



**UNIVERSIDAD ESTATAL
PENINSULA DE SANTA ELENA**

**FACULTAD DE SISTEMAS Y
TELECOMUNICACIONES**

**CARRERA DE ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES**

TRABAJO DE TITULACIÓN

**Propuesta Tecnológica, previo a la obtención del Título de
Ingeniera en Electrónica y Telecomunicaciones**

TÍTULO

**“Análisis y Diseño de Infraestructura de comunicaciones para la
comuna Manantial de Guangala utilizando arquitectura punto-
multipunto mediante comunicación satelital y Wireless”**

AUTOR

TIGRERO ORTIZ JESSICA PAOLA

PROFESOR TUTOR

SORIANO RODRIGUEZ FREDDY JOSE

LA LIBERTAD- ECUADOR

2017

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento especial a Dios que me ha permitido culminar la etapa universitaria, por darme la fortaleza y sabiduría de enfrentar las circunstancias en el transcurso de mi vida.

Agradecimiento a mi madre que ha sido mi soporte durante toda mi existencia al ser un ejemplo de superación y perseverancia para alcanzar mis metas, a mi esposo por su apoyo incondicional en la travesía de mis estudios universitarios.

Agradecimiento a todas las personas que de una u otra forma contribuyeron a mi formación académica y personal.

Jessica Paola Tigrero Ortiz

AUTORA

APROBACIÓN DEL TUTOR

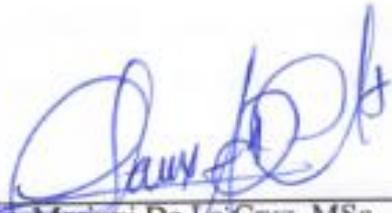
En mi calidad de tutor del trabajo de titulación denominado “**Análisis y Diseño de Infraestructura de comunicaciones para la comuna Manantial de Guangala utilizando arquitectura punto-multipunto mediante comunicación satelital y Wireless**”, elaborado por la estudiante **Tigrero Ortiz Jessica Paola**, de la carrera de Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, me permito declarar que luego de haber orientado, estudiado y revisado, la apruebo en todas sus partes y autorizo al estudiante para que inicie los trámites legales correspondientes.

La Libertad, 1 de Marzo del 2017



.....
Ing. Freddy Soriano Rodriguez

TRIBUNAL DE GRADO



Ing. Mariuxi De la Cruz, MSc.
DECANO DE FACULTAD



Ing. Washington Torres Guin, MSc.
DIRECTOR DE CARRERA



Ing. Freddy Soriano Rodriguez Msc.
PROFESOR TUTOR



Ing. Javier Muzto Arguello
PROFESOR DE AREA



Ab. Brenda Reyes Tomala Msc.
SECRETARIO GENERAL

RESUMEN

La presente propuesta tecnológica ofrece el Análisis y Diseño de Infraestructura de comunicaciones para la comuna Manantial de Guangala utilizando arquitectura punto-multipunto mediante comunicación satelital y Wireless con el objetivo de brindar el servicio de banda ancha considerado como un servicio básico en la actualidad, el acceso a las tecnologías fomenta el desarrollo económico, comercial y social de una población determinada.

En el primer capítulo se describe de forma general los antecedentes, la descripción completa de la propuesta, los objetivos planteados, la justificación de la propuesta, las metodologías de investigación, etc. En el segundo capítulo se describen las bases teóricas del proyecto, se conforman por marco contextual, marco conceptual y marco teórico. Donde se presenta el estudio de tecnologías inalámbricas, protocolos, topologías, estándares, etc.

En el tercer capítulo se presenta el desarrollo de la propuesta tecnológica, describiendo cada uno de los componentes físicos y lógicos que conforman la red inalámbrica para la comuna Manantial de Guangala, para el diseño de la propuesta se presentan los esquemas físicos y lógicos de la red, considerando las tecnologías y conexiones de enlace definidas en la propuesta.

Para la comunicación entre el ISP y la comuna se realiza el enlace satelital, considerando los requerimientos físicos y técnicos, al utilizar Satmaster se demuestra la efectividad del sistema durante los enlaces de subida y de bajada. Con Radio Mobile se logra simular los enlaces a los clientes, utilizando arquitectura punto-multipunto, concluyendo que la zona de estudio no presenta anomalías que afecten las comunicaciones inalámbricas. Finalmente, se realiza el estudio de factibilidad técnica y el presupuesto financiero que me permitirán garantizar la viabilidad del proyecto. El presente estudio tiene la finalidad de generar interés a ISPs para que en un futuro ofrezcan servicios de internet a la comuna Manantial de Guangala fomentando el crecimiento tecnológico y así eliminar la brecha digital que existe en las zonas rurales de la provincia.

ABSTRACT

The present technological proposal offers the Analysis and design of communications infrastructure for the commune Manantial of Guangala using point-multipoint architecture through satellite and wireless communication with the objective of giving broadband service considered as a basic service at the present time, access to technologies foment economic advance, commercial and social of a population determined.

In the first chapter describes an overview of the background, the full description of the proposal, the objectives, the justification of the proposal, the research methodologies, etc. In the second chapter describes the theoretical basis of the project, and by contextual framework, conceptual framework and theoretical framework. Where is the study of wireless technologies, topologies, protocols, standards, etc.

The third chapter presents the development of the technological proposal, describing each of the physical and logical components that make up the wireless network for the commune Manantial of Guangala, for the design of the proposal are presented the physical and logical schemes of the network , Considering the technologies and linkages defined in the proposal.

For the communication between the ISP and the commune a satellite link is made, considering the physical and technical requirements, when using Satmaster demonstrates the effectiveness of the system during the up and down links. With Radio Mobile it was possible to simulate the links to the clients, using point-multipoint architecture, it was demonstrated that the study area does not present anomalies that affect the wireless communications. Finally, the technical feasibility study and the financial budget are carried out to ensure the viability of the project. The purpose of this study is to generate interest in ISPs so that, in the future, they can offer Internet services to the commune Manantial of Guangala, promoting technological increase and eliminating the digital divide that exists in rural areas of the province.

DECLARACIÓN

El contenido del presente Trabajo de Graduación es de mi responsabilidad; el patrimonio intelectual del mismo pertenece a la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

A handwritten signature in blue ink that reads "Jessica Tigrero Ortiz". The signature is written in a cursive style and is positioned above a horizontal dotted line.

Jessica Paola Tigrero Ortiz

Autora

TABLA DE CONTENIDOS

ÍTEM	Página
AGRADECIMIENTO	I
APROBACIÓN DEL TUTOR	II
TRIBUNAL DE GRADO	III
RESUMEN	IV
ABSTRACT	V
DECLARACIÓN	VI
TABLA DE CONTENIDOS	VII
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I / INTRODUCCIÓN EL PROBLEMA	2
1.1 ANTECEDENTES	2
1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	4
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL SATÉLITE ANIK F1	6
1.3 OBJETIVOS DEL PROYECTO	6
Objetivo General	6
Objetivos Específicos	7
1.4 JUSTIFICACIÓN	7
1.5 METODOLOGÍA	10
CAPÍTULO II / FUNDAMENTOS DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA	12
2.1 MARCO CONTEXTUAL	12
2.2 MARCO CONCEPTUAL	14
2.3 MARCO TEÓRICO	22
CAPÍTULO III / DESARROLLO DE LA PROPUESTA	26
COMPONENTES DE LA PROPUESTA (LÓGICOS Y FÍSICOS)	26
3.1 COMPONENTES FÍSICOS	26
Red Satelital	26
3.1.1 antena satelital	27
3.1.2 ODU (Out Door Unit)	27
3.1.3 IDU (In Door Unit)	28
RED DE ACCESO- ESTACIÓN BASE	28
3.1.4 Router Principal	28
3.1.5 Conmutadores	30
3.1.6 Servidores	31
3.1.6.1 Proxy	31
3.1.6.2 Web	31

3.1.6.3 Domain Name System (DNS)	32
3.1.6.4 Email	32
3.1.6.5 Clúster	32
SEGURIDAD	34
3.1.7 Firewall	34
RED DE ACCESO-CLIENTES	35
Equipos de Comunicación Wireless Cliente	35
3.1.8 Antenas Sectoriales Airmax AM-5AC21-60°.	37
3.1.9 Rocket5ac lite	38
3.1.10 NanoBeam 5ac	38
3.2 COMPONENTES LÓGICOS	39
3.2.1 Red Troncal	39
3.2.2 Red de Servidores	40
3.2.3 Red de Concentración	41
3.2.4 Red de Acceso	42
3.3 Estudio de mercado	43
3.3.1 Clientes potenciales en la comuna Manantial de Guangala	44
3.3.2 Características Generales de una Red de Comunicaciones	45
3.3.3 Parámetros básicos al utilizar Tecnología inalámbrica	45
3.4 DISEÑO DE LA PROPUESTA	46
3.4.1 Análisis del Enlace Satelital	48
Factores relevantes del Enlace Satelital	48
3.4.1.1 Datos propuestos para el enlace	53
3.4.1.2 Simulación Link Budget	56
3.4.2 Análisis del enlace inalámbrico	61
Radio Mobile	61
Inspección del lugar	61
Topografía del lugar	61
3.4.2.1 Enlace Wireless	64
3.4.2.1 Simulaciones Wireless con Radio Mobile	69
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA Y FINANCIERA	75
3.4.3 Factibilidad Técnica	75
3.4.4 Factibilidad Financiera	81
3.4.4.1 Presupuesto Financiero	82
3.4.5 Resultados	95
Simulación Satmaster Pro	95
Simulación Radio Mobile	95
CONCLUSIONES	97

RECOMENDACIONES	99
Bibliografía	100
<i>ANEXOS</i>	103

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	Página
Figura 1:	Diseño de la red de acceso satelital y la red de transporte wireless	5
Figura 2:	Huella Satelital de Anik F1 sobre toda América del Sur	6
Figura 3:	Acceso a las Tecnologías de la Comuna Manantial de Guangala	9
Figura 4:	Sistema VSAT- Enlace HUB	15
Figura 5:	Esquema Básico de un enlace punto a punto satelital	21
Figura 6:	Esquema Básico de un enlace punto-multipunto wireless	22
Figura 7:	Esquema Básico de un enlace punto a punto satelital	39
Figura 8:	distancia a nivel del suelo desde el ISP y la comuna	40
Figura 9:	Esquema de la red de servidores y equipos de un ISP	41
Figura 10:	Diseño De La Red De Concentración	42
Figura 11:	Diseño De La Red De Acceso	43
Figura 12:	Esquema de la Red Inalámbrica Propuesta	47
Figura 13:	Selección del satélite propuesto	49
Figura 14:	Ingreso de la ubicación latitud y longitud del Hub ISP	49
Figura 15:	Posición orbital del satélite y la estación ISP	50
Figura 16:	Resultados del azimut y elevación del Hub ISP	50
Figura 17:	Posición orbital del satélite y la estación terrena Manantial de Guangala	51
Figura 18:	Resultados del azimut y elevación de la estación terrena Manantial de Guangala	51
Figura 19:	Conversión de la temperatura de ruido de la antena RX	52
Figura 20:	Nuevo Link Budget Geo con Satmaster pro	52
Figura 21:	Parámetros Uplink (Subida)	54
Figura 22:	Parámetros Downlink (Bajada)	54
Figura 23:	Parámetros ASI (Up-Down)	55
Figura 24:	Parámetros Satélite	55
Figura 25:	Parámetros Carries	56
Figura 26:	Link Budget Geo (Parámetros uplink-downlink)	57
Figura 27:	Link Budget Geo (Parámetros-Satélite)	58
Figura 28:	Link Budget Geo (Resultados)	58
Figura 29:	Link Budget Geo (Resultados Downlink)	59
Figura 30:	Link Budget Geo (Resultados Carries- EIRP- Earth Station Power)	59
Figura 31:	Link Budget Geo (Resultados Space Segment)	60
Figura 32:	Topografía de la Comuna Manantial de Guangala	62
Figura 33:	Topografía de la zona de estudio	63
Figura 34:	Medición de la distancia entre la Base principal y los clientes	64

Figura 35: Unidades de la Red Wireless	65
Figura 36: propiedades de la red Radioenlace Manantial de Guangala	66
Figura 37: topología de la Red del Radioenlace Manantial de Guangala	66
Figura 38: miembros y roles de la red del Radioenlace Manantial de Guangala	67
Figura 39: sistemas de la red del radioenlace Manantial de Guangala	68
Figura 40: Radioenlace entre la estación base y el cliente c1_NBE	69
Figura 41: Radioenlace entre la estación base y el cliente c3_NBE	69
Figura 42: Radioenlace entre la estación base y el cliente c4_NBE	70
Figura 43: Radioenlace entre la estación base y el cliente c5_NBE	70
Figura 44: Radioenlace entre la estación base y el cliente c8_NBE	71
Figura 45: Radioenlace entre la estación base y el cliente c10_NBE	71
Figura 46: Radioenlace entre la estación base y el cliente c12_NBE	72
Figura 47: Radioenlace entre la estación base y el cliente c14_NBE	72
Figura 48: Radioenlace entre la estación base y el cliente c15_NBE	73
Figura 49: Simulación del Radioenlace entre la estación base y los clientes NBE	74
Figura 50: Simulación del Radioenlace entre la estación base y los clientes NBE considerando un diámetro de 5 Km	74

ÍNDICE DE TABLAS

ÍTEM DESCRIPCIÓN	Página
Tabla 1: Resultados de Encuesta sobre el acceso a las tecnologías de la comuna	8
Tabla 2: Límites geográficos de la Comuna Manantial de Guangala	12
Tabla 3: Especificaciones Técnicas de Antenas Satelitales	27
Tabla 4: Especificaciones Técnicas de ODU	27
Tabla 5: Especificaciones Técnicas de IDU	28
Tabla 6: Especificaciones Técnicas de Routers	29
Tabla 7: Especificaciones Técnicas de conmutadores	30
Tabla 8: Especificaciones Técnicas de servidores	33
Tabla 9: Especificaciones Técnicas de Firewalls	34
Tabla 10: Características técnicas de equipos de RF	36
Tabla 11: Características técnicas de las antenas sectoriales Airmax AM-5AC21-60	37
Tabla 12: Características técnicas de Rocket5ac Lite	38
Tabla 13: Características técnicas de NanoBeam NBE-5AC-16	38
Tabla 14: Latitud y Longitud de las Estaciones de enlace	48
Tabla 15: Datos propuestos Link Budget Geo	53
Tabla 16: Latitud y Longitud de los puntos de enlace-cliente	64
Tabla 17: cuadro comparativo del estándar 802.11n y 802.11ac	77
Tabla 18: cálculo de ancho de banda compartición 1:8	78
Tabla 19: cálculo de ancho de banda compartición 1:1	78
Tabla 20: cálculo de ancho de banda compartición 1:4	79
Tabla 21: cálculo de ancho de banda compartición 1:1	79
Tabla 22: cálculo de ancho de banda compartición 1:2	79
Tabla 23: cálculo de ancho de banda compartición 1:1	80
Tabla 24: Ancho de banda necesario para 185 usuarios	80
Tabla 25: Precios de equipos de la Red Propuesta	82
Tabla 26: Precios de Infraestructura de la Red Propuesta	83
Tabla 27: Planes y tarifas –clientes residenciales	83
Tabla 28: Planes y tarifas –clientes corporativos	83
Tabla 29: Ingresos Anuales del Plan Básico Residencial	84
Tabla 30: Ingresos Anuales del Plan Básico Corporativo	84
Tabla 31: Ingresos Anuales del Plan Normal Residencial	84
Tabla 32: Ingresos Anuales del Plan Normal Corporativo	84
Tabla 33: Ingresos Anuales del Plan Premium Residencial	85
Tabla 34: Ingresos Anuales del Plan Premium Corporativo	85
Tabla 35: Inversión total de la red propuesta al inicio de las operaciones	85

Tabla 36: depreciación de equipos a 5 años	87
Tabla 37: descripción de la depreciación con proyección a 5 años	88
Tabla 38: descripción de la depreciación con proyección a 5 años	88
Tabla 39: Alternativa de Financiamiento	89
Tabla 40: Amortización e Interés del Préstamo	89
Tabla 41: Costos de Operación	90
Tabla 42: Gastos Generales Anuales	90
Tabla 43: Ingresos Anuales contratando el plan de 2 Mbps	91
Tabla 44: Estado de Pérdidas y Ganancias	92
Tabla 45: Flujo de caja y Valor Actual VA	93
Tabla 46: Resultados de VAN, TIR	94

Lista de Anexos

N°	DESCRIPCIÓN
ANEXO 1:	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS ANTENA SKYWARE GLOBAL
ANEXO 2:	ESPECIFICACIONES TECNICAS EVOLUTION X3 SATELLITE ROUTER
ANEXO 3:	ESPECIFICACIONES TECNICAS ODU ASACOM MODELO 30925
ANEXO 4:	ESPECIFICACIONES TECNICAS ROUTER 3845
ANEXO 5:	ESPECIFICACIONES TECNICAS FORIGATE 600D
ANEXO 6:	ESPECIFICACIONES TECNICAS HP PROLIANT DL380
ANEXO 7:	ESPECIFICACIONES TECNICAS ANTENA SECTORIAL AM-5AC21-60
ANEXO 8:	ESPECIFICACIONES TECNICAS ROCKET 5AC-LITE
ANEXO 9:	ESPECIFICACIONES TECNICAS NANOBEAM NBE-5AC-16

INTRODUCCIÓN

El propósito del presente proyecto de titulación, es realizar el análisis y diseño de infraestructura de comunicaciones que ofrezca servicios de internet a las zonas rurales de la provincia de Santa Elena, específicamente a la comuna Manantial de Guangala. Esta zona tiene acceso limitado comparado con el servicio de banda ancha que se ofertan en zonas urbanas de la provincia. Mediante el Censo (INEC) realizado en el año 2015, se logró conocer las necesidades que posee la comuna, siendo las telecomunicaciones un factor relevante para el desarrollo de la misma.

Contar con el servicio de internet se ha convertido en una necesidad para el desarrollo de las actividades en cualquier ámbito de la población en general. Las zonas rurales enfrentan limitaciones debido al poco interés de los proveedores de servicios, ya que la implementación de sistemas convencionales cableados genera una mayor inversión siendo la distancia el factor determinante para la implementación de dichos sistemas. La tecnología inalámbrica se presenta como una alternativa acertada para ofrecer una comunicación sin límites de distancias, además de que su implementación es asequible comparado con otras tecnologías.

La propuesta tecnológica tiene la finalidad de generar interés al sector público o privado para promover la incursión de las telecomunicaciones en las zonas rurales de la provincia, con esto se quiere eliminar la brecha digital que aún existen en estas zonas, cumpliendo con el objetivo del Plan del Buen Vivir, de mejorar el estilo de vida contribuyendo al desarrollo económico, educativo y social de la comuna.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN/ EL PROBLEMA

1.1 ANTECEDENTES

La comunicación es la base principal para el desarrollo económico y social de la sociedad. En el medio contar con una comunicación segura es garantía de estar informado a cada instante y en los momentos precisos que ocurran los eventos o para el inicio de negocios a futuro por ejemplo.

Las telecomunicaciones desempeñan una función cada vez más importante en el desarrollo económico, social y cultural de nuestros países. En la actualidad las telecomunicaciones son aceptadas como un elemento esencial del proceso de desarrollo que complementa otras infraestructuras y hace posible aumentar tanto la productividad como la eficacia en los sectores agrícola, industrial, comercial y de los servicios sociales mejorando el nivel de vida” (Villao, 2006).

El internet se ha convertido en una herramienta fundamental para el intercambio de información, generación de negocios nacionales e internacionales, utilización de equipos tecnológicos, vigilancia en línea y otros servicios que ofrece en general, acortando distancias y a la vez eliminando esa brecha digital que existe en algunos países subdesarrollados.

El uso de las tecnologías en los últimos años ha tenido una aceptación significativa en la sociedad, ofreciendo servicios eficientes como las comunicaciones inalámbricas sin la necesidad de depender de una conexión física que puede ser más costosa u ocupar espacio innecesario. Otra de las ventajas es que permite utilizar menos recursos, y a la vez resulta amigable utilizar estos sistemas facilitando el intercambio de información en tiempo real.

El Ecuador posee lugares que se diferencian por su identidad cultural en cada región. Cada región cuenta con servicios a nivel social, económico y otros, de acuerdo a sus posibilidades. Existen zonas o lugares donde su acceso resulta ser difícil a la hora de generar servicios de telecomunicaciones debido a su distancia y a la situación económica de una población limitada no interesante para el inversionista. La provincia de Santa Elena cuenta con asentamientos en la zona norte llamadas comunas, por su espacio geográfico el acceso a las mismas suele ser complicado, como consecuencia de ello, el acceso a las telecomunicaciones resulta ser nulo para los habitantes de estas poblaciones.

La comuna Manantial de Guangala pertenece a la Parroquia Colonche, está ubicada en la parte Norte del Cantón Santa Elena. Sus límites son: al norte, Comuna Febres-Cordero; al sur, Comuna Cereza Bellavista; al este, comuna Salanguillo; y, al oeste Comuna San Marcos. La Comuna Manantial de Guangala se conecta con Santa Elena mediante el carretero vía Colonche que queda en el cruce a Palmar en la Ruta del Spondylus.

En la Comuna Manantial de Guangala según el Instituto Nacional de Estadísticas y Censo (Instituto Nacional de Estadísticos y Censos, 2015), la población económicamente activa de la comuna es de 1514 habitantes.

Dentro de las actividades que realizan los habitantes de la comuna Manantial de Guangala, según los datos obtenidos el 45% se dedica a la agricultura, mientras que un 24% tiene como actividad principal el comercio y el otro 24% tienen otras actividades como servidor público, profesores, cocineros, obreros, avicultores, es decir a la crianzas de ave, y la mayoría de la mujeres son amas de casa, el 4% respondieron que son artesanos, y el 1% se dedican al turismo.

El acceso a banda ancha en esta comuna es mínimo debido a la falta de cobertura que poseen actualmente las zonas rurales en la provincia. Las poblaciones alejadas del sector urbano son consideradas poco atractivas para la inversión de telecomunicaciones por ende su inserción en la sociedad de las tecnologías resulta

ser un reto que permita acortar la brecha digital que existe actualmente en estos lugares de la provincia.

La finalidad de la presente propuesta es acceder a los servicios de las telecomunicaciones desde las entidades públicas y de los hogares de los habitantes de la comuna hacia el mundo por medio del internet al utilizar tecnología inalámbrica consiguiendo traspasar barreras, garantizando una comunicación segura y a la vez fomentando el avance tecnológico de la comuna.

1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Los medios de transmisión que se utilizarán en este diseño serán los medios no guiados, donde las señales son enviadas o recibidas por medio del aire, permitiendo la transmisión y recepción de datos entre dos o más terminales, para habilitar la red de acceso se contará con los servicios del satélite Anik F1 ubicado a 36.000 kilómetros encima de la tierra, el cual mediante un enlace satelital punto a punto el Hub Central del ISP (Proveedor de Servicio de Internet) y la estación base satelital ubicada en la comuna se mantendrán sincronizados para brindar el servicio de internet remotamente.

El enlace satelital permitirá transmitir una señal digital con una frecuencia fija, llamada portadora, se requerirán dos portadoras para establecer el enlace con la topología punto a punto, entre el satélite y la estación base satelital permitiendo la transmisión de datos, voz y video. Entre las principales características de los enlaces satelitales tenemos que tienen una frecuencia de Tx y una de Rx fija, establecida por la empresa prestataria, pueden conectarse dos estaciones remotas entre sí, estableciéndose entre ellas la comunicación directa con un solo salto satelital, son ideales para brindar servicios de transmisión de datos y de internet a estaciones remotas que es el caso de la presente propuesta tecnológica.

Una vez establecida la red de acceso, se realizará la distribución final a los usuarios/clientes donde se manejará arquitectura punto- multipunto para la red local, donde se hará uso de antenas sectoriales ubicadas en la estación base terrena

que enviarán las señales (ondas electromagnéticas) al usuario final que por medio de equipos receptores de señales, permitirán el acceso a todo tipo de servicio de internet mediante el computador u otro equipo electrónico.

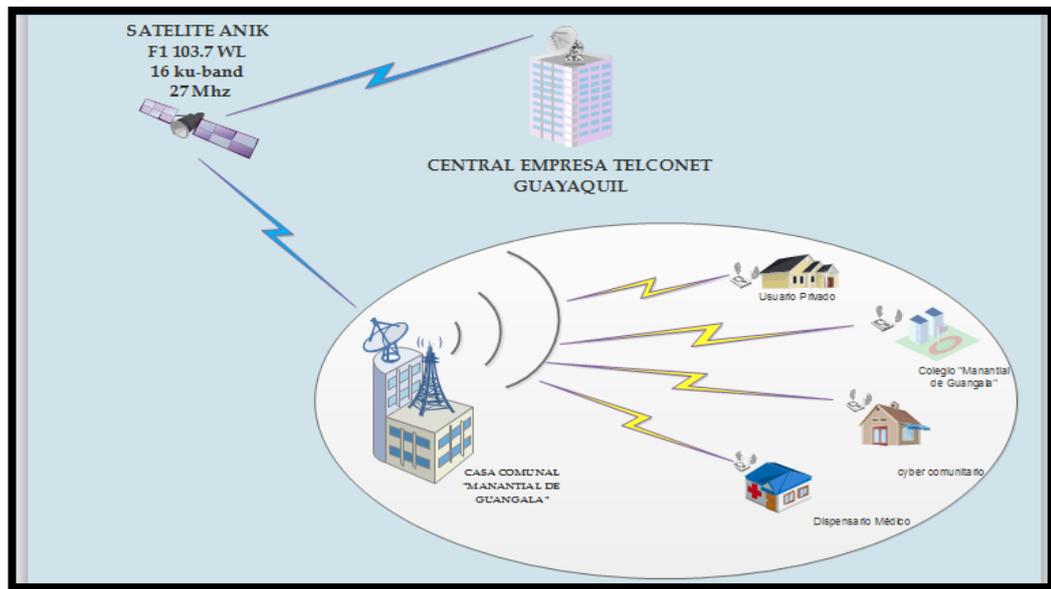


Figura 1: Diseño de la red de acceso satelital y la red de transporte wireless
Fuente: Elaborado por el autor

La estación base satelital deberá estar ubicada en un lugar seguro ya sea por la garantía de la comunicación satelital y/o por la conservación del equipo. El lugar escogido para la estación de comunicación será la sede de la comuna Manantial de Guangala que se encuentra en un punto estratégico para el desarrollo de la propuesta tecnológica.

Los usuarios remotos en este caso serán: el dispensario médico, la casa comunal, la unidad educativa de la comuna, cyber comunitario, las instituciones públicas que tienen a cargo el proyecto PIDAASSE (proyecto integral de desarrollo agrícola, ambiental, y social de forma Sostenible del Ecuador), CADERS (proyecto de competitividad Agropecuaria y Desarrollo Rural Sostenible), Asociación de maiceros y usuarios privados que deseen usar este servicio, el equipo de cómputo estará conectado al radio NBE(cliente/abonado).

Para el desarrollo del proyecto se contará con el proveedor de servicios que opera con el satélite ANIK-F1 en banda ku, a continuación se describen los parámetro de banda ku (27 MHZ) utilizada por este satélite.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL SATÉLITE ANIK F1

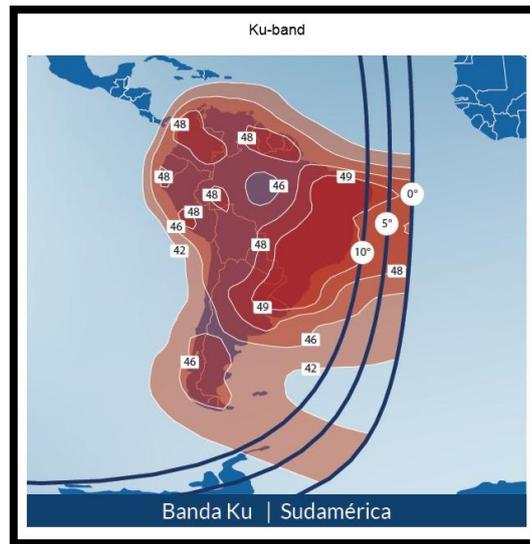


Figura 2: Huella Satelital de Anik F1 sobre toda América del Sur
Fuente: (Telesat)

Características Del Satélite Anik-F1

- 36 C-band and 48 Ku-band transponders; broadcasting, business; North and South America: faulty solar panels may affect operations by 2005.
- Líder en conectividad en banda Ku para servicios satelitales.
- Parte de la creciente flota de Telesat sirviendo la región Latinoamericana

1.3 OBJETIVOS DEL PROYECTO

Objetivo General

Facilitar las comunicaciones mediante acceso de banda ancha, contribuyendo al desarrollo tecnológico, económico y de producción de la Comuna Manantial de Guangala en la parroquia Colonche del Cantón Santa Elena en provincia de Santa Elena.

Objetivos Específicos

- Recopilar información de los servicios de telecomunicaciones que posee actualmente la zona rural “Manantial de Guangala- Colonche”.
- Analizar las diferentes tecnologías y equipos que componen un sistema de comunicación satelital e inalámbrico para las zonas rurales en el Ecuador.
- Mejorar el acceso a las telecomunicaciones brindando la oportunidad a los pobladores de un crecimiento tecnológico acortando esa brecha digital que aún existe en el Ecuador.

1.4 JUSTIFICACIÓN

En el Ecuador existen zonas de difícil acceso dificultando la obtención de servicios a sus pobladores estancando el desarrollo de la comunidad en diferentes ámbitos. En la actualidad hay servicios de telecomunicaciones cuya implementación en zonas alejadas de las zonas urbanas tienen elevados costos de inversión, lo cual hace que no sean inversiones atractivas para los proveedores de servicios, adicionalmente el adquirir servicios bajo estas condiciones afectaría a la economía del usuario, limitando el acceso a los diferentes tipos de tecnologías.

El gobierno ecuatoriano tiene como objetivo 11.3-a del PLAN NACIONAL BUEN VIVIR 2013-2017, garantizar la calidad, la accesibilidad, la continuidad y tarifas equitativas de los servicios, especialmente para el área rural, los grupos sociales más rezagados y los actores de la economía popular y solidaria, promoviendo el acceso a las Telecomunicaciones y por ende al crecimiento tecnológico del país. (Senplades, 2013)

La comuna Manantial de Guangala es una población con acceso limitado a las tecnologías por tal motivo, es preciso encontrar una solución a la falencia de acceso a la información y/o tecnologías en la comunidad respectivamente.

Para poder tener una justificación técnica de la propuesta, se tomó como referencias estadísticas de estudios realizados con anterioridad basado en encuestas sobre la realidad del estado actual de las comunicaciones en el sector que permita una visión más exacta de las reales necesidades, de acuerdo a este estudio realizado en la comuna Manantial de Guangala sobre el uso y acceso a las tecnologías, se obtuvieron los siguientes resultados descritos a continuación:

Encuesta Realizada A Los Pobladores De La Comuna Manantial De Guangala Sobre El Acceso A Las Tecnologías

ENCUESTA A LOS POBLADORES DE LA COMUNA MANANTIAL DE GUANGALA SOBRE EL ACCESO A LAS TECNOLOGIAS		
ALTERNATIVA	FRECUENCIA	%
Internet	7	3%
Telefonía Celular	154	62%
Tv Cable	16	6%
Tablet	1	0%
Internet y Celular	6	2%
Celular y Tv Cable	3	1%
Tv Cable y Tablet	1	0%
Otro	7	3%
Ninguno	55	22%
TOTAL	250	100%

Tabla 1: Resultados de Encuesta sobre el acceso a las tecnologías de la comuna
Fuente: (Rosales, 2015)

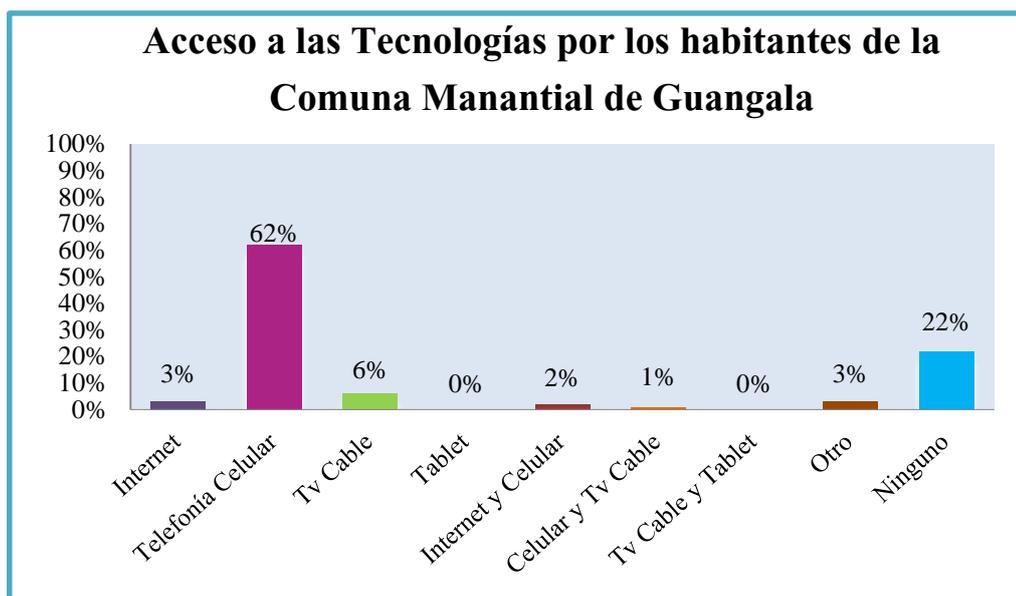


Figura 3: Acceso a las Tecnologías de la Comuna Manantial de Guangala
Fuente: (Rosales, 2015)

Adicionalmente el justificar la presente propuesta tecnológica tiene un trasfondo social ya que contar con un servicio de banda ancha en el hogar de los pobladores evitaría migrar a otras zonas o provincias, los estudiantes que necesitan internet para el desarrollo de sus actividades tendrían a su alcance este servicio, también se generarían altas oportunidades de negocios de agricultura y producción, produciría interés por parte de los pobladores en el desarrollo tecnológico que necesita la Comuna, incrementará el interés de las operadoras para que la zona sea un mercado competente y accesible por parte de los pobladores, permitiría el desarrollo integral ,económico y social de la comuna convirtiéndose en una zona comercialmente activa.

El acceso a internet por medio de satélite se presenta como una alternativa de conexión más viable cuando las otras tecnologías como fibra óptica, ADSL y cable no llegan a estas zonas remotas. El uso de repetidores para llegar a estas zonas generan costos adicionales de inversión, en el caso de la fibra óptica su costo de implementación dependerá de la distancia, además de considerar la baja demanda de los posibles clientes en las zonas rurales, esto ha ocasionado el poco interés por parte de los proveedores de internet. Con la presente propuesta se

quiere solucionar las necesidades que acarrea el acceso limitado de las telecomunicaciones en la comuna Manantial de Guangala.

El diseño del sistema de comunicaciones con tecnología satelital y enlaces inalámbricos para la distribución de la señal hacia los usuarios está planteado para adaptarse a los ambientes de trabajo existentes en la actualidad, proporcionando la información precisa de su uso y los beneficios que acarrea este tipo de tecnología, ir adaptándose a sistemas amigables con el fin de mejorar la forma en que nos comunicamos, esto marca considerablemente el éxito y crecimiento de una determinada población.

1.5 METODOLOGÍA

Para el desarrollo de la propuesta tecnológica planteada haré uso de metodologías detalladas a continuación:

Se usará la metodología diagnóstica o de campo para la recolección de datos de los servicios de telecomunicaciones que tiene en la actualidad la comuna y sus habitantes, para ello se hará uso de estudios realizados previamente por entidades públicas o particulares con el objetivo de identificar las falencias y limitaciones que enfrentan las poblaciones rurales para acceder a estos servicios.

Se usará metodología descriptiva para el propósito del proyecto, que permita adquirir información de fabricantes, proveedores de servicio, revistas e investigaciones tecnológicas, software inteligente, herramientas tecnológicas, frecuencias de trabajo, canales, banda ancha (TX, RX), protocolos y otros, identificando los factores que afectan las telecomunicaciones en las zonas rurales en el Ecuador.

Se usará la metodología analítica, la cual consiste en el estudio de la instalación de una base satelital en la comuna, así como el uso de un enlace satelital para el acceso de banda ancha en una zona remota, también la técnica de abastecimiento de banda ancha para los usuarios finales, todo esto se generará para fijar las bases

del diseño de comunicaciones que se planteará para la Comuna Manantial de Guangala.

La metodología experimental consistirá en el estudio mediante uso de Satmaster Pro para el presupuesto técnico del enlace y Radio Mobile para el diseño de los enlaces inalámbricos para la distribución final a los usuarios, en base a esto se establecerá el grado de funcionalidad del sistema de comunicaciones para la comuna “Manantial de Guangala” con tecnología satelital y Wireless que se plantea en la presente propuesta.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTOS DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

2.1 MARCO CONTEXTUAL

Las telecomunicaciones representan una necesidad para la realización de actividades en todo ámbito para cada individuo, pero nos enfrentamos a la realidad tecnológica que hay en el Ecuador, las zonas rurales que se encuentran separadas geográficamente de las grandes ciudades poseen limitaciones para acceder a las redes de comunicación digital debido a la distancia siendo un problema para las pequeñas comunidades aplazando el crecimiento y desarrollo individual y colectivo de sus habitantes, ante esto la tecnología inalámbrica se presenta como la solución más acertada.

El diseño de comunicaciones se enfoca en la comuna Manantial de Guangala que pertenece a la parroquia Colonche, la cual está ubicada en la zona Norte de la Provincia de Santa Elena.

UBICACIÓN	COMUNIDADES VECINAS
Norte	Comuna Febres Cordero
Sur	Comuna Cereza Bellavista
Este	Comuna Salanguillo
Oeste	Comuna San Marcos

Tabla 2: Límites geográficos de la Comuna Manantial de Guangala
Fuente: (Gobierno Autonomo Descentralizado Parroquial Colonche)

Para tener acceso terrestre a la comuna Manantial de Guangala se toma el carretero de Colonche que queda entre el cruce de Palmar y la Ruta del Spondylus.

La comuna Manantial de Guangala fue fundada el 22 de febrero de 1938, pertenece a la Parroquia Colonche, está ubicada en la parte Norte del Cantón Santa Elena. Actualmente las designaciones de los cargos se realizan de forma democrática con los habitantes de la comuna. (Gobierno Autonomo Descentralizado Parroquial Colonche)

Energía Eléctrica: la comuna cuenta con la distribución de las redes eléctricas implementadas desde el año 2012 hasta la presente fecha a todos los hogares. Cuenta con servicios de agua potable, Alcantarillado, Letrinas: los habitantes tenían dificultades para abastecerse del líquido vital, hoy en día tienen acceso al agua potable, alcantarillado y un 80% de Letrinas. (Gobierno Autonomo Descentralizado Parroquial Colonche)

Alumbrado Público y transporte: en los últimos años se ha adquirido el servicio del alumbrado público especialmente en la iglesia de la comuna, la casa comunal, el parque y el dispensario médico, además la facilidad de tener transporte cada 20 minutos, siendo accesible llegar o salir de la comuna.

Telecomunicaciones: un 60% de los habitantes cuentan con teléfono móvil de la compañía Claro, un 2% cuentan con el servicio de internet en su celular, el acceso a internet lo tiene el Colegio de la Comuna para 10 máquinas de computación y un cyber de 8 máquinas de computación, un 3% de los habitantes tienen el servicio de internet en sus hogares. (Gobierno Autonomo Descentralizado Parroquial Colonche)

El número de habitantes es de 1514 aproximadamente. Las actividades de los pobladores según datos obtenidos del Censo (Instituto Nacional de Estadísticos y Censos, 2015), el 45% se dedica a la agricultura, 24% al comercio y otro 24% a otras actividades como profesores, obreros, avicultores, un 4% a la artesanía y el

1% al turismo. En la última década la migración ha ido creciendo un 5% debido a la falta de recursos económicos, generando que migren a ciudades como Santa Elena, Guayaquil entre otras.

El acceso limitado al servicio de banda ancha que existe en la comuna ha ocasionado que sus pobladores busquen en otras comunas el servicio de acceso a internet ya sea por fines personales, comerciales o estudiantiles afectando al desarrollo integral de la comuna. Por eso es preciso que se cuente con un servicio de banda ancha que satisfaga las necesidades de los pobladores en el ámbito comercial, gubernamental y estudiantil aportando al crecimiento de la comuna en general.

2.2 MARCO CONCEPTUAL

La infraestructura de comunicaciones que se diseñará en la presente propuesta tecnológica se basa en un enlace satelital, entre el satélite Anik F1 y la estación terrena ubicada en la comuna Manantial de Guangala en la Provincia de Santa Elena, específicamente en la casa comunal que se encuentra ubicada en la zona céntrica de dicha comunidad, para facilitar el acceso de banda ancha del usuario final se utilizará como medio de transmisión tecnología Wireless (Radioenlace). Para el enlace satelital se empleará un sistema satelital VSAT donde se le asignarán dos frecuencias, una para el canal de transmisión y la otra para recepción, las cuales serán establecidas por el ISP. Este sistema es ideal para transmitir información segura y confiable entre un HUB Central y lugares remotos, con mayor cobertura.

Sistemas VSAT

VSAT (Terminal de Apertura Muy Pequeña). Son terminales que se pueden instalar en sitios dispersos y conectarse a un Hub Central gracias a un satélite. Utilizan platos de antenas que varían de 0.75 hasta 3.8 metros y son capaces de transmitir y recibir. Las redes VSAT ofrecen servicios vía satélite capaz de soportar Internet, LAN, comunicaciones Voz IP, video, datos y permite crear

potentes redes públicas y privadas de comunicación fiable. Este sistema opera en frecuencias banda C, banda Ku y otras frecuencias. (Globaltelesat.com, s.f)

Ventajas de los sistemas VSAT

- Fácil gestión de la red
- Ancho de banda garantizado
- Servicio a distancia independiente
- Cobertura global inmediata
- Reconfiguración y ampliación de la red
- Flexibilidad
- Bajo coste frente a otras alternativas de comunicaciones
- Cobertura sin restricción en todas las áreas geográficas

Desventajas de los sistemas VSAT

- El retardo de propagación típico de 0.5 seg. (doble salto) puede causar problemas para aplicaciones como telefonía y videoconferencia dependiendo del ancho de banda que se contrate.
- El punto más crítico de la red está en el satélite. Toda la red depende de la disponibilidad del satélite, si este cae toda la red cae con él.
- Es sensible a interferencias provenientes de la tierra como del espacio.

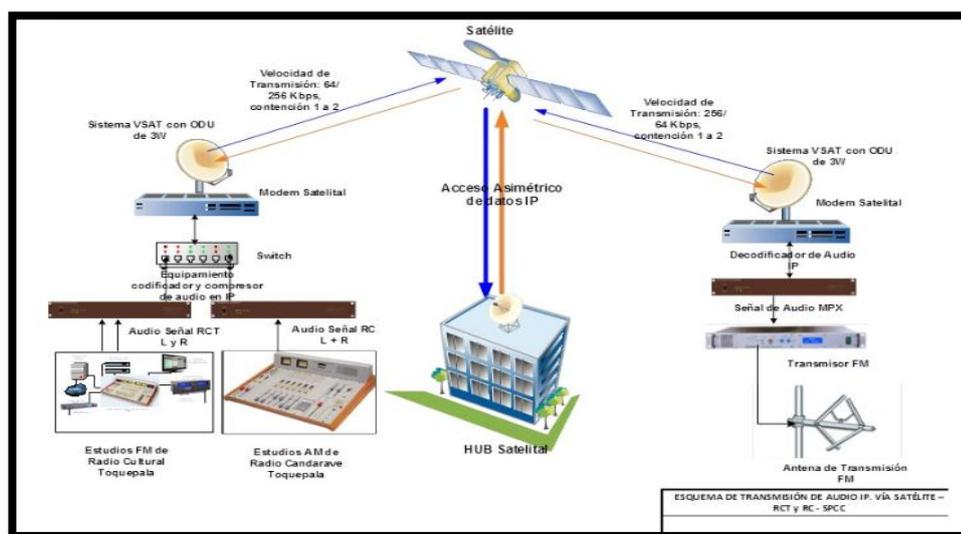


Figura 4: Sistema VSAT- Enlace HUB
Fuente: (Fanola, 2016)

Existen otros sistemas que pueden ser empleados para un enlace satelital como es el caso de los sistemas SCPC.

Sistema SCPC

Los sistemas satelitales SCPC representan enlaces que operan bajo modalidad punto a punto en los que se transmite una señal digital en una frecuencia fija, llamada portadora y es exclusiva a cada canal de transmisión. La mayoría de las veces, esto se utiliza en los satélites de transmisión para indicar que las estaciones de radio no son multiplexadas como subportadoras, sino de forma independiente comparten un transponder. (Carrera, 2011)

Ventajas de Sistemas SCPC

- Servicio de transmisión dedicado
- Soporte de múltiples arquitecturas(punto-punto, punto-multipunto)
- Recomendable para redes pequeñas
- Alta velocidad mayor a 64 kbps
- Integración de voz, datos y video

Desventajas de sistemas SCPC

- El uso ineficiente del ancho de banda por satélite
- Requiere un lugar de control
- Puede causar multas por minutos al operador de satélites si se mueve el plato de la antena.
- Es más costoso que los sistemas VSAT

Analizando las alternativas descritas anteriormente, se determinó que el sistema a utilizar en el desarrollo de la propuesta posteriormente será VSAT, debido a que ofrece la disponibilidad del 99%, soporta múltiples aplicaciones y alcanza velocidades estables, siendo capaz de cubrir en su totalidad a los pobladores de la comuna, además es compatible con otras tecnologías, en cambio, los sistemas SCPC ofrecen servicios dedicados por lo que su implementación generaría costos

mucho más altos que los sistemas VSAT, ocasionaría multas por minuto del operador de satélites, provocando que la disponibilidad de la red se pierda y por ende se presentarían pérdidas económicas, desviando el propósito de la presente propuesta que es facilitar el acceso al servicio de banda por parte de los pobladores a precios desde \$25,00 en adelante.

La estación terrena central o HUB está ubicada en Guayaquil de acuerdo al proveedor de internet que ha sido seleccionado (Telconet), la misma tendrá un equipo de radiofrecuencia (RF) y equipo de banda base, el equipo (RF) incorporará una antena estándar (15-33 metros), amplificadores de señal de alta potencia (HPA), convertidores de subida que controlarán la transmisión al satélite y convertidores de bajada que controlarán la recepción de las señales digitales.

La estación terrena o satelital contará con los siguientes elementos:

ODU (OUTDOOR UNIT): incluirá una antena parabólica (7-15metros) y un sistema trans-receptor en el cual incluye el amplificador de potencia (SSPA), el amplificador de bajo ruido (LNA) y el Up/Down Converter, se utilizará las frecuencias de operación banda Ku 14-14.5 GHz para transmisión y 10.9-12.7 GHz para recepción, utilizando la órbita geoestacionaria, estos elementos se ubicarán en la parte externa del edificio, es decir en el techado.

El IDU (INDOOR UNIT): el IDU se conectará a la ODU por el IFL (enlace entre instalaciones), el cual se conformará de un módem satelital con una tarjeta moduladora, demoduladora, un dispositivo de control y un sistema que realizará el procesamiento de la señal, el cual será usado como interfaz y realizará la interconexión con la estación base, luego llegará a un router principal, este se deberá conectar con el Switch Principal, que mediante topología estrella se configurará la distribución de los PC de la estación base y la conexión de las Antenas Sectoriales para la distribución final a los usuarios por medio de tecnología Wireless. Los beneficiarios principales del sistema de comunicaciones serán: dispensario médico, casa comunal, escuela y colegio Antonio Issa Yazbek, proyecto PIDAASSE, CADERS, Asociación de maiceros y usuarios privados que

deseen usar este servicio, además se contará con un cyber comunitario ubicado en la casa comunal, se ha estimado la cantidad de 185 usuarios para el diseño de la red que tendrán acceso a banda ancha con un consumo estimado de 50-80 Mbps.

Para que el servicio de banda ancha llegue al cliente/usuario, se configurará una red LAN la misma será administrada de acuerdo a las necesidades de los usuarios, se utilizará un arreglo de 6 antenas sectoriales 60° con una ganancia de 21 dB, ofreciendo un alcance de 5 a 10 Km, con esto se abarcará toda el área geográfica de la comuna, garantizando la efectividad y calidad del servicio de internet. Los datos serán enviados mediante tecnología Wireless y arquitectura punto-multipunto, para ello, el usuario contará con un receptor de señales utilizando la frecuencia de 5Ghz para el enlace, deberá tener un router principal, donde permitirá habilitar los PCs, una vez configurados estarán listos para usarse.

Las telecomunicaciones deben desarrollarse bajo las normativas que plantea el ente regulador de las telecomunicaciones en el Ecuador, para ello es preciso que la presente propuesta se rija bajo las siguientes instituciones mundiales entre ellas tenemos: ANSI(Instituto americano de estándares nacionales, UIT(uniión internacional de Telecomunicaciones, ISO (Organización Internacional de estándares, IEEE(instituto de ingenieros eléctricos y electrónicos),ETSI(instituto europeo de estándares en telecomunicaciones, IETF(grupo de trabajo en ingeniería de internet).

En la actualidad se cuenta con frecuencias licenciadas y no licenciadas, las licenciadas podrán ser utilizadas siempre y cuando se pida la prestación del servicio y el permiso correspondiente al ente Regulador ARCOTEL del Ecuador, en cambio las frecuencias no licenciadas son utilizadas sin la necesidad de comunicar dicha acción, por ende, la banda de frecuencias de 5-5,8 GHz ha sido seleccionada para el desarrollo de la propuesta, debido a la disponibilidad de equipos que se ofertan en la actualidad, siendo esta una frecuencia de uso libre.

La falta de servicios de internet en las zonas rurales de la provincia de Santa Elena, trae como consecuencia limitaciones en el crecimiento de la población, en

cualquier ámbito, ocasionando con esto, el retraso en el desarrollo económico-social de la población.

La comuna Manantial de Guangala cuenta con el servicio limitado de internet para el subcentro de salud y la escuela-colegio por medio de enlaces satelitales, excluyendo básicamente a los habitantes de la zona, a tener un servicio de banda ancha en sus hogares solucionando con esto, que, los estudiantes migren a otras comunidades para obtener este tipo de servicio necesario para el desarrollo de tareas u otras actividades por parte de los pobladores.

El estudio previo de las tecnologías, determinó que la tecnología inalámbrica es la más adecuada para solucionar la problemática que poseen las comunas de la zona norte, la implementación de tecnologías como ADSL, Cable, Fibra óptica entre otros implica la generación de costos elevados al no contar con la cantidad suficiente de abonados que ocasione que los proveedores de internet quieran ofrecer ese tipo de servicios en dichas zonas. La solución propuesta se basa en una red inalámbrica de comunicaciones brindando cobertura total a toda la comuna.

Una red inalámbrica consiste en utilizar ondas electromagnéticas para conectarse con diferentes nodos sin conexiones físicas, ofreciendo costos asequibles en su instalación comparadas con redes cableadas, permite conexiones desde cualquier lugar debido a la accesibilidad de cobertura inalámbrica, además ofrece funciones de seguridad más robustas, como el cifrado de datos y autenticación de usuarios, garantizando un funcionamiento óptimo, seguro y de calidad a los usuarios finales.

Para realizar comunicaciones inalámbricas es preciso regirse bajo los estándares técnicos y recomendaciones que promueve El Instituto de Ingenieros Eléctricos (IEEE), siendo una asociación mundial sin fines de lucro, con el único objetivo de garantizar el uso adecuado de tecnologías a los abonados empresariales y finales. El estándar DVB-S2 se aplica a las comunicaciones satelitales. Los estándares 802.11i, 802.11n, 802.11ac forman parte de la familia 802.11, la cual trabaja con

tecnologías inalámbricas, reconocidas en el mercado como tecnología Wifi, teniendo gran acogida los dispositivos regidos por esta tecnología.

Estándar 802.11i

Este estándar se enfoca en la seguridad del sistema utilizando protocolos 802.1x, cumpliendo con el objetivo de combatir la vulnerabilidad actual en la seguridad para los protocolos de autenticación y de codificación, se implementan en Wi-fi Protected Access conocido como WPA2, este protocolo se utilizará para la configuración del router principal ubicado en la base terrena de la comuna. (Openboxer)

Estándar 802.11n

Este estándar trabaja con las dos bandas de 2.4 GHz y 5GHz, por lo que es compatible con dispositivos basados en 802.11 (b y g) y 802.11a. Ofrece trabajar con velocidades reales de 300 Mbit/s, manejando la banda 5GHz se evitará el congestionamiento de las redes inalámbricas logrando alcanzar un mayor rendimiento, se aplicará este protocolo para tener compatibilidad con otros equipos facilitando el funcionamiento de sistema. (Mitchell, 2016)

Estándar 802.11ac

Esta nueva versión de la familia 802.11 permite trabajar en la banda de 5GHz, ofrece mayor disponibilidad de canales alcanzando hasta 160 MHz, tiene la característica MU-MIMO capaz de permitir conexiones simultáneas, con una tasa de transferencia por radio (1x1) de 450 Mbps y de (3x3) 1.3 Gbps. Este nuevo estándar permite alcanzar velocidades mayores a la hora de transmitir, por lo que se considerará este nuevo estándar para la solución inalámbrica propuesta de acuerdo a la disponibilidad de dispositivos existentes en el mercado actual. (WNI Mexico)

DVB-S2 (Digital Video Broadcasting by satellite-second generation)

Es la evolución del DVB-S, mejorando en un 30% de eficiencia, optimizando notablemente la funcionalidad para uso domésticos y aplicaciones profesionales, desarrollando nuevas técnicas, como la adaptación de codificación para maximizar el valor de uso de los recursos del satélite, ofrece servicios de

radiodifusión utilizando VCM (modulación y codificación variable), servicios interactivos operando en modo CCM (codificación y modulación constante) y ACM(codificación y modulación adaptiva), esta última le ofrece a cada estación receptora controlar la protección del tráfico que le va dirigido, así mismo se emplean VCM, CCM y ACM para la distribución del contenido de los datos que son reservados para las aplicaciones profesionales punto a punto y punto a multipunto. (Valenzuela, 2010)

ARQUITECTURAS

Arquitectura punto a punto (peer to peer): el enlace se realiza con una señal digital en una frecuencia fija, del punto A a un punto B, sin intermediarios utilizando una portadora por cada canal de transmisión, siendo la más adecuada cuando se trata de lugares remotos fijos o móviles. En el caso del enlace satelital se deberá asignar una portadora para transmisión y otra para recepción, de acuerdo al ISP contratado, siendo básicamente una conexión dedicada.

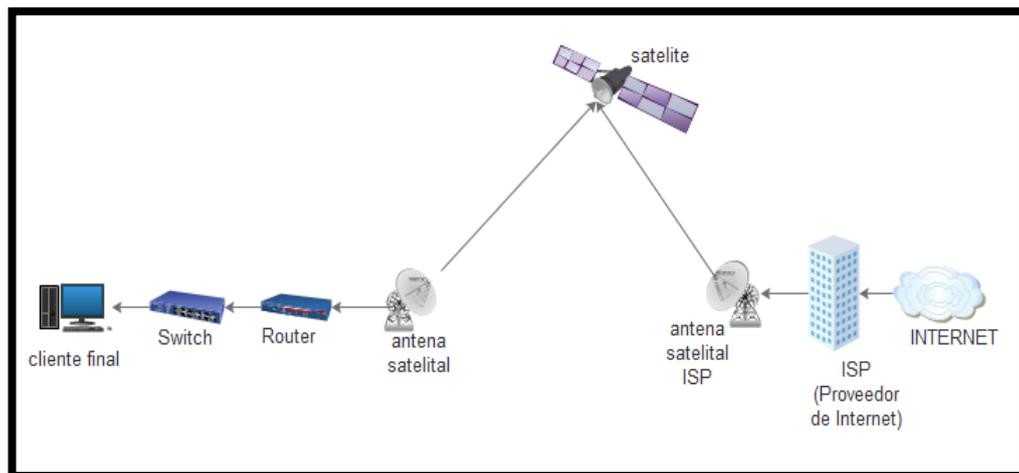


Figura 5: Esquema Básico de un enlace punto a punto satelital
Fuente: Elaborado por el autor

Arquitectura punto-multipunto: este modelo de enlace permitirá desde un nodo central enlazarse con varios puntos de acuerdo al alcance que se tiene sobre las zonas de coberturas, pueden emplearse antenas sectoriales u omnidireccionales dependiendo de la ganancia de la antena y de las velocidades de transmisión que permitirá transmitir a un determinado número de clientes. Para el desarrollo de la

propuesta se considerará el número de usuarios y las zonas de cobertura como parámetros esenciales para la elección de la antena a utilizarse en el diseño posteriormente.

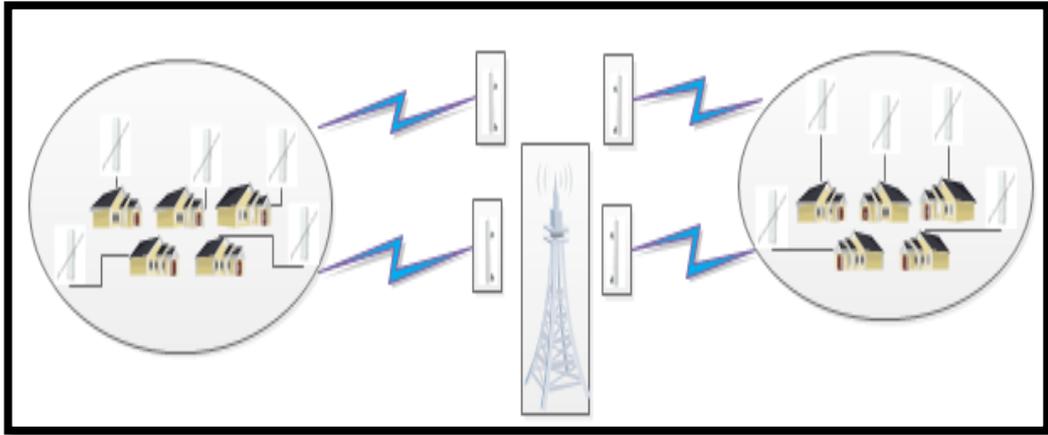


Figura 6: Esquema Básico de un enlace punto-multipunto Wireless
Fuente: Elaborado por el autor

2.3 MARCO TEÓRICO

El acceso a la información en la actualidad ya no se trata de un privilegio sino de una necesidad en cualquier área, las grandes ciudades tienen la facilidad de proveerse de servicios de internet y banda ancha debido a la gran demanda que existe en el mundo. Enfrentándonos al avance tecnológico en el que día a día somos partícipes, es preciso reconocer que hay limitaciones para ciertas zonas que se encuentran separadas geográficamente de las grandes ciudades donde tienen acceso a las telecomunicaciones, esas zonas remotas resultan ser poco atractivas para los ISP (Proveedores de Servicio de Internet), ocasionando con esto un retraso significativo en el desarrollo de las tecnologías actualmente en el Ecuador. Considerando los planes de banda en América Latina (AHCET, 2013), el Ecuador esperaba incrementar el uso de las TIC para el desarrollo económico y la capacidad productiva, especialmente en las zonas rurales y deprimidas. Entre sus metas tenían: bajar el precio del Kbps para 2014 un 20%, incrementar para 2015 un 80% las PYMES conectadas, lograr en 2015 el mayor número de poblaciones rurales conectadas. En la actualidad existen zonas rurales en el Ecuador en el que todavía es escaso el acceso a las Tecnologías de la Información, ya que también

influye la capacidad económica de los usuarios para acceder a este tipo de servicios.

En el estudio realizado por la División de Desarrollo Productivo y Empresarial de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (CEPAL, 2015) Llegaron a la conclusión de que el internet en países latinoamericanos todavía no consigue un nivel de conexión sobre el promedio mundial, en escala regional la velocidad de carga promedio para América Latina es de 2,92 Mbps, un número bastante menor comparado con países avanzados (13,41 Mbps).El acceso a internet en las zonas rurales en países como Costa Rica, Uruguay, Brasil y Chile es mayor que el porcentaje de hogares urbanos cubiertos en Guatemala, Bolivia, Republica Dominicana, Perú, Ecuador, Paraguay y el Salvador. La (CEPAL, 2015) señala que una de las cosas en la que se debe mejorar es la velocidad de banda ancha, que es en promedio seis veces más baja que en Europa.

Ser parte de una la nueva era tecnológica ha generado que países de América Latina como Bolivia y Nicaragua aspiren a las nuevas tecnologías de telecomunicaciones. Desde el 2012 se han involucrado en proyectos con tecnología satelital con el objetivo de ofrecer servicios de internet a las zonas rurales donde no llegan las redes de fibra óptica debido a que su ubicación geográfica resulta ser una dificultad para las empresas prestarías de servicios de telecomunicaciones. En Bolivia por ejemplo, específicamente en la localidad de Amachuma en el 2012 se empezó la construcción de la estación terrena satelital, con la ejecución del programa Túpak Katari (TKSAT-1) a cargo de científicos chinos, los mismos que diseñaron y construyeron el satélite, fue enviado al espacio un 20 de Diciembre del 2013, a dos años de su implementación y funcionamiento del sistema satelital y sus estaciones terrenas, han producido una ganancia de 19 millones de dólares, para el 2016 esperan abarcar 2000 escuelas en las zonas rurales logrando con ello, acortar la brecha digital que se enfrentan los países subdesarrollados. Nicaragua esperaba tener lista a finales de octubre del presente año, las estaciones terrenas que permitirán el uso de comunicaciones satelitales con la finalidad de tener servicios en el área ambiental, educación,

agricultura, telecomunicaciones, entre otros, todo esto se ha llevado a cabo con la colaboración de Rusia. (Pastrán, 2016)

La implementación de nuevas tecnologías conlleva realizar grandes inversiones obteniendo resultados a mediano plazo, las empresas privadas siempre buscan mejorar el servicio que ofrecen, por ende sus ganancias se verán reflejadas en el aumento de ventas o adquirir nuevos clientes, desde otra perspectiva una inversión por parte del estado o gobierno ecuatoriano sería un aporte propiamente social y sin fines de lucro, el estado espera abarcar el mayor número de poblaciones rurales para acortar la brecha digital. Tecnologías como fibra óptica y satelital han avanzado rápidamente, dejando atrás las redes de cobre, ADSL entre otros, posicionándose como redes de comunicaciones eficientes y de calidad, siendo el factor económico un punto de análisis para la adquisición de redes de telecomunicaciones de alta tecnología.

El uso de tecnología satelital ha ido aumentado notablemente en Latinoamérica, en el Ecuador se han instalado antenas en empresas estatales, petroleras, telecentros, entidades privadas ubicadas en lugares remotos permitiéndoles estar conectado con el mundo remotamente, utilizando un recurso natural conocido como aire o técnicamente como espectro electromagnético, minimizando el uso de equipos sofisticados a mayor costo, siendo viable una implementación de estas características ofreciendo un sistema asequible y amigable con el entorno.

Las telecomunicaciones forman parte de nuestra vida y permite la realización de tareas ya sean personales, educativas y comerciales; aparte del crecimiento en tecnologías que quiere tener una determinada región o país. Los países desarrollados ven reflejados como el uso de tecnologías influye directamente en la incremento de capital, como brindar servicios de telecomunicaciones sin que la distancia sea un pretexto para su evolución tecnológica. En cambio los países subdesarrollados como es el caso de Ecuador, se enfrentan a la realidad de que aún le falta mucho para poder explotar en el área de tecnologías, concretamente las telecomunicaciones se han llevado programas o proyectos que tienen como finalidad llegar con este servicio a todos los lugares habitables en el país, pero

lamentablemente existen zonas o lugares donde todavía les resulta complicado tener alcance a este tipo de servicios, por tal motivo, realizando un análisis de las necesidades que tienen dichas poblaciones, en el caso de la Provincia de Santa Elena ,en la comuna Manantial de Guangala respectivamente, se plantea en esta propuesta el diseño de infraestructura de comunicaciones utilizando tecnología satelital, la misma ha sido seleccionada como la más apropiada debido a que otras tecnologías como fibra óptica no llegan hasta esa zona, ya que permite realizar un enlace inalámbrico en cualquier lugar remoto en el mundo, debido a que posee gran cobertura sobre la tierra, con el único propósito de brindar un servicio de acceso a internet, logrando que cada usuario se conecte con el mundo, eliminando las barreras que presentan actualmente las zonas rurales, con la puesta en marcha de un proyecto de estas características, la comuna Manantial de Guangala incrementaría su crecimiento y desarrollo en todas las áreas, siendo un modelo para otras zonas que enfrentan las mismas limitaciones, siendo un referente con el uso de este tipo de tecnologías en el Ecuador.

CAPÍTULO III

DESARROLLO DE LA PROPUESTA

COMPONENTES DE LA PROPUESTA (LÓGICOS Y FÍSICOS)

En este capítulo se describirá los elementos que formará la red de comunicaciones, el diseño estructurado, las configuraciones del enlace satelital, la arquitectura Wireless para llegar al usuario final con un alcance de 10 Km máximo, se detallarán los equipos que permitirán las conexiones y los enlaces para el funcionamiento operativo del sistema a diseñar. Para la elección de los dispositivos que se planteará en la presente propuesta, se llevará a cabo el análisis de diferentes marcas con el objetivo de escoger equipos que cumplan con las características fundamentales como calidad, eficiencia, seguridad, escalabilidad, adaptabilidad , confiabilidad, robustez y precios razonables que permita tener una propuesta factible en el ámbito técnico y financiero.

3.1 COMPONENTES FÍSICOS

Red Satelital

Esta red permitirá la conexión externa desde el ISP seleccionado (Telconet, Guayaquil) hasta la base terrena ubicada en el centro de la comuna Manantial de Guangala en la provincia de Santa Elena por medio del satélite Anik F1, para el enlace se han considerado las siguientes características técnicas de la antena satelital, el ODU e IDU que trabajan en banda ku:

3.1.1 antena satelital

Antena Satelital:	Marcas/Modelo	
Características	Channel master Andrew 1.8m	Skyware Global 1.8m
Frecuencia de trabajo	Banda Ku GHz 10.95 – 12.75	Banda Ku GHz 10.70 – 14.50
Ganancia	11.95 GHz dbi 45.5	14.3 GHz dbi 46.8
Ruido	T 30° Elevación banda Ku 23K	T 30° Elevación banda Ku 23K
Ancho de Haz	-3dB(banda ku) 0.99	-3dB(banda ku) 1.0
VSWR(banda Ku)	1.3:1 Máximo	1.5:1 Máximo
Tipo Montura	Azimut/Elevación	Azimut/Elevación
Angulo de elevación	10°-70° (continuo)	10°-90° (continuo)
Azimut	360° Continuo,± fine	360° Continuo,± fine
Material Reflector	Fibra de vidrio Reforzada con Poliéster	Fibra de vidrio Reforzada con Poliéster
Diámetro Mástil	114mm	114mm (4.5in)
Humedad Operacional	%0-100%	%0-100%

Tabla 3: Especificaciones Técnicas de Antenas Satelitales
Fuente: (Resourcesatcom & ViaSatelital)

En la tabla 3 se realizó la comparación de dos marcas de antenas satelitales reconocidas en el mercado, en base a la ganancia que ofrece la antena Skyware Global de 46 dB siendo esta la más adecuada para implementar el sistema de comunicación propuesto.

3.1.2 ODU (Out Door Unit)

ODU(Out Door Unit)	Marcas/Modelo	
Características	Assy Radio Anubis-INTL 2W Hughes	Anacom modelo 30925 2W/4W Ku band transceiver
Frequency RX	10.95-12.75 GHz	10.95-12.75 GHz
Noise Figure	-----	1.9dB(160°k)
Gain	-----	85 a 100 dB
Frequency step size	-----	1MHz M&C controlled
Weight	1,6 Kg	11.8 Kg
compatible	DW6000, DW7000S, HN700S ó HN7700s	Different systems VSAT

Tabla 4: Especificaciones Técnicas de ODU
Fuente: (Viasatelital & Anasat)

El ODU seleccionado en base al análisis de las características técnicas que tiene, es Anacom ya que ofrece una alta gama de compatibilidad con sistemas satelitales Vsat, sin límites de escalabilidad del diseño de la red.

3.1.3 IDU (In Door Unit)

IDU(In Door Unit)	Marcas/Modelo	
Características	HN7000 Broadband Satellite Modem	Evolution X3 Satellite Router
Soporte	DVB-S2 and DVB-S	DVB-S2/ACM- D TDMA
Symbol rate	1 to 45 Mbps	45 Mbps-5 Mbps
Modulation	QPSK, 8PSK(DVB-S2)	Downstream QPSK, 8PSK, 16APSK Upstream BPSK, QPSK, 8PSK
Certification	TIA, ETSI, ITU	FCC, CE and RoHS Compliant

Tabla 5: Especificaciones Técnicas de IDU
Fuente: (Servisat & Hughes)

En la tabla 5 se presentan las características que posee el IDU, este modem satelital se usa como interfaz, tiene las funciones moduladora, demoduladora y de control, el cual permitirá la conexión con la estación base, el IDU seleccionado es Evolution X3, debido al soporte que tiene para TDMA y DVB-S2.

RED DE ACCESO- ESTACIÓN BASE

3.1.4 Router Principal

Este dispositivo permite configurar las trayectorias de los paquetes de datos que ingresan mediante el enlace satelital a la red interna de comunicaciones ubicada en la base terrena Manantial de Guangala. A continuación se describen las características básicas del router principal:

- Servicios de voz, datos y video
- Velocidades de conexión Ethernet
- Conectividad WAN/LAN

- DRAM de 512 MB (expansión hasta 2GB)
- Soporte para Protocolos IPv4 e IPv6
- Soporte SSH, Telnet, SNMP, TFTP
- Puertos USB
- Cifrado con Algoritmos AES, DES y DES3

Equipo :Router	Marcas/Modelo		
Características	(CompanyHewlett-PackardDevelopment & SystemCisco)Router	HPE MSR933 Router JG516A	Router Cisco 3845
Conectividad (10/100/1000)	LAN, WAN- VXLAN,VPLS,NEMO	LAN,WAN, ADSL2	LAN, WAN,AIM
Servicios	Voz, datos y video	Voz, datos y video	Voz, datos y video
DRAM	1 GB DDR3 SDRAM	256 MB DDR3 SDRAM	256 MB - 1 GB DDR SDRAM
Flash	256MB	128 MB NAND flash	64MB - 256 MB MAX
Puertos USB	1 USB 2.0	-----	2 USB 1.1
Puertos de consola	1 RJ-45	1RJ-45 WAN, 4 RJ-45 LAN	2 RJ-45 GIGA ETHERNET
Soporte de Protocolos	STP,RSTP,IGMP,VLANs IEEE 802.1Q, TCP, UDP, UDP-Lite, ICMPv4/ ICMPv6, SCTP, DCCP, R AWIP, HTTP, F TP, SMTP, DNS, SIP, H.323, SCCP.	SNMPv1, v2, and v3 FTP, TFTP, SFTP, IPv4 e IPv6 NTP, VLANs, ARP, DHCP, DMC, RTC, TTY, RIP,OSPF- v3, BGP	SSHv2, SSHv3 FTP, TFTP, SFTP, IPv4 e IPv6 NTP, VLANs, ARP, DHCP, DMC, RTC, TTY, RIP,OSPF-v3, BGP
Seguridad	VPN, Auto Discover VPN (ADVPN), (TACACS+) Standard IEEE 802.1x RADIUS,NAT, SSHv2, URDF, IP Sec VPN	NAT, DVPN, GDVPN, ACLs, TACACS+, RADIUS, SSHv2, URDF, IP Sec VPN, DVPN	NAT, IPsec, VPN, MPLS, NAC, DMVPN, V3PN
Algoritmo de Cifrado	MD5	AES	AES, DES, 3DES
Alimentación	100- 240 Vac	100- 240 Vac	100- 240 Vac

Tabla 6: Especificaciones Técnicas de Routers
Fuente: (CompanyHewlett-PackardDevelopment & SystemCisco)

Para la selección del router principal se realizó un estudio de mercado de 3 modelos presentados en la tabla 6, llegando a la resolución de que el modelo

Router Cisco 3845 cumple con los parámetros esenciales y además ofrece una gama de servicios completos comparados con otros dispositivos, siendo la mejor opción como dispositivo administrable de capa 3 del Modelo OSI.

3.1.5 Conmutadores

Conmutador o Switch Principal: este dispositivo le permitirá a la red interna conectarse con el ISP, formando la estructura de la red de modo administrable. A continuación se describen las características técnicas del equipo:

- 24 Puertos Ethernet 10/1000baseTX
- DRAM de 2GB de memoria
- Puerto de consola RJ-45 asíncrono EIA-232
- Soporte de VLANs y direcciones MAC
- STP(Spanning-Tree Protocol, IEEE 802.1D)
- Telnet, SNMP, TFTP,VTP
- Puertos half/full Duplex
- Soporte de IPv4 e IPv6

Equipo: Switch	Marcas/Modelo		
Características	Cisco ME 2600X Series Ethernet Access	HPE 1910 Switch JGE006A	TRENDNET TEG-240WS
# Puertos	24 10/100/1000 Ports	24 10/100/1000 Ports	24 10/100/1000 Ports
DRAM	1 GB	128 MB	
Memoria Flash	64 MB	128 MB	
Capacidad	44 Gbps	56 Gbps	48 Gbps
Puerto de consola	1 RJ-45	1 RJ-45	RJ-45 Gigabit
Soporte	VLANs,IPv4, IPv6 Half-full /duplex	VLANs,IPv4, IPv6 Half-full /duplex	VLANs,IPv4, IPv6 Half-full /duplex
Protocolos	BFD for OSPF, IS-IS, BGP, HSRP, EIGRP,RIP EIGRP, OSPF, BGPv4, PIMSM, and PIM-DM SNMP versions 1, 2, 3	SNMP 1, RMON 2, SNMP, SNMP 3, SNMP 2c, HTTP, HTTPS STP, RSTP, MSTP, ACL, QoS	802.3ad , Asymmetric VLAN, 802.1Q VLAN, Voice VLAN, RSTP, MSTP, Loopback Detection, GVRP
Alimentación	100-240 VAC	100-240 VAC	100-240 VAC

Tabla 7: Especificaciones Técnicas de conmutadores
Fuente: (CiscoSystem, Hewlett-Packard-Enterprise-Development, & Trendnet)

Se realizó la comparación de 3 marcas de Switch o conmutador presentados en la tabla 7, siendo el equipo Cisco 2600 seleccionado debido a que cumple con los requisitos que fueron planteados anteriormente para la red de comunicaciones propuesta.

3.1.6 Servidores

Estos equipos ofrecen características primordiales como rendimiento, confiabilidad, escalabilidad y seguridad, al permitir que el usuario o cliente acceda a múltiples servicios, con la garantía de que se ejecutarán varias tareas al mismo tiempo sin afectar el desempeño de otros servicios ni de otros clientes (Figueroa, 2010). Entre los servidores que deben intervenir para la administración de una red para el acceso a internet tenemos: servidor proxy, Web, correo electrónico, DNS, clúster, base de datos, etc.

El mercado comercial ofrece equipos que soportan más de un servicio a nivel de software, por lo que a medida que aumente el número de usuarios y de servicios es preciso no saturar el sistema de administración de red, para ello se debe considerar ofrecer los servicios en varios equipos individualmente o agruparlos a menor escala para que su funcionamiento sea óptimo y eficiente.

3.1.6.1 Proxy

Un servidor proxy tiene la función de efectuar una petición a otro servidor de manera que se desconozca la dirección original de dónde se realizó dicha petición, además permite bloquear diferentes páginas web de acuerdo a la administración y las políticas que tendrá la red para su mayor rendimiento.

3.1.6.2 Web

El servidor Web le permitirá al usuario acceder a la información o contenido que solicite por medio del navegador, tiene la capacidad de almacenar la información (archivos, videos e imágenes, etc.) y transmitirla cuando el cliente lo requiera. El servidor mantiene comunicación con el navegador por medio de HTTP.

3.1.6.3 Domain Name System (DNS)

Un servidor Domain Name System (DNS) actúa básicamente como un traductor, cuando el cliente solicita una página con ruta url, el servidor realiza una petición al componente resolver de la base de datos jerárquica en el cual se encuentran los nombres de dominio existentes, donde se le asignará la dirección ip a la página solicitada, en el caso de que la pagina esté disponible el navegador le conducirá al servidor web correspondiente, en caso de que no pueda responder la petición se puede solicitar a otro servidor y esperar que responda, esta solución se puede llevar a cabo de dos maneras: resolución recursiva y resolución iterativa.

3.1.6.4 Email

El Servidor de correo electrónico permitirá que el usuario o cliente envíe y reciba datos desde su correo electrónico, utilizando la red de transmisión de datos, permitiendo además el almacenamiento de información, para esto utilizará SMTP a través de conexión TCP/IP (se encarga de que los datos lleguen libre de errores a su destino).

3.1.6.5 Clúster

Un Servidor Clúster está configurado para guardar grandes volúmenes de información en caso de que uno o más servidores tengan problemas de funcionamiento ya sea por falla física o falla a nivel de software, el mismo será capaz automáticamente de retomar la gestión de base de datos de los clientes, brindando la seguridad necesaria a la red y al usuario.

Una vez definida la importancia de las funciones que cumplen los servidores se realizó la comparación de tres modelos reconocidos en el mercado:

Equipo: Servidor	Marcas/Modelo		
Características	Dell Poweredge SC1430	HP DL160 G6	HP Proliant DL380 G6
Procesador	Doble núcleo Intel Xeon 5000 con 3GHz	2 max. Intel Xeon de la serie 5600 a 3.46 GHz de seis cores (3.60 GHz 4 cores)	Intel® Xeon® Quad-Core: E5530 (2.4GHz)

Certificación de Soporte	RHEL5	RHEL5	RHEL5
Soporte de Disco Duro	SAS de 3,5(10000) 73 GB, 146 GB, 300 GB SATA de 3,5(a 7.200) 80 GB, 160 GB,500 GB	2,5 hot-swap SATA/SAS	SAS 4,8 TB (16x300GB) SATA 4 TB (16x250GB)
Ranura de expansión	5 ranuras PCI	4 ranuras	6 ranuras
Memoria caché externa	Cache de nivel 2x4 MB	Cache hasta 12 MB Level 3	8MB Level 3 cache.
Puertos USB	-----	1 USB 2.0	1 USB 2.0
Tarjeta de red	NIC Broadcom Gigabit integrada	Tarjeta de Red integrada 10/100/1000Base TX	Two Integrado Dual Port NC382i Multifunción 1Gb
Puertos	2 PCI (x4) 2 PCI-X(100 MHZ/64 bits) 1 PCI(33 MHz/32 bits, 5V)	Dos puertos integrados, además de dos puertos opcionales Gigabit Ethernet (GbE)	Serial: 1, Mouse 1, Video: 1, Teclado: 1, Network RJ-45: 4, Administración iLO2: 1, USB 2.0: 5 (2 frontales, 2 traseros, 1 interno), 1 internal Secure Digital (SD) Slot.
Unidad de CD-ROM	Dispositivos externos	Unidad de CD-ROM	Unidad de CD-ROM
consumo	750 W	460 W CA, 675 W CA	460 W

Tabla 8: Especificaciones Técnicas de servidores
Fuente: (Dell & Hewlett-Packard-Enterprise-Development-LP)

En base al análisis de mercado de las funciones que cumplen los servidores, el servidor HP Proliant se ha convertido en uno de los dispositivos más utilizados en redes de comunicaciones debido al cumplimiento de estándares de alto nivel , por lo que ha sido seleccionado como el más adecuado para la red propuesta.

SEGURIDAD

3.1.7 Firewall

Un Firewall es el escudo protector del usuario y red en el internet, básicamente se encarga de proteger la información del usuario cada vez que se conecte al mundo del internet, existen programas maliciosos o virus que tienen como objetivo sustraer toda la información posible del cliente, además puede alterar el rendimiento del equipo y por ende ocasionar daños considerables al sistema. El firewall es capaz de realizar filtros de tráfico de paquetes, dependiendo de los requerimientos y políticas del administrador de la red, tendrá la potestad de analizar cada paquete y en qué sentido se trasladará, y decidirá si las peticiones realizadas a uno o más puertos podrán responderse o no.

Equipo: Firewall	Marcas/Modelo		
Características	Cisco ASA 5540	Sophos XG 310	Fortinet FG-600D
Rendimiento	450 Mbps	25 Gbps	24-36 Gbps
Rendimiento máximo	225 Mbps–AIP-SSM-10 375 Mbps–AIP-SSM-20 450 Mbps–AIP-SSM-40	2,5 Gbps IPS 2,7 Gbps NGFW 3,3 Gbps proxy	7/4 Gbps IPS 3,2 Gbps NGFW 2,4 Gbps proxy
Algoritmo de cifrado	AES, DES, 3DES	AES, DES, 3DES	AES, DES, 3DES
Interfaces Virtuales	150 - VLAN	VLANs	VLANs
Disponibilidad	Active y en espera	-----	-----
Ranuras de expansión	1, SSM	1, FleXi	-----
Puertos	2 USB 2.0, 2 RJ-45 consola y auxiliar	2 USB 3.0, 1 RJ-45	2 USB 2.0, 8 RJ-45
Memoria	512 GB	512 GB	512 MB
Flash	256 MB	256 MB	256 MB
Alimentation	100-240 VAC	100-240 VAC	100-240 VAC

Tabla 9: Especificaciones Técnicas de Firewalls
Fuente: (Cisco, Sophos, & Fortinet)

En la tabla 9 se presentan las características técnicas de 3 marcas de Firewall, considerando que FG-600D tiene como característica un alto rendimiento, comparado con los otros modelos, siendo este Firewall el seleccionado para la propuesta de red. Lo cual garantizará un rendimiento absoluto de una red en crecimiento.

RED DE ACCESO-CLIENTES

Equipos de Comunicación Wireless Cliente

El acceso a internet en zonas rurales del país de forma convencional (cableada) o de telefonía es una problemática debido a que producen altos costos para su implementación siendo un limitante determinante para la prestación de servicios de telecomunicaciones a estas poblaciones que se encuentran alejadas de las grandes ciudades.

Ante las dificultades que se enfrentan estas zonas poco atractivas por los operadores o prestadores de servicios de internet y de tecnologías, con la integración de tecnología inalámbrica se solucionará esta problemática ya que utiliza el espectro radioeléctrico para el envío y recepción de señales sin la necesidad de un cable, con esto se quiere facilitar el acceso a internet sin barreras tecnológicas y económicas.

Para el uso de tecnología inalámbrica es preciso definir que equipos serán los más adecuados de acuerdo al área de cobertura y el alcance que se pretende generar en la zona de estudio, en la siguiente tabla se establecerán los parámetros técnicos que deberá tener dicho enlace, en base a un estudio de mercado de diferentes marcas que se ofertan en la actualidad.

Equipos	Marcas/Modelo		
Características	Ubiquiti Sectorial AM-5AC-60	Mikrotik Base Box 5	Motorola Canopy
Frecuencia de Operación	5.45 – 5.85 GHz	5 GHz	5 GHz
Capacidad de	450 Mbps	148 Mbps	300 Mbps

transmisión			
CPU	800 MHz	600 MHz	500 MHz
RAM	256 MB	64 MB	64 MB
Interfaz	1 Rj-45 10/100/1000 Ethernet	1 Rj-45 10/100/1000 Ethernet	1 Rj-45 10/100/1000 Base half/full duplex
Soporte de Estandares	802.11ac	802.11a/n	802.3
Sistema Operativo	Air Os 7	Router OS	Canopyboot
Ganancia	21 dB	16 dB	17 dB
Modulación	QAM	OFDM	OFDM
Tecnología	MU- MIMO	MIMO	MIMO
Alimentación PoE	24 V DC	30V DC	24 V DC

Tabla 10: Características técnicas de equipos de RF
Fuente: (Routerboard, Motorola, & Canopy)

Una vez realizado el análisis de las características que poseen las diferentes marcas anteriormente descritas, se logró definir que los equipos Ubiquiti Airmax han implementado el estándar 802.11ac, el cual representa una mejora significativa durante la transmisión, ya que ofrece contenido en alta definición, permite usar un ancho de canal máximo de 80 MHz generando el aumento de la velocidad, al utilizar modulación 256-QAM se incrementará la eficiencia en la transferencia de los datos, además de consumir menos batería de los equipos que usen 802.11ac.

La banda libre de 5-5.8 GHz se adapta perfectamente con el nuevo estándar, debido a que su rango de frecuencias es más amplio, teniendo la facilidad de usar más de 37 canales para obtener la velocidad máxima de transferencia, con un promedio de 2,37 y 3,47 Gbps, lo que minimiza las interferencias que enfrentan las conexiones inalámbricas.

Se utiliza un enlace satelital punto a punto que permitirá establecer conectividad entre el ISP y la estación terrena, para abarcar la cobertura total de la zona se utiliza antenas sectoriales Ubiquiti Airmax AM-5AC21-60 y los Rocket5ac Lite, estas antenas ofrecen mayor rendimiento y escalabilidad al bloquear o filtrar el ruido, mejorando así la inmunidad al ruido especialmente en zonas donde se encuentren otras señales de RF. Los Rockets son equipos adecuados para

garantizar el funcionamiento de un sistema de comunicación inalámbrica al contar con hardware con características específicas para este tipo de enlaces, además de ser compatibles con el nuevo estándar. La arquitectura punto- multipunto se utiliza para el enlace desde la estación base y los usuarios finales, para ello se utiliza los equipos NanoBeam 5ac compatible con el estándar 802.11ac.

El número de antenas sectoriales a usarse se definen en base a la cantidad de usuarios, los cuales serían aproximadamente 160 a 200, considerando que una antena sectorial cubre un promedio de 70, se utilizan 6 antenas Airmax AM-5AC21-60 con 6 Rocket5ac Lite formando un ángulo de 360°, por lo que se logra abarcar en su totalidad toda la zona en un rango de 10 Km máximo.

En la presente tabla se describen las características técnicas que poseen las antenas sectoriales Airmax AM-5AC21-60°.

3.1.8 Antenas Sectoriales Airmax AM-5AC21-60°.

Equipo: Antena Sectorial	Modelo
Características Técnicas	AM-5AC21-60
Dimensiones	750x173x78 mm (29.53x6.81x3.07")
Frecuencia	5.10-5.85 GHz
Ancho de Haz Variable	60°
Ganancia	21 dB
Polarización	Dual Lineal
Radio Compatible	Rocket5ac Lite RocketM5ac PTP Rocket5ac PTMP
Certificaciones	EN 302 326 DN2
Carga del viento	391 N 200km/h (88 lbs – 125mph)

Tabla 11: Características técnicas de las antenas sectoriales Airmax AM-5AC21-60
Fuente: (Ubiquiti-Network)

El Rocket5ac lite está diseñado para trabajar bajo el estándar 802.11ac, siendo el complemento perfecto para la antena Sectorial ya antes mencionada, a continuación se detallan sus características técnicas:

3.1.9 Rocket5ac lite

Equipo: RocketM5	Modelo
Características Técnicas	Rocket5ac Lite
Frecuencia	5470-5875 MHz
Tecnología	MIMO
Capacidad de transmisión	150 Mbps
Ancho de canal Seleccionable	10,20,30,40 MHz
Memoria	128 MB SRAM, 16 MB NOR Flash
Procesador	Atheros MIPS 74kc,720 MHz
RF Conectores	2 RP-SMA (waterproof)
Modulación	TDMA
Interfaz de red	10/100/1000 Ethernet Port
Sistema Operativo	Air Os 7
Seguridad	WPA2
Servicios	SNMP, DHCP,NAT,Telnet,Web Server

Tabla 12: Características técnicas de Rocket5ac Lite
Fuente: (Ubiquiti-Network)

Para el usuario existen dos alternativas de equipos a usar los NanoStation M5 802.11n o los NanoBeam 802.11ac, se decide el uso de NanoBeam por la compatibilidad con el nuevo estándar garantizando un alto rendimiento durante los enlaces inalámbricos. El cliente contará con los dispositivos NanoBeam 5ac para la transmisión y recepción de las señales, a continuación se describen las características técnicas que posee el dispositivo:

3.1.10 NanoBeam 5ac

Equipo: CPE	Modelo
Características Técnicas	NBE-5AC-16
Frecuencia	5.150-5.825 MHz
Capacidad de transmisión	256 QAM - 450 Mbps
CPU	720 MHz
Procesador	Atheros MIPS 24KC, 720 MHz
Memoria	128 MB DDR2 y 8 MB Flash
Modulación	TDMA
Interfaz de red	10/100/1000 Ethernet Port
Sistema Operativo	Air Os 7
Ganancia	16 dB
Ancho de canal Seleccionable	10,20,30,40 MHz

Tabla 13: Características técnicas de NanoBeam NBE-5AC-16
Fuente: (Ubiquiti-Network)

3.2 COMPONENTES LÓGICOS

Para el desarrollo de la propuesta tecnológica se utilizará tecnología satelital como red de transporte desde el ISP hasta la base terrena y tecnología inalámbrica para la red de acceso a los usuarios, con el objetivo de brindar el servicio de banda ancha a las zonas rurales que enfrentan limitaciones debido a la ausencia de servicios de telecomunicaciones en la actualidad.

La red de servicio de banda ancha se conforma de las siguientes redes complementarias: red troncal, red de servidores y red de acceso. A continuación se describen sus elementos:

3.2.1 Red Troncal

El enlace de la base terrena ubicada en la comuna Manantial de Guangala con el Proveedor de Servicios de Internet Telconet será por medio de tecnología satelital, sin la necesidad de cableado siendo un enlace puntual y eficiente, como consecuencia se utilizará menor número de recursos. Se deberá cumplir con los requerimientos respectivos como la frecuencia, potencia de la señal, ganancia, velocidad de transmisión y recepción entre otros, todo esto bajo responsabilidad del ISP.

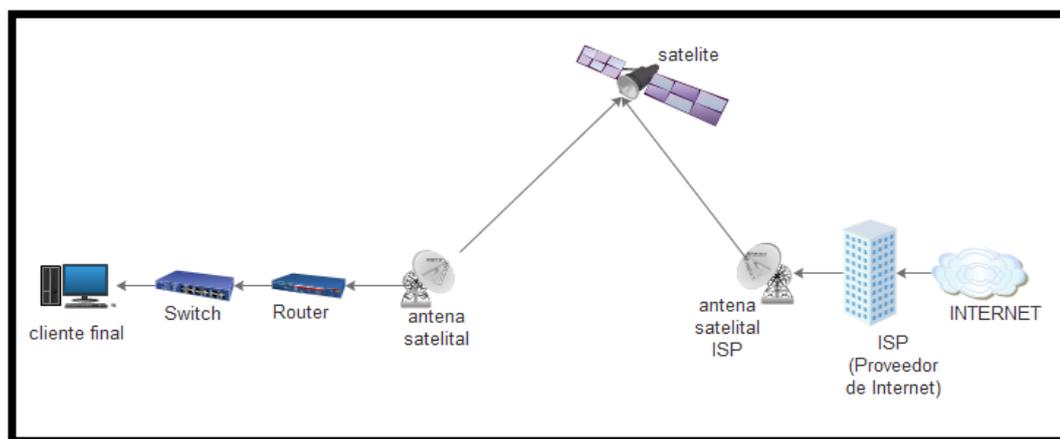


Figura 7: Esquema Básico de un enlace punto a punto satelital
Fuente: Elaborado por el autor

Con la utilización del software Google Earth se determinó que la distancia existente entre la base terrena de la comuna Manantial de Guangala y el proveedor del servicio de internet es aproximadamente 72.5 Kilómetros con la estación Hub

Central Guayaquil, los enlaces inalámbricos son una solución directa y eficiente, además de que genera una inversión sostenible al utilizar menor número de equipos.

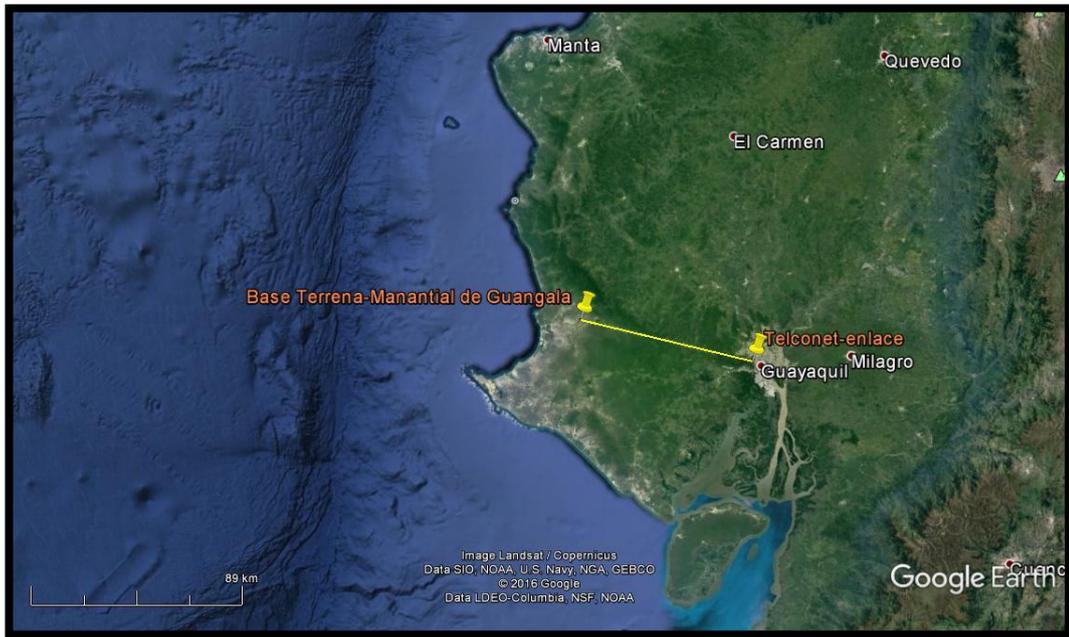


Figura 8: distancia a nivel del suelo desde el ISP y la comuna
Fuente: Google Earth

3.2.2 Red de Servidores

Para que la red trabaje de manera óptima, es fundamental garantizar la seguridad del sistema, por ello, se ha considerado utilizar servidores en DMZ, creando así una interfaz nueva, con la instalación de un firewall físico, se logrará controlar el tráfico proveniente de los clientes, sin que esto afecte o vulnere la arquitectura de la red.

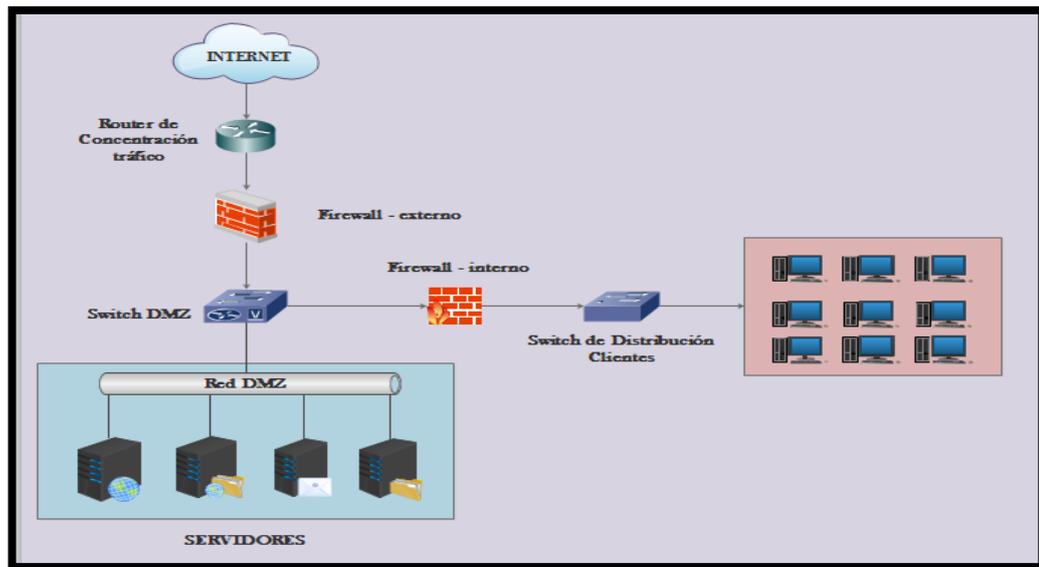


Figura 9: Esquema de la red de servidores y equipos de un ISP
Fuente: Elaborado por el autor

3.2.3 Red de Concentración

Se basa en las conexiones entre el cliente y el POP (Puntos de Presencia del Proveedor), la red cuenta con un router de acceso, el mismo, viene integrado en la antena ya antes descrita, considerando a futuro el incremento de nuevos suscriptores del servicio de internet. Las antenas sectoriales estarán conectadas al Switch de Distribución, teniendo el control del tráfico de la red, para el servicio de banda ancha.

El software que se plantea utilizar para la administración de la red propuesta Hotspot Software será capaz de soportar más de 2000 usuarios fijos y remotos, ofrece la facilidad de configurar el ancho de banda, la velocidad de transmisión y el costo de los planes, además de garantizar la seguridad de la red con cifrado siendo un software adaptable a las necesidades que se quiere solventar con la presente propuesta. (HOTSPOTSYSTEM)

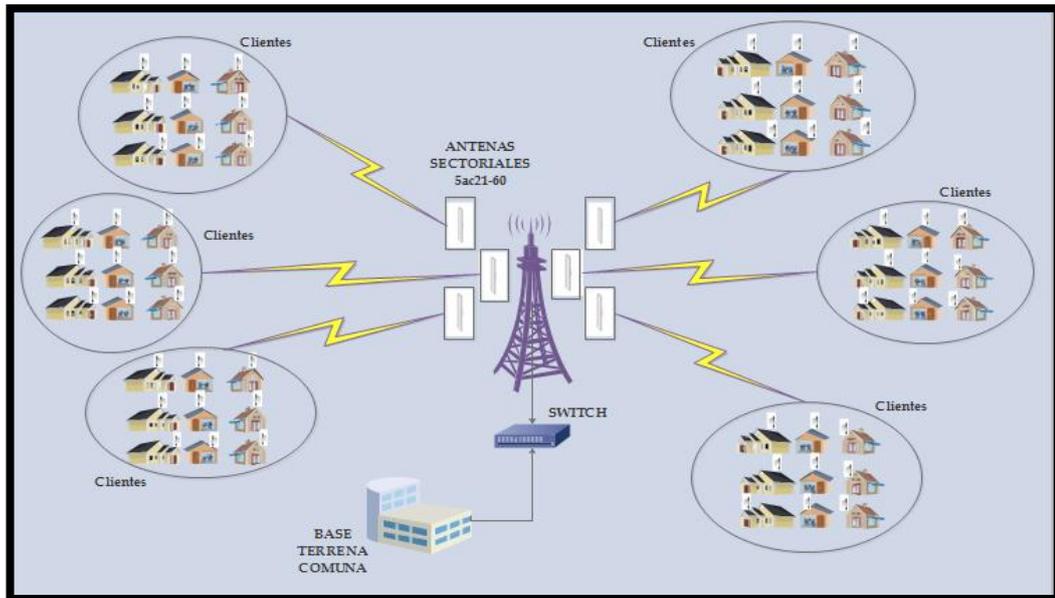


Figura 10: Diseño De La Red De Concentración
Fuente: Elaborado por el autor

3.2.4 Red de Acceso

La red de acceso permitirá finalmente conectarse a los usuarios (residenciales y corporativos) con el ISP, normalmente para este tipo de conexiones se utiliza ADSL, fibra óptica e inalámbrico, analizando las necesidades que se quiere solucionar con la presente propuesta tecnológica, la elección de un ISP inalámbrico nos permitirá utilizar las ondas electromagnéticas como medio de transmisión y brindar así un servicio de banda ancha amigable para el cliente, adaptándonos a las nuevas tecnologías que ofrece el mercado comercial para estar conectados todo el tiempo sin limitación alguna.

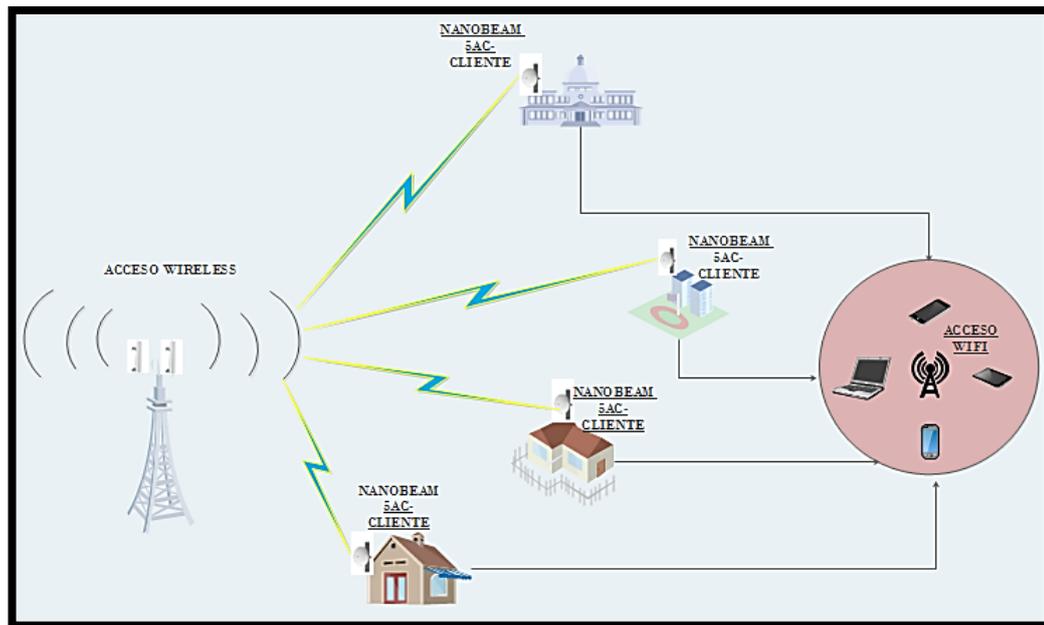


Figura 11: Diseño De La Red De Acceso
Fuente: Elaborado por el autor

3.3 Estudio de mercado

La necesidad de encontrar una solución a la problemática existente con respecto al acceso a las tecnologías y a la sociedad de la información por parte de habitantes de las zonas rurales en el Ecuador, se precisó realizar un estudio de mercado que permita conocer la viabilidad de la propuesta tecnológica diseño de una red de comunicaciones con tecnología satelital y Wireless para la comuna Manantial de Guangala, la misma que pueda ser ejecutada en el futuro.

En base a una encuesta realizada por la (ARCOTEL, Noviembre, 2015), se concluyó que un 50.9% de la población accede a internet en el sector urbano desde su domicilio, mientras que el sector rural solo alcanza un 22,3%, debido a que posee menor accesibilidad para contratar servicios de internet.

En la actualidad, los proyectos realizados por el gobierno para brindar internet en las zonas rurales, se basan en la instalación de antenas satelitales en el subcentro de salud y en las escuelas, siendo un servicio limitado, que excluye a los habitantes en general de este tipo de servicio. Las empresas que ofertan planes de servicios de internet fijo entre las más reconocidas están CNT.EP, TELCONET y

CLARO, las mismas que no ven clientes potenciales en las comunidades rurales de la provincia de Santa Elena, provocando así que la brecha digital se mantenga aún en el Ecuador.

3.3.1 Clientes potenciales en la comuna Manantial de Guangala

Para conocer el número de clientes potenciales en la comuna Manantial de Guangala se utilizará la fórmula estadística de muestreo población finita:

$$N = \frac{Z^2 NPq}{E^2(N - 1) + Z^2Pq}$$

Dónde:

N: población = 1514 habitantes

Z: coeficiente de confianza = 1.96

P: éxito = 50%

q: fracaso = 50%

E: error = 5%

Reemplazando tenemos:

$$N = \frac{(1.96)^2 * 1514 * 0.5 * 0.5}{(0.05)^2 * (1514 - 1) + (1.96)^2 * 0.5 * 0.5}$$

Obteniendo N = 185

Considerando el resultado de la fórmula de muestreo poblacional finito se determinó que serían 185 clientes potenciales para brindar el servicio de banda ancha a la comuna Manantial de Guangala.

3.3.2 Características Generales de una Red de Comunicaciones

La red de comunicaciones tiene la seguridad de que su sistema cumplirá con los objetivos de brindar un servicio de calidad y eficiencia, por eso se considerará los siguientes requisitos:

Escalabilidad: la red tendrá la capacidad de crecimiento, aumentando el número de usuarios y servicios, que pueda seguir trabajando de manera óptima sin afectar el servicio prestado a los otros usuarios.

Funcionalidad: los usuarios podrán desempeñar sus labores sin correr el riesgo de que se pierda la conexión a internet en el transcurso del día, sin interferir los paquetes contratados por el cliente.

Adaptabilidad: la red tendrá la flexibilidad de implementar diferentes tecnologías y que puedan funcionar de forma óptima con un alto rendimiento, además de trabajar híbridamente con tecnologías futuras.

Seguridad: los clientes tendrán la garantía de tener un servicio seguro y privado, una red que no posea vulnerabilidades a su sistema, podrá evitar problemas de confidencialidad a futuro.

3.3.3 Parámetros básicos al utilizar Tecnología inalámbrica

Línea de vista: consiste en un camino libre de obstrucciones, permitiendo el enlace entre equipos transmisores y receptores, propagando las ondas de radiofrecuencia se obtendrá una línea de vista sólida y sin obstáculos.

Atenuación: se refiere a la reducción de la potencia o fuerza que enfrentan las ondas electromagnéticas al entrar en contacto con obstáculos como: edificios, árboles, climas variados u objetos metálicos, debilitando la señal que se quiere transmitir.

Ruido: se refiere a las perturbaciones que interfieren sobre las señales que se van a transmitir, esta mezcla produce que la señal transmitida sea errónea, ocasionando pérdidas de información.

Refracción: se refiere al cambio de dirección que experimenta una onda al pasar de un objeto a otro, por lo que genera cambios de velocidad de propagación de la onda.

Reflexión: consiste en el cambio de dirección de una onda que ocurre en la superficie de separación entre dos medio cambiantes, regresando al punto de donde se originó.

Dispersión: se refiere cuando los componentes de la onda, viajan a velocidades distintas, llegando a diferentes lugares.

Difracción: se refiere cuando las ondas electromagnéticas se desvían al encontrar un obstáculo.

3.4 DISEÑO DE LA PROPUESTA

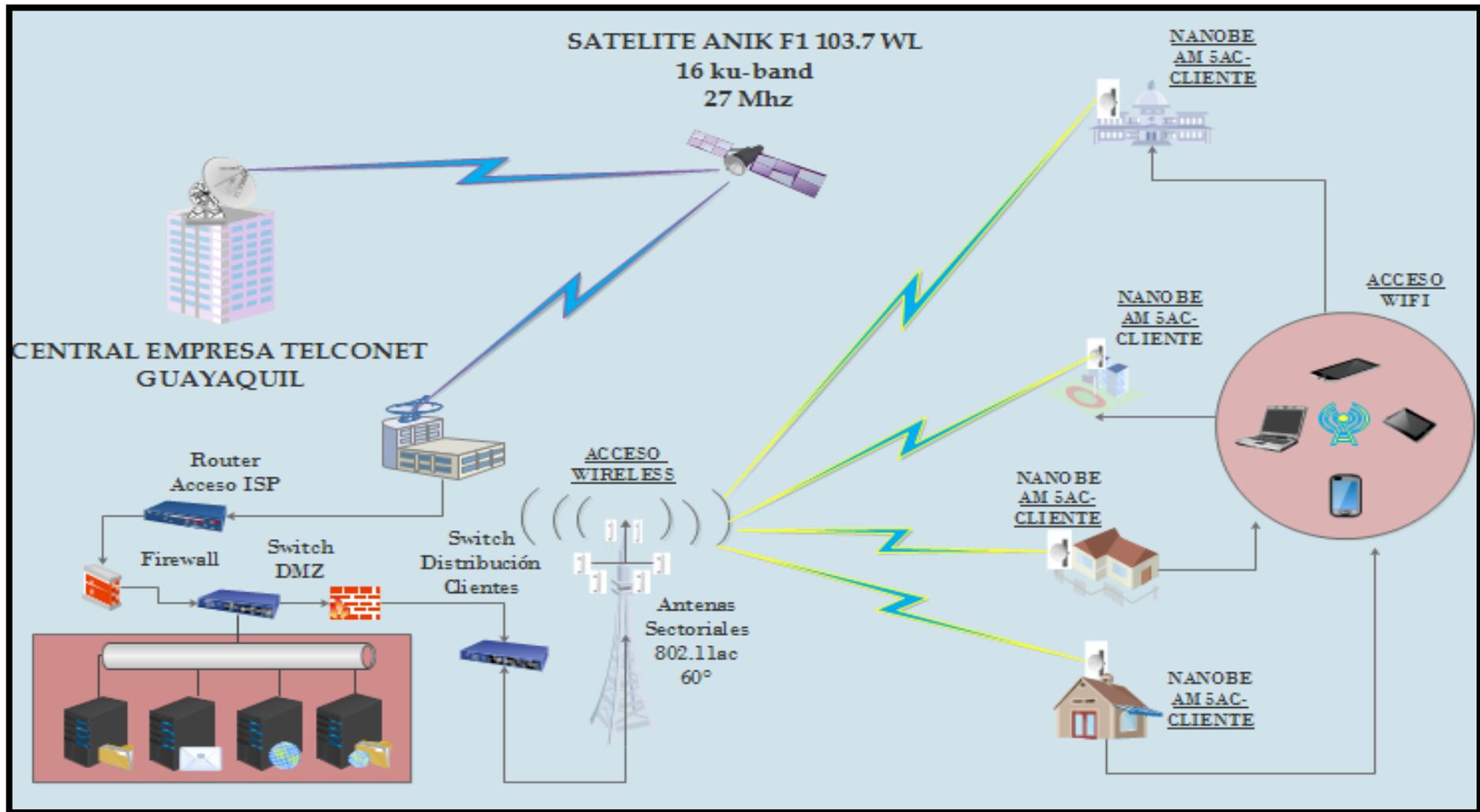


Figura 12: Esquema de la Red Inalámbrica Propuesta
Fuente: Elaborado por el autor

3.4.1 Análisis del Enlace Satelital

La comunicación entre el ISP y la base terrena se la realiza por medio de un enlace satelital con un ancho de banda promedio de 50 Mbps, el cual utiliza el satélite Anik F1 Telesat. Para demostrar la efectividad del sistema de comunicación propuesto, se hará uso de Satmaster Pro 9.1Mk que me permitirá obtener los parámetros técnicos necesarios para un enlace de estas características.

A continuación, en la tabla 14 se presenta la ubicación del Hub ISP Telconet y la base terrena ubicada en la comuna, latitud y longitud respectivamente.

Nombre del lugar	Latitud	Longitud
Estación Hub Telconet- Guayaquil	2°9'10.49"S	79°57'10.42"W
Base Terrena Manantial de Guangala	1°59'52.96"S	80°35'16.72"W

Tabla 14. Latitud y Longitud de las Estaciones de enlace
Fuente: Google Earth

Factores relevantes del Enlace Satelital

- Estación Hub transmisora
 - PIRE(Potencia Isotrópica Radiada Efectiva)
 - Potencia del Transmisor
 - Ganancia de la antena TX
- Transponder satelital
 - Densidad de Flujo de Potencia
 - Absorción atmosférica
 - Pérdidas en el espacio libre
- Estación Terrena receptora
 - (G/T) figura de mérito
 - Temperatura del ruido(K)

Se utiliza el Software online Satlex para conocer el ángulo de azimut y elevación que tendrá el Hub ISP y la base terrena, para esto se ingresan la latitud y longitud de los puntos estratégicos considerados para el enlace, se debe seleccionar el Satélite, su posición orbital, el país y el diámetro de la antena, para el Hub se coloca valores referenciales del diámetro de la antena.

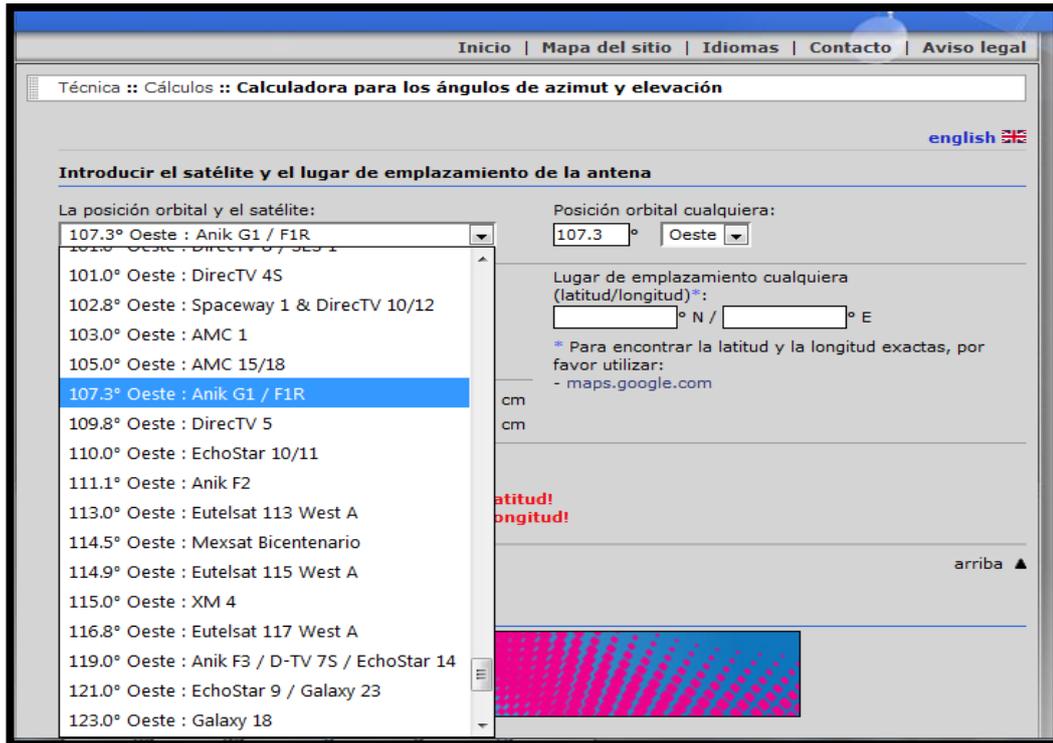


Figura 13: Selección del satélite propuesto
Fuente: (SatlexDigital)

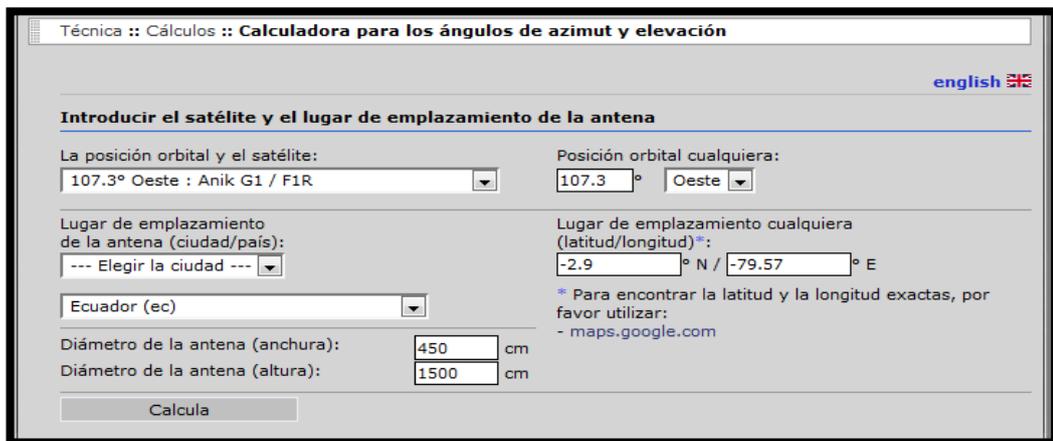


Figura 14: Ingreso de la ubicación latitud y longitud del Hub ISP
Fuente: Elaborado por el autor

Se procede a calcular el ángulo de azimut y elevación que tendrá la antena transmisora para comunicarse con el satélite, en la figura 15 se observa la ubicación del satélite con respecto al punto de enlace ISP. Además se obtienen otros requerimientos tales como: inclinación del LNB, ángulo offset, distancia hacia el satélite, tardanza o retardo de la señal, ángulo de declinación, entre otros. A continuación se detallan en la figura 15.

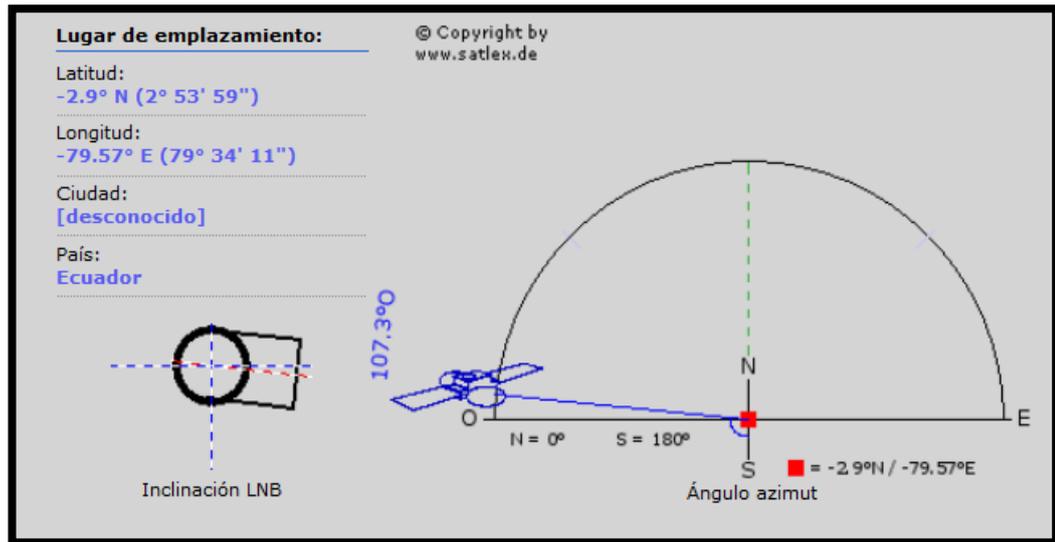


Figura 15: Posición orbital del satélite y la estación ISP
Fuente: (SatlexDigital)

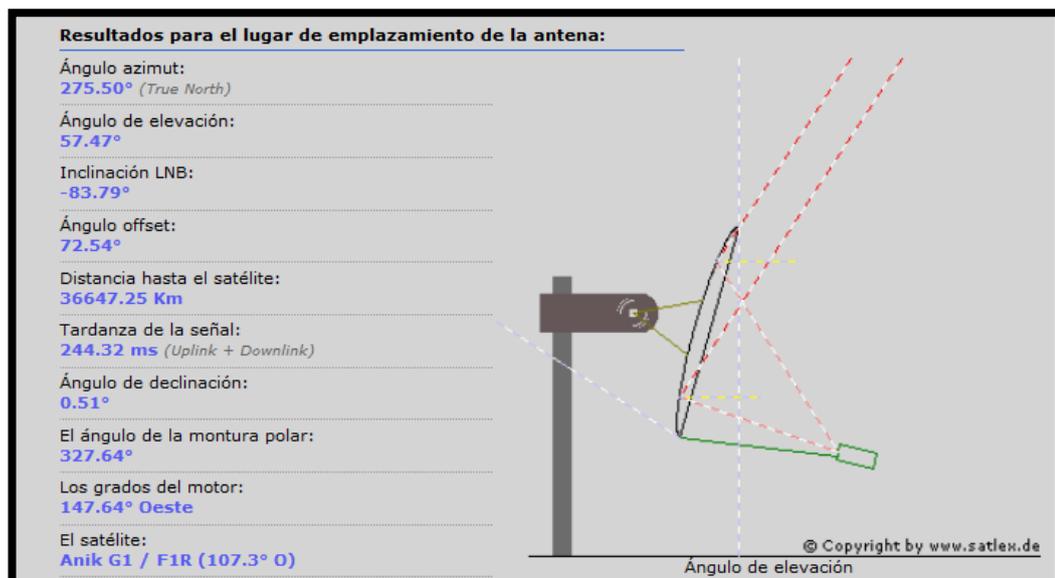


Figura 16: Resultados del azimut y elevación del Hub ISP
Fuente: (SatlexDigital)

Se realiza el mismo cálculo para la antena receptora ubicada en la comuna Manantial de Guangala, la misma tendrá un diámetro de 1.8m Skyware RX, en la figura 17 y 18 se detallan los parámetros obtenidos.

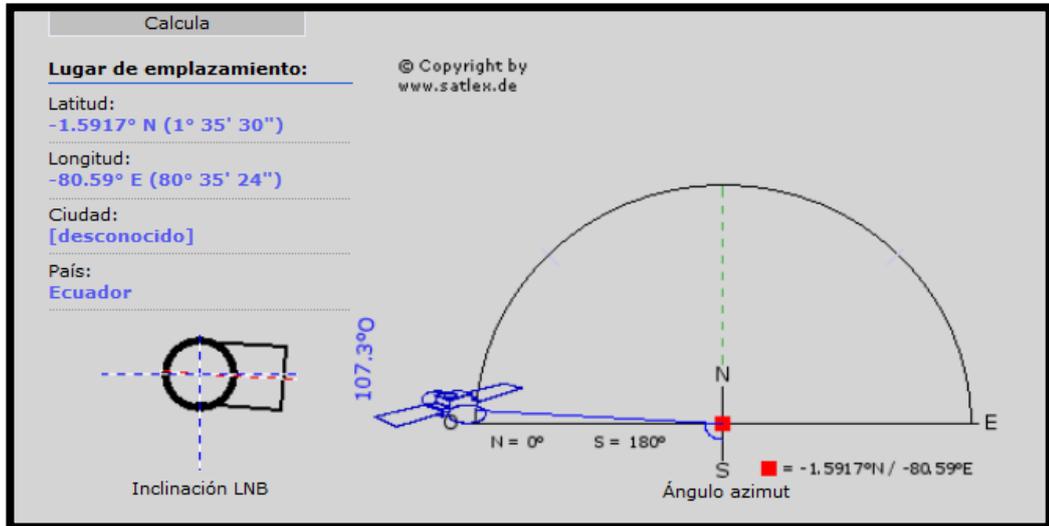


Figura 17: Posición orbital del satélite y la estación terrena Manantial de Guangala
Fuente: (SatlexDigital)

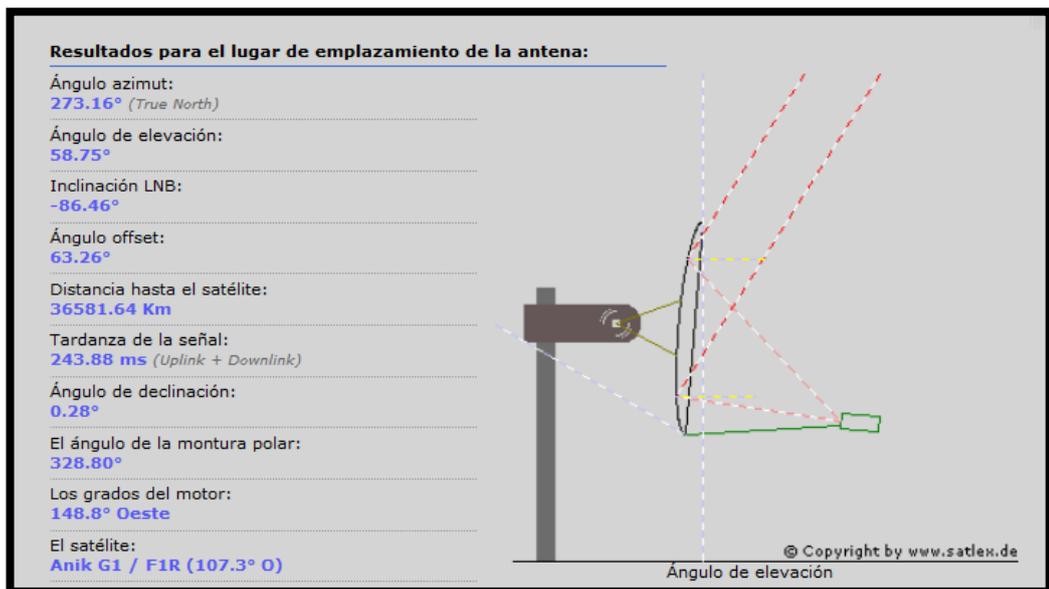


Figura 18: Resultados del azimut y elevación de la estación terrena Manantial de Guangala
Fuente: (SatlexDigital)

Satlex realiza la conversión de la temperatura de ruido a figura de ruido, siendo estos valores parámetros básicos para el presupuesto de enlace satelital.

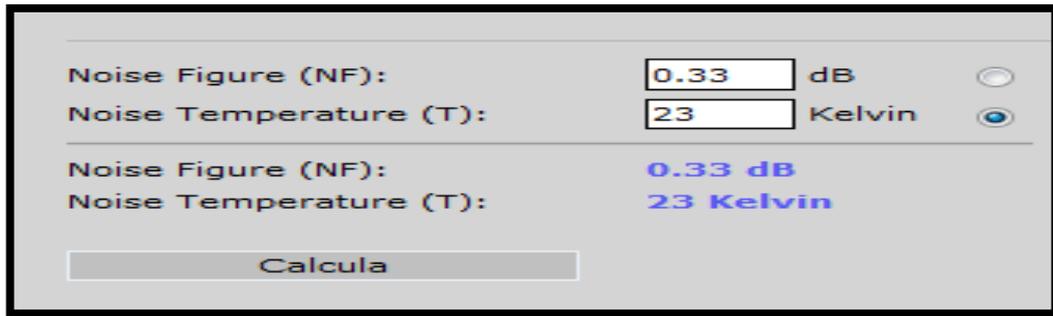


Figura 19: Conversión de la temperatura de ruido de la antena RX
Fuente: (SatlexDigital)

Para realizar un presupuesto total del enlace satelital se utiliza el Software Satmaster Pro, el cual permite ingresar los parámetros de subida, transponder del satélite y de bajada, facilitando un análisis acertado para el funcionamiento del enlace y de los problemas que se puedan presentar en el camino. Satmaster Pro es una herramienta de propósito general para la industria de satélites. Señal, propagación, orientación de antena (incluyendo alimentación dual), análisis de presupuesto de enlace, etc.

Se abre el software Satmaster pro, luego en la pestaña FILE se escoge NEW, se selecciona LINK BUDGET (Geo Bent Pipe), el presupuesto de enlace con satélite geoestacionario.

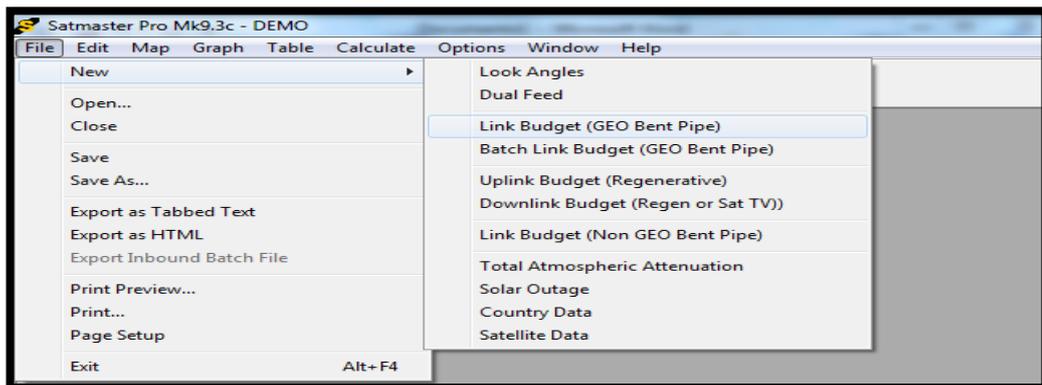


Figura 20: Nuevo Link Budget Geo con Satmaster pro
Fuente: Elaborado por el autor

Se genera una ventana donde se procede a ingresar los parámetros, considerando requerimientos técnicos como la frecuencia de transmisión y recepción, la ganancia de la antena TX y RX, el PIRE Up/Down, el diámetro de la antena, la

densidad del flujo de potencia del transponder, LNB figura de ruido, temperatura de ruido, entre otros valores que Satmaster sugiere para el presupuesto del enlace.

3.4.1.1 Datos propuestos para el enlace

	Parámetros	Datos técnicos
ESTACION ISP (Uplink)	Latitud	2.9S
	Longitud	79.57W
	Frecuencia de trabajo GHz	14
	Polarización	V
	Disponibilidad %	99.99
	Diámetro de la antena m	10
	Ganancia de la antena dB	61.44
Up -Down	EIRP densidad dB/Hz	49
Estación Terrena (Downlink)	Latitud	1.59S
	Longitud	80.35W
	Frecuencia de trabajo GHz	12
	Polarización	V
	Disponibilidad %	AUTO
	Diámetro de la antena m	1.8
	Ganancia de la antena dB	45.3
	LNB figura de ruido	0.33
	Temperatura de ruido RX	23
Satélite	G/T ref. dB/K	8.9
	SFD ref. dBW/m2	-85.5
	C/I dB	17.77
Servicios	Info Rate Mbps	50
	System margin dB	0.012
	Modcod	DVBS2, 16- PSK

Tabla 15: Datos propuestos Link Budget Geo
Fuente: Elaborado por el autor

Edit GEO Link Budget Parameters

Interference units Csat/Io (dB/Hz) C/I (dB)

Site name	estación Hub ISP		Site
Site latitude °	2.9S	Csat/ACIo dB/Hz	140
Site longitude °	79.57W	Csat/CCIo dB/Hz	103
Site altitude km	AUTO	ES HPA OBO dB	3
Frequency GHz	14.5	No of carriers / HPA	1
Polarization (V,H or C)	V	HPA Csat/IMo dB/Hz	140
Overall availability %	99.99	UPC dB	10
Antenna diameter (m)	10	HPA power W	MIN
Ant. eff.gain %dBi	+61.44		
Coupling loss dB	20		
Antenna mispointing dB	0.12		
Other path losses dB	-2.3		

Buttons: Site, Satellite, Summary, Reverse, Freeze, OK, Cancel, Help

Navigation: Uplink / ASI (up) / Downlink / ASI (down) / Rain Model / Satellite / Carriers

Figura 21: Parámetros Uplink (Subida)
Fuente: Elaborado por el autor

Edit GEO Link Budget Parameters

Interference units Csat/Io (dB/Hz) C/I (dB)

Site name	Estación Terrena Manantial de Guangala		Site
Site latitude °	1.59S	LNB noise fig,temp dB,K	0.33
Site longitude °	80.35W	Antenna noise temp. K	AUTO
Site altitude km	AUTO	Csat/ACIo dB/Hz	140
Frequency GHz	12.5	Csat/CCIo dB/Hz	103
Polarization (V,H or C)	V		
Availability %	AUTO		
Antenna diameter (m)	1.8		
Ant. eff.gain %dBi	+45.3		
Coupling loss dB	0.3		
Antenna mispointing dB	6		
Other path losses dB	+5		

Buttons: Site, Satellite, Summary, Reverse, Freeze, OK, Cancel, Help

Navigation: Uplink / ASI (up) / Downlink / ASI (down) / Rain Model / Satellite / Carriers

Figura 22: Parámetros Downlink (Bajada)
Fuente: Elaborado por el autor

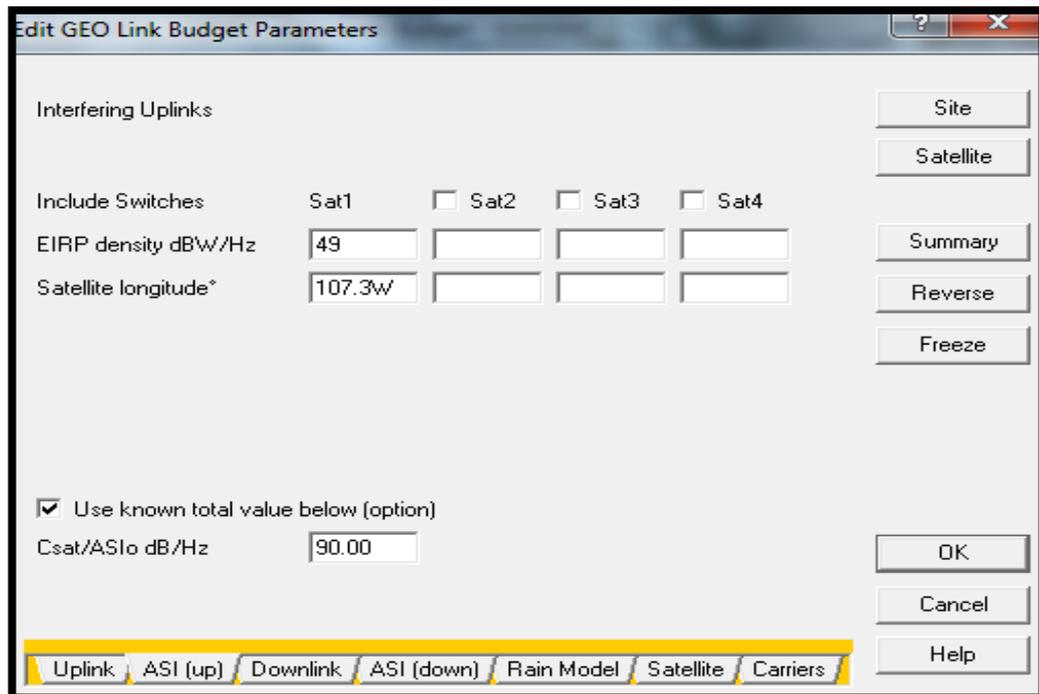


Figura 23: Parámetros ASI (Up-Down)
Fuente: Elaborado por el autor

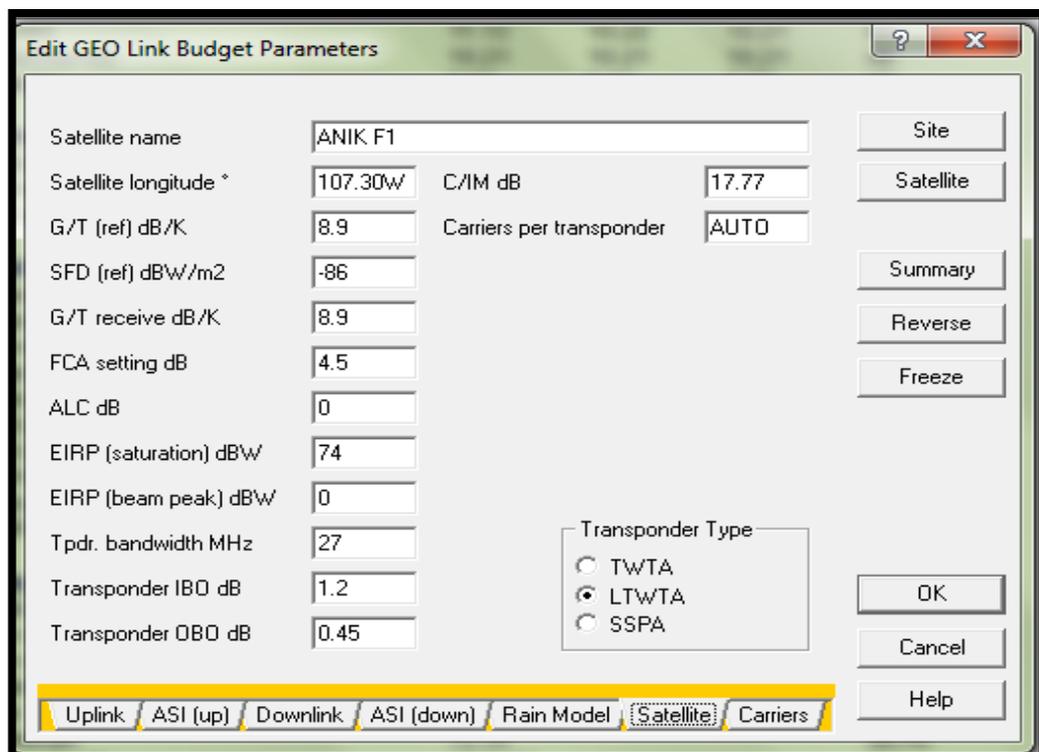


Figura 24: Parámetros Satélite
Fuente: Elaborado por el autor

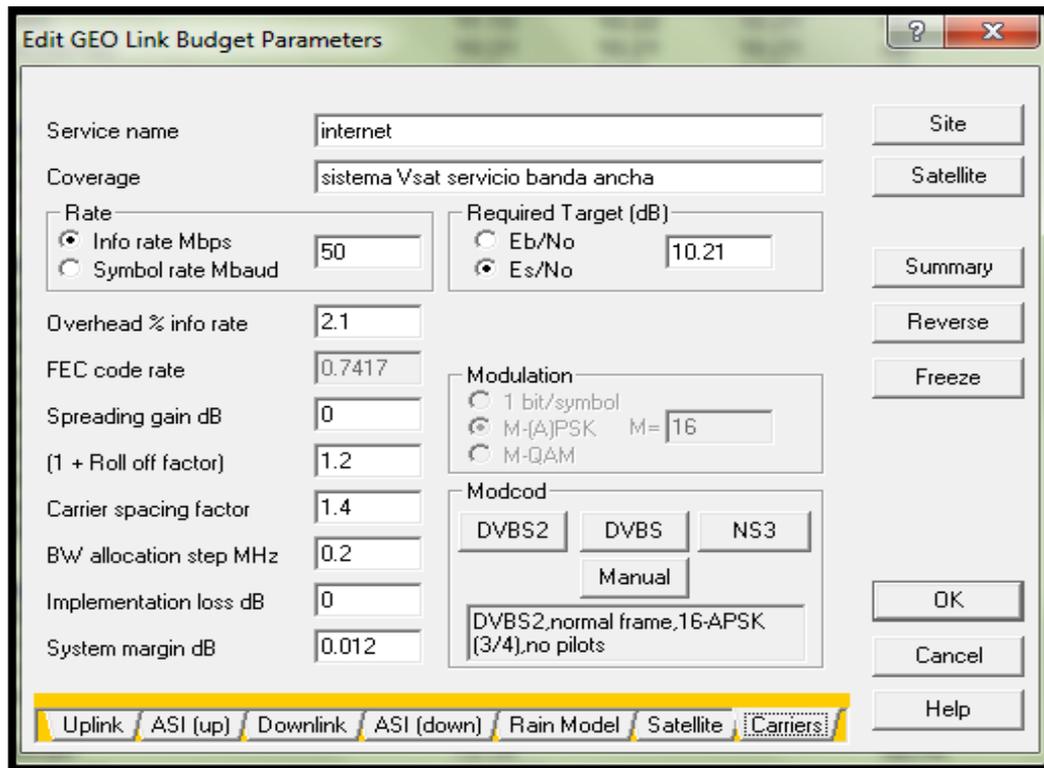


Figura 25: Parámetros Carries
Fuente: Elaborado por el autor

3.4.1.2 Simulación Link Budget

Una vez ingresados los parámetros considerados para el enlace entre el ISP y la estación terrena ubicada en la comuna Manantial de Guangala, se procede a calcular el presupuesto del enlace, al presionar el botón OK, se genera un archivo, el cual, permite obtener los valores técnicos en ambientes ideales, con lluvias durante el enlace de subida y de bajada.

Es preciso recordar que para la ejecución de la simulación satelital se hace uso del demo del Software Satmaster Pro, para un análisis más profundo se recomienda adquirir la licencia correspondiente que habilite en su totalidad los recursos del software de análisis de enlaces satelitales.

Link Budget

Enlace Satelital Manantial de Guangala

Tuesday 21 March 2017

Service Name	internet
Coverage	sistema Vsat servicio banda ancha
Uplink earth station	estación Hub ISP
Downlink earth station	Estación Terrena Manantial de Guangala
Satellite name	ANIK F1
Modcod	DVBS2,normal frame,16-APSK (3/4),no pilots

Link Input Parameters	Up	Down	Units
Site latitude	2.9S	1.59S	degrees
Site longitude	79.57W	80.35W	degrees
Site altitude	3.048	0.064	km
Frequency	14.5	12.5	GHz
Polarization	Vertical	Vertical	
Rain model	ITU-R	ITU-R	
Rain zone or mm/h	49.0	42.9	
Overall availability (average year)	99.9900	AUTO	%
Antenna aperture	10	1.8	metres
Antenna efficiency or gain (+ or - prefix)	+61.44	+45.3	% or dBi
Coupling loss	20	0.3	dB
Antenna mispoint loss	0.12	6	dB
Other path losses (site diversity gain -ve)	-2.3	+5	dB
LNB noise figure or temp (+ prefix)		0.33	dB or K
Antenna noise		45.37	K
Csat/AClo	140		dB/Hz
Csat/ASlo	94.00		dB/Hz
Csat/CClo	103		dB/Hz
HPA C/IMo	140		dB/Hz
Csat/AClo		140	dB/Hz
Csat/ASlo		94.00	dB/Hz
Csat/CClo		103	dB/Hz
Uplink station HPA output back-off	3		dB
Uplink power control available	10		dB
Number of carriers / HPA	1		
Required HPA power	MIN		W

Figura 26: Link Budget Geo (Parámetros uplink-downlink)
Fuente: Elaborado por el autor

Satellite Input Parameters	Value	Units
Satellite longitude	107.30W	degrees
Transponder type	LTWTA	
G/T Reference	8.9	dB/K
SFD Reference	-86	dBW/m2
Receive G/T	8.9	dB/K
Attenuator pad (gain step)	4.5	dB
Effective SFD	-81.50	dBW/m2
Satellite ALC	0	dB
EIRP (saturation)	74	dBW
Transponder bandwidth	27	MHz
Input back off total	1.2	dB
Output back off total	0.45	dB
C/I/M	17.77	dB
Carriers per transponder	AUTO	
Carrier/Link Input Parameters		
Modulation	16-PSK	
Required Es/No	10.21	dB
Information rate	50	Mbps
Information rate overhead	2.1	%
FEC code rate	0.7417	
Spreading gain	0	dB
(1 + Roll off factor)	1.2	
Carrier spacing factor	1.4	
Bandwidth allocation step size	0.2	MHz
Implementation loss	0	dB
System margin	0.012	dB
Calculations at Saturation		
Gain 1m²	44.68	dB/m2
Uplink C/No	111.32	dB.Hz
Downlink C/No	111.42	dB.Hz
Total C/No	108.36	dB.Hz
Uplink EIRP for saturation	80.97	dBW

Figura 27: Link Budget Geo (Parámetros-Satélite)

Fuente: Elaborado por el autor

General Calculations	Up	Down	Units
Elevation	57.47	58.48	degrees
True azimuth	275.50	273.12	degrees
Compass bearing	277.59	274.96	degrees
Path distance to satellite	36645.25	36593.53	km
XPD during rain	35.65	35.31	dB
Propagation time delay	0.122235	0.122063	seconds
Antenna efficiency	60.34	60.95	%
Antenna gain	61.44	45.30	dBi
Availability (average year)	99.9991	99.9908	%
Link downtime (average year)	0.078	0.798	hours
Availability (worst month)	99.9936	99.9521	%
Link downtime (worst month)	0.046	0.349	hours

Figura 28: Link Budget Geo (Resultados)

Fuente: Elaborado por el autor

Downlink Calculation	Clear	Rain Up	Rain Dn	Units
Satellite EIRP total	74.00	74.00	74.00	dBW
Transponder output back-off (total)	0.45	0.45	0.45	dB
Output back-off per carrier	5.45	6.69	5.45	dB
Satellite EIRP per carrier	68.55	67.31	68.55	dBW
Antenna mispoint	6.00	6.00	6.00	dB
Free space loss	205.65	205.65	205.65	dB
Atmospheric absorption	0.12	0.12	0.15	dB
Tropospheric scintillation	0.00	0.00	0.40	dB
Cloud attenuation	0.00	0.00	0.59	dB
Rain attenuation	0.00	0.00	9.98	dB
Total attenuation (gas-rain-cloud-scintillation)	0.12	0.12	10.72	dB
Other path losses	5.00	5.00	5.00	dB
Noise increase due to precipitation	0.00	0.00	5.65	dB
Downlink degradation (DND)	0.00	0.00	16.24	dB
Total system noise	87.11	87.11	319.59	K
Figure of merit (G/T)	25.60	25.60	19.95	dB/K
C/No (thermal)	105.97	104.74	89.73	dB.Hz
C/N (thermal)	33.62	32.38	17.38	dB
C/ACI	62.19	60.96	62.19	dB
C/ASI	16.19	14.96	16.19	dB
C/CCI	25.19	25.19	24.79	dB
C/IIM	17.77	17.77	17.77	dB
C/(N+I) [= Es/(No+Io)]	13.55	12.82	12.05	dB
Eb/(No+Io)	8.82	8.10	7.33	dB

Figura 29: Link Budget Geo (Resultados Downlink)

Fuente: Elaborado por el autor

Totals per Carrier (End-to-End)	Clear	Rain Up	Rain Dn	Units
C/No (thermal)	102.52	101.28	89.61	dB.Hz
C/N (thermal)	30.16	28.92	17.25	dB
C/ACI	58.79	57.55	58.79	dB
C/ASI	12.79	11.55	12.79	dB
C/CCI	21.79	21.62	21.60	dB
C/IIM	17.77	17.77	17.77	dB
C/I (total)	11.20	10.29	11.18	dB
C/(No+Io)	83.50	82.59	82.58	dB.Hz
C/(N+I) [= Es/(No+Io)]	11.14	10.23	10.22	dB
Eb/(No+Io)	6.42	5.51	5.50	dB
Implementation loss	0.00	0.00	0.00	dB
System margin	0.01	0.01	0.01	dB
Net Es/(No+Io)	11.13	10.22	10.21	dB
Required Es/(No+Io)	10.21	10.21	10.21	dB
Excess margin	0.92	0.01	0.00	dB
EIRP Density Calculations	Clear	Rain Up	Rain Dn	Units
Flange transmit (up)	-59.02	-49.02	-59.02	dBW/Hz
Satellite (down)	-3.81	-5.04	-3.81	dBW/Hz
Flange receive (down)	-175.28	-176.52	-191.52	dBW/Hz
Earth Station Power Requirements	Value			Units
EIRP per carrier	74.77			dBW
Available uplink power control	10.00			dB
Total EIRP required	84.77			dBW
Antenna gain	61.44			dB
Antenna feed flange power per carrier	13.33			dBW
HPA output back off	3.00			dB
Waveguide loss	20			dB
Number of HPA carriers	1			
Total HPA power required	46.3332			dBW
Required HPA power	42984.9148			W

Figura 30: Link Budget Geo (Resultados Carries- EIRP- Earth Station Power)

Fuente: Elaborado por el autor

Space Segment Utilization	Value	Units
Overall availability	99.9900	%
Information rate	50.0000	Mbps
Information rate (inc overhead)	51.0500	Mbps
Transmit rate	68.8284	Mbps
Symbol rate	17.2071	Mbaud
Noise Bandwidth	72.36	dB.Hz
Occupied bandwidth	20.6485	MHz
Minimum allocated bandwidth required	24.0899	MHz
Allocated transponder bandwidth	24.2000	MHz
Link efficiency	2.110	bps/Hz
Percentage transponder bandwidth used	89.63	%
Used transponder power	68.55	dBW
Percentage transponder power used	31.64	%
Max carriers / transponder	1.12	
Limited by:	Bandwidth	
Power equivalent bandwidth usage	8.5418	MHz

Figura 31: Link Budget Geo (Resultados Space Segment)
Fuente: Elaborado por el autor

3.4.2 Análisis del enlace inalámbrico

Para garantizar el correcto funcionamiento de los enlaces inalámbricos presentados en la propuesta tecnológica, es necesario que exista línea de vista entre la base terrena y los posibles clientes. Para llevar a cabo el análisis correspondiente se realizó la simulación virtual, que me permitirá visualizar el comportamiento de la red de comunicaciones considerando las características técnicas de los equipos seleccionados previamente.

Radio Mobile

Es una herramienta completa de simulación de radioenlaces, trabaja con un rango de frecuencias (20 MHz a 20 GHz). Este simulador utiliza parámetros como ganancia, pérdidas en el espacio, zonas de fresnel, altura de las antenas, etc. Además permite trabajar con el software Google Earth, ofreciendo un estudio real de la red, demostrando la efectividad del diseño de comunicaciones propuesto.

Inspección del lugar

Es primordial realizar la inspección del lugar, en el caso de la comuna Manantial de Guangala posee la casa comunal, la misma se encuentra ubicada en el centro de la comuna, siendo esta adecuada para la instalación de la base terrena y de los equipos que permitirán el enlace entre el ISP y los usuarios.

Topografía del lugar

Se logró visualizar que la comuna está rodeada de montañas o cerros, los mismos que no generan problemas con el enlace, debido a que para el enlace con el ISP se utilizarán tecnología satelital, y para el enlace con los usuarios, se determinó usar una torre metálica, donde se instalará y se configurarán las antenas sectoriales ya nombradas anteriormente.



Figura 32: Topografía de la Comuna Manantial de Guangala
Fuente: Google Earth

Se instalará una torre metálica de 40 metros de altura aproximadamente, específicamente en el techo de la casa comuna ya que cuenta con una superficie plana, con el objetivo de abarcar la cobertura total del área, se realizará el arreglo de antenas sectoriales, logrando llegar hasta los usuarios más alejados de la base terrena en un perímetro de 10 Km.

A continuación en la figura 33, se logra visualizar la topografía del lugar, la ubicación de la base terrena y los usuarios potenciales establecidos con diferentes distancias, para lograr el alcance máximo en un servicio de banda ancha inalámbrico.

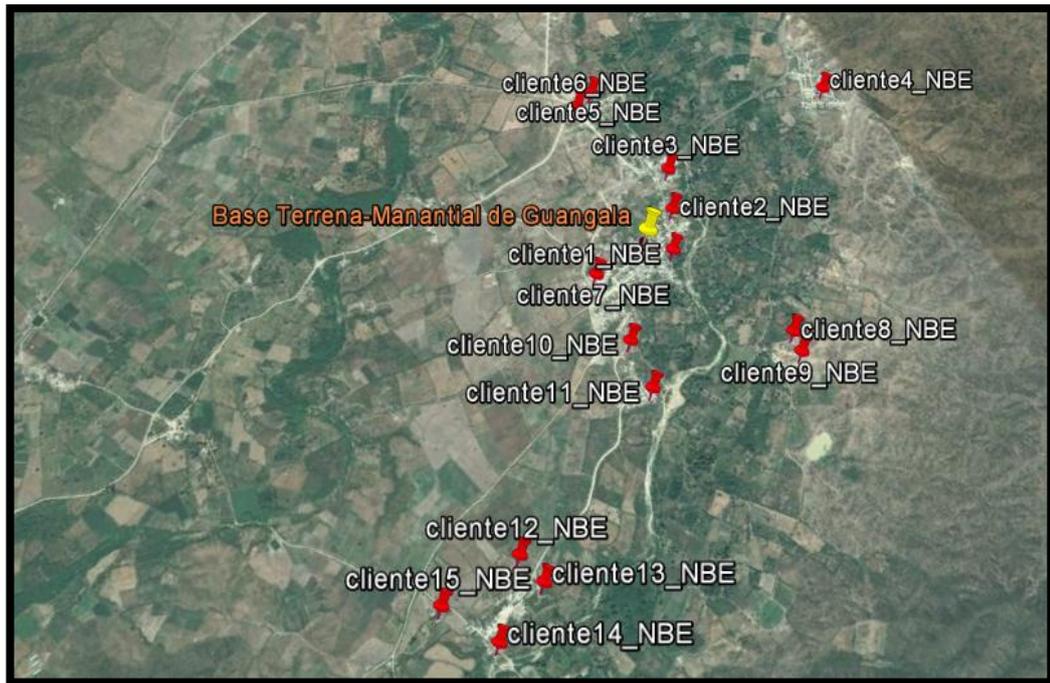


Figura 33: Topografía de la zona de estudio
Fuente: Google Earth

Para la realización de la simulación se deberá conocer la longitud y latitud de los puntos escogidos como clientes, siendo lugares estratégicos para la demostración del enlace con la base terrena ubicada en el centro de la comuna.

Clientes	Distancia BT- NBE	Latitud	Longitud
Estación_Base	-----	1°59'52.96"S	80°35'16.72"O
Cliente1_NBE	153,13 metros	1°59'48.29"S	80°35'18.55"O
Cliente2_NBE	266,09 metros	1°59'57.46"S	80°35'24.07"O
Cliente3_NBE	498,44 metros	2° 0'4.93"S	80°35'27.92"O
Cliente4_NBE	1,48 Kilómetros	2° 0'3.72"S	80°36'3.22"O
Cliente5_NBE	1,07 Kilómetros	2° 0'26.93"S	80°35'24.00"O
Cliente6_NBE	1,01 Kilómetros	2° 0'25.76"S	80°35'20.05"O
Cliente7_NBE	366,26 metros	1°59'53.77"S	80°35'4.92"O
Cliente8_NBE	937,05 metros	1°59'25.37"S	80°35'29.61"O
Cliente9_NBE	1,03 Kilómetros	1°59'21.43"S	80°35'28.69"O
Cliente10_NBE	577,11 metros	1°59'39.55"S	80°35'3.54"O
Cliente11_NBE	839,92 metros	1°59'29.92"S	80°35'2.20"O

Cliente12_NBE	1,89 Kilómetros	1°59'17.09"S	80°34'27.27"O
Cliente13_NBE	1,98 Kilómetros	1°59'11.02"S	80°34'28.51"O
Cliente14_NBE	2,35 Kilómetros	1°59'6.52"S	80°34'17.24"O
Cliente15_NBE	2,31 Kilómetros	1°59'16.69"S	80°34'11.89"O

Tabla 16: Latitud y Longitud de los puntos de enlace-cliente
Fuente: Google Earth

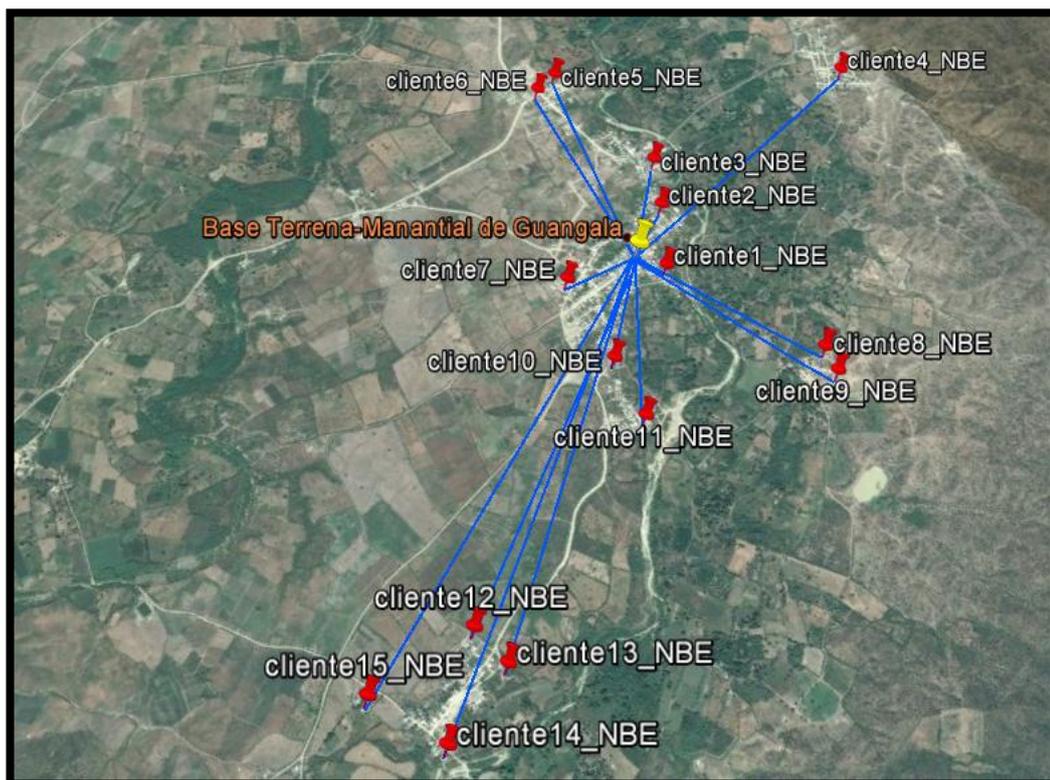


Figura 34: Medición de la distancia entre la Base principal y los clientes
Fuente: Google Earth

3.4.2.1 Enlace Wireless

Para el diseño propuesto, se utilizará la frecuencia de 5-5.8 GHz, que están basados en el protocolo 802.11ac, la misma emplea modulación 256-QAM, cuenta con tecnología MIMO, que le permitirá a la señal reforzada superar los obstáculos encontrando el mejor camino para llegar a su destino, LDPC y STBC aumentará la eficiencia de la transmisión al máximo y alcanzará altas velocidades inalámbricas. Para el enlace virtual se usarán los parámetros técnicos establecidos con el nuevo protocolo 802.11ac integrados en los dispositivos seleccionados:

Antena Airmax Sectoriales 60°, Rocket5ac para la estación base y los NanoBeam 5ac para las estaciones clientes.

Para proceder a la configuración del enlace en Radio Mobile, se ingresan los puntos-clientes que son representados como unidades de la red, donde se utilizará los datos presentados en la tabla, hacemos uso del ícono Units Properties de Radio Mobile.

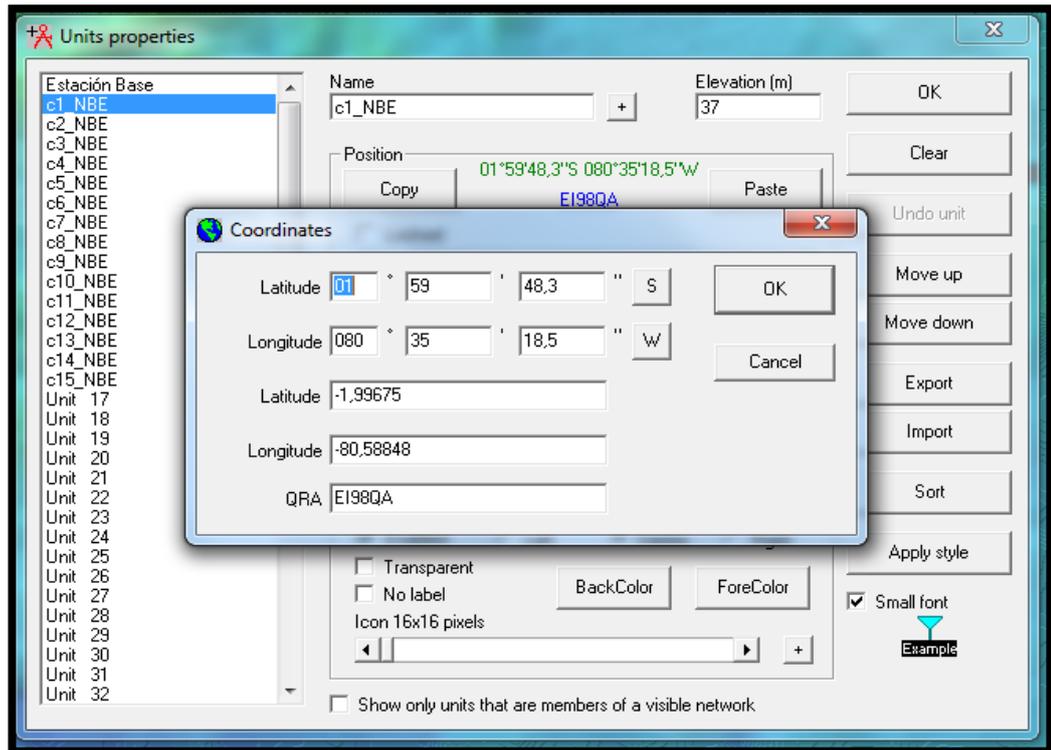


Figura 35: Unidades de la Red Wireless
Fuente: Elaborado por el autor

Una vez ingresadas las unidades que conformarán la red, se procedió a configurar la red utilizando el ícono networks properties, en parámetros se crea la red Est.Base Wireless M_Guangala, se ingresa la frecuencia mínima 5470 MHz y frecuencia máxima 5825 MHz con la que se efectuará el enlace, en el ítem polarización se selecciona vertical de acuerdo a la posición de las antenas transmisoras-receptoras, en modo estadístico se escoge accidental para evaluar las obstrucciones que se pueden presentar durante el enlace, para los siguientes ítems se usa por defecto los valores determinados por Radio Mobile.

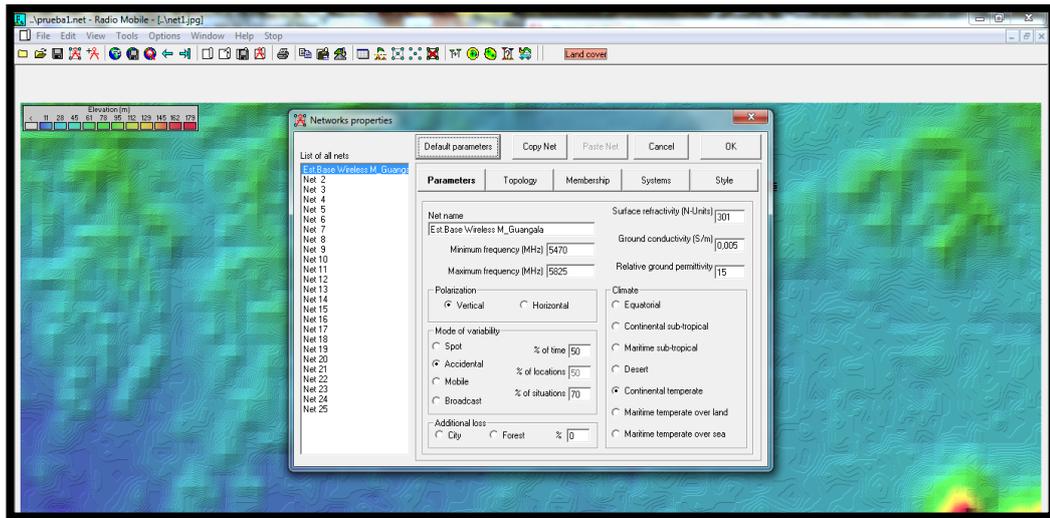


Figura 36: propiedades de la red Radioenlace Manantial de Guangala
Fuente: Elaborado por el autor

En la configuración de la topología se selecciona Red de datos, debido a que realiza la comunicación Master a esclavos, identificando a los esclavos como los clientes.

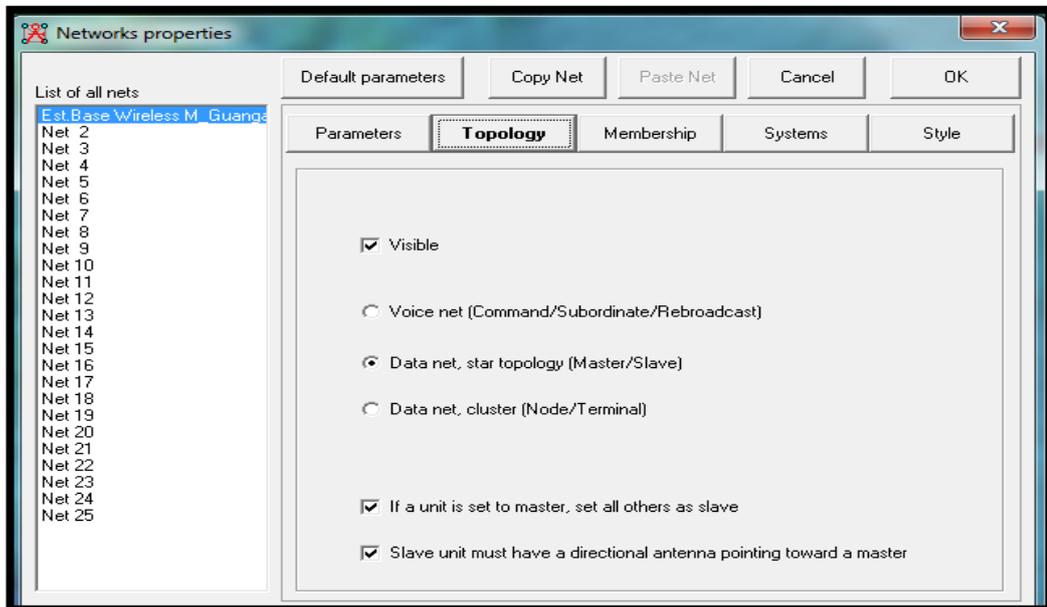


Figura 37: topología de la Red del Radioenlace Manantial de Guangala
Fuente: Elaborado por el autor

En la configuración de Miembros, se selecciona las unidades que conforman la red, asignándole el rol como master o esclavo, además de seleccionar la dirección de la antena, de master a esclavo o viceversa, siendo en este caso Est.Base Wireless M. Guangala apuntando a los NBE, como se detalla en la siguiente figura.

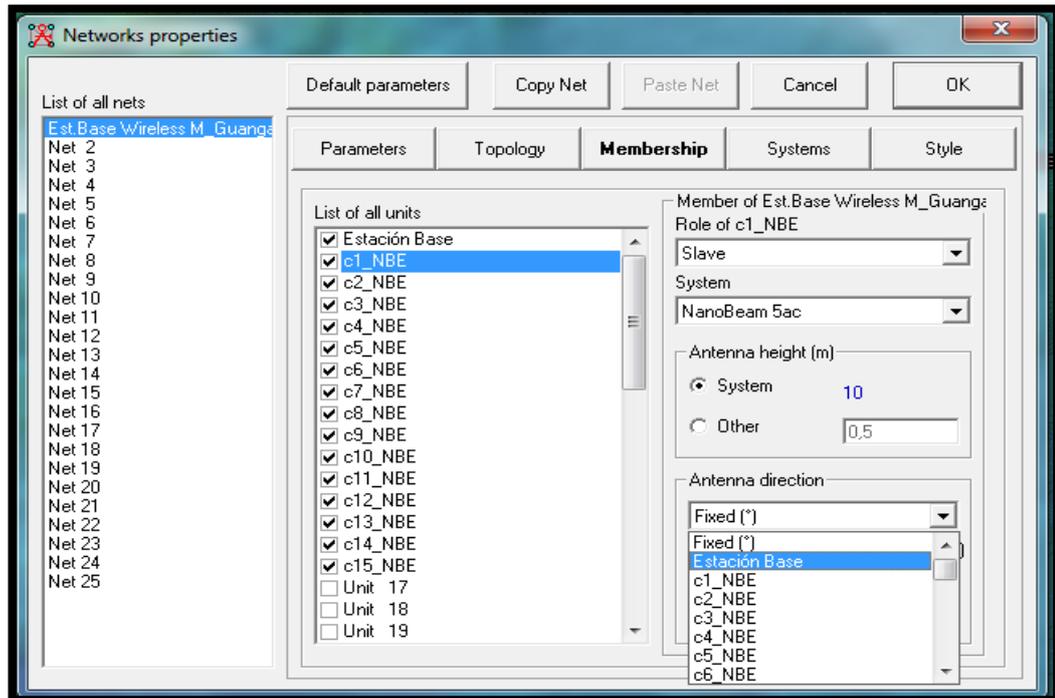


Figura 38: miembros y roles de la red del Radioenlace Manantial de Guangala
Fuente: Elaborado por el autor

En la configuración del sistema, se crea los sistemas que se utilizarán para el enlace, para esto se ingresan las características técnicas de los equipos presentados en las tablas 11,12 y 13.

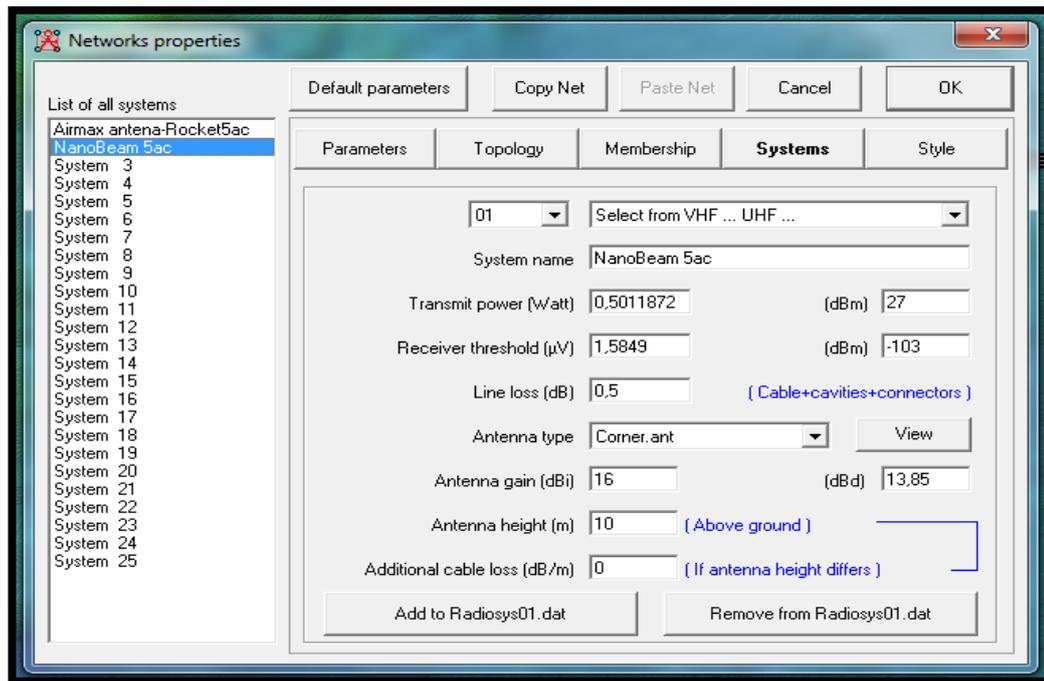


Figura 39: sistemas de la red del radioenlace Manantial de Guangala
Fuente: Elaborado por el autor

Una vez configurada la red en general, con sus parámetros y las características técnicas de los equipos propuestos, se hace uso del ícono radio link el cual nos permite visualizar el enlace punto - Multipunto entre la estación base y cada uno de los clientes, teniendo como parámetros esenciales el azimut, ángulo de elevación de la antena, pérdida en el espacio libre, zona de fresnel, nivel Rx y la distancia, para que realice el Radioenlace Manantial de Guangala.

3.4.2.1 Simulaciones Wireless con Radio Mobile

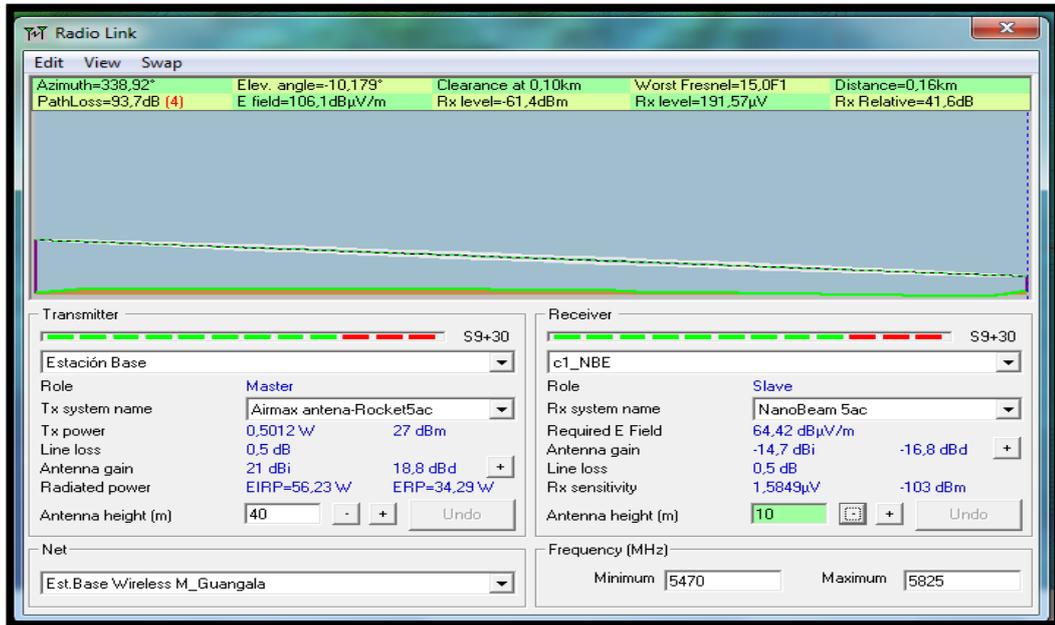


Figura 40: Radioenlace entre la estación base y el cliente c1_NBE
Fuente: Elaborado por el autor

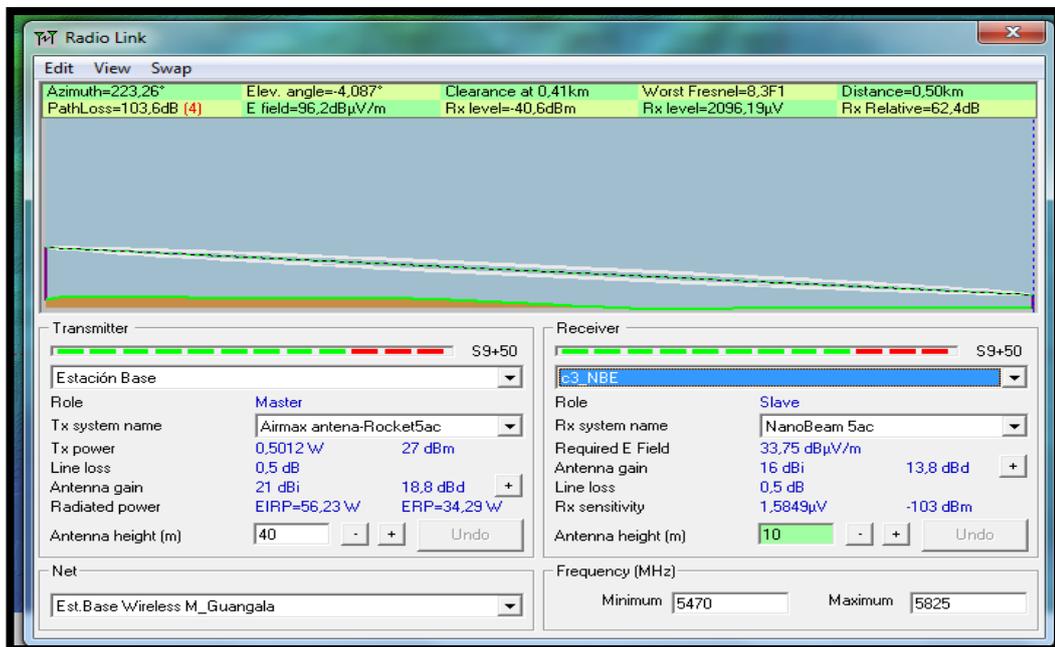


Figura 41: Radioenlace entre la estación base y el cliente c3_NBE
Fuente: Elaborado por el autor

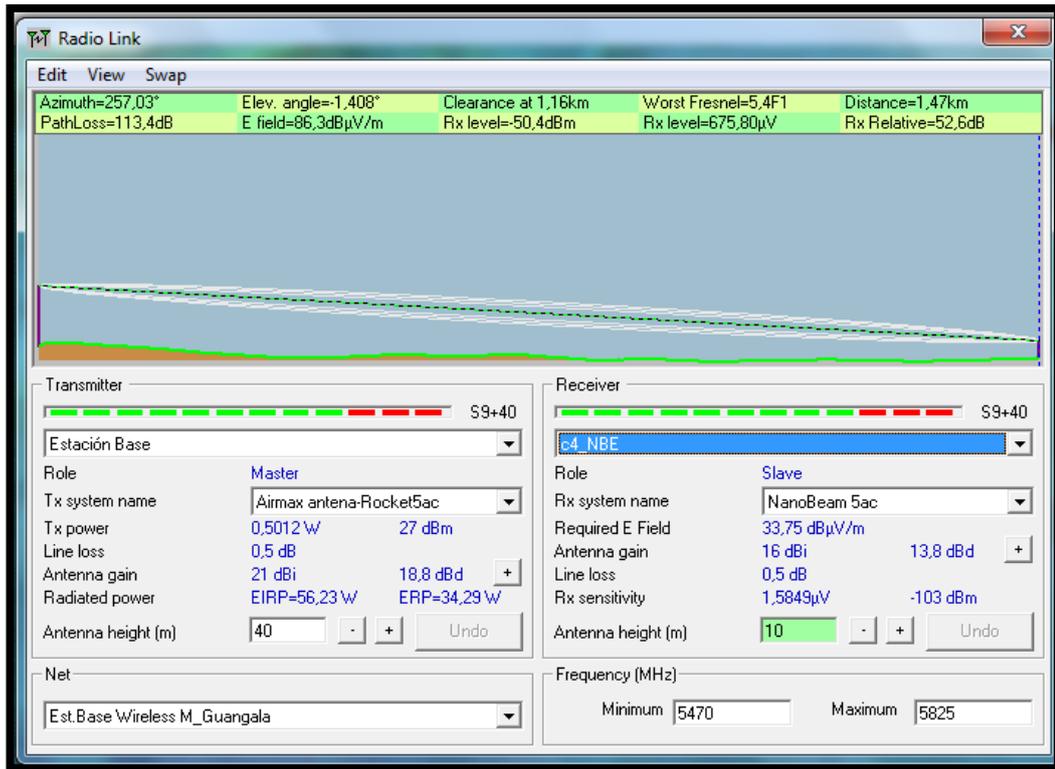


Figura 42: Radioenlace entre la estación base y el cliente c4_NBE
Fuente: Elaborado por el autor

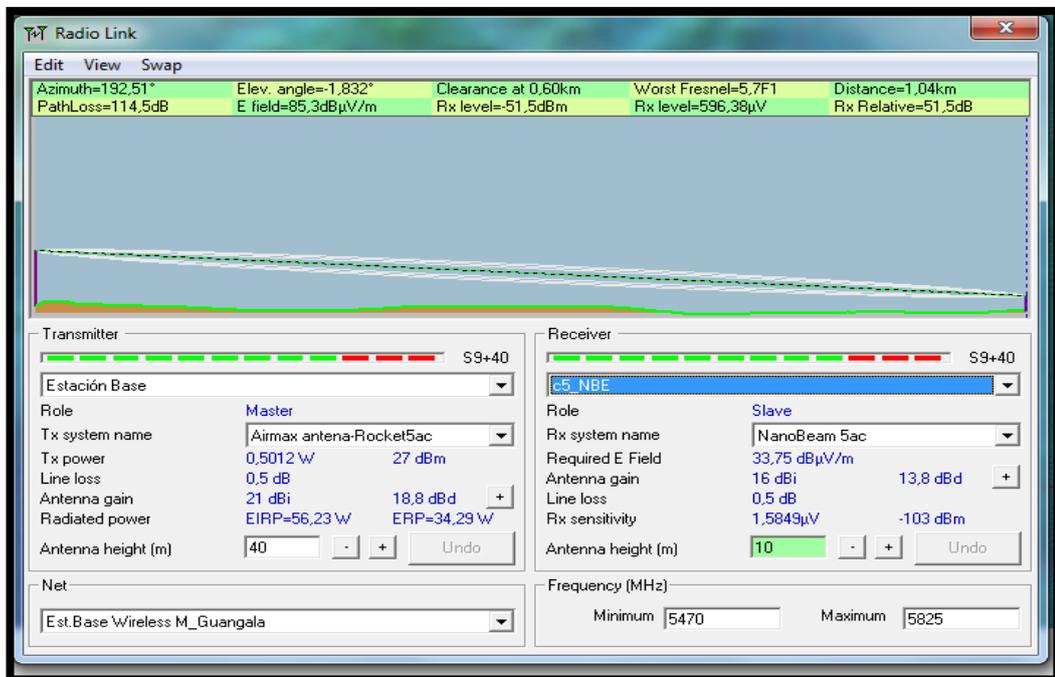


Figura 43: Radioenlace entre la estación base y el cliente c5_NBE
Fuente: Elaborado por el autor

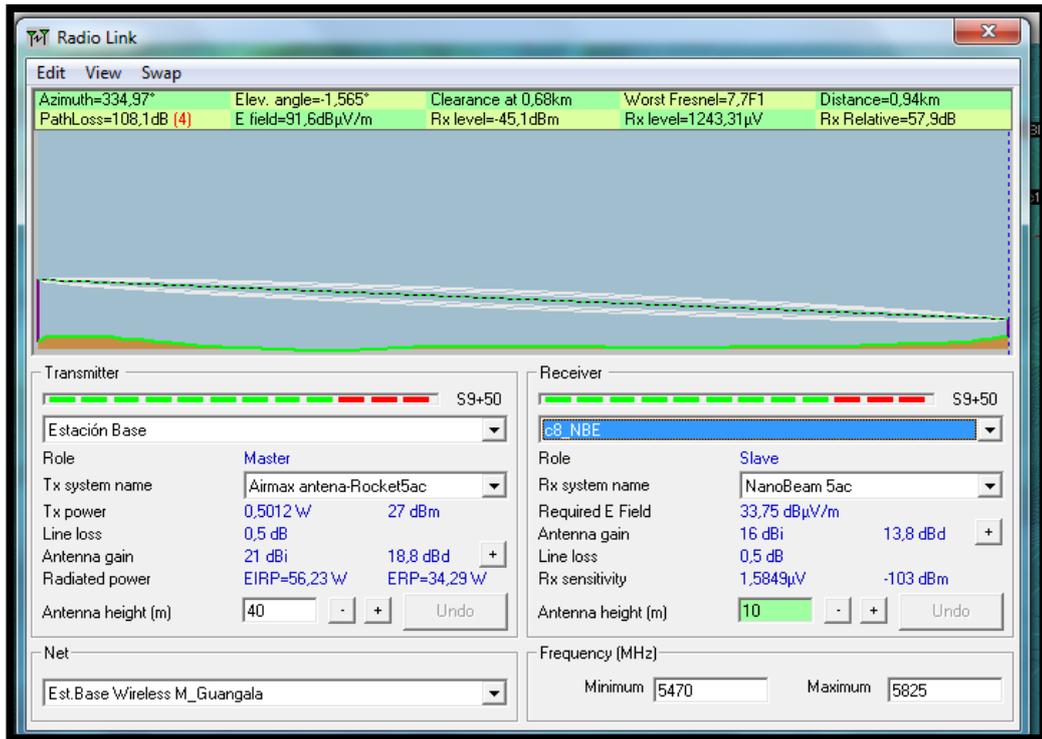


Figura 44: Radioenlace entre la estación base y el cliente c8_NBE
Fuente: Elaborado por el autor

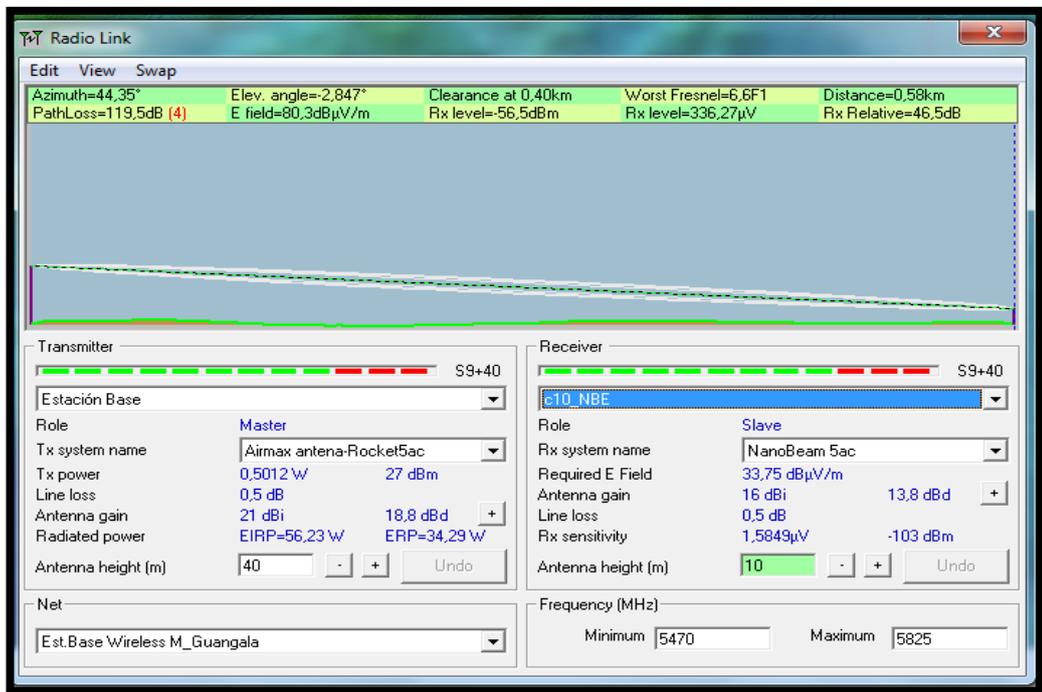


Figura 45: Radioenlace entre la estación base y el cliente c10_NBE
Fuente: Elaborado por el autor

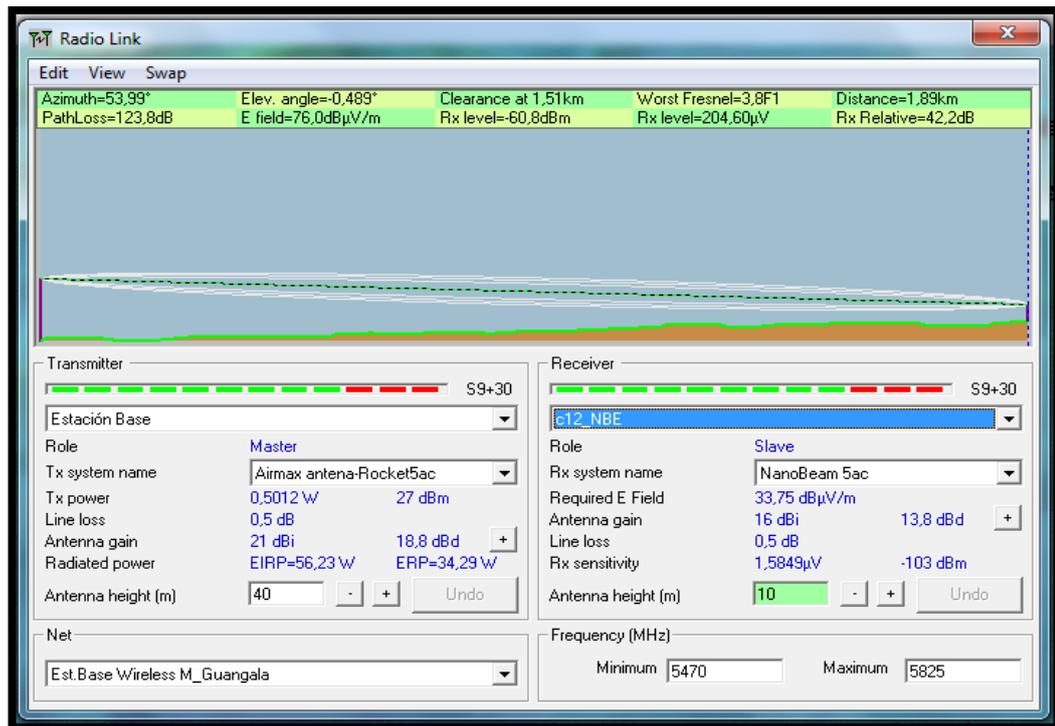


Figura 46: Radioenlace entre la estación base y el cliente c12_NBE
Fuente: Elaborado por el autor

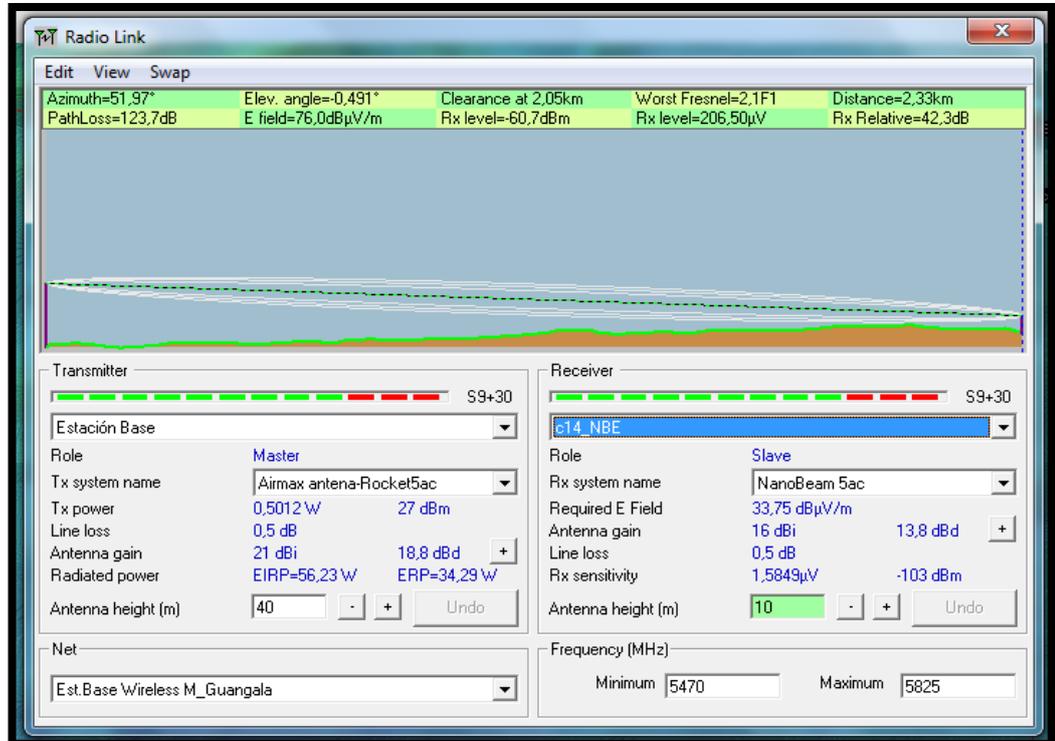


Figura 47: Radioenlace entre la estación base y el cliente c14_NBE
Fuente: Elaborado por el autor

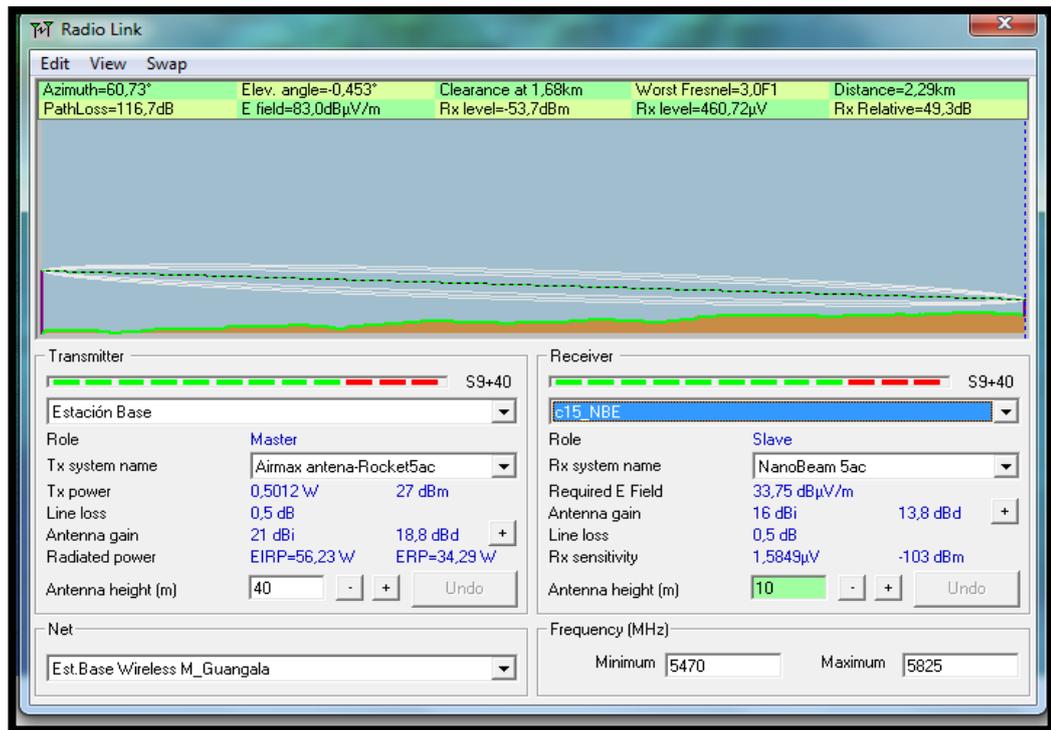


Figura 48: Radioenlace entre la estación base y el cliente c15_NBE
Fuente: Elaborado por el autor

En la figura 49, se encuentra representado el radioenlace desde la estación terrena a cada uno NBE- clientes, que por medio del programa Google Earth nos facilitó analizar el funcionamiento de la red, antes de una implementación, obteniendo resultados reales, garantizando la efectividad del diseño, y el alcance que va a tener la red propuesta.

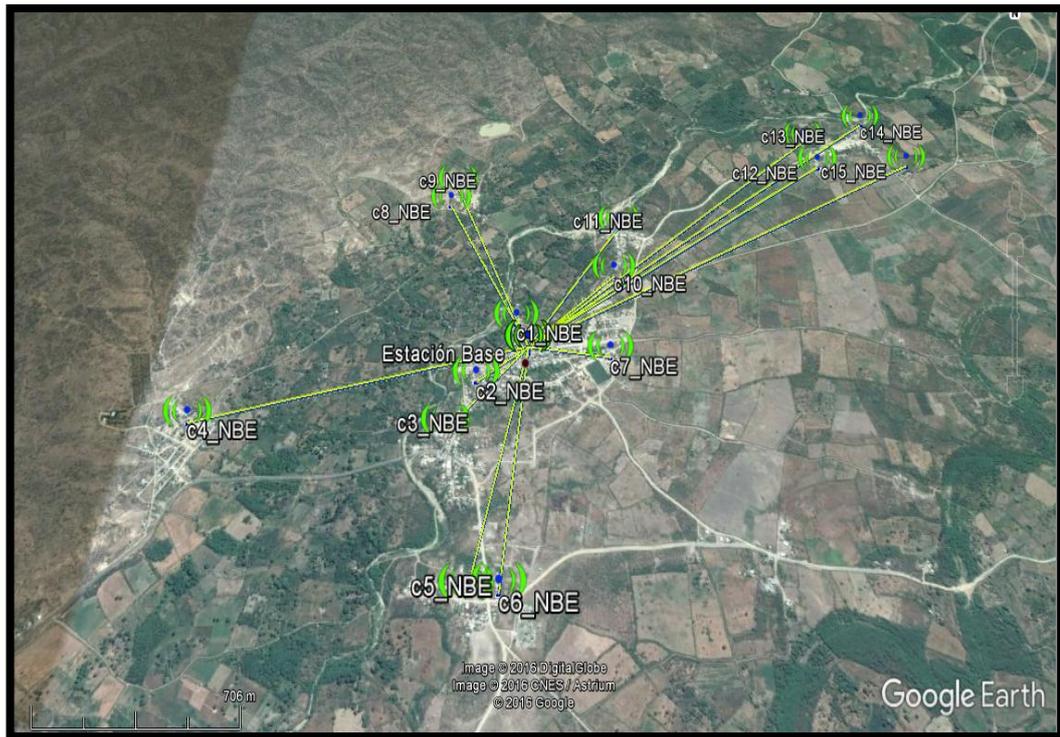


Figura 49: Simulación del Radioenlace entre la estación base y los clientes NBE
Fuente: Elaborado por el autor

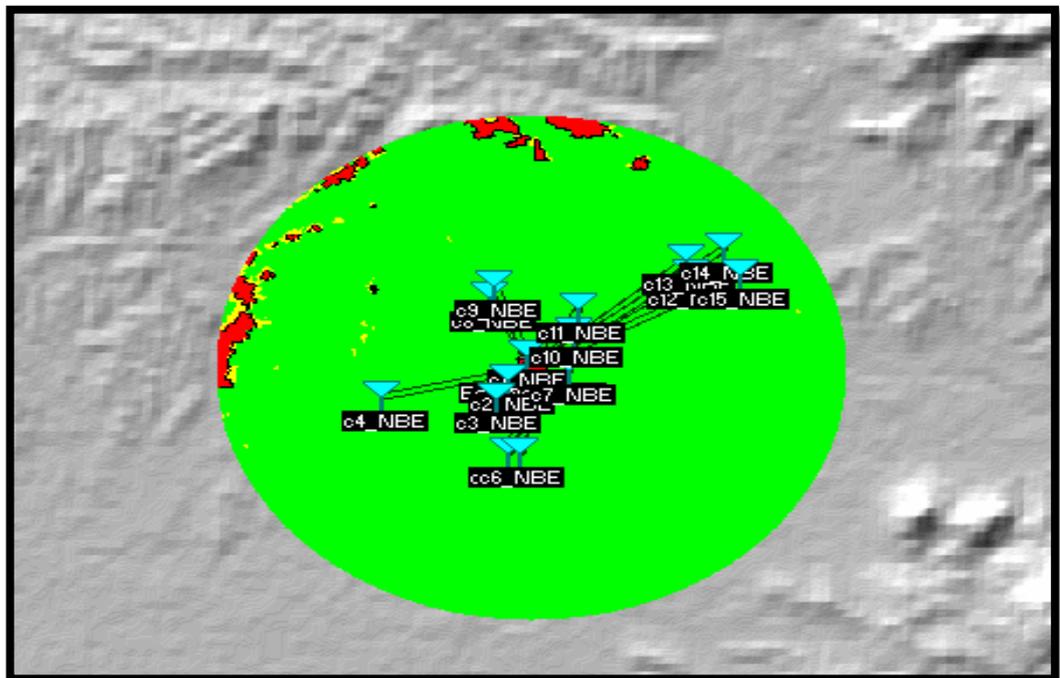


Figura 50: Simulación del Radioenlace entre la estación base y los clientes NBE considerando un diámetro de 5 Km
Fuente: Elaborado por el autor

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA Y FINANCIERA

El presente estudio determinará la viabilidad del proyecto, el enfoque técnico se basará en los recursos necesarios para la implementación del proyecto y en el ámbito financiero, el costo de equipos y sistemas reflejarán resultados que marcarán el éxito o el fracaso de ejecutar el proyecto tecnológico propuesto.

3.4.3 Factibilidad Técnica

Ofrecer un servicio que satisfaga la necesidad de una población determinada, conlleva realizar el estudio referente a los recursos o elementos físicos que conformen el sistema propuesto a implementar. Se procedió al análisis de cada uno de los elementos involucrados en el diseño de la red de comunicaciones, utilizando tecnología satelital y Wireless para la comuna Manantial de Guangala.

El acceso limitado al servicio de banda ancha por los habitantes de zonas rurales pertenecientes a la provincia de Santa Elena, específicamente a la comuna Manantial de Guangala, y la falta de interés por parte de los prestadores de servicios de internet a nivel provincial, por la poca demanda o por los costos elevados que generan implementar este tipo de servicios, ha generado encontrar una solución a esta problemática, el diseño descrito previamente, permitirá que los habitantes de la comuna tengan acceso a las tecnologías y TIC, decretado por el Gobierno Actual vigente como un derecho de cada ciudadano en el Ecuador.

Para realizar el Diseño de infraestructura de comunicaciones, se efectuó un estudio de cada uno de los equipos, las tecnologías, los protocolos, los estándares, software, el lugar de implementación de la red, y todas las medidas necesarias para diseñar una red segura y funcional, cumpliendo con el objetivo de brindar el servicio de internet a los habitantes de la comuna. La red propuesta está conformada por: Red Troncal, Red de Servidores, Red de concentración y Red de acceso.

El fin de la propuesta tecnológica consiste en diseñar un sistema con menor número de recursos para facilitar el acceso a los futuros clientes debido a que son

zonas con poca población, es por eso, que la solución más adecuada es utilizar tecnología inalámbrica en su totalidad, para la red de transporte se usará tecnología satelital permitiendo así conectarse con el ISP Telconet de forma directa utilizando dos portadoras una para la transmisión y otra para la recepción de los paquetes, para la red de concentración las antenas sectoriales seleccionadas tienen la característica adicional de tener un router integrado, permitiendo así la distribución de banda ancha a cada uno de los clientes (residenciales o corporativos), además de la instalación estratégica de las antenas para abarcar completamente la comuna, y para la red de acceso el uso de los receptores de señales, en este caso los nanobeam5ac compatibles con el nuevo protocolo 802.11ac considerado para el diseño de la red.

Los equipos seleccionados para la red de comunicaciones, consisten en: el router principal, este dispositivo permitirá el acceso de los paquetes a la red inalámbrica, firewall realizará el respectivo control de todos los paquetes que ingresen a la red, el Switch DMZ gestionará las funciones de los servidores y las restricciones, Switch de distribución designará el número de clientes que integrarán la red. Los equipos que conforman la red de acceso son las antenas sectoriales con los rocket5ac que serán ubicados en la base terrena, y los Nanobeam5ac destinados para los clientes que serán instalados en sus hogares respectivamente.

Para que exista comunicación entre la estación base y los clientes se realiza el enlace inalámbrico, aplicando la arquitectura Punto-Multipunto, se utiliza la frecuencia de trabajo de 5-5.8 GHz, siendo la banda de frecuencias libres, además de disponer del protocolo 802.11ac en cada uno de los equipos descritos previamente. La implementación del protocolo 802.11ac wave2 mejora notablemente el método de transmisión de los datos, utiliza modulación 256-QAM que permite incrementar la eficiencia en la transferencia de datos, opera en la banda de 5 GHz debido a que presenta menos ruido e interferencia de otras tecnologías, además de permitir el aumento de los canales de 40 MHz hasta 80 MHz aumentando la velocidad de datos para cada radio, tiene soporte para la tecnología MU-MIMO (Multiusuario), permitiendo la conexión de varios usuarios

al mismo tiempo, sin afectar la velocidad de los mismos. La tecnología 802.11ac tiene compatibilidad con el estándar 802.11n, a medida que progresa la transición del nuevo protocolo.

Características	IEEE 802.11n	IEEE 802.11ac-ware2
Frecuencia de operación	2,4GHz-5GHz	5 GHz
Canales	20,40 MHz	20,40,80 hasta 160 GHz
Streams	1 a 4	1 a 8
MU-MIMO	No	Si
Máxima tasa de transferencia por radio (1x1)	150 Mbps	450 Mbps
Máxima tasa de transferencia por radio (3x3)	450 Mbps	1,3 Gbps

Tabla 17: cuadro comparativo del estándar 802.11n y 802.11ac
Fuente: (WNI Mexico)

El enlace satelital tiene la característica principal de usar frecuencias independientes para la transmisión y recepción respectiva de los paquetes, evitando problemas de interferencias durante el proceso de TX y RX, además de ser un enlace directo utilizando el espectro facilitará una comunicación sencilla y funcional, siendo la adecuada para implementar en la zona de estudio de acuerdo a las necesidades que se quiere satisfacer con la propuesta tecnológica. La tecnología inalámbrica tiene la capacidad de llegar a destinos donde otros sistemas o tecnologías no pueden debido a los costos de infraestructuras de redes cableadas.

Para proveer el servicio de banda ancha a los 185 clientes potenciales, se plantea el análisis del ancho de banda que se necesitará para abastecer en su totalidad a todos los usuarios, para ello, se consideraron los siguientes términos:

G: Ancho de banda a garantizar por usuario

C: Concurrencia de las personas que utilizan internet simultáneamente

AB: Ancho de banda a contratar

Entonces, se realiza el análisis con los 185 usuarios conectados a internet simultáneamente, utilizando la siguiente fórmula:

$$AB = G * C$$

Considerando que el ancho de banda es utilizado en un 80%, se hace uso de la siguiente fórmula:

$$AB \text{ (efectivo)} = AB - 20\% (AB)$$
$$AB \text{ (efectivo)} = \text{Ancho de banda a contratar}$$

En base a los planes que se pueden ofrecer a los futuros clientes, en las tablas 18 y 19 se describen el ancho de banda necesario para el plan de 1Mbps aplicando la compartición 1:8 para clientes residenciales y compartición 1:1 para clientes corporativos.

CÁLCULO ANCHO DE BANDA	Número de usuarios	PLAN 1 Mbps Básico	Ancho de banda necesario
COMPARTICIÓN 1:8 Residenciales	180	(1Mbps*180) /8	23 Mbps

Tabla 18: cálculo de ancho de banda compartición 1:8
Fuente: Elaborado por el autor

CÁLCULO ANCHO DE BANDA	Número de usuarios	PLAN 1 Mbps Básico	Ancho de banda necesario
COMPARTICIÓN 1:1 Corporativos	5	(1Mbps*5)	5 Mbps

Tabla 19: cálculo de ancho de banda compartición 1:1
Fuente: Elaborado por el autor

Con el uso de las fórmulas descritas previamente, se determinó que aplicando la compartición 1:8 se necesitaría un ancho de banda de 23 Mbps para abastecer a todos los clientes residenciales y 5 Mbps para los clientes corporativos con compartición 1:1 que se encuentren conectados simultáneamente.

CÁLCULO ANCHO DE BANDA	Número de usuarios	PLAN 2 Mbps Normal	Ancho de banda necesario
COMPARTICIÓN 1:4 Residenciales	180	$(2 \text{ Mbps} * 180) / 4$	90 Mbps

Tabla 20: cálculo de ancho de banda compartición 1:4
Fuente: Elaborado por el autor

CÁLCULO ANCHO DE BANDA	Número de usuarios	PLAN 2 Mbps Normal	Ancho de banda necesario
COMPARTICIÓN 1:1 Corporativos	5	$(2 \text{ Mbps} * 5)$	10 Mbps

Tabla 21: cálculo de ancho de banda compartición 1:1
Fuente: Elaborado por el autor

Empleando la compartición 1:4 para el plan de 2 Mbps se determina que se necesita un ancho de banda de 90 Mbps para abastecer a los clientes residenciales y 10 Mbps con compartición 1:1 para los clientes corporativos considerando que se encuentren conectados los 185 usuarios simultáneamente.

CÁLCULO ANCHO DE BANDA	Número de usuarios	PLAN 3 Mbps Premium	Ancho de banda necesario
COMPARTICIÓN 1:2 Residenciales	180	$(3 \text{ Mbps} * 180) / 2$	270 Mbps

Tabla 22: cálculo de ancho de banda compartición 1:2
Fuente: Elaborado por el autor

CÁLCULO ANCHO DE BANDA	Número de usuarios	PLAN 3 Mbps Premium	Ancho de banda necesario
COMPARTICIÓN 1:1 Corporativos	5	(3 Mbps*5)	15 Mbps

Tabla 23: cálculo de ancho de banda compartición 1:1
Fuente: Elaborado por el autor

En la tabla 22, se presenta el ancho de banda necesario para el plan de 3 Mbps con compartición 1:2, donde se determina que 270 Mbps abastecerían en su totalidad el número de clientes residenciales. En la tabla 23 se presenta que, para el plan de 3 Mbps con compartición 1:1 se necesitarían 15 Mbps para los clientes corporativos.

Tipo de plan	Ancho de banda Necesario Clientes residenciales	Ancho de banda Necesario Clientes corporativos	Ancho de banda Total 185 usuarios
Plan Básico 1 Mbps	23 Mbps	5 Mbps	28 Mbps
Plan Normal 2 Mbps	90 Mbps	10 Mbps	100 Mbps
Plan Premium 3 Mbps	270 Mbps	15 Mbps	285 Mbps

Tabla 24: Ancho de banda necesario para 185 usuarios
Fuente: Elaborado por el autor

En la tabla mostrada anteriormente, se puede observar que con el plan básico la red propuesta estará preparada para soportar un ancho de banda de 28 Mbps considerando que los 185 usuarios estén conectados al mismo tiempo, 100 Mbps para el plan normal y 285 Mbps con el plan Premium, cabe recalcar que los valores presentados son aproximados, ya que depende del usuario que plan quiera contratar y del número de compartición de canal que prefiera.

Para el acceso del servicio de banda ancha, se plantea el uso de tecnología Wireless, el cual consiste en utilizar las antenas sectoriales Airmax complementado con el Rocket5ac, permitiendo así la conexión entre la estación base y los clientes que harán uso de los NanoBeam 5ac. Considerando las características técnicas de los equipos ya mencionados, se logró realizar la demostración de la funcionalidad de la red propuesta con el uso del Software Radio Mobile, ubicando las antenas sectoriales y los NBE en puntos estratégicos para la simulación, se comprobó que el diseño de la red de comunicaciones para la comuna Manantial de Guangala es factible técnicamente.

3.4.4 Factibilidad Financiera

Para la ejecución del proyecto, es preciso realizar la factibilidad financiera con el único propósito de conocer la viabilidad, considerando los equipos, sistemas, bienes materiales u otros. Los aspectos básicos que se ha considerado para el estudio de la factibilidad técnica del diseño de la infraestructura de comunicaciones son los siguientes:

- Infraestructura Física de la Red (dispositivos)
- Componentes lógicos de la Red (sistemas, software)
- Comunicación Inalámbrica
- Servicios de banda ancha permitidos en el Ecuador

En la tabla 25, se presentan los elementos físicos y lógicos que fueron seleccionados para la implementación de la Red, se detallan de la siguiente manera:

3.4.4.1 Presupuesto Financiero

Descripción	EQUIPO	Unidad	COSTO (\$)
Enlace Satelital	Antena Satelital Channel master SKYWARE 1.8 m ku Cable RG6 30 metros	1	1.999,00
	Equipos Satelitales banda ku ODU+IDU	1	2.300,00
Acceso Inalámbrico ISP-Base Terrena	Router principal Cisco 3845 Servicios Integrados	1	1.612,52
Conexión LAN/WAN	Switch Cisco ME 3600X-24TS	1	6.571,59
Servidores: Web, Correo DNS, Caché Facturación	Servidor HP Proliant ML380 G6 (\$1.600,00 cada uno)	4	6.400,00
Seguridad de la red	Firewall Fortigate FG 600D (\$1.012,99 c/u)	2	2.025,98
Software ISP	HotSpot Software	1	799,00
Enlace Wireless Estación Base	Airmax Antenas Sectoriales 60° AM-5AC21-60 (\$359,00 c/u)	6	2.154,00
	Rocket5ac Lite (\$217 c/u)	6	1.302,00
Enlace Wireless Cliente	NanoBeam5ac-60 (127,50 c/u)	200	25.500,00
TOTAL			51.664,09

Tabla 25: Precios de equipos de la Red Propuesta
Fuente: Elaborado por el autor

Descripción	Unidad	Precio(dólares)
Torre metálica medida: 40 metros	1	990,00
Pararrayos	1	400,00
Cable de acero, templadores para la torre	1	100,00
Luces de Baliza	1	180,00
Cable FTP cat.6- 200 m+	1	194,00
Conectores RJ-45	20	30,00
Rack	1	200,00
Regleta eléctrica para Rack	1	40,00
Instalación eléctrica	1	70,00
Extras	1	100,00
TOTAL		2.304,00

Tabla 26: Precios de Infraestructura de la Red Propuesta
Fuente: Elaborado por el autor

Los costos de los planes del servicio de banda ancha varían de acuerdo a las necesidades de los futuros clientes. En la tabla 27 se detallan los costos de los planes de acuerdo al tipo de compartición y la velocidad de transmisión para los clientes residenciales, y en la tabla 28 los costos para los clientes corporativos.

Categoría	Compartición		
	costo 1:8 1 Mbps	costo 1:4 2 Mbps	costo 1:2 3 Mbps
Residenciales	25,00	\$31,00	42,00

Tabla 27: Planes y tarifas –clientes residenciales
Fuente: Elaborado por el autor

Categoría	Compartición	Plan	Costo mensual
Corporativos	1:1	1 Mbps	\$120,00
	1:1	2 Mbps	\$180,00
	1:1	3 Mbps	\$240,00

Tabla 28: Planes y tarifas –clientes corporativos
Fuente: Elaborado por el autor

En la tabla 29 y 30, se presenta el análisis de los ingresos anuales de los clientes potenciales aplicando el plan básico. Para la proyección de estos ingresos se considerarán usuarios con planes de 1 Mbps para residenciales (compartición 1:8) y Corporativos de 1 Mbps.

Tipo de plan	Plan Básico	Número de usuarios	Total (Ingreso mensual)	Total (Ingreso anual)
Residencial	1 Mbps	180	4.500	54.000

Tabla 29: Ingresos Anuales del Plan Básico Residencial
Fuente: Elaborado por el autor

Tipo de plan	Plan	Número de usuarios	Total (Ingreso mensual)	Total (Ingreso anual)
Corporativo	1 Mbps	5	600	7.200

Tabla 30: Ingresos Anuales del Plan Básico Corporativo
Fuente: Elaborado por el autor

En la tabla 31 y 32, se presenta el análisis de los ingresos anuales de los clientes potenciales aplicando el plan normal. Para la proyección de estos ingresos se considerarán usuarios con planes de 2 Mbps para residenciales (compartición 1:4) y Corporativos de 2 Mbps.

Tipo de plan	Plan	Número de usuarios	Total (Ingreso mensual)	Total (Ingreso anual)
Residencial	2 Mbps	180	5.580	66.960

Tabla 31: Ingresos Anuales del Plan Normal Residencial
Fuente: Elaborado por el autor

Tipo de plan	Plan	Número de usuarios	Total (Ingreso mensual)	Total (Ingreso anual)
Corporativo	2 Mbps	5	900	10.800

Tabla 32: Ingresos Anuales del Plan Normal Corporativo
Fuente: Elaborado por el autor

En la tabla 33 y 34, se presenta el análisis de los ingresos anuales de los clientes potenciales aplicando el plan Premium. Para la proyección de estos ingresos se considerarán usuarios con planes de 3 Mbps para residenciales (compartición 1:2) y Corporativos de 3 Mbps.

Tipo de plan	Plan	Número de usuarios	Total (Ingreso mensual)	Total (Ingreso anual)
Residencial	3 Mbps	180	7.560	90.720

Tabla 33: Ingresos Anuales del Plan Premium Residencial
Fuente: Elaborado por el autor

Tipo de plan	Plan	Número de usuarios	Total (Ingreso mensual)	Total (Ingreso anual)
Corporativo	3 Mbps	5	1.200	14.400

Tabla 34: Ingresos Anuales del Plan Premium Corporativo
Fuente: Elaborado por el autor

De acuerdo a las alternativas de los planes de banda ancha presentados en las tablas anteriores, considerando la velocidad de transmisión y los canales asignados a cada usuario, se realiza el presupuesto final para cada una de las alternativas ya antes descritas.

Descripción	Alternativa 1 AB 25 Mbps	Alternativa 2 AB 80 Mbps	Alternativa 3 AB 230 Mbps
Adquisición de equipos	51.664,09	51.664,09	51.664,09
Infraestructura de la red	2.304,00	2.304,00	2.304,00
Ancho de banda contratado (Mbps)	1.800,00	5.600,00	14.830,00
Servicio de portador	200,00	390,00	580,00
Técnicos	2.800,00	2.800,00	2.800,00
TOTAL	\$ 58.768,09	\$ 62.758,09	\$ 72.178,09

Tabla 35: Inversión total de la red propuesta al inicio de las operaciones
Fuente: Elaborado por el autor

Para definir la inversión total de la propuesta tecnológica se realizó el análisis del presupuesto financiero teniendo en cuenta a los 185 clientes potenciales y el ancho de banda a contratar, por tal motivo, en base a los resultados obtenidos para efectos de implementación del proyecto propuesto, se concluye que, la alternativa 1 necesita \$ 58.768,09 de inversión inicial con un ancho de banda de 25 Mbps, la alternativa 2 requiere \$ 62.758,09 de inversión inicial con un ancho de banda de 80 Mbps y la alternativa 3 necesita \$ 72.178,09 para operar con un ancho de banda de 230 Mbps.

Es preciso resaltar que el valor de presupuesto financiero obtenido no incluye valores de inmuebles o enseres, así como los sueldos de los administradores, costos de operación, entre otros.

Los costos de inversión al inicio de las operaciones de la red de comunicaciones propuesta van a depender del ancho de banda contratado y del número de suscriptores de los diferentes planes propuestos por el ISP, ofreciendo un servicio estable con un ancho de banda capaz de cubrir a cada uno de los usuarios. Además que puede aumentar la cantidad de clientes y por tanto el costo de alquiler del ancho de banda variará de acuerdo a lo que se necesite para satisfacer la demanda de todos los suscriptores, con la aplicación de estrategias se podrá dar un servicio asequible y de calidad.

A continuación se realiza el cálculo de depreciación y los porcentajes de ganancia considerando la implementación de la red propuesta con una proyección de 5 años como referencia se utiliza valores de inversión inicial e ingresos anuales de la alternativa de 2 Mbps compartición 1:4 y un ancho de banda de 80 Mbps para clientes residenciales y corporativos.

	ACTIVOS FIJOS TANGIBLES		DEPRECIACIÓN						
		año 1	año 2	año 3	año 4	año 5		mensual	anual
equipos	antena satelital	1999,00	1599,20	1199,40	799,60	399,80		33,32	399,8
	equipos satelitales	2300,00	1840,00	1380,00	920,00	460,00		38,33	460
	router principal cisco	1612,52	1290,02	967,51	645,01	322,50		26,88	322,50
	Switch cisco	6571,59	5257,27	3942,95	2628,64	1314,32		109,53	1314,32
	seguridad(firewall)	2025,98	1620,78	1215,59	810,39	405,20		33,77	405,196
	Software	799,00	639,20	479,40	319,60	159,80		13,32	159,8
	servidores HP Proliant	6400,00	5120,00	3840,00	2560,00	1280,00		106,67	1280
	Antenas sectoriales+Rockets	3456,00	2764,80	2073,60	1382,40	691,20		57,60	691,2
	antenas clientes	25500,00	20400,00	15300,00	10200,00	5100,00		425,00	5100
infraestructura	torre metálica de 40 metros	990,00	792,00	594,00	396,00	198,00		16,50	198,00
	pararrayos	400,00	320,00	240,00	160,00	80,00		6,67	80,00
	cables de acero, templadores	100,00	80,00	60,00	40,00	20,00		1,67	20,00
	luces de baliza	180,00	144,00	108,00	72,00	36,00		3,00	36,00
	cable FTP	194,00	155,20	116,40	77,60	38,80		3,23	38,80
	Conectores Rj-45	30,00	24,00	18,00	12,00	6,00		0,50	6,00
	Rack	200,00	160,00	120,00	80,00	40,00		3,33	40,00
	regleta eléctrica	40,00	32,00	24,00	16,00	8,00		0,67	8,00
Administración	muebles y enseres de oficina	1600,00	1280,00	960,00	640,00	320,00		26,67	320,00
	climatización (A/A)	2000,00	1600,00	1200,00	800,00	400,00		33,33	400,00
	gastos de legalización	3600,00	2880,00	2160,00	1440,00	720,00		60,00	720,00
							total mensual	1018,63	
	inversión fija	59998,09						total anual	11999,62
							depreciación		11999,62

Tabla 36: depreciación de equipos a 5 años

Fuente: Elaborado por el autor

descripción	valor sin depreciar	deprec.anual
equipos	50664,09	10132,82
infraestructura	2134,00	426,80
administración	7200,00	1440,00
depreciación total		11999,62

Tabla 37: descripción de la depreciación con proyección a 5 años
Fuente: Elaborado por el autor

ACTIVOS FIJOS TANGIBLES	
Administración	
Ancho de banda 80 Mbps	5600,00
servicio de portador	390,00
personal técnico	2800,00
mantenimiento	560,00
Servicio telefónico	760
servicios básicos(agua y luz)	220,00
total	10330,00
depreciación mensual	1018,63
SUMAN	11348,63
inversión fija tangible	59998,09
Valor total de inv. con depreciación	71346,72
inversión fija tangible	59998,09
inversión fija administración	10330,00
depreciación	11999,62
inversión total del proyecto	70328,09

Tabla 38: descripción de la depreciación con proyección a 5 años
Fuente: Elaborado por el autor

En la tabla 37, se presenta la depreciación de los equipos, infraestructura y administración con una proyección a 5 años, obteniendo el valor de \$11.999,62. Se consideró los activos fijos tangibles y los activos fijos de administración, logrando con esto obtener el valor de \$70.328,09 que se necesitará como inversión total para la ejecución del proyecto presentado en la tabla 38.

Como alternativa de financiamiento, se considera realizar un préstamo que cubra el 70% de la inversión total, y el 30% estará bajo responsabilidad propia, como se detallan a continuación:

Alternativa de Financiamiento		
	%	\$(dólares)
valor total del proyecto	100	70328,09
préstamo financiero	70	49229,66
fondo propio	30	21098,43

Tabla 39: Alternativa de Financiamiento

Fuente: Elaborado por el autor

Para cubrir en totalidad el pago del préstamo, se realiza el cálculo del valor de interés, la amortización y los valores de cuotas anuales d que se deberán cancelar por el préstamo. A continuación se detallan en la tabla 40:

Tabla de Amortización e Intereses				
Dividendos	C.I.P.	Intereses	Amortización	Dividendos
1	49.229,66	7.384,45	7.301,52	14.685,97
2	41.928,14	6.289,22	8.396,75	14.685,97
3	33.531,38	5.029,71	9.656,27	14.685,97
4	23.875,12	3.581,27	11.104,71	14.685,97
5	12.770,41	1.915,56	12.770,41	14.685,97
		24.200,21	49.229,66	
Tasa Interés anual		15%		
Plazo		5 años		

Tabla 40: Amortización e Interés del Préstamo

Fuente: Elaborado por el autor

En la siguiente tabla, se presentan los costos relacionados con la operación del proyecto, que se componen de los costos fijos y de los costos variables, siendo fundamental considerar estos valores para hallar el estado de las pérdidas y ganancias posteriormente.

Costos de Operación Anual			
Detalle de Partidas		Variables	Fijos
Pólizas de Seguros 8%	4.223,85		CF
Varios e imprevistos de los demás	2.000,00	CV	
Depreciación activos de Operación	10.559,62		CF
SUMAN	16.783,47		
Costos Variables			
Varios e imprevistos	2.000,00		
SUMAN	2.000,00		
Costos Fijos			
Pólizas de Seguros 8%	4.223,85		
Depreciación activos de Operación	10.559,62		
SUMAN	14.783,47		

Tabla 41: Costos de Operación
Fuente: Elaborado por el autor

Gastos Generales Anuales			
Detalle de Partidas		Variables	Fijas
Sueldo Administrador	10.000,00	GV	
Sueldo de Técnicos	6.800,00	GV	
Gastos de puesta en marcha	2.000,00		GF
Alquiler de establecimiento	1.400,00		GF
Vendedores	7.800,00	GV	
Energía, agua, teléfono	4.000,00	GV	
Depreciación activos adminstrat.	1.440,00		GF
SUMAN	33.440,00		

Tabla 42: Gastos Generales Anuales
Fuente: Elaborado por el autor

En la tabla 42, se describen los gastos generales anuales, donde se toma en cuenta el sueldo de administrador, sueldos de técnicos, alquiler de establecimiento, los servicios básicos, el servicio de vendedores, se clasifican en gastos fijos y gastos variables.

Para analizar la viabilidad del proyecto, es preciso tomar en cuenta los ingresos que tendrá la red propuesta, para ello se consideró 185 clientes potenciales, contratando el plan de 2 Mbps con compartición 1:4 residenciales y compartición 1:1 corporativos.

clientes	# de clientes	plan contratado	Ingreso anual
residenciales	180	plan 2 Mbps	66960,00
corporativos	5	plan 2 Mbps	10800,00
		total ingreso anual	77760,00

Tabla 43: Ingresos Anuales contratando el plan de 2 Mbps

Fuente: Elaborado por el autor

En la tabla 44, se presenta el estado de las pérdidas y las ganancias obtenidas de la contratación de planes del servicio, en la tabla 45 se detalla el flujo de caja, teniendo una proyección de 5 años, lo que permite calcular el VAN y el TIR, siendo los parámetros fundamentales para determinar si la presente propuesta es viable financieramente.

ESTADO DE PÉRDIDAS Y GANANCIAS					
10% anual sobre todos los costos y gastos					
Detalle	año 1	año 2	año 3	año 4	año 5
Ingresos	77.760,00	85.536,00	94.089,60	103.498,56	113.848,42
Costos de Operación	16.783,47	18.461,81	20.307,99	22.338,79	24.572,67
Variables	2.000,00	2.200,00	2.420,00	2.662,00	2.928,20
Fijos	14.783,47	16.261,81	17.887,99	19.676,79	21.644,47
Utilidad Bruta	60.976,53	67.074,19	73.781,61	81.159,77	89.275,74
Gastos de Operación	33.440,00	36.784,00	40.462,40	44.508,64	48.959,50
Variables	29.600,00	32.560,00	35.816,00	39.397,60	43.337,36
Fijos	4.840,00	5.324,00	5.856,40	6.442,04	7.086,24
Utilidad Operacional	27.536,53	30.290,19	33.319,21	36.651,13	40.316,24
Gastos Financieros	7.384,45	6.289,22	5.029,71	3.581,27	1.915,56
Amortización Préstamo	7.301,52	8.396,75	9.656,27	11.104,71	12.770,41
Amortización Inv. Propia	4.219,69	4.219,69	4.219,69	4.219,69	4.219,685
Total Gastos Financieros	18.905,66	18.905,66	18.905,66	18.905,66	18.905,66
Utilidad del Ejercicio	8.630,88	11.384,53	14.413,55	17.745,47	21.410,58
(- 15% Utilidades)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Utilidad líquida	8.630,88	11.384,53	14.413,55	17.745,47	21.410,58
(- Impuesto a la Renta)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Utilidad Neta	8.630,88	11.384,53	14.413,55	17.745,47	21.410,58
Total Renta /Ingresos	11,10%	13,31%	15,32%	17,15%	18,81%
Total Renta / Inversión T.	12,27%	16,19%	20,49%	25,23%	30,44%

Tabla 44: Estado de Pérdidas y Ganancias

Fuente: Elaborado por el autor

Flujo de Caja y Valor Actual VA							
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	VAN
Ingresos		77.760,00	85.536,00	94.089,60	103.498,56	113.848,42	474.732,58
Costos Operativos Anuales							
Costos Fijos		-4.223,85	-4.223,85	-4.223,85	-4.223,85	-4.223,85	-21.119,24
Costos Variables		-2.000,00	-2.200,00	-2.420,00	-2.662,00	-2.928,20	-12.210,20
Gastos Fijos (sin depreciac.)		-3.400,00	-3.400,00	-3.400,00	-3.400,00	-3.400,00	-17.000,00
Gastos Variables		-29.600,00	-32.560,00	-35.816,00	-39.397,60	-43.337,36	-180.710,96
UTILIDAD BRUTA		38.536,15	43.152,15	48.229,75	53.815,11	59.959,01	243.692,18
Impuesto a la Renta		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
UTILIDAD NETA		38.536,15	43.152,15	48.229,75	53.815,11	59.959,01	243.692,18
Depreciación Total		11.999,62	11.999,62	11.999,62	11.999,62	11.999,62	59.998,09
Inversión Financiera	-49229,66	7.301,52	8.396,75	9.656,27	11.104,71	12.770,41	0,00
Inversión Propia	-21098,43	4.219,69	4.219,69	4.219,69	4.219,69	4.219,69	0,00
FLUJO DE CAJA	-70.328,09	15.015,32	18.536,10	22.354,18	26.491,10	30.969,29	303.690,27

Tabla 45: Flujo de caja y Valor Actual VA
Fuente: Elaborado por el autor

$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{Q_n}{(1+TIR)^n} - 1 = 0$	VAN=12.759,47
$TIR = \sum_{t=0}^n \frac{F_n}{(1+i)^n} = 0$	TIR= 16%
$PE = \frac{CFT}{1 - \frac{CVT}{Ventas}}$	PE=18.525,65

Tabla 46: Resultados de VAN, TIR
Fuente: Elaborado por el autor

En base a los resultados presentados en la tabla 46, se determina que el proyecto me genera una tasa interna de retorno del 16% (TIR), el valor actual neto de \$12.759,47(VAN), dando como resultado que el proyecto es viable financieramente.

Los precios de los planes, sistemas y equipos se basaron en valores referenciales que actualmente ofrece el mercado laboral, utilizados en la presente propuesta tecnológica.

3.4.5 Resultados

Enlace Satelital

Simulación Satmaster Pro

Con la utilización del software Satmaster Pro se determinó que la efectividad del sistema satelital VSAT va a depender de la Ganancia de la antena receptora, a mayor ganancia se tendrá mejor calidad del enlace entre los puntos de estudio separados geográficamente, la temperatura del LNB-LNA debe ser menor para que la calidad de la señal se mantenga estable, otros factores que pueden ocasionar pérdidas de la señal son las lluvias, absorción atmosférica y pérdidas en el espacio libre, aunque eso no se puede controlar, ya que son fenómenos de la naturaleza.

La potencia isotrópica de la antena transmisora más conocido como PIRE se considera como parámetro fundamental para el enlace ascendente, siendo responsabilidad directa del ISP, donde deberá utilizar valores óptimos de PIRE, SFD(Densidad de factor de potencia), banda de frecuencias de trabajo, el esquema de modulación y otros, con el fin de garantizar el funcionamiento del sistema al mantener un bajo nivel de ruido y un BER(Bit Error Rate) controlado, ya que pueden afectar la calidad del enlace y por lo tanto disminuir la disponibilidad de comunicarse entre los dos puntos alejados geográficamente.

Enlace Wireless f.5-5.8 GHz

Simulación Radio Mobile

Una vez realizada la simulación se pudo observar que al utilizar la frecuencia de trabajo de 5GHz, con los equipos Airmax, Rocket5ac para la estación base y los

NanoBeam5ac para los clientes, con versión mejorada del protocolo 802.11ac, el radioenlace propuesto funciona eficientemente, los obstáculos presentes en cada uno de los enlaces es menor, no hay edificios ni montañas prominentes, y si lo hubiere se consideró usar una torre de 40 metros, y en los usuarios instalar los NBE a la altura de 10 metros, facilitando el radioenlace, con el arreglo de antenas sectoriales se podrá cubrir en su totalidad la comuna Manantial de Guangala, alcanzando distancias máximas de 5 a 10 Kilómetros, llegando al cliente más lejano del centro de la comuna.

CONCLUSIONES

El presente proyecto me ha permitido conocer las falencias que tienen los sectores poco atractivos por los prestadores de servicios Tic's reflejados en informes estadísticos presentados por el INEC, considerando el factor económico relevante para la implementación de servicios de telecomunicaciones con fibra óptica, ADSL, enlaces microondas, entre otros.

La tecnología inalámbrica se presenta como una solución apropiada para llegar a sectores donde otras tecnologías no llegan, debido a la inversión que generaría y a la poca demanda que poseen estas poblaciones, aportando al desarrollo de estos sectores y por ende a sus pobladores en general.

El crecimiento integral que genera la implementación de tecnologías inalámbricas en la actualidad, ha permitido encontrar una solución a la problemática que enfrentan las zonas rurales en la provincia de Santa Elena con la presente propuesta, las limitaciones para acceder a un servicio de banda ancha ha provocado el estancamiento de zonas o comunidades económicamente activas.

La infraestructura de comunicaciones propuesta tendrá la capacidad de crecimiento de acuerdo al incremento de suscriptores para la prestación del servicio, puesto que, se considera la escalabilidad como una característica fundamental para el desarrollo de la red al incluir recursos tecnológicos a nivel físico y de software sin que esto genere problemas en la calidad de servicio al usuario.

La seguridad es una característica importante para el funcionamiento óptimo de la red de comunicaciones, por esa razón se considera necesario el uso de configuraciones clúster físicas o lógicas con el propósito de garantizar la prestación del servicio de banda ancha de forma segura.

Para garantizar el correcto funcionamiento del diseño de la red propuesta se hizo uso de simuladores como Satmaster pro y Radio Mobile, los cuales me

permitieron conocer que parámetros son esenciales para un enlace satelital entre el Hub ISP y la estación terrena, el alcance de cobertura que tendrá la red considerando las características técnicas de equipos y del espectro electromagnético al utilizar tecnología WIFI para llegar a los usuarios en las zonas rurales.

Para las simulaciones se determinaron puntos estratégicos de la ubicación de la estación terrena para el enlace satelital, y de los posibles clientes que tendrían el servicio de internet para los radioenlaces con tecnología WIFI, logrando abarcar la cobertura total de la comuna y de los lugares más alejados de la estación inalámbrica.

La red de acceso propuesta con tecnología WIFI permite configurar los radioenlaces con menor número de equipos sin mayor dificultad con los obstáculos que se puedan presentar, ofreciendo flexibilidad a los usuarios finales, siendo esta solución viable para las zonas rurales de la provincia de Santa Elena.

La implementación del protocolo 802.11ac a equipos inalámbricos que operan en la banda de 5-5.8GHz y utilizan tecnología MU-MIMO, permiten conexiones a mayor número de usuarios, siendo más eficiente al ofrecer altas velocidades de transmisión, y además, con el aumento de canales se aprovecha al máximo el ancho de banda disponible disminuyendo las interferencias que debilitan las señales.

El ancho de banda seleccionado cumple con el objetivo de ofrecer un servicio de calidad aceptable y sostenible económicamente por el usuario, se considera que en el futuro la demanda del servicio aumente en estas zonas, se recupera la inversión y comience a generar ganancias fortaleciendo el crecimiento de la red de comunicaciones. El análisis técnico y financiero me permitió demostrar que la presente propuesta cumple con el propósito de dar un servicio de banda ancha a los pobladores de la comuna, tomando en cuenta los parámetros necesarios para su implementación en un futuro.

RECOMENDACIONES

Para la implementación de la presente propuesta tecnológica es preciso tener conocimientos de las siguientes áreas: reglamentos o condiciones jurídicas de telecomunicaciones en el Ecuador, diseño de redes de comunicaciones, redes inalámbricas, seguridad de redes inalámbricas, servidores, software para la configuración de servidores, equipos de comunicaciones inalámbricas, infraestructura de redes inalámbricas y torres de comunicaciones, mercadeo, ventas, servicios a ofrecer, etc. Para ello se debe contar con personal capacitado que cumpla con los requerimientos planteados.

Para la instalación de las antenas transmisoras y receptoras, se debe aplicar las normativas de seguridad ya definidas por las entidades reguladoras de las telecomunicaciones a nivel mundial tales como la ITU, IEEE, ANSI, TIA entre otros.

Es preciso utilizar simuladores antes de implementar físicamente los enlaces, ya que permite analizar qué factores podrían interferir en las comunicaciones estación base y clientes, con el fin de encontrar una solución en caso de presentarse alguna anomalía.

Para el uso de banda de frecuencias libres se deberán tomar las medidas necesarias de acuerdo a la demanda del uso de frecuencias no licenciadas 2,4 GHz y 5 GHz, para la elección de dispositivos que puedan alcanzar un alto rendimiento durante el funcionamiento de las redes de comunicaciones.

Los proveedores de servicios de internet deben tener la capacidad de crecimiento, por ello es conveniente presentar nuevas alternativas de servicio para comunidades rurales en el país, generando proyectos sostenibles y viables, permitiendo el incremento de usuarios suscriptores en todo el Ecuador.

Bibliografía

- ASOCIACION IBEROAMERICA DE CENTROS DE INVESTIGACION Y EMPRESAS DE TELECOMUNICACIONES. (Febrero de 2013). *PLANES DE BANDA ANCHA EN AMERICA LATINA*. Uruguay
- AGENCIA DE REGULACION Y CONTROL DE LAS TELECOMUNICACIONES. (Noviembre, 2015). *BOLETIN ESTADISTICO DEL SECTOR DE TELECOMUNICACIONES*.
- Carrera, M. (2 de Julio de 2011). *REDES DE ACCESO*. Recuperado de <http://redesaccesomichelle.blogspot.com/2011/07/scpc-single-channel-per-carrier.html>
- COMISION ECONOMICA PARA AMERICA LATINA Y EL CARIBE. (Julio de 2015). ESTADO DE LA BANDA ANCHA EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE 2015. Santiago de Chile, Chile.
- Cisco, Sophos, & Fortinet. (s.f.). Recuperado de www.cisco.com;www.fortinet.com;www.sophos.com
- CiscoSystem, Hewlett-Packard-Enterprise-Development, & Trendnet. (s.f.). Recuperado de www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/switches/me-2600x-series-ethernet-access-switches/data_sheet_c78-726235.pdf; www.hpe.com/h20195/v2/getpdf.aspx/4aa1-7808enw.pdf; www.trendnet.com/support/supportdetail.asp?prod=140_TEG-240WS
- CompanyHewlett-PackardDevelopment, & SystemCisco. (s.f.). *Hewlett-Packard Development Company*. Recuperado de Cisco System: www5.hpe.com;www.cisco.com
- Dell, & Hewlett-Packard-Enterprise-Development-LP. (s.f.). *DELL*. Recuperado de www.dell.com;www2.hpe.com
- Fanola, W. (1 de Febrero de 2016). *INGENIERIA DE TELECOMUNICACIONES Y REDES VSAT*. Recuperado de <http://www.wilfredofanola.com/2016/02/01/tecnologia-vsate-como-solucion-de-bajo-costo-para-enlazar-estaciones-repetidoras-de-radio-y-tv-a-nivel-nacional/>
- Figueroa, F. P. (2010). *DISEÑO DE LA RED PARA UN WIRELESS INTERNET SERVICE PROVIDER(WIPS) PARA EL CANTÓN YANTZAZA*. Tesis de grado. Cuenca .
- Galindo, C. (8 de Agosto de 2013). *LA RAZÓN*. Recuperado el 20 de Septiembre de 2016, de www.la-razon.com
- Globaltelesat.com. (s.f). *Globaltelesat*. Recuperado de <http://globaltelesat.com/wordpress/es/que-es-una-vsate/>
- GOBIERNO AUTONOMO DESCENTRALIZADO PARROQUIAL COLONCHE. (s.f.). *COMUNA MANANTIAL DE GUANGALA*. Recuperado el 20 de Septiembre de 2016, de www.colonche.gob.ec

- HOTSPOTSYSTEM. (s.f.). Recuperado de <http://www.hotspotsystem.com/es>
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICOS Y CENSOS. (2015). *CENSO POBLACIONAL*. Guayaquil.
- Mitchell, B. (1 de Octubre de 2016). *LIFEWIRE*. Recuperado de <https://www.lifewire.com/wireless-standards-802-11a-802-11b-g-n-and-802-11ac-816553>
- Montenegro, D. (5 de Julio de 2011). Recuperado de [Redes%20De%20Acceso.htm](#)
- Nodal. (2016). *Nodal*. Recuperado el 20 de Septiembre de 2016, de www.nodal.com
- Openboxer. (s.f.). *Openboxer*. Recuperado de www.openboxer.260mb.com/asignaturas/redes/estandarIEEE802.doc
- Pastrán. (20 de septiembre de 2016). *COMUNICACIONES CON SATÉLITES*. Nicaragua.
- ResourcesSatcom, & ViaSatelital. (s.f.). *Satcom Resources*. Recuperado de <http://www.satcomresources.com>, www.viasatelital.com
- Rosales, M. (2015). ENCUESTA 2015. *PLAN DE DESARROLLO ECONOMICO PARA LA COMUNA MANATIAL DE GUANGALA, PARROQUIA COLONCHE, CANTON SANTA ELENA, PROVINCIA DE SANTA ELENA, AÑO 2015. Tesis de grado. SANTA ELENA, SANTA ELENA.*
- Routerboard, Motorola, & Canopy. (s.f.). Recuperado de [:www.routerboard.com](http://www.routerboard.com), www.motorola.com/canopy, www.ubnt.com
- SatlexDigital. (s.f.). *Satlex Digital*. Recuperado de www.satlex.it
- Senplades. (24 de Junio de 2013). *SECRETARIA NACIONAL DE PLANIFICACIÓN Y DESARROLLO*. Recuperado el 2016, de senplades@senplades.gob.ec
- Servisat, & Hughes. (s.f.). *STM*. Recuperado de Hughes: www.servisat.com; www.hughes.com
- Telesat. (s.f.). *www.telesat.com*. Recuperado el 23 de Abril de 2016, de TELESAT: <http://www.telesat.com>
- Ubiquiti-Network. (s.f.). *ROCKETS 5AC*. Recuperado de https://dl.ubnt.com/datasheets/RocketAC/Rocket5ac_DS.pdf
- Ubiquiti-Network. (s.f.). *AIRMAX ANTENAS SECTORIALES*. Recuperado de [:https://dl.ubnt.com/datasheets/airMAX_ac_Sector/airMAX_ac_Sector_Antennas_DS.pdf](https://dl.ubnt.com/datasheets/airMAX_ac_Sector/airMAX_ac_Sector_Antennas_DS.pdf)
- Valenzuela, J. P. (Enero de 2010). *MIGRACIÓN DE PLATAFORMA SATELITAL DVB-S A DVB-S2 PARA EL SERVICIO DTH*. Santiago de Chile. Recuperado de http://www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile/2010/cf-valenzuela_jq/pdfAmont/cf-valenzuela_jq.pdf

Viasatelital, & Anasat. (s.f.). Recuperado de
www.viasatelital.com;http://www.servisat.com

Villao, F. (2006). *LEY DE TELECOMUNICACIONES EN EL ECUADOR*. Guayaquil

WNI Mexico. (s.f.). *ESTANDAR INALAMBRICO 802.11AC*. Recuperado de
http://www.wni.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=75:80211ac&catid=31:general&Itemid=79

ANEXOS

ANEXO1: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS ANTENA SKYWARE GLOBAL

Type 180: 1.8m Receive-Only Antenna System



PRODUCT SPECIFICATIONS

Detail Photos
(on right from top to bottom)

- Pre-assembled Az/EI Mount
- Fine-elevation adjustment with stamped degree scale
- Ku feed assembly with LNB cover



1.8 m Receive-Only Antenna System

TYPE 180

The Skyware Global 1.8 m Type 180 Offset Antenna is a rugged commercial grade product suitable for the most demanding applications. The reflector is thermoset-molded for strength and surface accuracy. Molded into the rear of the reflector is a network of support ribs which not only strengthens the antenna, but also helps to sustain its critical parabolic shape.

- All materials comply with EU directive No. 2002/95/EC (RoHS).
- One-piece thermoset-molded offset reflector.
- Single bolt fine elevation adjustment.
- Fine azimuth adjustment.
- Galvanized 19 mm (.75") O.D. feed support legs.

The one-piece reflector is thermoset-molded for strength and surface accuracy.

• PRODUCT SPECIFICATIONS	1.8m Receive Only Antenna System																																																						
RF Performance	Mechanical Performance																																																						
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th style="text-align: center;">C-band</th> <th style="text-align: center;">Ku-band</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Effective Aperture</td> <td style="text-align: center;">1.8 m (71 in)</td> <td style="text-align: center;">1.8 m (71 in)</td> </tr> <tr> <td>Operating Frequency</td> <td style="text-align: center;">3.7 - 4.2 GHz</td> <td style="text-align: center;">10.95 - 12.75 GHz</td> </tr> <tr> <td>Polarization</td> <td style="text-align: center;">Linear (Circular Optional)</td> <td style="text-align: center;">Linear (Circular Optional)</td> </tr> <tr> <td>Gain @ 3.95/11.95 GHz ...</td> <td style="text-align: center;">35.3 dBi</td> <td style="text-align: center;">45.5 dBi</td> </tr> <tr> <td>3 dB Beamwidth</td> <td style="text-align: center;">3.0°</td> <td style="text-align: center;">1.0°</td> </tr> <tr> <td>Antenna Noise Temperature @ 30° Elevation</td> <td style="text-align: center;">36° K</td> <td style="text-align: center;">31° K</td> </tr> <tr> <td>VSWR*</td> <td style="text-align: center;">1.4:1</td> <td style="text-align: center;">1.3:1</td> </tr> <tr> <td>Antenna Cross Polarization</td> <td style="text-align: center;">30 dB on Axis (Linear)</td> <td style="text-align: center;">30 dB on Axis (Linear)</td> </tr> <tr> <td>Feed Interface</td> <td style="text-align: center;">.CPR-229</td> <td style="text-align: center;">WR75 Flat Flange</td> </tr> </tbody> </table> <p>(All specifications typical)</p> <p>*Function of feed specifications</p>		C-band	Ku-band	Effective Aperture	1.8 m (71 in)	1.8 m (71 in)	Operating Frequency	3.7 - 4.2 GHz	10.95 - 12.75 GHz	Polarization	Linear (Circular Optional)	Linear (Circular Optional)	Gain @ 3.95/11.95 GHz ...	35.3 dBi	45.5 dBi	3 dB Beamwidth	3.0°	1.0°	Antenna Noise Temperature @ 30° Elevation	36° K	31° K	VSWR*	1.4:1	1.3:1	Antenna Cross Polarization	30 dB on Axis (Linear)	30 dB on Axis (Linear)	Feed InterfaceCPR-229	WR75 Flat Flange	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr> <td>Reflector Material</td> <td style="text-align: right;">Glass Fiber Reinforced Polyester</td> </tr> <tr> <td>Antenna Optics</td> <td style="text-align: right;">One-Piece Offset Feed Prime Focus</td> </tr> <tr> <td>Mount Type</td> <td style="text-align: right;">Elevation over Azimuth</td> </tr> <tr> <td>Elevation Adjustment Range</td> <td style="text-align: right;">10° - 90° Continuous Fine Adjustment</td> </tr> <tr> <td>Azimuth Adjustment Range</td> <td style="text-align: right;">360° Continuous ± 10° Fine Adjustment</td> </tr> <tr> <td>Mast Pipe Interface</td> <td style="text-align: right;">114 mm (4.50 in) Diameter</td> </tr> <tr> <td>Wind Loading</td> <td style="text-align: right;">Operational 80 km/h (50 mph) Survival 200 km/h (125 mph)</td> </tr> <tr> <td>Temperature</td> <td style="text-align: right;">-50°C to 80°C</td> </tr> <tr> <td>Humidity</td> <td style="text-align: right;">0 to 100% (Condensing)</td> </tr> <tr> <td>Atmosphere</td> <td style="text-align: right;">Standard Hardware Meets 500 Hour Salt Spray Test Requirements (ASTM B-117)</td> </tr> <tr> <td>Solar Radiation</td> <td style="text-align: right;">360 BTU/h/ft²</td> </tr> <tr> <td>Shock and Vibration</td> <td style="text-align: right;">As Encountered During Shipping and Handling</td> </tr> </tbody> </table>	Reflector Material	Glass Fiber Reinforced Polyester	Antenna Optics	One-Piece Offset Feed Prime Focus	Mount Type	Elevation over Azimuth	Elevation Adjustment Range	10° - 90° Continuous Fine Adjustment	Azimuth Adjustment Range	360° Continuous ± 10° Fine Adjustment	Mast Pipe Interface	114 mm (4.50 in) Diameter	Wind Loading	Operational 80 km/h (50 mph) Survival 200 km/h (125 mph)	Temperature	-50°C to 80°C	Humidity	0 to 100% (Condensing)	Atmosphere	Standard Hardware Meets 500 Hour Salt Spray Test Requirements (ASTM B-117)	Solar Radiation	360 BTU/h/ft ²	Shock and Vibration	As Encountered During Shipping and Handling
	C-band	Ku-band																																																					
Effective Aperture	1.8 m (71 in)	1.8 m (71 in)																																																					
Operating Frequency	3.7 - 4.2 GHz	10.95 - 12.75 GHz																																																					
Polarization	Linear (Circular Optional)	Linear (Circular Optional)																																																					
Gain @ 3.95/11.95 GHz ...	35.3 dBi	45.5 dBi																																																					
3 dB Beamwidth	3.0°	1.0°																																																					
Antenna Noise Temperature @ 30° Elevation	36° K	31° K																																																					
VSWR*	1.4:1	1.3:1																																																					
Antenna Cross Polarization	30 dB on Axis (Linear)	30 dB on Axis (Linear)																																																					
Feed InterfaceCPR-229	WR75 Flat Flange																																																					
Reflector Material	Glass Fiber Reinforced Polyester																																																						
Antenna Optics	One-Piece Offset Feed Prime Focus																																																						
Mount Type	Elevation over Azimuth																																																						
Elevation Adjustment Range	10° - 90° Continuous Fine Adjustment																																																						
Azimuth Adjustment Range	360° Continuous ± 10° Fine Adjustment																																																						
Mast Pipe Interface	114 mm (4.50 in) Diameter																																																						
Wind Loading	Operational 80 km/h (50 mph) Survival 200 km/h (125 mph)																																																						
Temperature	-50°C to 80°C																																																						
Humidity	0 to 100% (Condensing)																																																						
Atmosphere	Standard Hardware Meets 500 Hour Salt Spray Test Requirements (ASTM B-117)																																																						
Solar Radiation	360 BTU/h/ft ²																																																						
Shock and Vibration	As Encountered During Shipping and Handling																																																						

ANEXO 2: ESPECIFICACIONES TECNICAS EVOLUTION X3 SATELLITE ROUTER

Evolution X3 Satellite Router										
										
NETWORK CONFIGURATION										
Network Topology	Star (DVB-S2/ACM downstream + Multi Frequency D-TDMA upstream)									
Modulation	Downstream: QPSK, 8PSK, 16APSK Upstream: BPSK, QPSK, 8PSK									
Maximum Carrier Rates	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th style="text-align: center;">Downstream (DVB-S2/ACM)</th> <th style="text-align: center;">Upstream (D-TDMA)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Symbol rate</td> <td style="text-align: center;">45 Msps</td> <td style="text-align: center;">5 Msps</td> </tr> <tr> <td>Info Rate</td> <td style="text-align: center;">156 Mbps¹</td> <td style="text-align: center;">8 Mbps²</td> </tr> </tbody> </table>		Downstream (DVB-S2/ACM)	Upstream (D-TDMA)	Symbol rate	45 Msps	5 Msps	Info Rate	156 Mbps ¹	8 Mbps ²
		Downstream (DVB-S2/ACM)	Upstream (D-TDMA)							
Symbol rate	45 Msps	5 Msps								
Info Rate	156 Mbps ¹	8 Mbps ²								
Notes:	¹ 16APSK 8/9 FEC ² QPSK .793 FEC, unlimited NMS <i>The processing capability of an individual remote will be less than the stated maximum carrier size</i>									
FEC	Downstream: LDPC QPSK 1/4-8/9, 8PSK 2/3-8/9, 16APSK 3/4-8/9 Upstream: Turbo BPSK .431-.793, QPSK .533-.793, BPSK .660									
Eb/No	For full list please refer to the latest iDirect Link Budget Analysis Guide									
INTERFACES										
Satcom Interfaces	TxD: Type-F, 950-1700MHz, Composite Power +7dBm / +35dBm RxF: Type-F, 950-2150MHz, Composite Power -5dBm / -65dBm									
Available BUC Power (IFL)	+24V, 85W max. supporting BUCs up to 5W (120W PSU)									
Available LNB Power (IFL)	+19.0V (Nominal) / +14V (Nominal), 300mA (DISEqC) 22KHz DISEqC tone									
10 MHz Reference	Software controllable on Tx and Rx IF ports									
Data Interfaces	LAN: 10/100 Ethernet, 802.1q VLAN RS-232: RJ45 (Console connection)									
Protocols Supported	TCP, UDP, ACL, ICMP, IGMP, RIP Ver2, BGP [*] , Static Routes, NAT, DHCP, DHCP Helper, Local DNS Caching, CRTP and GRE									
Traffic Engineering	Group QoS, QoS (Priority Queuing and CBWFQ), Strict Priority Queuing, Application Based QoS, Minimum CIR, CIR (Static and Dynamic), Rate Limiting									
Other Features	Built-in Automatic Uplink Power, Frequency and Timing Control, Authentication, AES-256 encryption ^{**}									
MECHANICAL/ENVIRONMENTAL										
Size	W 11.5 in (29.2 cm) x D 9.9 in (25.1 cm) x H 2 in (5.1 cm)									
Weight	4.4 lbs (1.95 Kg)									
Operating Temperature	0° to +45°C (32° to +113°F) at Sea Level with temperature gradient of 5°C per 10mins									
Humidity Max	90% non-condensing humidity									
Input Voltage	100-240 VAC Single Phase, 50-60 Hz, 2A max at 90 VAC, 1A max at 240 VAC									
Radio Standards	EN 301-428 v1.3.1 — Ku-Band System Level Specification EN 301-443 v1.3.1 — C-Band System Level Specification									
Safety Standards	Complies with IEC 60950, EN 60950-1, UL 60950-1, CSA C22.2 No.60950-1-03									
Emission Standard	Complies with EN 55022 Class B, FCC Part 15 Class B, CISPR 22 Class B, EN 61000-3-2, EN 61000-3-3									
EMC/Immunity Standard	Complies with EN 55024, EN 301-489-1, EN 301-489-12, EN 61000-4-2, EN 61000-4-3, EN 61000-4-4, EN 61000-4-5, EN 61000-4-6, EN 61000-4-11									
Certification	FCC, CE, and RoHS Compliant									
* Subject to future software release ** Optional										

ANEXO 3: ESPECIFICACIONES TECNICAS ODU ASACOM MODELO 30925

		SPECIFICATIONS		
		0 dBm	2 WATTS	4 WATTS
TRANSMIT CHARACTERISTICS	1 dB COMPRESSION POINT	0 dBm	33 dBm	36 dBm
	TX GAIN	30 dB	64 dB	67 dB
	TX GAIN ADJUSTMENT RANGE	+6 to -20 dB M&C controlled		
	TX LEVEL FLATNESS	±1.5 dB / 36 MHz		
	TX GAIN STABILITY	±1.5 dB over temperature and frequency		
	TX INPUT IF FREQUENCY	52 to 88 MHz (optional 140 MHz)		
	TX INPUT IF IMPEDANCE	50 ohms (75 ohms optional)		
	TX INPUT IF LEVEL	-30 dBm ±10 dB (+20 dBm MAX)		
	TX OUTPUT FREQUENCY	14.0 to 14.5 GHz		
	TX FREQUENCY STEP SIZE	1 MHz M&C controlled		
	TX PHASE NOISE	100 Hz: -60 dBc, 1 KHz: -70 dBc 10 KHz: -80 dBc, 100 KHz: -90 dBc		
	TX LINEARITY	-30 dBc (2 carriers @ 9 dB back-off)		
	TX INSTANTANEOUS BANDWIDTH	±18 MHz		
RECEIVER CHARACTERISTICS	RX INPUT FREQUENCY	10.95 – 12.75 GHz		
	RX FREQUENCY STEP SIZE	1 MHz M&C controlled		
	RX OUTPUT FREQUENCY	52 to 88 MHz		
	RX INSTANTANEOUS BANDWIDTH	±18 MHz		
	RX GAIN	85 to 100 dB M&C controlled		
	RX GAIN VARIATION	±1.5 dB over temperature and frequency		
	RX NOISE FIGURE	1.9 dB (160°K), 1.4 dB (110°K) Optional		
	RX LINEARITY	-35 dBc Intermod, MAX		
	RX PHASE NOISE	100 Hz: -60 dBc, 1 KHz: -70 dBc 10 KHz: -80 dBc, 100 KHz: -90 dBc		
	RX OUTPUT IMPEDANCE	50 ohms (75 ohms optional)		
SYSTEM	PORTS	1 RS-232, and 1 RS-485/RS-232 configurable		
	PROTOCOL	RS-232 port supports any "dumb terminal" or ASCII interface RS-485 port supports addressed packetized data per ANACOM Supervisor™ software specifications		
	ALARM RELAYS	FORM C for MAJOR and MINOR alarms; isolated		
	VISUAL INDICATORS	GREEN LED (flashing) indicates power is active RED LED indicates a summary alarm		
	POWER	100 to 242 VAC; 47 to 63 Hz		

ANEXO 4: ESPECIFICACIONES TECNICAS ROUTER 3845

Cisco 3800 Series Features	Cisco 3825	Cisco 3845
Network-Module Slots —These slots can accommodate a standard network-module, enhanced-network-module (NME), enhanced-extended-network-module (NME-X), and high-density extension module (EVM-HD). The NME-X, when available, will have a wider form factor than the NME. Two side-by-side NME slots can be combined to accommodate one double-wide network module (NMD) or when available, a double-wide enhanced extended network module (NME-XD).	<ul style="list-style-type: none"> • NM • NME • NME-X • NMD • NME-XD • EVM-HD 	<ul style="list-style-type: none"> • NM • NME • NME-X • NMD • NME-XD • EVM-HD
Maximum Number of Network Modules, NMEs, and NME-Xs Supported	2	4
Maximum Number of NMD/NME-XDs supported	1	2
Maximum Number of EVM-HDs supported	1	2
Number of High-Speed WIC (HWIC) Slots —These HWIC slots also support VICs, VWICs, and WICs.	4	4
Number of Fixed LAN Ports (fixed RJ-45 port for 10/100/1000 connectivity)	2 Gigabit Ethernet (10/100/1000)	2 Gigabit Ethernet (10/100/1000)
Number of Fixed Small Form-Factor Pluggable (SFP) Ports (for SFP Gigabit Ethernet connectivity)	1	1
Number of AIM Slots (for optional AIMS for offloading compute-intensive features)	2	2
Number of PVDM Slots (for optional PVDM2s)	4	4
Number of USB 1.1 Ports (for future use with USB Flash memory, security tokens for secure Cisco IOS Software configuration distribution, and off-platform storage of VPN credentials)	2	2
Embedded VPN (hardware-based VPN encryption acceleration)	Yes	Yes
Number of Console Ports (up to 115.2 kbps)	1	1
Number of Auxiliary Ports (up to 115.2 kbps)	1	1
Memory —External Compact Flash and internal DDR (Double Data Rate) SDRAM with ECC	<ul style="list-style-type: none"> • Default—64 MB Compact Flash; 256 MB DDR SDRAM • Maximum—256 MB Compact Flash; 1 GB DDR SDRAM 	<ul style="list-style-type: none"> • Default—64 MB Compact Flash; 256 MB DDR SDRAM • Maximum—256 MB Compact Flash; 1 GB DDR SDRAM

ANEXO 5: ESPECIFICACIONES TECNICAS FORIGATE 600D

FORTIGATE 600D		FORTIGATE 600D	
Interfaces and Modules		Maximum Number of FortiAPs (Total / Tunnel)	1024 / 512
Hardware Accelerated 10 GE SFP+ Slots	2	Maximum Number of FortiTokens	1,000
Hardware Accelerated GE SFP Slots	8	Maximum Number of Registered Endpoints	2,000
Hardware Accelerated GE RJ45 Ports	8	High Availability Configurations	Active-Active, Active-Passive, Clustering
GE RJ45 Management	2	Dimensions and Power	
USB Ports (Client / Server)	1 / 2	Height x Width x Length (inches)	1.73 x 17 x 12.68
Console Port	1	Height x Width x Length (mm)	44 x 432 x 322
Onboard Storage	120 GB	Weight	11.46 lbs (5.2 kg)
Included Transceivers	2 SFP SX	Form Factor	1 RU
System Performance and Capacity		AC Power Supply	100-240V AC, 60-50 Hz
IPv4 Firewall Throughput (1518 / 512 / 64 byte, UDP)	36 / 36 / 24 Gbps	Power Consumption (Average / Maximum)	126 W / 191 W
IPv6 Firewall Throughput (1518 / 512 / 86 byte, UDP)	36 / 36 / 24 Gbps	Current (Maximum)	110W/4A, 220W/2A
Firewall Latency (64 byte, UDP)	3 µs	Heat Dissipation	650 BTU/h
Firewall Throughput (Packet per Second)	36 Mpps	Redundant Power Supplies	Supports FRPS-100
Concurrent Sessions (TCP)	5.5 Million	Operating Environment and Certifications	
New Sessions/Second (TCP)	270,000	Operating Temperature	32–104°F (0–40°C)
Firewall Policies	10,000	Storage Temperature	-31–158°F (-35–70°C)
IPsec VPN Throughput (512 byte)	20 Gbps	Humidity	10–90% non condensing
Gateway-to-Gateway IPsec VPN Tunnels	2,000	Operating Altitude	Up to 9,843 ft (3,000 m)
Client-to-Gateway IPsec VPN Tunnels	10,000	Compliance	FCC Part 15 Class A, C-Tick, VCCI, CE, UL/cUL, CB
SSL-VPN Throughput	2.2 Gbps	Certifications	ICSA Labs: Firewall, IPSec, IPS, Antivirus, SSL-VPN; USG/6/1P/6
Concurrent SSL-VPN Users (Recommended Maximum)	5,000	<p>Note: All performance values are "up to" and vary depending on system configuration. IPsec VPN performance is based on 512 byte UDP packets using ALS 256+SHA1. 1. IPS performance is measured using 1 Mbyte HTTP and Lotus/psie traffic Mix. 2. SSL Inspection is measured with IPS enabled and HTTP traffic, using TLS v1.2 with ALS256 SHA. 3. Application Control performance is measured with 84 Kbytes HTTP traffic. 4. NGFW performance is measured with IPS and Application Control enabled, based on Enterprise traffic Mix. 5. Threat Protection performance is measured with IPS and Application Control and Malware protection enabled, based on Enterprise traffic Mix. 6. CAPWAP performance is based on 1444 byte UDP packets.</p>	
IPS Throughput (HTTP / Enterprise Mix) ¹	7 / 4 Gbps	For complete, up-to-date and detailed feature set, please refer to the Administration Handbook and FortiOS Datasheet.	
SSL Inspection Throughput ²	3.5 Gbps		
Application Control Throughput ³	6 Gbps		
NGFW Throughput ⁴	3.2 Gbps		
Threat Protection Throughput ⁵	2.4 Gbps		
CAPWAP Throughput ⁶	10 Gbps		
Virtual Domains (Default / Maximum)	10 / 10		

ANEXO 6: ESPECIFICACIONES TECNICAS HP PROLIANT DL380

Technical specifications

In the following table, **bold** text designates a new or improved feature, as compared to the HPE ProLiant DL380p Gen8 Server.

Compute	Up to two Intel® Xeon® E5-2600v3 and E5-2600v4 series, 4/6/8/10/12/14/16/18/20/22 cores; PCIe 3.0, up to six available slot(s)
Memory	HPE SmartMemory (24) DDR4 , up to 2400MHz (3TB⁵ max)
Persistent Memory	Up to (16) 8 GB NVDIMM option (128 GB max) ⁵
Storage	Standard HPE Dynamic Smart Array B140i, choice of HPE Flexible Smart Array or HPE Smart SAS HBA controllers
FBWC	2 GB DDR3- 1,866 MHz, 72-bit wide bus at 14.9 GB/s on P440ar
Battery	HPE DL/ML/SL 96 W Smart Storage Battery optional
HPE SmartDrives	24 + 2 SFF/12 + 3 LFF max, HDD/SSD, M.2 enabled and optional 6 NVMe PCIe SSD support
Networking	4 x 1GbE Embedded + choice of FlexibleLOM + Standup
VGA/serial/USB/SD ports	Front VGA opt, rear VGA, and serial standard, 5 USB 3.0 , 2 USB 2.0 optional, Dual microSD optional
GPU support	Single-/double-wide and active/passive cards from NVIDIA, Intel and AMD up to 10.5" (3)
System ROM	UEFI and Legacy BIOS
Converged management	HPE OneView with HPE iLO Advanced
Support management	HPE Insight Online with enhanced mobile app
Embedded management	HPE iLO 4, Intelligent Provisioning, Smart Update Manager, RESTful Interface Tool, Scripting Tools for Windows PowerShell
Power and cooling	96 percent efficient (Titanium) with Flexible Slot Power Supplies with optional HPE Battery Backup Hot plug fans with full N + 1 redundancy, optional high performance fans
Industry compliance	ASHRAE A3 and A4,⁴ lower idle power, and ENERGY STAR
Power discovery services	Supported
Location discovery services	Optional
Form factor/Chassis depth	Rack (2U), 26.75" (SFF), 28.75" (LFF)
Serviceability—easy install rails	Standard
Warranty	3/3/3

**ANEXO 7: ESPECIFICACIONES TECNICAS ANTENA SECTORIAL
AM-5AC21-60**

Specifications

AM-5AC21-60 Antenna Characteristics	
Dimensions ¹	750 x 173 x 78 mm (29.53 x 6.81 x 3.07")
Weight ²	4.8 kg (10.58 lbs)
Frequency Range	5.10 - 5.85 GHz
Gain	21 dBi
HPOL Beamwidth	60° (6 dBi)
VPOL Beamwidth	60° (6 dBi)
Electrical Beamwidth	4°
Electrical Downtilt	2°
Max. VSWR	1.5:1
Wind Survivability	200 km/h (125 mph)
Wind Loading	391 N @ 200 km/h (88 lbf @ 125 mph)
Polarization	Dual-Linear
Cross-Polarization Isolation	25 dB Min.
ETSI Specification	EN 302 326 DN2
Mounting	Universal Pole Mount, Rocket Bracket, and Weatherproof RF Jumpers Included

ANEXO 8: ESPECIFICACIONES TECNICAS ROCKET 5AC-LITE

R5AC-Lite					
Dimensions	162 x 84 x 37 mm (6.38 x 3.31 x 1.46")				
Weight	250 g (8.81 oz)				
Power Supply	24V, 0.5A Gigabit PoE Adapter				
Power Method	Passive PoE (Pairs 4, 5+; 7, 8 Return)				
Max. Power Consumption	8.5W				
Operating Frequency	Worldwide	USA: U-NII-1	USA: U-NII-2A	USA: U-NII-2C	USA: U-NII-3
	5150 - 5875 MHz	5150 - 5250 MHz*	5250 - 5350 MHz*	5470 - 5725 MHz*	5725 - 5850 MHz*
Processor	Atheros MIPS 74Kc, 720 MHz				
Memory	128 MB DDR2 SDRAM, 16 MB NOR FLASH				
Networking Interface	(1) 10/100/1000 Mbps				
RF Connections	(2) RP-SMA (Waterproof)				
LEDs	Power, LAN, (4) Signal Strength				
Channel Sizes	PtP Mode		PtMP Mode		
	10/20/30/40/50/60/80 MHz		10/20/30/40 MHz		
Enclosure Characteristics	Outdoor UV Stabilized Plastic				
Supported Voltage Range	20-26VDC				
ESD/EMP Protection	± 24KV Air / Contact				
Operating Temperature	-40 to 80° C (-40 to 176° F)				
Operating Humidity	5 to 95% Noncondensing				
Shock and Vibration	ETSI300-019-1.4				
Wireless Approvals	FCC, IC, CE				
RoHS Compliance	Yes				
Modes	Access Point, Station				
Services	Web Server, SNMP, SSH Server, Telnet, Ping Watchdog, DHCP, NAT, Bridging, Routing				
Utilities	Antenna Alignment Tool, Discovery Utility, Site Survey, Ping, Traceroute, Speed Test				
Distance Adjustment	Dynamic Ack and Ackless Mode				
Power Adjustment	Software Adjustable UI or CL				
Security	WPA2 AES Only				

ANEXO 9: ESPECIFICACIONES TECNICAS NANOBEAM NBE-5AC-16

NBE-5AC-16					
Dimensions	140 x 140 x 54 mm (5.51 x 5.51 x 2.13")				
Weight	0.320 kg (0.71 lb)				
Power Supply	24V, 0.5A Gigabit PoE				
Max. Power Consumption	6W				
Operating Frequency	Worldwide	USA: U-NII-1	USA: U-NII-2A	USA: U-NII-2C	USA: U-NII-3
	5150 - 5875 MHz	5150 - 5250 MHz*	5250 - 5350 MHz*	5470 - 5725 MHz*	5725 - 5850 MHz*
Gain	16 dBi				
Networking Interface	(1) 10/100/1000 Ethernet Port				
Processor Specs	Atheros MIPS 74Kc, 720 MHz				
Memory	128 MB DDR2, 8 MB Flash				
LEDs	(1) Power, (1) LAN, (4) WLAN				
Signal Strength LEDs	Software-Adjustable to Correspond to Custom RSSI Levels				
Max. VSWR	1.5:1				
Channel Sizes	PtP Mode		PtMP Mode		
	10/20/30/40/50/60/80 MHz		10/20/30/40 MHz		
Polarization	Dual Linear				
Enclosure	Outdoor UV Stabilized Plastic				
Mounting	Pole-Mount (Kit Included), Wall-Mount				
Wind Loading	21.4 N @ 200 km/h (4.8 lbf @ 125 mph)				
Wind Survivability	200 km/h (125 mph)				
ESD/EMP Protection	Air: ± 24 kV, Contact: ± 24 kV				
Operating Temperature	-40 to 70° C (-40 to 158° F)				
Operating Humidity	5 to 95% Noncondensing				
Wireless Approvals	FCC, IC, CE				