enablement for SSL encrypted traffic
- URL filter for SSL encrypted traffic
- SSL Encrypted traffic whitelist
- SSL proxy offload mode

### File Transfer Control

- File transfer control based on file name, type and size
- File protocol identification, including HTTP, HTTPS, FTP, SMTP,

## Firewall e1700

## Specifications

Details	
Product code	RB951G-2HnD
Architecture	MIPSBE
CPU	AR9344
CPU core count	1
CPU nominal frequency	600 MHz
Dimensions	113x138x29mm
RouterOS license	4
Operating System	<a href="#">RouterOS</a>
Size of RAM	128 MB
Storage size	128 MB
Storage type	NAND
MTBF	Approximately 100'000 hours at 25C
Tested ambient temperature	-20C .. +50C

## Mikrotik RB951G-2HnD