

UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO

CARRERA INGENIERÍA DE SISTEMAS



PROYECTO DE GRADO

**“OPTIMIZACIÓN EN TRÁFICO DE VOZ Y DATOS CON
TECNOLOGÍA XIPLINK EN UN SISTEMA DE
TELEFONÍA MÓVIL CON TRANSMISIÓN SATELITAL”
CASO: MICRO RADIO BASE VALLE HERMOSO**

Para optar título de Licenciatura en Ingeniería de Sistemas

Mención: INFORMÁTICA Y COMUNICACIONES

Postulante: Univ. Luis Abdon Yanapa Chambi

Tutor Metodológico: Ing. Marisol Arguedas Balladares

Tutor Especialista: M. Sc. Juan Marcos Miranda Nina

Tutor Revisor: Lic. Margarita Bernarda Lopez Mariaca

El Alto - Bolivia

2020

ÍNDICE GENERAL

CAPITULO I	1
1 MARCO PRELIMINAR	1
1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.2 ANTECEDENTES	2
1.2.1 MICRO RBS VALLE HERMOSO	2
1.2.2 ANTECEDENTES INTERNACIONALES	3
1.2.3 ANTECEDENTES NACIONALES	4
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
1.3.1 PROBLEMA PRINCIPAL	4
1.3.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS	5
1.4 OBETIVOS	5
1.4.1 OBJETIVO GENERAL	5
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
1.5 JUSTIFICACIÓN	6
1.5.1 JUSTIFICACIÓN CIENTÍFICA	6
1.5.2 JUSTIFICACIÓN SOCIAL	6
1.5.3 JUSTIFICACIÓN TÉCNICA	6
1.5.4 JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA	6
1.6 METODOLOGÍA	6
1.7 HERRAMIENTAS	7
1.7.1 GOOGLE EARTH	7
1.7.2 RADIO MOBILE	7
1.7.3 SATMOTION	8
1.7.4 NAVEGADOR WEB	8
1.7.5 SERVIDOR FTP	8
1.7.6 SISTEMA OPERATIVO WINDOWS	8
1.7.7 G-NETTRACK	8
1.8 LÍMITES Y ALCANCES	9
1.8.1 LÍMITES	9
1.8.2 ALCANCES	9

1.9	APORTES.....	9
CAPITULO II.....		10
2	MARCO TEÓRICO.....	10
2.1	GENERALIDADES	10
2.2	CONCEPTOS BÁSICOS DE TELECOMUNICACIONES	10
2.2.1	SISTEMAS DE COMUNICACIÓN INLÁMBRICA	11
2.2.2	COMUNICACIÓN VÍA MICROONDAS	12
2.2.3	DESCRIPCIÓN DE LOS ENLACES VÍA SATÉLITE.....	15
2.2.3.1	ESTACIÓN TERRENA TRANSMISORA.....	15
2.2.3.2	TRANSPONDEDOR SATELITAL	16
2.2.3.3	ESTACIÓN TERRENA RECEPTORA	17
2.2.4	SATÉLITE TKSAT-1.....	17
2.2.5	BANDA Ku	18
2.2.6	REDES VSAT	18
2.2.7	ACCESO A UNA RED GLOBAL CON VSAT	19
2.2.8	TELEFONÍA CELULAR.....	19
2.2.9	RED CELULAR GSM	20
2.2.9.1	UNIDADES MÓVILES (UE)	20
2.2.9.2	RED DE ACCESO (BTS)	21
2.2.9.3	CENTRO DE CONMUTACIÓN MÓVIL	21
2.2.10	TÉCNICAS DE MULTIPLEXACIÓN	21
2.2.10.1	FDMA	22
2.2.10.2	TDMA.....	22
2.2.10.3	CDMA.....	22
2.2.11	UMTS	22
2.2.12	AQUITECTURA UTRAN	23
2.2.12.1	EQUIPO DE USUARIO (UE).....	24
2.2.12.2	INTERFAZ UU	24
2.2.12.3	RNC (RADIO NETWORK CONTROLER).....	25
2.2.12.4	NODO B	25
2.2.12.5	INTERFAZ Lu.....	25

2.2.12.6	RED CENTRAL (Core Network).....	26
2.2.12.7	MSC (Mobile Switching Center)	26
2.2.12.8	SGSN (Serving GPRS Support Node).....	26
2.2.13	HSPA	26
2.2.13.1	VENTAJAS HSPA.....	27
2.2.13.2	DESVENTAJAS HSPA.....	27
2.2.14	PROCESO DE ACCESO A INTERNET	27
2.2.15	XIPLINK.....	29
2.2.16	CARACTERÍSTICAS DE XIPLINK.....	30
2.2.16.1	PROTOCOLO DE TRANSPORTE SCPS-TP DE XIPLINK.....	30
2.2.16.2	PRIORIDAD DE PAQUETES XRT	33
2.2.16.3	COMPRESIÓN DE FLUJO AVANZADO.....	33
2.2.17	PROCOLO TCP.....	34
2.2.17.1	ESTABLECIMIENTO DE CONEXIÓN DE TCP EN TRES PASOS	35
2.3	METODOLOGÍA	37
2.3.1	METODOLOGÍA DE SISEÑO DE REDES.....	37
2.3.2	PPDIOO	37
CAPITULO III.....		38
3	MARCO APLICATIVO.....	38
3.1	INTRODUCCIÓN	38
3.2	APLICACIÓN DEL METODOLOGÍA PPDIOO.....	38
3.2.1	PREPARARACIÓN	39
3.2.2	PLENEACIÓN	39
3.2.2.1	SITE SURVEY	39
3.2.2.2	RADIO BASES CERCANAS A VALLE HERMOSO.....	41
3.2.2.3	SIMULACIÓN DE RADIO ENLACE Y LINEA DE VISTA PARA LLEGAR A VALLE HERMOSO.....	42
3.2.3	DISEÑO.....	45
3.2.4	IMPLEMETACIÓN	45
3.2.4.1	INSTALACIÓN DE XIPLINK ORIGEN HUB SATELITAL	46
3.2.4.2	INSTALACIÓN DE XIPLINK DESTINO ESTACIÓN MICRO RBS.....	46

3.2.5	OPERACIÓN.....	48
3.2.5.1	MODEM SATELITAL HUGHES	48
3.2.5.2	CONFIGURACIÓN DE XIPLINK	54
3.2.5.2.1	CONFIGURACIÓN BÁSICA.....	54
3.2.5.2.2	ACTUALIZACIÓN FIRMWARE DEL EQUIPO XA500	57
3.2.5.2.3	AJUSTES DE CONFIGURACIÓN	60
3.2.5.2.4	INSTALACIÓN DE ARCHIVO DE CONFIGURACIÓN.....	61
3.2.5.3	REINTEGRACIÓN DE UNIDAD DE BANDA BASE HUAWEI 3900	63
3.2.6	OPTIMIZACIÓN.....	70
3.2.6.1	PRUEBAS DE CROSSPOL.....	71
3.2.6.2	PRUEBAS DE COBERTURA Y THROUGHPUT	72
CAPITULO IV.....		74
4	ANÁLISIS ECONÓMICO	74
4.1	FINANCIAMIENTO DEL PROYECTO.....	74
4.2	COSTOS EN EQUIPO Y MATERIALES	74
4.3	INVERSIÓN	74
4.4	ESTIMACIÓN DE INGRESOS.....	75
5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	76
5.1	CONCLUSIONES	76
5.2	RECOMENDACIONES.....	76
6	BIBLIOGRAFÍA	77
7	ANEXOS	79

ÍNDICE DE IMÁGENES

FIGURA 1.1 GEOLOCALIZACIÓN MICRO RBS VALLE HERMOSO	3
FIGURA 2.1 SPUTNIK 1, PRIMER SATÉLITE ARTIFICIAL	11
FIGURA 2.2 TELSTAR 1, FUE EL PRIMER SATÉLITE ARTIFICIAL DE TELECOMUNICACIONES COMERCIAL	12
FIGURA 2.3 DIAGRAMA DEL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO	13
FIGURA 2.4 ELEMENTOS DE UN ENLACE SATELITAL	15
FIGURA 2.5 DIAGRAMA DE BLOQUES DE UNA ESTACIÓN TERRENA TRANSMISORA AL TRANSPONDEDOR	16
FIGURA 2.6 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL TRANSPONDER	16
FIGURA 2.7 DIAGRAMA DE LA ESTACIÓN TERRENA RECEPTORA	17
FIGURA 2.8 MULTIPLEXACIÓN	21
FIGURA 2.9 ARQUITECTURA DE RED UMTS	24
FIGURA 2.10 ACCESO A INTERNET POR MEDIO DE UMTS HSPA	28
FIGURA 2.11 XIPLINK EN ENLACES INALÁMBRICOS	29
FIGURA 2.12 PROTOCOLO SCPS-TP SOBRE TCP	30
FIGURA 2.13 ACELERACIÓN DE RENDIMIENTO DE TCP.....	31
FIGURA 2.14 DIAGRAMA DE ESTABLECIMIENTO DE CONEXIÓN DE PROTOCOLO TCP CON PROTOCOLO SCPS-TC	32
FIGURA 2.15 PROCESO DE PETICIÓN Y REPUESTA	32
FIGURA 2.16 PROCESO DE PETICIÓN Y REPUESTA	33
FIGURA 2.17 COMPRESIÓN DE PAQUETES	34
FIGURA 2.18 CONTROL ARM SOBRE PAQUETES	34
FIGURA 2.19 ESTABLECIMIENTO DE CONEXIÓN EN 3 PASOS.....	36
FIGURA 3.1 FASES DEL CICLO DE VIDA DEL PROYECTO.....	38
FIGURA 3.2 VISTA DE MICRO RADIO BASE.....	40
FIGURA 3.3 MEDICIÓN DE SISTEMA PUESTA A TIERRA.....	41
FIGURA 3.4 GABINETE DE EQUIPOS	41
FIGURA 3.5 UBICACIÓN DE RADIO BASES CERCANAS A VALLE HERMOSO	42
FIGURA 3.6 VISTA DE ENLACES POR GOOGLE HEART PARA VALLE HERMOSO.....	43
FIGURA 3.7 SIMULACIÓN ENLACE CHUBAMBA – VALLE HERMOSO	43

FIGURA 3.8 SIMULACIÓN ENLACE PLAYA ANCHA – VALLE HERMOSO.....	44
FIGURA 3.9 SIMULACIÓN ENLACE CHURUBAMBA - PLAYA ANCHA	44
FIGURA 3.10 DIAGRAMA DE CONEXIÓN	45
FIGURA 3.11 DIAGRAMA DE CONEXIÓN HUB	46
FIGURA 3.12 DESCRIPCIÓN DE PUERTOS DEL XIPLINK XA-10K	46
FIGURA 3.13 CONEXIÓN A LAS INTERFACES DEL XIPLINK	47
FIGURA 3.14 XIPLINK DENTRO DEL GABINETE.....	47
FIGURA 3.15 CONEXIÓN EN LA UNIDAD BANDA BASE.....	48
FIGURA 3.16 PUERTOS MODEM SATELITAL HUGHES	49
FIGURA 3.17 CONFIGURACIÓN DHCP	49
FIGURA 3.18 PUERTO LAN1 EN MODEM SATELITAL.....	50
FIGURA 3.19 INGRESO VÍA BROWSER.....	50
FIGURA 3.20 INGRESO VÍA BROWSER.....	50
FIGURA 3.21 CARGA DE ARCHIVOS SBC Y ODU.....	51
FIGURA 3.22 REINICIO DEL MODEM	51
FIGURA 3.23 NIVELES DE SQF	52
FIGURA 3.24 REGISTRO DE DATOS AL MODEM.....	52
FIGURA 3.25 PASOS DEL REGISTRO	53
FIGURA 3.26 ACTIVACIÓN DEL MODEM.....	53
FIGURA 3.27 VERIFICACIÓN DE ACTIVACIÓN	53
FIGURA 3.28 INGRESO POR PUERTO COM A XIPLINK.....	54
FIGURA 3.29 INTERFACES DE XIPLINK XA500	55
FIGURA 3.30 AUTENTICACIÓN A XA500	55
FIGURA 3.31 REGISTRO DE EQUIPO	56
FIGURA 3.32 APLICACIÓN DE CAMBIOS.....	56
FIGURA 3.33 MENÚ DE SELECCIÓN DE ARCHIVO DE ACTUALIZACIÓN	57
FIGURA 3.34 PROCESO DE SELECCIÓN DE ARCHIVO DE ACTUALIZACIÓN	57
FIGURA 3.35 SELECCIÓN DE ARCHIVO DE ACTUALIZACIÓN	58
FIGURA 3.36 LECTURA DEL ARCHIVO DE ACTUALIZACIÓN	58
FIGURA 3.37 EJECUCIÓN DEL ARCHIVO DE ACTUALIZACIÓN.....	59
FIGURA 3.38 PROCESO DE EJECUCIÓN DE LA ACTUALIZACIÓN	59

FIGURA 3.39 PROCESO DE EJECUCIÓN DE LA ACTUALIZACIÓN	60
FIGURA 3.40 APLICACIÓN DE CAMBIOS	61
FIGURA 3.41 PROCESO PARA SUBIR ARCHIVO DE CONFIGURACIÓN.....	61
FIGURA 3.42 PROCESO PARA LA CARGA DE ARCHIVO DE CONFIGURACIÓN.....	62
FIGURA 3.43 CARGA DE ARCHIVO DE CONFIGURACIÓN.....	62
FIGURA 3.44 CARGA DE ARCHIVO DE CONFIGURACIÓN.....	63
FIGURA 3.45 CARGA DE ARCHIVO DE CONFIGURACIÓN.....	63
FIGURA 3.46 CONEXIÓN DE LA COMPUTADORA A LA BBU.....	64
FIGURA 3.47 CONFIGURACIÓN DE LA TARJETA DE RED DE LA LAPTOP	64
FIGURA 3.48 EJECUCIÓN DEL SERVIDOR FTP	65
FIGURA 3.49 LLENADO DE DATOS REQUERIDOS EN EL SERVIDOR FTP.....	65
FIGURA 3.50 ACTIVO EL SERVIDOR FTP.....	66
FIGURA 3.51 ACCESO VÍA BROWSER A LA BBU	66
FIGURA 3.52 ACCESO VÍA BROWSER A LA BBU	66
FIGURA 3.53 ACCESO A MML EN LMT.....	67
FIGURA 3.54 REGISTRO DE DATOS REQUERIDOS EN MML	67
FIGURA 3.55 MENSAJE DE CONFIRMACIÓN DE LA CARGA DEL DATA FILE	68
FIGURA 3.56 ACTIVACIÓN DE DATA FILE DE LA BANDA BASE.....	68
FIGURA 3.57 CONFIRMACIÓN EN ACTIVACIÓN DE DATA FILE.....	69
FIGURA 3.58 VERIFICACIÓN DE CARGA DEL DATA FILE.....	69
FIGURA 3.59 VERIFICACIÓN DE IPS DE TRAFICO Y O&M	70
FIGURA 3.60 VERIFICACIÓN DE IPS DE ENLACE QUE CUENTA LA BBU	70
FIGURA 3.61 PRUEBA DE CROSSPOL	71
FIGURA 3.62 NIVELES DE SQF Y DATOS DEL ENLACE SATELITAL.....	72

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1.1 RANGOS DE ONDA Y USO DE FRECUENCIA	14
TABLA 3.1 PRUEBAS DE SERVICIO 2G Y 3G.....	73
TABLA 4.1 COSTOS DE EQUIPOS Y MATERIALES	74
TABLA 4.2 COSTOS DE OPERACIÓN Y LOGÍSTICA.....	75
TABLA 4.3 ESTIMACIÓN DE INGRESOS.....	75

CAPITULO I

1 MARCO PRELIMINAR

1.1 INTRODUCCIÓN

Las telecomunicaciones móviles en los últimos años son de mayor crecimiento y demanda dentro de los sistemas de comunicaciones a nivel mundial. En todo el mundo existe millones de usuarios que demandan el uso de teléfonos inteligentes con acceso a internet para comunicarse a través de la red.

En sistemas de transmisión vía satélite empezaron a poner en marcha en 1960 gracias a su relación con el hombre y avance tecnológico para una comunicación rápida, accesible en el mínimo tiempo posible. Los precursores de esta ciencia fueron los satélites meteorológicos gracias a los cuales se han predicho y evitado multitud de catástrofes naturales.

Gracias a la llegada del sistema de comunicaciones móviles a Bolivia, creció la demanda del servicio en las áreas rurales de difícil acceso y se implementaron sistema de Micro RBS¹ en distintas localidades de nuestro territorio nacional utilizando el sistema VSAT² dependientes del uso de un satélite, prestando así el servicio de telefonía móvil integrando Bolivia. Las empresas legalmente establecidas de telefonía móvil en Bolivia avanzaron considerablemente en la cobertura en áreas urbanas y rurales con sistemas de transmisión MW³ y FO⁴, cubriendo las necesidades de la sociedad garantizando así el derecho fundamental a la comunicación del ser humano.

En Bolivia en el año 2015 a 2016 , se implementó Micro Radio Bases en áreas rurales con transmisión Satelital para brindar cobertura de voz y datos, en el departamento de La Paz fueron implementados 162 estaciones, de los cuales la mayoría serán migradas a otras tecnologías de transmisión por la gran demanda de servicio, el incremento continuo de usuarios UE y el avance del sistema de comunicaciones en servicios de cobertura de tercera y cuarta generación siendo que el sistema de telefonía móvil con transmisión satelital es cada vez más remplazado con sistemas transmisión Microondas o Fibra Óptica alcanzando mayor ancho de banda y throughput⁵ ,pero existen estaciones que no es posible migrarlas a mencionados sistemas de

¹ Sistema de Radio Base

² Terminal de apertura muy pequeña para enlace satelital

³ Microondas

⁴ Fibra óptica

⁵ Tasa promedio de éxito en la entrega de un mensaje sobre un canal de comunicación

transmisión por las formaciones geográficas de difícil acceso, en cual nos centraremos a la optimización de una estación de dichas características.

El presente proyecto titulado Optimización en Tráfico de Voz y Datos con Tecnología XipLink en un Sistema de Telefonía Móvil con Transmisión Satelital en la Micro Radio Base de la localidad de Valle Hermoso, la optimización con la tecnología XipLink mejorará el servicio de voz y datos priorizando tráfico de voz en condiciones mínimas causadas por el clima de la región y así ampliar el alcance a más usuarios solucionando la saturación en la Micro Radio Base, el proyecto será diseñado e implementado por con la empresa CACH & CAP Telecomunicaciones S.R.L. para la empresa ENTEL S.A. mediante el proyecto PRONTIS ya que el costo del equipo y materiales son elevados, este diseño se aplicará en la Micro Radio base que requiere optimización en estaciones donde no se puede migrar a una transmisión Microondas y Fibra Óptica por falta de línea de vista con otras estaciones o falta de tendido de FO⁶ por ser zonas alejadas y accidentadas en el área rural, así mejorar el servicio de telefonía móvil con transmisión satelital instaladas en el plan de gobierno del año 2015 -2020, que establecieron la universalización del acceso a las telecomunicaciones para todas las localidades con más de 50 habitantes registradas en el INE. (Asamblea Legislativa Plurinacional, 2011)

1.2 ANTECEDENTES

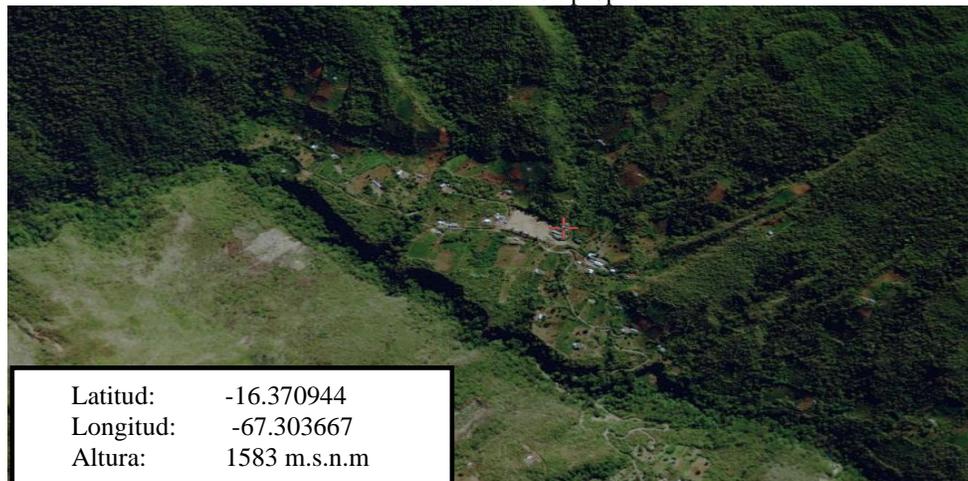
1.2.1 MICRO RBS VALLE HERMOSO

La estación Micro Radio Base fue instalado en 2016 y está ubicado en la localidad de Valle Hermoso del municipio Irupana provincia Sud Yungas del departamento de La Paz, a 20 metros de la Escuela de la localidad como se muestra en la figura 1.1, lo cual brinda cobertura GSM solamente al a localidad de Valle Hermoso con una dificultad en comunicación de voz y datos provocando una saturación de usuarios e intermitencia en llamadas de voz.

⁶ Fibra Óptica

Figura 1.1 Geolocalización Micro RBS Valle Hermoso

Fuente: Elaboración propia



La localidad es un lugar cálido con una temperatura promedio de 28 °C a una distancia aproximada de 30 km en línea recta de Irupana, La actividad económica de la localidad es diversa en agrícola, los trabajos son realizados en familia en sus propias parcelas establecidas por la comunidad, años atrás se dedicaban netamente a la producción de frutas como ser: naranja, plátano, mandarina, mango, postre y otros según la temporada. Actualmente el porcentaje de producción de frutas disminuyo en un 60 % remplazando con la actividad agrícola de la coca, que comercializan en la población de Irupana, Chulumani, Coroico con intermediarios y en el mercado final de la ciudad de La Paz.

1.2.2 ANTECEDENTES INTERNACIONALES

La presente investigación titulada “Modelo de Enlace Satelital para la Cobertura Móvil en la Localidad de Telapaccha – Acobambilla – Huancavelica”, tiene como problema central de investigación ¿De qué manera un modelo de enlace satelital garantiza el acceso a cobertura móvil en la Localidad de Telapaccha del Distrito de Acobambilla? y el objetivo principal fue; Diseñar un modelo de enlace satelital que garantice el acceso a la cobertura móvil en la Localidad de Telapaccha del Distrito de Acobambilla. La hipótesis planteada fue; El modelo de enlace satelital propuesto, cubrirá con cobertura móvil de manera eficiente, la Localidad de Telepaccha del Distrito de Acobambilla. (Alain, 2018)

En esta tesis titulada El estudio de viabilidad para llevar internet 4G lte a zonas rurales de Colombia caso de estudio: Municipio de Zipaquirá, se toma como caso de estudio el Municipio de Zipaquirá debido a su cercanía con la capital del país teniendo en cuenta el desplazamiento hacia el Municipio. El Municipio de Zipaquirá da una gran ventaja gracias a su extensión de la

tierra donde su gran mayoría es área rural que permite un gran beneficio para los de más sitios rurales de Colombia y permitan replicar el caso de estudio. (Garcia, 2014)

1.2.3 ANTECEDENTES NACIONALES

El proyecto titulado Diseño de una red inalámbrica móvil GSM para Tigo en el municipio de San Buenaventura en el departamento de la paz permitirá tener acceso al servicio de telefonía móvil y datos en el municipio de San Buenaventura. Justificación tecnológica - La tecnología GSM es de las más usadas en el mundo, es por esto que se debe tener una buena señal y cobertura para que los usuarios estén en constante contacto, existen muchas zonas potenciales en el país las cuales carecen del servicio. En este proyecto se considerará el municipio de San Buenaventura en el departamento de La Paz, la cual no posee el servicio de móvil GSM por la empresa TIGO, con el propósito de realizar la dicha planificación para esta localidad desde lo que será el dimensionamiento y diseño de la red. Justificación económica Teniendo en cuenta a que en un futuro cercano la localidad tendrá un crecimiento de demanda de servicio por nuevos usuarios o nuevos servicios que se pueda brindar. Por las condiciones socioeconómicas de la zona. (Luna, 2017)

El proyecto Diseño e Implementación de un Sistema de Telefonía Móvil Satelital Con Tecnología HSPA+ CASO: CIMUNIDAD MONTE GRANDE-BENI, da solución ante la necesidad inminente que existe en comunicación a través del satélite Tupac Katari, este proyecto será diseñado e implementado para la empresa Telebras S.R.L. ya que el costo total de los equipos y materiales es sumamente elevado, con este primer diseño en implementación y sus posteriores réplicas se hará realidad en el plan de gobierno 2015-2020 y la agenda patriótica 2025 que establecieron la universalización del acceso a las telecomunicaciones y TICs para todas las localidades con más de 50 habitantes hasta el año 2020. (Limachi, 2015)

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.3.1 PROBLEMA PRINCIPAL

En la localidad Valle Hermoso del municipio de Irupana provincia Sud Yungas en el departamento de La Paz, se encuentra una Micro Radio base en funcionamiento con transmisión satelital donde existe una saturación y deficiencia en tráfico de voz y datos por la mayor demanda del servicio llegando a momentos donde no se puede realizar llamadas en condiciones mínimas causadas por el ámbito climatológico de la región, crecimiento de vegetación y otros. Estos acontecimientos generan reclamos por parte los habitantes de la localidad en el uso del servicio de

telefonía, así como también pérdidas de ingresos y abonados por parte del proveedor de servicio de telefonía móvil. Como estas estaciones Micro Radio Base a optimizar, existen estaciones con transmisión satelital que no es posible la migración a transmisión MW o FO, por falta de línea de vista con las estaciones con sistemas de transmisión MW para establecer el enlace o la falta de tendido de Fibra óptica cercana a la estación.

¿De qué manera puede optimizarse el tráfico de voz y datos en un micro Radio Base de Telefonía Móvil con Sistema de Transmisión Satelital, donde las llamadas se saturan constantemente y no tiene acceso a internet en la localidad de Valle Hermoso?

1.3.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- No se evidencia y no cuenta con datos de información para descartar línea de vista con estaciones con transmisión de Microondas o Fibra óptica para su optimización.
- En la localidad no es posible navegar en internet con la cobertura de la Micro Radio Base
- Existe cortes de servicio en cambios climatológicos como lluvias y tormentas
- Existe saturación del servicio cuando realizar muchas llamadas simultaneas.

1.4 OBETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Optimizar con tecnología XipLink el tráfico de voz y datos en Sistema de Telefonía Móvil con transmisión satelital en la localidad de Valle Hermoso del departamento de La Paz, para satisfacer la demanda habilitando la cobertura 3G para acceso a internet y dar solución la saturación existente en el servicio de telefonía móvil en dicha localidad.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar un estudio y simulaciones de radio frecuencia con datos geográficos obtenidos para falsear posible enlace microondas para su optimización.
- Habilitar la cobertura HSPA en Micro Bario Base para el acceso a internet en la localidad.
- Alinear y establecer de manera correcta el enlace satelital con pruebas de Crosppool y los niveles de SQF.
- Mejorar el servicio para las llamadas de voz con el acelerador de paquetes y la priorización VozIP.

1.5 JUSTIFICACIÓN

1.5.1 JUSTIFICACIÓN CIENTÍFICA

Las Migraciones y optimizaciones de RBS y Micro RBS son actualizaciones necesarias para implementar nuevas tecnologías de telefonía móvil para brindar mayor cobertura y solucionar la saturación existente provocando caídas del sistema móvil.

1.5.2 JUSTIFICACIÓN SOCIAL

El presente proyecto beneficiará a la localidad de Valle Hermoso – La Paz, mejorando el servicio de la estación que brinda el servicio y solucionar los problemas de caídas de servicio, dificultad de acceso a la comunicación en tráfico de voz y datos, así mejorar la situación actual de la localidad en la integración social entre localidades y municipios así también entre familiares mediante redes sociales y llamadas de voz.

1.5.3 JUSTIFICACIÓN TÉCNICA

La empresa CACH&CAP Telecomunicaciones Bolivia S.R.L. Es proveedora de servicio a distintas Operadoras de telefonía móvil. realiza implementación en proyectos de instalaciones en telecomunicaciones, construcción de estación de Radio Base y tendidos de media tensión para energización en estaciones, cuenta con la capacidad suficiente en cuanto a capacidad, logística y herramientas para llevar adelante la propuesta de optimización de la micro Radio Base en la Localidad para la Operadora de telefonía Móvil.

1.5.4 JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA

Llevar este tipo de sistemas a las zonas rurales puede parecer no viable, imposible o incluso una tarea poco rentable, sin embargo, en aquellos lugares donde el aislamiento es una barrera para el desarrollo económico, el intercambio cultural y el acceso a los servicios, el contar con una tecnología que facilite la comunicación puede convertirse en un factor de progreso, no solo económico sino también educacional para la localidad llevando a un desarrollo productivo comunitario.

1.6 METODOLOGÍA

El proyecto conlleva una serie de procedimientos de estudio en campo y pruebas necesarias para la optimización correcta y a su medida de sistema de telefonía móvil con transmisión satelital.

El método a utilizar es PPDIOO desarrollada por Cisco, sirve para que al instalar una red o cuando se analizan sus posibilidades futuras, se establezca algún criterio de actuación. La constante

evolución tecnológica obliga a las empresas a mantenerse incesantemente al día en sus actualizaciones.

También en todo el desarrollo del proyecto se basará el modelo hipotético-deductivo, debido a que existe información general y poco específica, dispersa por diferentes fuentes por lo que hace necesario analizarla, falsearla y clasificarla para posteriormente ser utilizada en fase del diseño del protocolo de implementación.

1.7 HERRAMIENTAS

1.7.1 GOOGLE EARTH

Google Earth es un programa informático que muestra un globo virtual que permite visualizar múltiple cartografía, basado en imágenes satelitales con formaciones geográficas donde se puede realizar simulaciones de diseño en el área de telecomunicaciones.

El programa fue creado bajo el nombre de EarthViewer 3D por la compañía Keyhole Inc, financiada por la Agencia Central de Inteligencia. La compañía fue comprada por Google en 2004 absorbiendo la aplicación (google, 2016).

1.7.2 RADIO MOBILE

Radio Mobile es un software de libre distribución para el cálculo de radio enlaces de larga distancia en terreno irregular. Para ello utiliza perfiles geográficos combinados con la información de los equipos (potencia, sensibilidad del receptor, características de las antenas, pérdidas, etc.) que quieren simularse. Este software implementa con buenas prestaciones el modelo Longley-Rice, modelo de predicción troposférica para transmisión radio sobre terreno irregular en enlaces de largo-medio alcance. Además de tener múltiples utilidades de apoyo al diseño y simulación de los enlaces y las redes de telecomunicaciones. Los parámetros a introducir para realizar las simulaciones permiten reflejar de forma fiel los equipos reales que se piensa utilizar en la instalación para la que estarían destinados. Radio Mobile utiliza para la evaluación de los enlaces, el perfil geográfico de las zonas de trabajo. La obtención de estos mapas puede realizarse directamente desde una opción del software que permite descargarlos de Internet. Hay tres tipos de mapas disponibles: los SRTM, los GTOPO30 y los DTED. (Garmacho, 2006)

1.7.3 SATMOTION

Integrasys Satmotion Pocket es el sistema de puesta en marcha automática VSAT estándar para minimizar el tiempo de despliegue, el esfuerzo y la interferencia dentro del satélite y la interferencia de satélite adyacente.

Satmotion Pocket es capaz de simplificar el proceso de puesta en marcha tanto como sea posible asegurando la calidad y libre de interferencias en cada instalación midiendo valores que serán evaluadas para su aceptación y retroalimentando al instalador con una interfaz extremadamente fácil que pueden entender sin ser expertos en instalaciones VSAT. (INTEGRASYS, 2020)

1.7.4 NAVEGADOR WEB

Un navegador web es un software, aplicación o programa que permite el acceso a la Web, interpretando la información de distintos tipos de archivos y sitios web para que estos puedan ser vistos.

La funcionalidad básica de un navegador web es permitir la visualización de documentos de texto, posiblemente con recursos multimedia incrustados. Además, permite visitar páginas web y hacer actividades en ella, es decir, enlazar un sitio con otro, imprimir, enviar y recibir correo, entre otras funcionalidades más. (wikipedia, 2010)

1.7.5 SERVIDOR FTP

El Protocolo de transferencia de archivos es un protocolo de red para la transferencia de archivos entre sistemas conectados a una red TCP (Transmission Control Protocol), basado en la arquitectura cliente-servidor. Desde un equipo cliente se puede conectar a un servidor para descargar archivos desde él o para enviarle archivos, independientemente del sistema operativo utilizado en cada equipo. (INTERNACIONAL, 2020)

1.7.6 SISTEMA OPERATIVO WINDOWS

El sistema de Microsoft Windows, producido por Microsoft para su uso en computadoras personales, incluidas computadoras de escritorio en casa y de negocios, computadoras portátiles, netbooks, Tablet, servidores y centros multimedia. (MICROSOFT, 2020).

1.7.7 G-NETTRACK

Es una aplicación para smartphone que nos ayuda a conocer y monitorear las diferentes tecnologías de cobertura de telefonía móvil, en ella podemos visualizar los niveles de recepción,

ID estación, código el área a que pertenece la estación y otros datos necesarios para evaluar la calidad de servicio que brinda una Radio Base con servicio de 2G, 3G Y 4G.

1.8 LÍMITES Y ALCANCES

1.8.1 LÍMITES

- La disponibilidad del servicio es en función del sistema de energía.
- Solo brindará tráfico de voz en cambios de clima como lluvias.
- La descarga de paquetes será menor a 1 Mbps.

1.8.2 ALCANCES

- La micro Radio base Brindará cobertura 2G y 3G.
- La cobertura cubrirá un radio de 3 Km.
- La micro radio base brindara acceso a internet.
- El servicio de telefonía tendrá una autonomía de 14 horas dependiente de sistema de energía brindada por el banco de baterías.

1.9 APORTES

En el presente proyecto se dará a conocer a los lectores que es posible optimizar un sistema de telefonía móvil con transmisión satelital que brinda cobertura GSM, con un ancho de banda limitado para el tráfico de voz y datos sin tener la posibilidad de acceder a una migración por enlace Microondas por las formaciones geográficas que dificultan su acceso a ese tipo de sistemas, con tecnología XipLink es posible realizar el trabajo de optimización en una micro Radio Base, con las características que ofrece el ascenso en porcentajes significativas en tráfico de paquetes TCP, liberando espacio en ancho de banda en el espectro para priorizar el tráfico de paquetes UPD y VOZIP, así mismo tener la capacidad de habilitar la cobertura con el sistema HSPA para el acceso a internet. También realizaremos un estudio para falsear la posibilidad de acceder a un enlace Microondas realizando simulaciones con Radio Mobile con los datos geográficos que se obtendrán de los diferentes Radio bases cercanas al micro Radio Base Valle Hermoso.

CAPITULO II

2 MARCO TEÓRICO

2.1 GENERALIDADES

Dada la importancia en el crecimiento constante de los sistemas de telecomunicaciones Móviles, requieren cada año la actualización o migración a nuevas tecnologías para su mejor servicio en cobertura y toda vez que este es el tema principal del presente proyecto, en este capítulo se desarrolla de manera breve los conceptos generales de telecomunicaciones, con el objetivo de conocer las bases teóricas que se necesitan para apoyar la realización del proyecto correspondiente.

2.2 CONCEPTOS BÁSICOS DE TELECOMUNICACIONES

El desarrollo de las telecomunicaciones, la disminución de costos reales de los servicios, y el aumento en disponibilidad, confiabilidad, seguridad y conectividad de los servicios ofrecidos, no han sido producto de investigaciones aisladas y espontáneas de las comunicaciones, han sido resultado de los avances en diversos campos del conocimiento como la ingeniería espacial, el conocimiento del espectro electromagnético, pasando por la ciencia de los materiales y la física, señales analógicas, hasta la tecnología digital, la electrónica y la computación.

Las telecomunicaciones de la actualidad y desde sus inicios han sido un factor de integración y satisfacción en las necesidades cotidianas y más aún en la actualidad por lo que atraviesa nuestro país, pero a pesar de esto, solamente unos cuantos se habrán preguntado cómo funciona un sistema de transmisión satelital. Así mismo, pocas personas están conscientes de cuáles han sido los verdaderos fundamentos de las comunicaciones, los cimientos sobre los cuales se han construido las telecomunicaciones para llegar a generaciones y tecnologías actuales. Es por esto que a continuación mencionaremos de manera general las cinco eras que han definido las comunicaciones y la radio difusión.

La era del cable que tiene su principal desarrollo entre los años de 1840 a 1900 y la más destacada de las aportaciones de este periodo es el telégrafo submarino.

La era de la telegrafía sin hilos, para esta era se considera el transmisor telégrafo de onda larga como principal representante.

La era de la difusión sonora con fines de entretenimiento, que se presenta a partir del año 1920. La era de la radiodifusión televisiva que inicia en el año 1939 y la podemos apreciar en la actualidad con migración a señales digitales.

La era satelital que inicia en el de 1945 y hasta nuestros días es el medio más rápido y eficiente para las comunicaciones en áreas rurales de difícil acceso y de distancias largas.

Cada una de las épocas han ganado un lugar en la historia, y cada una a su manera, ha sido responsable de la creación de un nuevo mercado de comunicaciones y radiodifusión, estimulando con ello una creciente demanda global en la integración de la sociedad gracias al avance de las telecomunicaciones.

2.2.1 SISTEMAS DE COMUNICACIÓN INALÁMBRICA

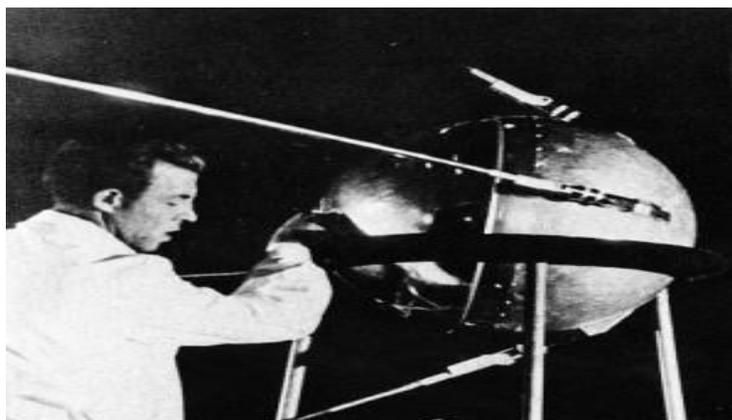
En el año de 1897 se inició el estudio de los fundamentos naturales de las ondas electromagnéticas. Posteriormente surgieron los primeros sistemas de radiotelegrafía que comenzaron a dar servicio al público en 1897, principalmente para radio comunicación marítima y ayuda a la navegación. El primer enlace radiotelegráfico transatlántico entre Europa y América se logra en 1901, al transmitir por aire a través de ondas electromagnéticas o radioeléctricas mensajes en clave morse.

Posteriormente, en el año 1945 cuando se propuso la colocación en órbita de tres repetidores separados entre sí. A 120 grados a 36000 Km. Sobre la superficie de la tierra en una órbita situada en un plano coincidente con el que pasa por el ecuador terrestre (Cinturón de Clarke). Con esta propuesta surgió la concepción de los sistemas satelitales.

El Primer Satélite espacial el Sputnik1 como se aprecia en la figura 2.1, lanzado en 1957 fue la primera nave en la órbita alrededor de la tierra; este llevaba a bordo un radiofaro el cual emitía una señal en las frecuencias de 20 y 40 Mhz. Esta señal podía ser recibida por simples receptores y así lo hicieron muchos radio aficionados a lo largo del mundo realizándose la primera prueba de transmisión y recepción de señales desde el espacio. (LaNación, 2017).

Figura 2.1 SPUTNIK 1, primer satélite artificial

Fuente: (LaNación, 2017)

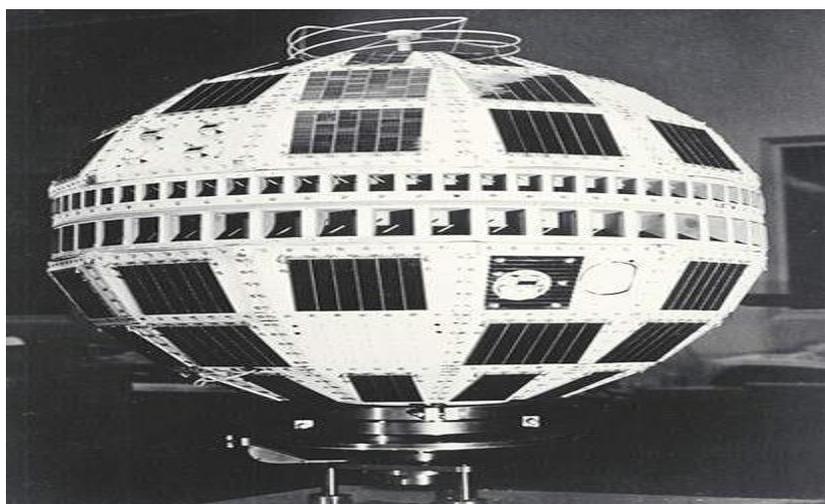


El año de 1962 fue puesto en órbita el primer satélite activo de comunicaciones TELSTAR 1 como se observa en la Figura 2.2, mismo que transportaba equipos de recepción y transmisión.

Un adelanto importante en la comunicación internacional satelital se dio en 1964 con el establecimiento del consorcio internacional de satélites de telecomunicaciones (INTELSAT), estos satélites fueron el punto clave para el desarrollo de la comunicación satelital, esto por la gran capacidad de transmisión, y el bajo costo que producía su utilización, además que se proveían de conexiones a lugares que estaban realmente distantes (Velera, s.f.)

Figura 2.2 Telstar 1, fue el primer satélite artificial de telecomunicaciones comercial

Fuente: (Velera, s.f.)



La era de los satélites, anunciadas por la creación del INTELSAT, EUTELSAT Y ARABSAT, pronto fue seguida por un segunda oleada, procedente de compañías de comunicaciones internacionales y bien establecidas, como AT&T, que había pesado de la telegrafía del siglo XIX a las comunicaciones sin hilos, después de onda corta y ahora por satélite, cada una de ellas lanzó su propia flota de la más moderna generación de satélites y cada una adquirido su propio nombre ofreciendo distintitas características y brindando diferentes servicios para distintas áreas de estudio ya sea para telecomunicaciones, difusión multimedia y estudio cartográficos . (Velera, s.f.)

2.2.2 COMUNICACIÓN VÍA MICROONDAS

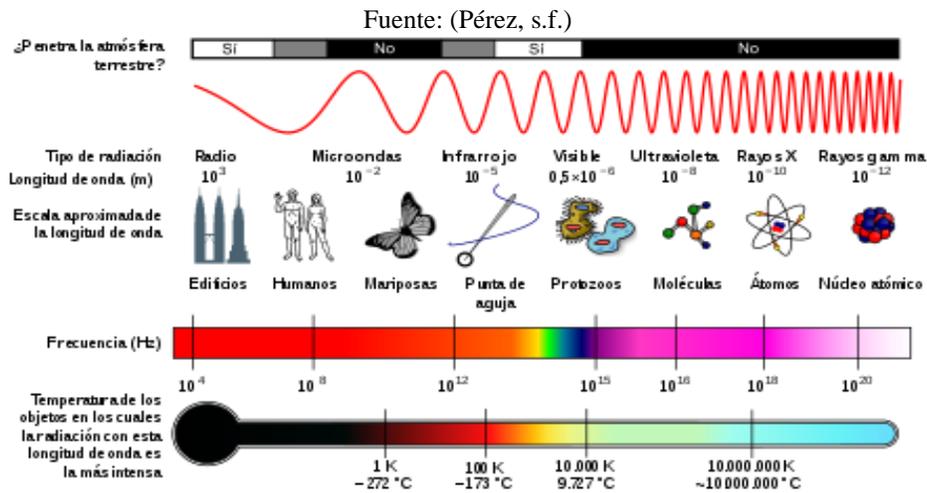
El espectro electromagnético se extiende desde las bajas frecuencias usadas para la radio moderna (extremo de la onda larga) hasta los rayos gamma (extremo de la onda corta), que cubren longitudes de onda de entre miles de kilómetros y la fracción del tamaño de un átomo. Se piensa que el límite de la longitud de onda corta está en las cercanías de la longitud Planck, mientras que

el límite de la longitud de onda larga es el tamaño del universo mismo, aunque en principio el espectro sea infinito y continuo.

El espectro cubre la energía de ondas electromagnéticas que tienen longitudes de onda diferentes. Las frecuencias de 30 Hz y más bajas pueden ser producidas por ciertas nebulosas estelares y son importantes para su estudio. Se han descubierto frecuencias tan altas como 2.9×10^{27} Hz a partir de fuentes astrofísicas. (Pérez, s.f.)

En la siguiente Figura 2.3, se puede apreciar de manera simple la clasificación de acuerdo a su longitud de onda, que como se sabe está en relación inversa con su frecuencia.

Figura 2.3 Diagrama del espectro electromagnético



Partiendo del conocimiento del espectro electromagnético, podemos deducir que las microondas son ondas de radio de alta frecuencia y por consiguiente de longitud de onda muy corta, de ahí su nombre. Estas ondas están situadas entre los rayos infrarrojos (su frecuencia es mayor) y las ondas de radio convencionales, su longitud de onda va aproximadamente de 1 mm hasta 30 cm.

Estas características las hacen atractivas para ser utilizadas como medio de comunicación que, gracias a estas, las microondas se pueden enfocar y dirigir con la luz y manipular como electricidad, de modo que ofrecen un medio práctico para transmitir información a grandes distancias sin necesidad de medio físicos de comunicación. Una señal de Frecuencia de Radio (RF) es generada, modulada, amplificada y acoplada a una antena transmisora. Estas viajan a través del espacio libre hacia una antena receptora en donde se captura una porción de la energía radiada siendo esta amplificada y demodulada en la estación destino.

Las bandas de frecuencias en el espectro de las microondas se designan mediante letras. Desafortunadamente, hay varios sistemas de designación de la banda incompatible, e incluso dentro de un sistema de los rangos de frecuencia que corresponden a algunas de las cartas varían algo entre los diferentes campos de aplicación. este es el origen del sistema de carta más antigua, las bandas de radar IEEE. (Pérez, s.f.)

Un conjunto de bandas de frecuencias de microondas designaciones por parte de la Sociedad de Radio de Gran Bretaña, se tabulan en la Tabla 1.1

Tabla 1.1 Rangos de onda y uso de frecuencia

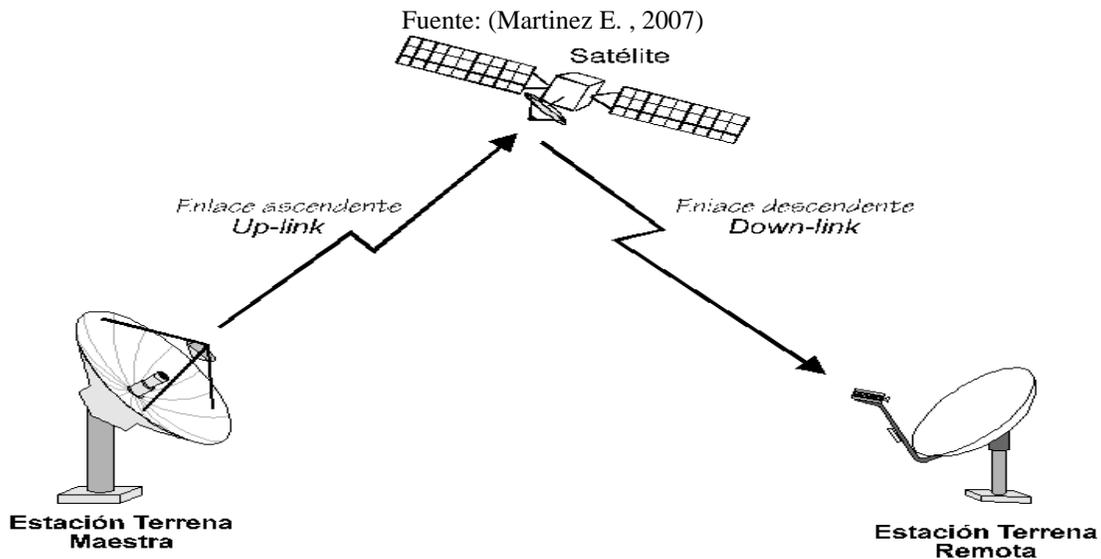
Fuente: Elaboración propia

Banda	Rango de frecuencia	Rango de onda	Los usos típicos
banda L	1 a 2 GHz	15 cm a 30 cm	telemetría militar, GPS, teléfonos móviles (GSM), radioaficionados
banda S	2 a 4 GHz	7,5 cm a 15 cm	radar meteorológico, radar buque de superficie, y algunos satélites de comunicaciones (hornos de microondas, dispositivos de microondas / comunicaciones, la radioastronomía, teléfonos móviles, LAN inalámbrica, Bluetooth, ZigBee, GPS, radio aficionados)
banda C	4 a 8 GHz	3,75 cm a 7,5 cm	de radio de larga distancia telecomunicaciones
banda X	8 a 12 GHz	25 mm a 37,5 mm	comunicaciones por satélite, radar, de banda ancha terrestre, comunicaciones espaciales, de radio amateur, espectroscopia de rotación molecular
K _u banda	12 a 18 GHz	16,7 mm a 25 mm	comunicaciones por satélite, la espectroscopia de rotación molecular
la banda K	18 a 26,5 GHz	11,3 mm a 16,7 mm	comunicaciones de radar, satélite, observaciones astronómicas, radares de automóviles, de la espectroscopia de rotación molecular
K _u banda	26,5 a 40 GHz	5,0 mm a 11,3 mm	comunicaciones por satélite, la espectroscopia de rotación molecular
banda Q	33 a 50 GHz	6,0 mm a 9,0 mm	comunicaciones por satélite, comunicaciones terrestres de microondas, radioastronomía, radar del automóvil, la espectroscopia de rotación molecular
bandas de U	40 a 60 GHz	5,0 mm a 7,5 mm	
banda V	50 a 75 GHz	4,0 mm a 6,0 mm	milímetro investigación radar de onda, la espectroscopia de rotación molecular y otros tipos de investigación científica
banda W	75 a 110 GHz	2,7 mm a 4,0 mm	comunicaciones por satélite, la investigación de radar de ondas milimétricas, la orientación de radar militar y aplicaciones de seguimiento, y algunas aplicaciones no militares, el radar del automóvil
banda F	90 a 140 GHz	2,1 mm a 3,3 mm	SHF transmisiones de radio: astronomía, dispositivos de microondas / comunicaciones, LAN inalámbrica, la mayoría de los radares modernos, los satélites de comunicaciones, radiodifusión de televisión por satélite, DBS, de radioaficionados
la banda D	110 a 170 GHz	1,8 mm a 2,7 mm	transmisiones EHF: astronomía de radio de alta frecuencia de radioenlace de microondas, la teledetección de microondas, radio

2.2.3 DESCRIPCIÓN DE LOS ENLACES VÍA SATÉLITE

Un satélite de comunicaciones en una estación que transmite microondas, se usa como enlace entre dos o más receptores/transmisores terrestres, denominados estaciones terrenas. El satélite recibe la señal en una banda de frecuencia (canal ascendente o Up Link). Los sistemas de comunicación por satélite constan de tres segmentos, estación terrena maestra, respondedor y estación terrena receptora, se pueden apreciar en la siguiente Figura 2.4.

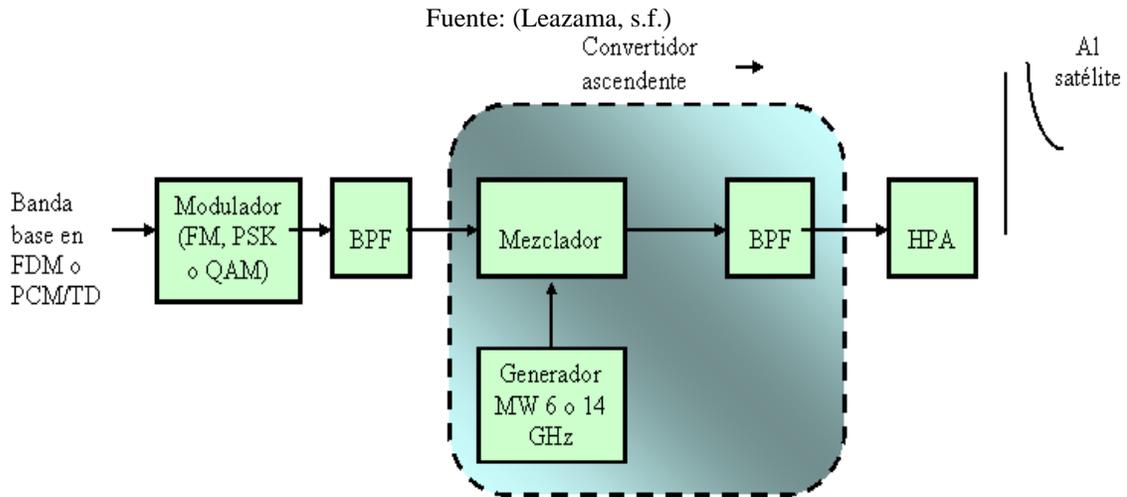
Figura 2.4 Elementos de un Enlace Satelital



2.2.3.1 ESTACIÓN TERRENA TRANSMISORA

El principal componente dentro de la sección de subida satelital, es el transmisor de la estación terrena y podemos observar en la Figura 2.5, un típico transmisor de la estación terrena consiste en un modulador de IF un convertidor de microondas de IF a RF, un amplificador de alta potencia (HPA) y algún medio para limitar a banda del último espectro de salida. El modulador de IF convierte en señales de Banda Base de entrada en una frecuencia intermedia modulada en FM, en PSK o en QAM. El convertidor (mezclador y filtro pasa-bandas) convierte la señal IF en una frecuencia de portadora de RF apropiada. El HPA proporciona una sensibilidad de entrada adecuada y potencia de salida para propagar la señal al transpondedor del satélite. (Leazama, s.f.)

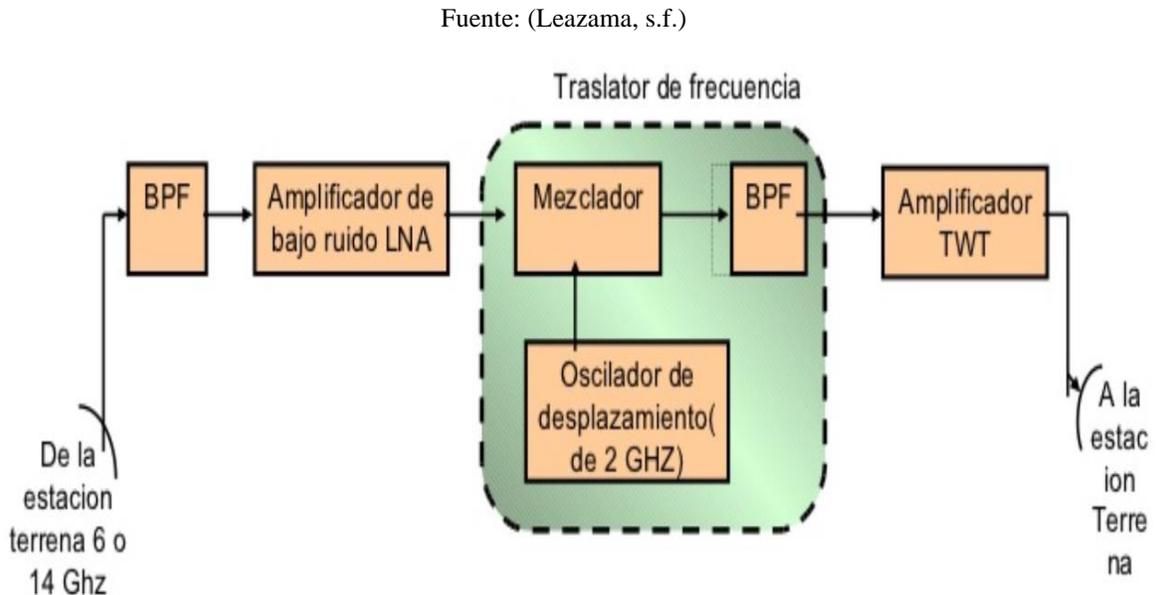
Figura 2.5 Diagrama de bloques de una estación terrena transmisora al transpondedor



2.2.3.2 TRANSPONDEDOR SATELITAL

Un transpondedor satelital podemos observar en la Figura 2.6, consta de un dispositivo para limitar la banda de entrada (BPF) un amplificador de bajo ruido de entrada (LNA), un convertidor de frecuencia, un amplificador de potencia de bajo nivel y un filtro de pasa-bandas de salida. Este transpondedor es un repetidor de RF a RF. (Leazama, s.f.)

Figura 2.6 Diagrama de bloques del Transponder

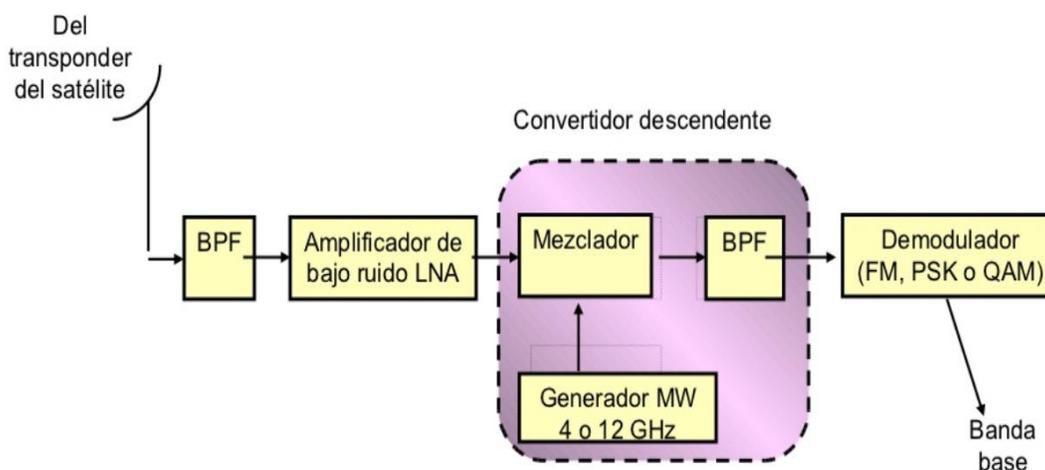


2.2.3.3 ESTACIÓN TERRENA RECEPTORA

Un receptor de estación terrena incluye un BPF⁷ de entrada, un LNA⁸ y un convertidor de RF⁹ a IF. Nuevamente el BPF limita la potencia del ruido de la entrada al LNA. LNA es un dispositivo de alta sensibilidad, con un poco de ruido, tal como un amplificador de diodo túnel o un amplificador paramétrico. Figura 2.7

Figura 2.7 Diagrama de la estación terrena receptora

Fuente: (Leazama, s.f.)



2.2.4 SATÉLITE TKSAT-1

Es el primer satélite artificial de telecomunicaciones de propiedad de estado plurinacional de Bolivia, lanzando en órbita el 20 de diciembre de 2013, desde el centro de lanzamiento de satélite de Xichang en China.

Fue construido por la solicitud del estado Plurinacional de Bolivia, por la corporación industrial Gran Muralla, subsidiaria de corporación de Ciencia y Tecnología Aeroespacial de China, que se encargó de la construcción, el lanzamiento y puesta de órbita de satélite.

Tuvo un costo de 295 millones de dólares americanos, de los cuales 44.33 millones son del Tesoro General de la Nación y 251,12 millones otorgados en un crédito del Banco de Desarrollo de China

El TKSAT-1 tiene un seguro de 200 millones de dólares, que cubre el lanzamiento y el primero año en órbita, es un seguro que cubre el 100% del capital que se requeriría para reponer

⁷ Filtro de paso de Banda

⁸ Amplificador de bajo nivel de ruido

⁹ Radio frecuencia

el satélite. Sino por un seguro demasiado grande, no es administrado por una sola empresa, sino por un consorcio de empresas aseguradoras de China. (Limachi, 2015)

El satélite está controlado desde la estación Terrena de Amachuma da la ciudad de El Alto a cuatro mil metros sobre el nivel del mar la cual está ubicada en el departamento de La Paz y también de la estación terrena de la Guardia Santivañez del departamento de Cochabamba en pleno llano boliviano.

2.2.5 BANDA Ku

La banda Ku ("Kurz-unten band") es una porción del espectro electromagnético en el rango de las microondas que va de los 12 a los 18 GHz. Esta se usa principalmente en las comunicaciones satelitales, siendo la televisión uno de sus principales usos. Esta banda se divide en diferentes segmentos que cambian por regiones geográficas de acuerdo a la ITU¹⁰.

La cadena televisiva estadounidense NBC fue la primera en utilizar esta banda para sus transmisiones en 1983.

La mayor parte del continente americano se encuentra dentro de la Región 2 de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) para enlaces descendentes desde 11,7 a 12,2 GHz (con frecuencia de oscilador local desde 10,750 hasta 11,250 GHz) y enlaces ascendentes desde 14 hasta 14,5 GHz y que están asignados a los satélites de servicios fijos. Hay más de 22 satélites de este tipo, orbitando sobre Norteamérica, cada uno con entre 12 y 24 transpondedores de 20 a 120 W cada uno, y que requieren de antenas de entre 0,8 y 1,4 m para una recepción clara.

El segmento alto de esta banda, que comprende desde 12,2 hasta 12,7 GHz (con frecuencia de oscilador local desde 11,250 hasta 12,750 GHz) para enlaces descendentes se asigna a los satélites de servicios de teledifusión. Estos satélites cuentan entre 16 y 32 transpondedores de 27 MHz de ancho de banda con una potencia de entre 100 y 240 watts, permitiendo el uso de antenas tan pequeñas como de 45 cm. (Communications, 2007)

2.2.6 REDES VSAT

Las redes VSAT¹¹ se conforman por terminales receptoras de mucho menor tamaño y costo. Estos terminales son sistemas de muy pequeña apertura que operan en las bandas C y Ku, y que esta pensadas para comunicaciones predecibles de bajo nivel de interactividad.

¹⁰ Unión Internacional de Telecomunicaciones

¹¹ Terminal de apertura muy pequeña

Los terminales VSAT son estaciones terrenas pequeñas equipadas con una antena de reducidas dimensiones. Las redes VSAT están formadas por otras estaciones terrenas mayores (con antenas de diámetro mayor) que realizan las funciones de gestión (MNC Network Manager Center).

Estas redes ofrecen servicios de datos unidireccionales o bidireccionales, servicios de difusión de video o comunicaciones de voz y datos, además permite crear redes privadas con una alta rentabilidad, lo cual hace posible en ahorro importante en equipos terrestres, puesto que emplean un número elevado de estaciones VSAT de bajo costo. (Blog, 2010)

2.2.7 ACCESO A UNA RED GLOBAL CON VSAT

La primera de las topologías de acceso a internet por satélite era una red unidireccional, en la que el satélite envía contenidos a los usuarios que estos no tengan posibilidades de realizar peticiones a la red que deseaban, por esta razón, se suele emplear en aplicaciones tales como canales de publicidad, servicios financieros o servicio de noticias. Una arquitectura unidireccional no resulta adecuada para llevar internet a los hogares puesto que no soporta la interactividad. La primera solución a este problema fue utilizar un canal de retorno por la red telefónica, de esta manera que los usuarios enviaban a través de un modem las peticiones a su proveedor de servicio de internet.

Finalmente es posible conseguir que todo el tráfico de acceso a internet, tanto de subida como de bajada atravesase el satélite simplemente dotando a los equipos de usuarios con la capacidad de transmitir información, esta sería la comunicación dúplex bidireccional. (Peñañiel, 2010)

2.2.8 TELEFONÍA CELULAR

Definimos como telefonía móvil aquel sistema de transmisión en el cual el usuario dispone de un terminal móvil, esto quiere decir que no posee cable, que le permite así gran movilidad, portabilidad y la localización en zonas geográficas donde alcance la cobertura de la red. Esto permite que el usuario que se encuentre con el terminal móvil puede estar comunicado en todo momento. La telefonía celular surge por la limitación de ancho de banda que disponen los proveedores de servicio de telefonía celular, el cual está dado por organismos internacionales de control de los mismos países por consecuencias otorgadas por administradores a los operadores de servicio. (TIEMPO, 1994)

En el caso de Bolivia, los organismos de control como la Autoridad de Regulación y Fiscalización de Telecomunicaciones y Transporte (ATT), controla a las operadoras de telefonía móvil como Entel, Viva y Tigo, emitiendo normas y leyes para la regulación de implementación de nuevas tecnologías y el espectro de frecuencias que deberían usar para su servicio de cobertura en diferentes generaciones de telefonía móvil.

2.2.9 RED CELULAR GSM

El sistema global para las comunicaciones móviles (del inglés Global System for Mobile communications, GSM, y originariamente del francés groupe spécial mobile) es un sistema estándar, libre de regalías, de telefonía móvil digital.

Un cliente GSM puede conectarse a través de su teléfono con su computador y enviar y recibir mensajes por correo electrónico, faxes, navegar por Internet, acceder con seguridad a la red informática de una compañía (red local/Intranet), así como utilizar otras funciones digitales de transmisión de datos, incluyendo el servicio de mensajes cortos (SMS) o mensajes de texto.

GSM se considera, por su velocidad de transmisión y otras características, un estándar de segunda generación (2G). Su extensión a 3G se denomina UMTS y difiere en su mayor velocidad de transmisión, el uso de una arquitectura de red ligeramente distinta y sobre todo en el empleo de diferentes protocolos de radio (W-CDMA). (Loans, 2015)

Una red celular está basada en la conexión de los terminales móviles a través de una serie de estaciones base, ubicadas en zonas estratégicas en un área geográfica, estas permiten la conmutación de peticiones de tráfico de voz y datos entre teléfonos móviles, conectar con algún abonado de telefonía fija, así como tener conectados a los usuarios al acceso a la red datos global. (Loans, 2015)

Los elementos principales de una red celular GSM son:

- Unidades Móviles (UE).
- Red de acceso (Radio Base)
- Red troncal (Centro de Conmutación Móvil)

2.2.9.1 UNIDADES MÓVILES (UE)

Las unidades móviles no son más que los teléfonos celulares, los cuáles constan de un transceptor de radio, unidad lógica, la unidad de control y la antena omnidireccional integrada.

2.2.9.2 RED DE ACCESO (BTS)

Una estación base o BTS (Base Transceiver Station) es un elemento de red de comunicaciones móviles fundamental, quizá el más importante, se trata de un equipamiento fijo distribuido por el territorio terrestre para cubrir el área a la que se pretende prestar el servicio de cobertura.

De gran importancia es necesario un elemento que controla la comunicación vía radio entre el terminal de usuario y la red MSC, constituyendo el acceso de los usuarios a la red. Está conformada de un sistema de control, sistemas de transmisión, sistema de energía.

2.2.9.3 CENTRO DE CONMUTACIÓN MÓVIL

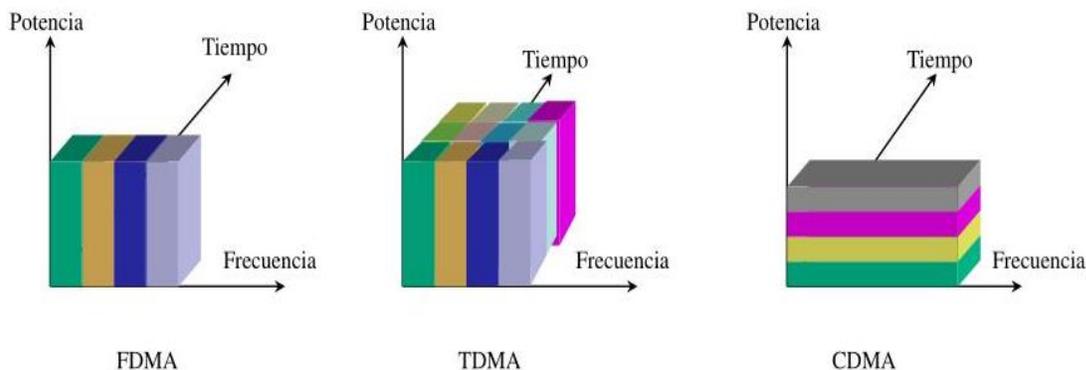
Centro de conmutación de llamadas de una red de telefonía móvil GSM/ UMTS, responsable del establecimiento, encaminamiento y terminación de cualquier llamada, control de los servicios suplementarios y del traspaso de llamadas entre celdas o handover¹², así como la recogida de información necesaria para tarificación. También actúa de interfaz entre la red GSM y cualquier otra red pública o privada de telefonía o datos.

2.2.10 TÉCNICAS DE MULTIPLEXACIÓN

Las frecuencias de señales de radio en algunas ocasiones pueden ser muy difíciles de obtener, llegando a ser muy costosas cuando se encuentran disponibles. Ante este panorama la industria que maneja tecnologías inalámbricas como la telefonía celular, utiliza tres diferentes técnicas para permitir que múltiples usuarios utilicen eficientemente las frecuencias asignadas. Las técnicas son FDMA, TDMA y CDMA como se observa en la Figura 2.8.

Figura 2.8 Multiplexación

Fuente: Elaboración propia



¹² Handoff o transferencia de una célula a otra

2.2.10.1 FDMA

Se denomina acceso múltiple por división de frecuencias (FDMA / Frequency Division Multiple Access). El ancho de banda disponible es dividido en una serie de canales que son asignados bien sea para transportar señales de control o señales de voz. Cada canal asignado a un usuario es de 30 KHz y opera bajo la modalidad simplex. Tanto el receptor como el emisor utilizan la misma frecuencia y por lo general esta tecnología es usada en los sistemas de radio comercial y televisión.

2.2.10.2 TDMA

El acceso múltiple por división del tiempo (TDMA / Time Division Multiple Access) es el proceso por el cual a un usuario se le asigna una porción de tiempo para su conversación. En sistemas celulares digitales, la información debe ser convertida desde su origen análogo (Voz humana) en datos digitales (1s y 0s). Un dispositivo codificador/decodificador realiza la conversión analógica-digital/digital-analógica. Entre más eficiente sea este dispositivo, puede asignar más porciones de tiempo para ser compartidas por los usuarios. Por ejemplo, si la voz humana puede ser comprimida a una tasa de 5:1, entonces 5 porciones de tiempo podrían estar disponibles. Por lo general TDMA asigna tres porciones de tiempo en cada canal de 30 KHz.

2.2.10.3 CDMA

El acceso múltiple por división de código (CDMA / Code Division Multiple Access) es el más eficiente de los sistemas de acceso y está desplazando significativamente los sistemas FDMA y TDMA. En lugar de dividir los usuarios en tiempo o frecuencia cada usuario obtiene todo el espectro de radio en todo momento. Las actuales implementaciones de la técnica CDMA utilizan un ancho de banda de canal de 1.25 MHz comparados con los 30 MHz usados por FDMA y TDMA. Un tamaño de canal de 1.25 MHz permite la propagación de 128 llamadas simultáneas gracias a la codificación digital. Múltiples conversaciones pueden ocurrir sobre el mismo canal y todas se transmiten codificadas en forma digital. Debido al amplio uso de esta tecnología en los sistemas de telefonía celular, las estaciones base poseen toda la infraestructura necesaria para manipular (extraer) las conversaciones individuales codificadas. CDMA cuenta con beneficios muy atractivos como mayor capacidad, mayor seguridad y mejor calidad de las llamadas.

2.2.11 UMTS

Sistema universal de telecomunicaciones móviles(UMTS), es una de las tecnologías usadas por los móviles de tercera generación, sucesora de GPRS, debido a que la tecnología GPRS (evolución

de GSM) propiamente dicha no podía evolucionar para prestar servicios considerados de tercera generación.

Aunque inicialmente esté pensada para su uso en teléfonos móviles, la red UMTS no se limita a estos dispositivos y puede utilizarse en otros, debido a que las redes que manejan dentro la arquitectura UMTS está el sistema HSDPA, HSUPA y HSPA.

Sus tres grandes características son: las capacidades multimedia, una velocidad de acceso a Internet elevada (que también le permite transmitir audio y video en tiempo real) y una transmisión de voz con calidad equiparable a la de las redes fijas. Además, dispone de una variedad de servicios muy extensa. (Rosero, 2007)

2.2.12 AQUITECTURA UTRAN

Una traducción aproximada al español de este acrónimo sería Red de Acceso Radio Terrestre UMTS (Universal Mobile Telecommunications System). UMTS presenta una arquitectura como se aprecia en la Figura 2.9, en la cual se describen tres elementos principalmente, el UE o equipo de usuario, UTRAN (UMTS Terrestrial Radio Access Network) y la red central (Core Network). UTRAN permite a los equipos de usuario acceder al núcleo de red de UMTS, una de las principales redes de comunicaciones móviles inalámbricas de tercera generación (3G). El sistema UTRAN ha sido desarrollado para alcanzar altas velocidades de transmisión. Nuevos tipos de transferencia de datos y algoritmos ayudan a alcanzar esta velocidad.

En UTRAN, el acceso al núcleo de red de UMTS se realiza vía radio, a través de una serie de elementos de red interconectados entre sí y con el núcleo de red mediante interfaces de transporte terrestres. La interfaz Uu se encuentra entre el UE y la red UTRAN, y entre la red UTRAN y la red central o Core Network se encuentra la interfaz Iu. La interfaz entre el UE y la red UTRAN es la tecnología WCDMA, es decir, la conexión entre el equipo de usuario y la red de acceso de radio para UMTS es mediante la tecnología WCDMA. Además del acceso radio mediante UTRAN, UMTS permite también la utilización de una red de acceso radio vía satélite.

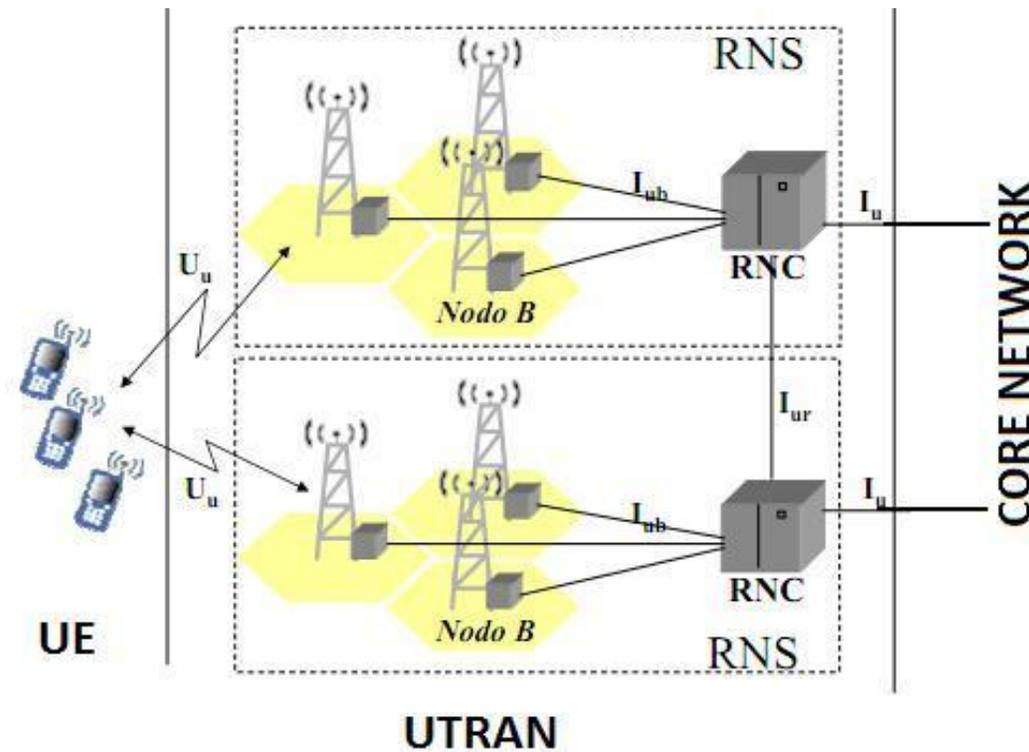
La red UTRAN consiste de varios elementos, entre los que se encuentran los RNC(Radio Network Controller) que se encargan de controlar la red de acceso radio y los Nodo B corresponden a las estaciones base donde se sitúan las antenas y elementos de transmisión radio. Ambos elementos juntos forman el RNS (Radio Network Subsystem) un conjunto de

subsistemas de radio, el modo de comunicación de la red UMTS. Las interfaces internas de UTRAN incluyen la interfaz I_{ub} la cual se encuentra entre el Nodo B y el RNC y la interfaz I_{ur} que conecta a los RNC entre sí.

La tecnología UTRAN está formada por diversas capas totalmente independientes unas de otras, esto facilitaría en un futuro una posible modificación de una parte de esta tecnología sin necesidad de volver a crear otra de nuevo, solo bastaría con modificar algunas de sus capas. (Rosero, 2007)

Figura 2.9 Arquitectura de red UMTS

Fuente: (Rosero, 2007)



2.2.12.1 EQUIPO DE USUARIO (UE)

El equipo de usuario o UE, también llamado móvil, es el equipo que el usuario trae consigo para lograr la comunicación con una estación base en el momento que lo desee y el lugar en donde exista cobertura. Este puede variar en su tamaño y forma, sin embargo debe estar preparado para soportar el estándar y los protocolos para los que fue diseñado. (Rosero, 2007)

2.2.12.2 INTERFAZ UU

La interfaz U_u se encuentra entre el equipo de usuario y la red UTRAN, en el enlace que se establece UE con la estación.

2.2.12.3 RNC (RADIO NETWORK CONTROLER)

El RNC controla a uno o varios Nodos B. El RNC se conecta con el MSC mediante la interfaz luCS o con un SGSN mediante la interfaz luPs. La interfaz entre dos RNC es la interfaz Lur por lo tanto una conexión directa entre ellos no es necesario que exista. Si comparamos al RNC con la red de GSM (Groupe Spécial Mobile), éste es comparable con el BSC (Base Station Controller).

Algunas de las funciones ejecutadas por RNC son:

- Manejar los recursos de transporte de la interfaz lu.
- Manejo de la información del sistema y de los horarios de la información del sistema.
- Manejo de tráfico en los canales comunes.
- Combinación en la Macro diversidad y división de las tramas de datos transferidas sobre muchos Nodos B.
- Asignación de códigos de canalización en el enlace de bajada.
- Control de admisión.
- Manejo del tráfico en los canales compartidos.

(Rosero, 2007)

2.2.12.4 NODO B

El Nodo B crea, mantiene, y envía un enlace de radio en cooperación con el terminal. Es decir, es el componente responsable de la transmisión y recepción radio entre el terminal móvil y una o más celdas UMTS.

Algunas de las funciones ejecutadas por Nodo B son:

- Transmisión de los mensajes de información del sistema de acuerdo con el horario determinado por el RNC.
- Reportar las mediciones de la interferencia en el enlace de subida y la información de la potencia en el enlace de bajada.
- Combinación para la Macro diversidad y división de las tramas de datos internas al Nodo B.

(Rosero, 2007)

2.2.12.5 INTERFAZ Lu

Esta interfaz conecta a la red central con la red de acceso de radio de UMTS. Es la interfaz central y la más importante para el concepto de 3GPP. La interfaz “lu” tiene dos diferentes instancias físicas para conectar a dos diferentes elementos de la red central, todo dependiendo

si se trata de una red basada en conmutación de circuitos o basada en conmutación de paquetes. En el primer caso, es la interfaz lu-CS la que sirve de enlace entre UTRAN y el MSC, y es la interfaz lu-PS la encargada de conectar a la red de acceso de radio con el SGSN de la red central. (Rosero, 2007)

2.2.12.6 RED CENTRAL (Core Network)

La red central se forma por varios elementos , los dos de mayor interés son el MSC, pieza central en una red basada en conmutación de circuitos y el SGSN, pieza central en una red basada en conmutación de paquetes. (Rosero, 2007)

2.2.12.7 MSC (Mobile Switching Center)

Como ya se mencionó, el MSC es la pieza central de una red basada en la conmutación de circuitos. El mismo MSC es usado tanto por el sistema GSM como por UMTS, es decir, la BSS (Base Station subsystem) de GSM y el RNC de UTRAN se pueden conectar con el mismo MSC. Esto es posible ya que uno de los objetivos del 3GPP fue conectar a la red UTRAN con la red central de GSM/GPRS. El MSC tiene diferentes interfaces para conectarse con la red PSTN, con el SGSN y con otros MSC's.

En el MSC se realiza la última etapa del MM (Mobility Management) y del CM (Connection Management) en el protocolo de la interfaz aérea, así que el MSC debe encargarse de la dirección de estos protocolos o delegarle la responsabilidad a cualquier otro elemento de la red central. También se encarga del voiceo, de la coordinación en la organización de las llamadas de todos los móviles en la jurisdicción de un MSC, de coleccionar los datos para el centro de facturación y control y operación de la cancelación del eco entre otros. (Rosero, 2007)

2.2.12.8 SGSN (Serving GPRS Support Node)

El SGSN es la pieza central en una red basada en la conmutación de paquetes. El SGSN se conecta con UTRAN mediante la interfaz lu-PS y con el GSM-BSS mediante la interfaz Gb. El SGSN contiene la información de subscripción, el IMSI (International Mobile Subscriber Identity), la información de ubicación y el área en la que el móvil está registrado entre otras informaciones. (Rosero, 2007)

2.2.13 HSPA

High-Speed Packet Access (HSPA) es una fusión de dos protocolos móviles, High Speed Downlink Packet Access (HSDPA) y High Speed Uplink Packet Access (HSUPA) que extiende y mejora el rendimiento de las redes de telecomunicaciones móviles de tercera generación

(3G), como son el 3.5G o HSDPA y 3.5G Plus, 3.75G o HSUPA existentes utilizando los protocolos WCDMA.

A finales de 2008 se lanzó un estándar 3GPP aún más mejorado, Evolved High Speed Packet Access (también conocido como HSPA+), posteriormente adoptado a nivel mundial a partir de 2010. Este nuevo estándar permitía llegar a velocidades de datos tan altas como 337Mbit/s en el enlace descendente y 34Mbit/s en el enlace ascendente. Sin embargo, estas velocidades se consiguen rara vez en la práctica,

2.2.13.1 VENTAJAS HSPA

- Transmisión de voz con calidad equiparable a la de las redes fijas.
- Mayor velocidad de conexión, ante caídas de señal.
- Mayor ancho de banda para transferencias de archivos multimedia.

Todo esto hace que esta tecnología sea ideal para prestar diversos servicios multimedia móviles.

2.2.13.2 DESVENTAJAS HSPA

Aparición del efecto conocido como (cell breathing) (en español respiración celular), según el cual, a medida que aumenta la carga de tráfico en un sector (o celda), el sistema va disminuyendo la potencia de emisión, o lo que es lo mismo, va reduciendo el alcance de cobertura de la celda, pudiéndose llegar a generar zonas de "sombra" (sin cobertura), entre celdas adyacentes. (Rosero, 2007)

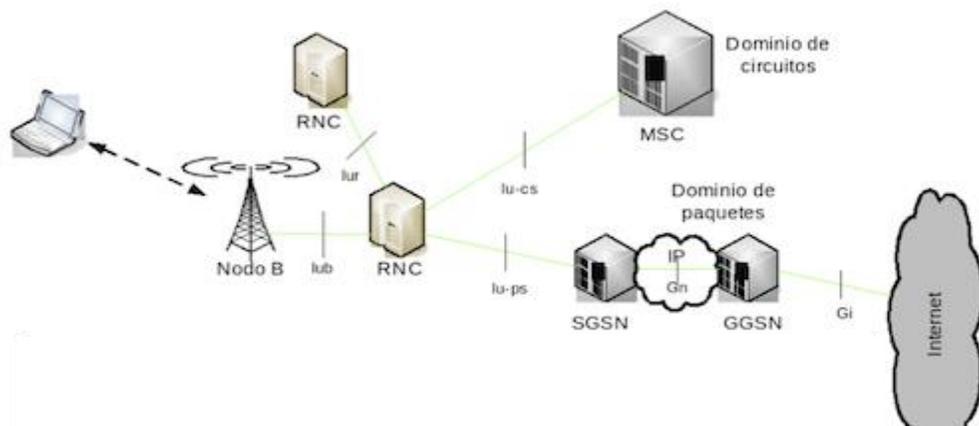
2.2.14 PROCESO DE ACCESO A INTERNET

La comunicación a nivel de tramas (capa 3) entre la estación móvil UE con un Nodo B, se realiza mediante la interfaz Uu, que viene a ser interfaz espectral, Dicho Nodo B se comunica mediante la interfaz Lub con el RNC. El RNC establece un enlace ya sea con el MSC o el SGSN mediante la interfaz Lu, lo anterior va a depender si se utiliza si se utiliza la conmutación por paquetes (datos) o de circuitos(voz), en el caso de conexión a internet se conectará GGSN lo cual también es parte de la red central. Para lograr la comunicación dentro de este sistema, lo primero que debe ejecutar es el acceso móvil de la red, lo cual se puede realizar mediante la autenticación de usuario, que es una especie de identificación en la red. Ya que estación móvil ya sido identificada, y en el caso que exista una llamada entrante o algún mensaje de texto para la estación móvil, la red le informa mediante el voice. Para un móvil el control de movilidad

mediante el voceo inicia por la red central y se transmite vía el protocolo RANAP¹³ y el RRC¹⁴ al lugar relacionado o al área donde se encuentra registrado el UE. Una vez que se realizó el voceo, se realiza el establecimiento de la conexión RRC, cuando la conexión RRC es establecida, el mensaje de control de la conexión de la capa más alta del UE se transmite de forma encapsulada como un mensaje inicial del móvil al dominio seleccionado de la red central. Después de esto, se produce a la autenticación de usuario, lo cual es necesario para mantener seguridad dentro de la red. Finalmente basándose en los parámetros transitorios en el mensaje inicial del móvil, tal como: interferencia actual, tráfico en la celda, la correspondiente red central decidirá acerca del tipo de canal mediante la asignación de una portadora de radio, viene lo que se denomina la fase activa en el cual los datos de información son intercambiados entre el móvil y la red central. Inmediatamente que se termina la comunicación entre el móvil y la red, se manda un mensaje de desconexión, entonces la red central solicitará la liberación de la portadora de radio RNC. Ya una vez que se liberó, el móvil seguirá con la conexión RRC, la cual por último se liberará para que este móvil pase a estado de desocupado (modo idle). Para que una estación móvil pueda enviar y recibir datos de internet necesita del protocolo IP en cual está en la capa RRC y PDCP, es decir una vez que se haya establecido la conexión RRC, el SGSN asignará una dirección IP al móvil para que pueda establecer conexiones TCP externas. El Gateway o puerta de enlace hacia Internet es el GGSN, el cual estará conectado los datos hacia y desde Internet; todo este proceso se puede observar en la siguiente Figura 2.10.

Figura 2.10 Acceso a internet por medio de UMTS HSPA

Fuente: (Wikipedia, 2020)



¹³ Protocolo especificado por 3GPP dentro el UMTS

¹⁴ Recurso de Radio Control que funciona como plano de Control en la capa 3

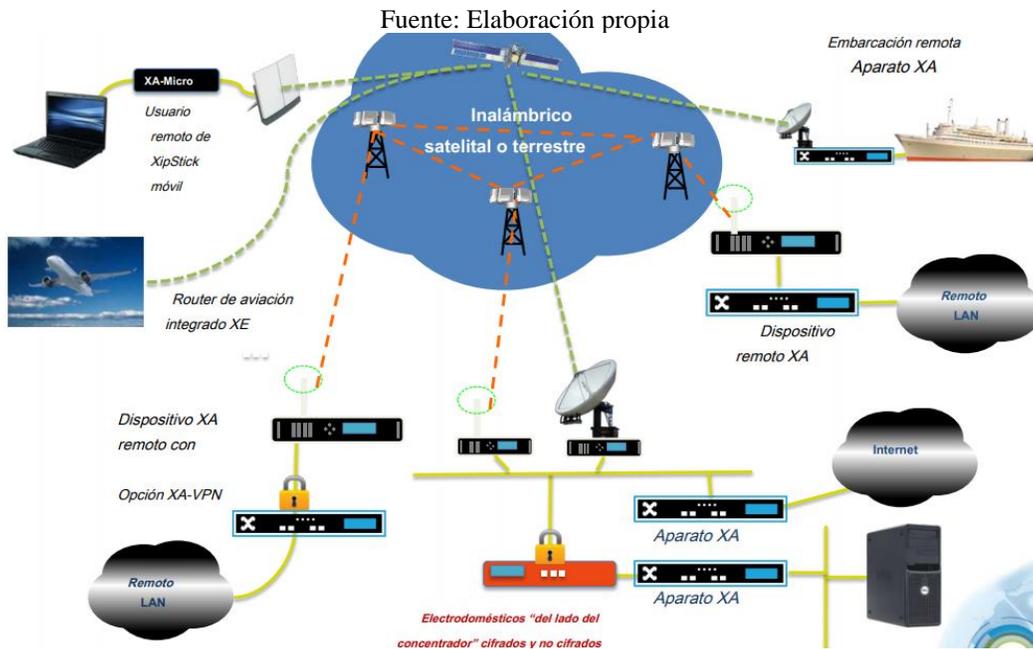
Hay que tener en cuenta la latencia, que es el tiempo promedio que toma un paquete IP en viajar desde el UE por medio de la red HSAP hasta un servidor de internet, adicional al tiempo de regreso, es un componente crítico que afecta la percepción del usuario de aplicaciones basadas en TCP/IP. La latencia ha sido mediante en numerosas redes comerciales HSDPA, donde se ha conseguido latencia por encima de los 70 ms. Se consigue que con la introducción de HSUPA se tenga tiempos de retardo menores a 50 ms.

2.2.15 XIPLINK

XipLink es en tecnología líder del mercado establecido en la optimización de redes VSAT. XipLink tiene como objetivo ser líder de aceleración de TCP y desde entonces ha evolucionado hasta convertirse en una solución integral de optimización WAN dirigida específicamente a redes satelitales e inalámbricas con un ancho de banda limitado.

Las redes satelitales e inalámbricas de hoy se enfrentan a limitaciones de capacidad y confiabilidad de la red debido al rápido aumento del tráfico de voz, video y datos. Los desafíos que enfrentan los proveedores de servicios de comunicación (CSP) son triples: falta de ancho de banda disponible, asignaciones de frecuencia fragmentadas y costo relativamente alto para el ancho de banda satelital. Además, la necesidad de una conectividad siempre activa exige conexiones desafiantes en movimiento, como embarcaciones militares móviles, de banda ancha de aviación y marítimas como se observa en la Figura 2.11 (XipLink, 2019)

Figura 2.11 XipLink en enlaces inalámbricos



XipLink, una empresa de optimización de WAN con sede en Quebec, Canadá, que ofrece soluciones de conectividad de comunicaciones para satélites, habilita estos entornos estresados con capacidad de ancho de banda optimizada y, al mismo tiempo, proporciona una experiencia de usuario mejorada.

2.2.16 CARACTERÍSTICAS DE XIPLINK

“Permitimos que los CSP e ISP inalámbricos ahorren costos o aumenten la capacidad a un costo de capital muy bajo mientras se amplía el valor de la infraestructura existente, generando así mayores ingresos a través de la expansión incremental de la capacidad del sistema” (Waters, 2019)

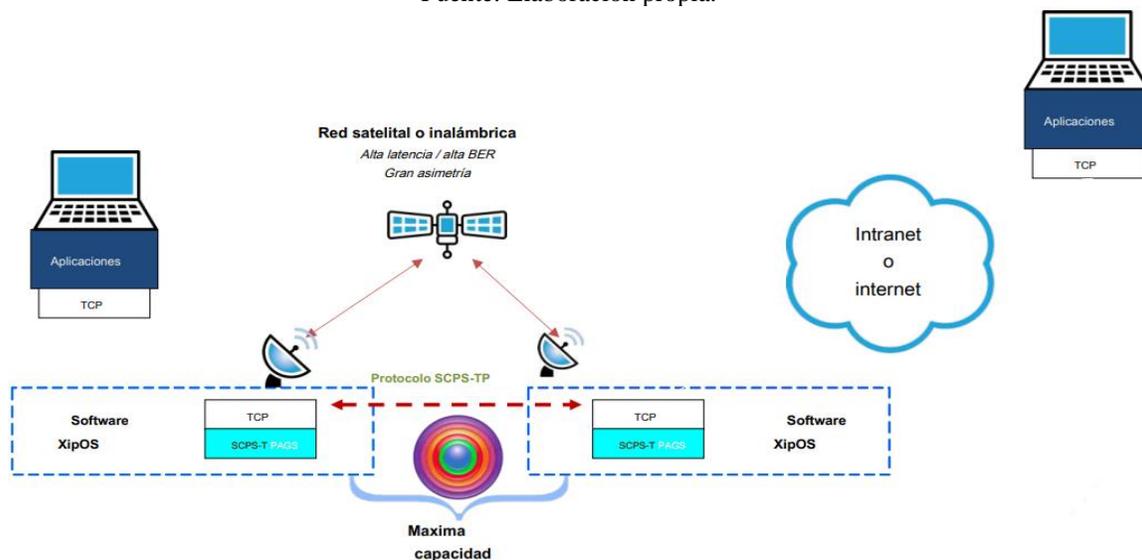
Soporta enrutamientos como RIP, OSPF y BGP, así como también túneles de encapsulamiento MPLS y de punto a punto, apto para cualquier infraestructura de red inalámbrica.

2.2.16.1 PROTOCOLO DE TRANSPORTE SCPS-TP DE XIPLINK

Especificadores del Protocolo de Comunicaciones Espaciales, es un conjunto de opciones de TCP y modificaciones del lado del remitente para mejorar el rendimiento de TCP en entornos estresados que incluyen retrasos prolongados, altas tasas de error de bits y asimetrías significativas. Las opciones de SCPS-TP son opciones de TCP registradas con la Autoridad de Números Asignados de Internet (IANA) y, por lo tanto, SCPS-TP es compatible con otras implementaciones de TCP con buen comportamiento.

Figura 2.12 Protocolo SCPS-TP sobre TCP

Fuente: Elaboración propia.

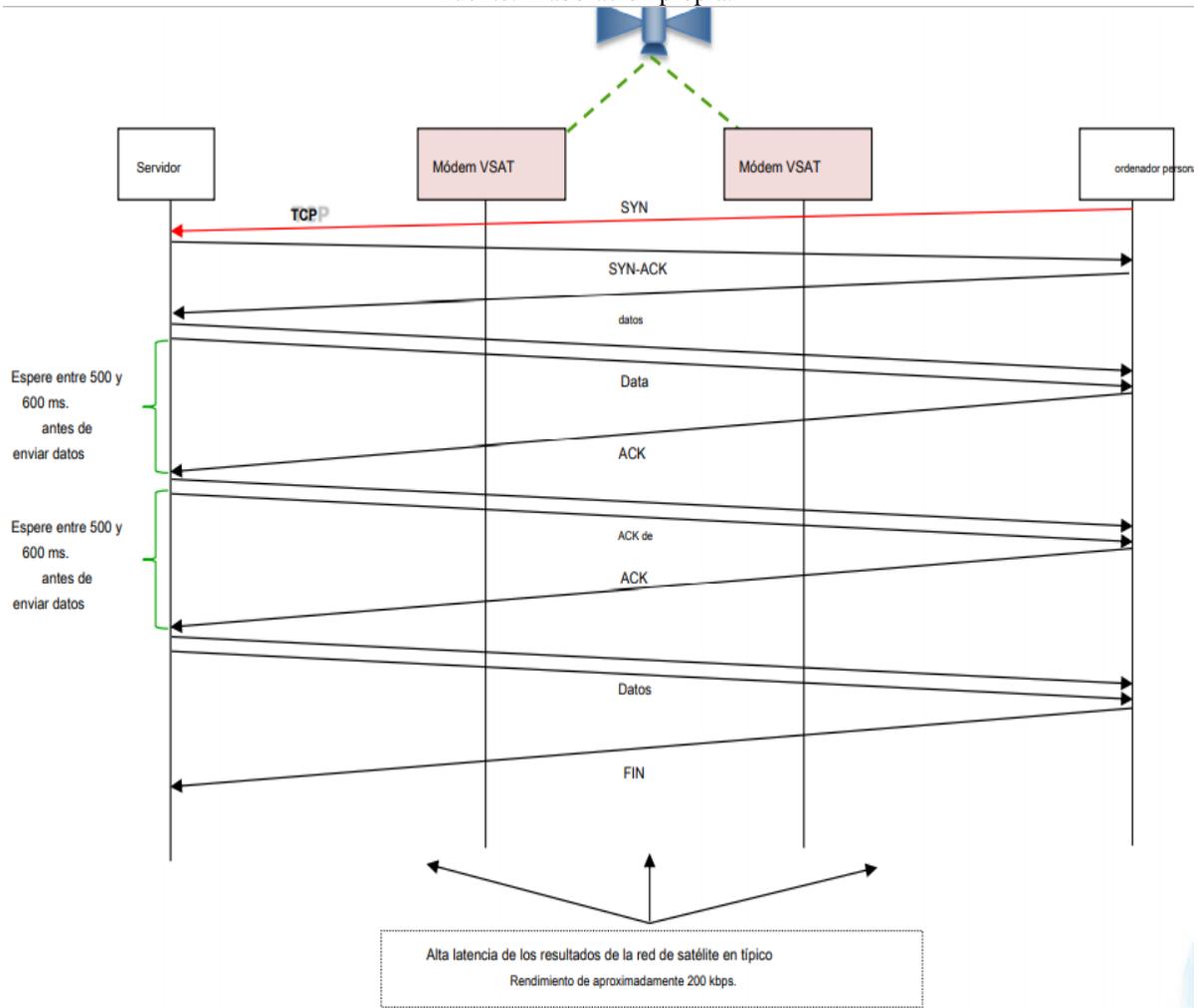


En la figura 2.13. se observa el proceso de autenticación de tres pasos que realiza el protocolo TCP sin el optimizador, donde un equipo para establecer una conexión con un servidor remoto

debe pasar todo el enlace de extremo a extremo en los tres pasos, en este periodo aumenta la latencia en el tiempo de respuesta a 500 y 600 ms.

Figura 2.13 Aceleración de rendimiento de TCP

Fuente: Elaboración propia.



Un optimizador acorta el proceso de autenticación del protocolo TCP como se observa en la Figura 2.14 entre Equipo usuario y servidor remoto, reduciendo la latencia en la petición de servicio. En la Figura 2.15 se realiza un ejemplo de una petición de una página web a un servidor, se puede observar que el tiempo de respuesta con una petición TCP normal supera los 600 ms, mientras con el optimizador se reduce a 180 ms

Figura 2.14 Diagrama de establecimiento de conexión de protocolo TCP con protocolo SCPS-TC

Fuente: Elaboración propia

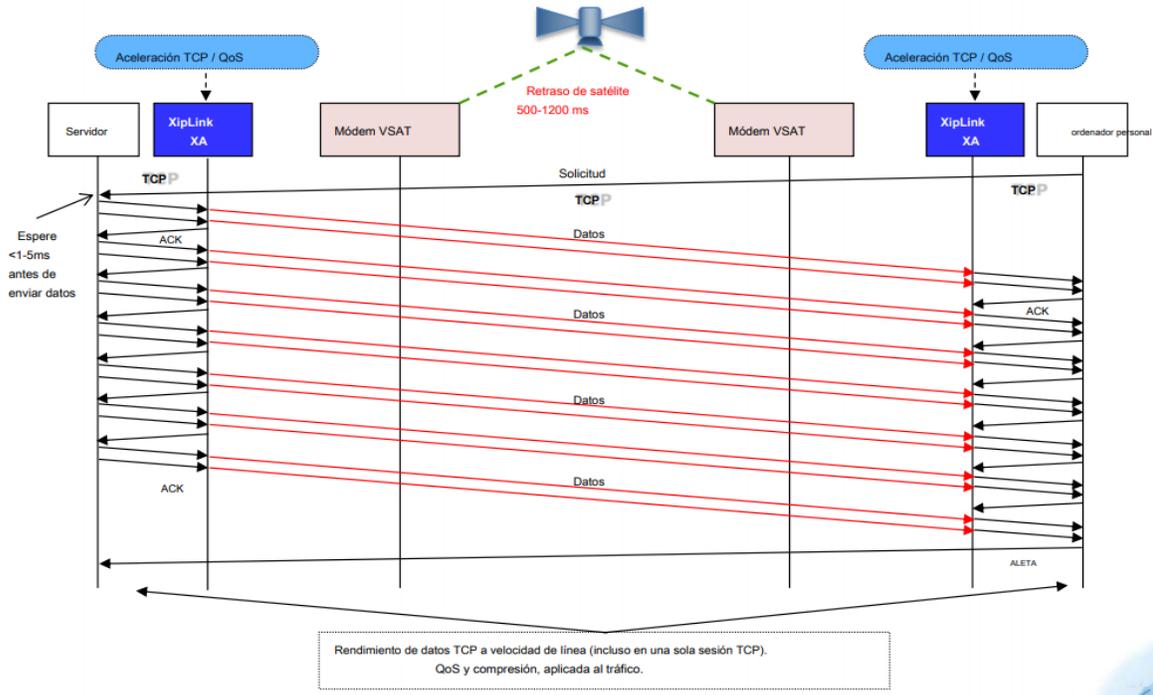
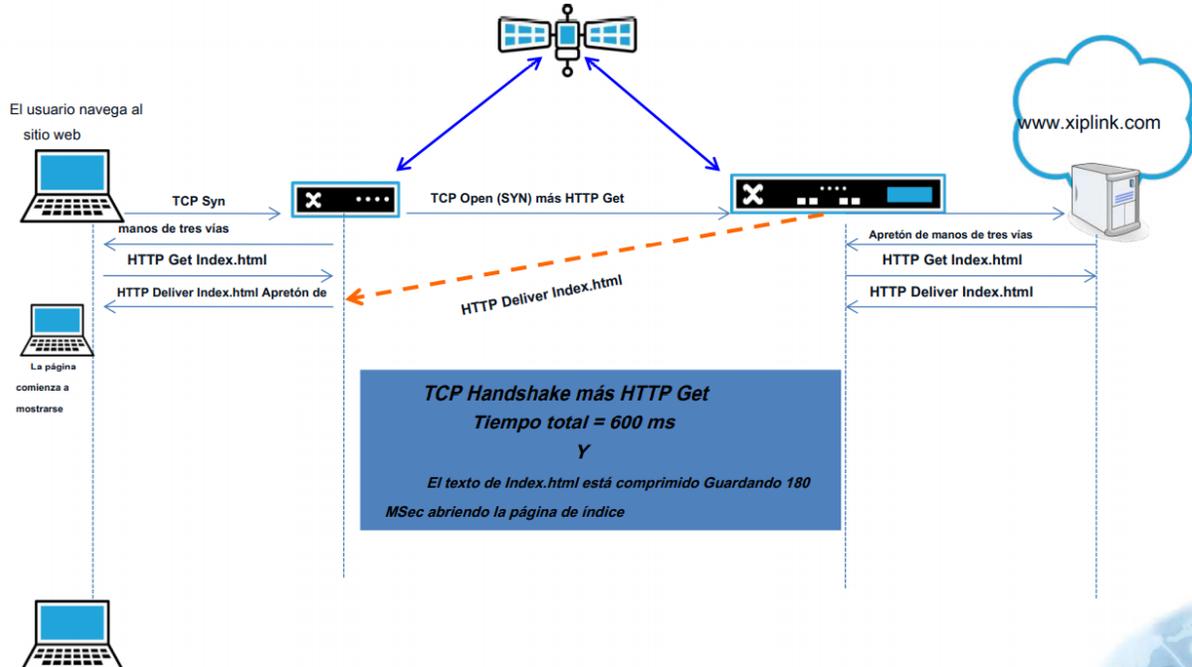


Figura 2.15 Proceso de petición y repuesta

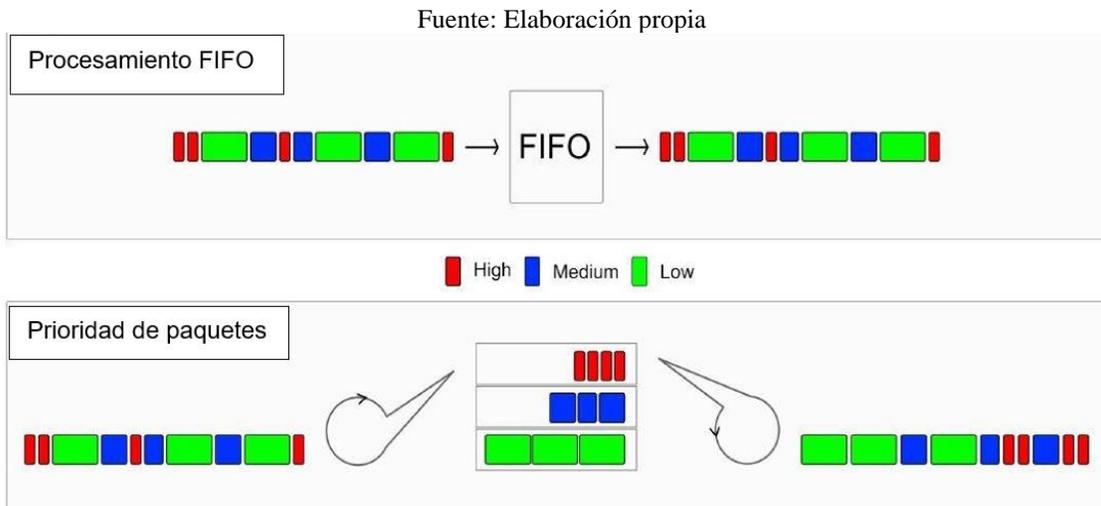
Fuente: Elaboración propia



2.2.16.2 PRIORIDAD DE PAQUETES XRT

Otra tecnología clave es el conjunto de funciones XipLink Real Time (XRT) que comprime, fusiona y prioriza de forma única VoIP, UDP y otros protocolos basados en IP, además de la optimización TCP¹⁵ estándar, para ofrecer un ancho de banda significativamente mayor y eficiencia de paquetes sin comprometer la calidad. En la mayoría de los casos, las características XRT aumentan las capacidades de procesamiento de paquetes por segundo para enrutadores inalámbricos, mientras brindan ahorros de ancho de banda del 25 al 50 por ciento en el tráfico de paquetes pequeños. En la Figura 2.16 podemos observar una diferencia entre el funcionamiento normal con el sistema FIFO¹⁶ y a el tráfico con sistema que prioriza paquetes.

Figura 2.16 Proceso de petición y repuesta.



2.2.16.3 COMPRESIÓN DE FLUJO AVANZADO

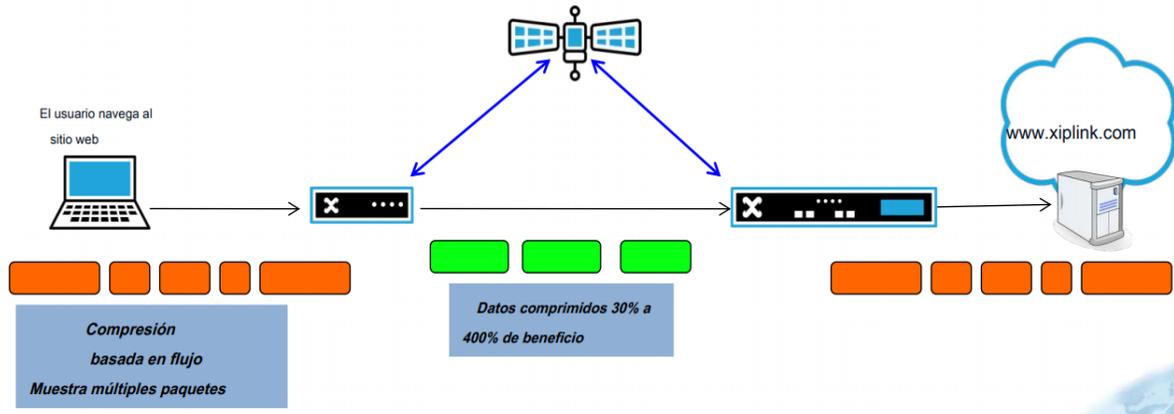
- Compresión basada en la transmisión por paquete, reduce los paquetes para todas las aplicaciones TCP
- Múltiples algoritmos de compresión (X1, X2x):
 - El algoritmo X1 utiliza una CPU y memoria mínimas con buenas relaciones.
 - El algoritmo X2 usa más CPU / Memoria, pero ofrece relaciones más altas
- Control de Active Resource Manager (ARM): determina dinámicamente el algoritmo X1 y X2
- Ancho de Banda: Resultado en el uso máximo del ancho de banda de Radio Frecuencia

¹⁵ Protocolo de Control de Transferencia

¹⁶ Primero en entrar, primero en salir

Figura 2.17 Compresión de paquetes.

Fuente: elaboración propia



En la Figura 1.17 y Figura 2.18 vemos la ilustración de la aplicación de diferentes algoritmos de compresión basado en flujo, basado en paquetes y basado en transmisión.

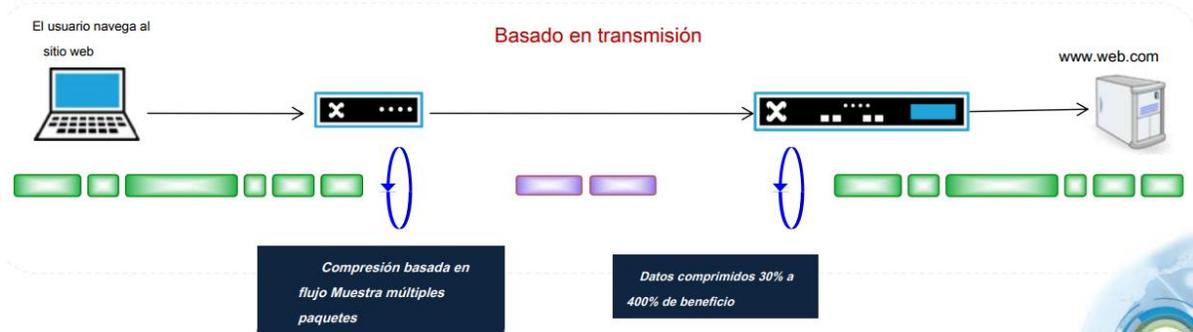
Figura 2.18 control ARM sobre paquetes

Fuente: Elaboración propia

Basado en paquetes



Basado en transmisión



2.2.17 PROCOLO TCP

Protocolo de control de transmisión (en inglés Transmission Control Protocolo TCP) es uno de los protocolos fundamentales en internet. Fue creado entre los años 1973 y 1974 por Vint Cerf y Robert Kahn.

Muchos programas dentro de una red de datos compuesta por redes de computadoras, pueden usar TCP para crear “conexiones” entre sí a través de las cuales puede enviarse un flujo de datos. El protocolo garantiza que los datos serán entregados en su destino sin errores y en el mismo orden en que se transmitieron. También proporciona un mecanismo para distinguir distintas aplicaciones dentro de una misma máquina, a través del concepto de puerto.

TCP da soporte a muchas de las aplicaciones más populares de Internet (navegadores, intercambio de ficheros, clientes FTP, etc.) y protocolos de aplicación HTTP¹⁷, SMTP¹⁸, SSH¹⁹ y FTP²⁰.

En la pila de protocolos TCP/IP, TCP es la capa intermedia entre el protocolo de red (IP) y la aplicación. Muchas veces las aplicaciones necesitan que la comunicación a través de la red sea confiable. Para ello se implementa el protocolo TCP que asegura que los datos que emite el cliente sean recibidos por el servidor sin errores y en el mismo orden que fueron emitidos, a pesar de trabajar con los servicios de la capa IP, la cual no es confiable. Es un protocolo orientado a la conexión, ya que el cliente y el servidor deben anunciarse y aceptar la conexión antes de comenzar a transmitir los datos a ese usuario que debe recibirlos.

Las conexiones TCP se componen de tres etapas:

- Establecimiento de conexión (*3-way handshake*)
- Transferencia de datos
- Fin de la conexión.

Para establecer la conexión se usa el procedimiento llamado “negociación en tres pasos” (*3-way handshake*). Para la desconexión se usa una “negociación en cuatro pasos” (*4-way handshake*). Durante el establecimiento de la conexión, se configuran algunos parámetros tales como el número de secuencia con el fin de asegurar la entrega ordenada de los datos y la robustez de la comunicación. (Polo, 2012)

2.2.17.1 ESTABLECIMIENTO DE CONEXIÓN DE TCP EN TRES PASOS

Aunque es posible que un par de entidades finales comiencen una conexión entre ellas simultáneamente, normalmente una de ellas abre un socket en un determinado puerto TCP y se queda a la escucha de nuevas conexiones. Es común referirse a esto como apertura pasiva, y

¹⁷ Protocolo de transferencia de hipertexto

¹⁸ Protocolo de transferencia de correo

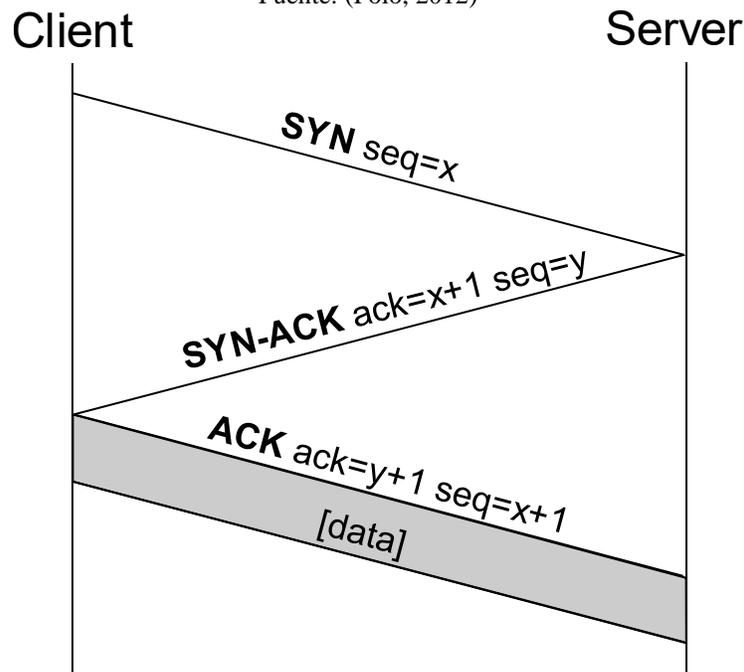
¹⁹ Shell security

²⁰ Protocolo de transferencia de archivos

determina el lado servidor de una conexión. El lado cliente de una conexión realiza una apertura activa de un puerto enviando un paquete SYN inicial al servidor como parte de la negociación en tres pasos con se aprecia en la Figura 2.19. En el lado del servidor (este receptor también puede ser una PC o alguna estación terminal) se comprueba si el puerto está abierto, es decir, si existe algún proceso escuchando en ese puerto, pues se debe verificar que el dispositivo de destino tenga este servicio activo y esté aceptando peticiones en el número de puerto que el cliente intenta usar para la sesión. En caso de no estarlo, se envía al cliente un paquete de respuesta con el bit RST activado, lo que significa el rechazo del intento de conexión. En caso de que sí se encuentre abierto el puerto, el lado servidor respondería a la petición SYN válida con un paquete SYN/ACK. Finalmente, el cliente debería responderle al servidor con un ACK, completando así la negociación en tres pasos (SYN, SYN/ACK y ACK) y la fase de establecimiento de conexión. Es interesante notar que existe un número de secuencia generado por cada lado, ayudando de este modo a que no se puedan establecer conexiones falseadas. (Polo, 2012)

Figura 2.19 Establecimiento de conexión en 3 pasos.

Fuente: (Polo, 2012)



2.3 METODOLOGÍA

2.3.1 METODOLOGÍA DE DISEÑO DE REDES

Es un conjunto de procedimientos flexibles utilizados para hacer el proyecto manejable dividiéndolo en módulos que puede ser más fácil de mantener y cambiar, a continuación, nombraremos tres metodologías.

2.3.2 PDIOO

Es una metodología a utilizar en este proyecto será PDIOO de Cisco, que por sus siglas en inglés se define con las fases que conforman el ciclo de vida continuo que son: Preparar, Planear, Diseñar, implementar, Operar, Optimizar. Su función principal es reducir costos en la infraestructura de red con la definición de los requisitos para implementar una nueva tecnología y el ciclo de vida flexible con la opción de no pasar por todas las fases necesariamente en el orden establecido, permitiendo cambios en las fases que ya se aplicaron.

En la Planificación se identifican todos los requerimientos detallados que son identificadas, así también realizar el estudio del estado actual de la red. Con el diseño: Se diseña de acuerdo con los requisitos y el estado de red consultando con el usuario o propietario. Implementación: En esta fase se procede a la creación de acuerdo con los diseños establecidos. Operación: En esta fase se realiza la operación y monitorización de la red y como también la respectiva comprobación final del diseño. Optimización: Fase donde se realiza las detecciones y correcciones de los problemas (Oppenheimer, 2011)

CAPITULO III

3 MARCO APLICATIVO

3.1 INTRODUCCIÓN

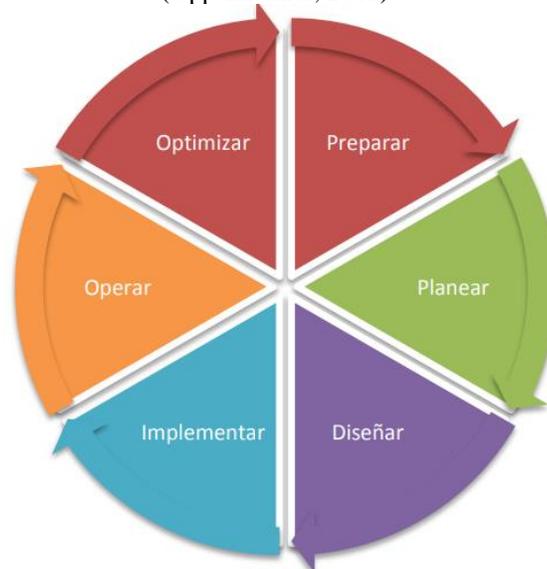
En el presente proyecto se describirá los pasos a seguir para el diseño e implementación y puesta en funcionamiento el equipo de optimización y acelerador de paquetes TCP en un Micro Radio Base con tipo de transmisión satelital para habilitar el sistema HSPA para resolver el problema de mucha saturación de llamadas y el tráfico de datos que es casi nula. Se pretende con este documento que el lector obtenga una visión global de como optimizar un enlace satelital de limitado ancho de banda, así como también de los trabajos que se desempeñan en una instalación de este tipo en una localidad rural de Valle Hermoso, del departamento de La Paz

3.2 APLICACIÓN DEL METODOLOGÍA PPDIOO

Luego de la revisión de algunas metodologías detalladas en el marco teórico de la presente investigación. La metodología que se seleccionó para el desarrollo en este proyecto fue PPDIOO de Cisco, por su enfoque en definir las actividades mínimas requeridas para optimizar el desempeño a través del ciclo de vida de la red y la capacidad de brindar la flexibilidad necesaria para poder ajustar cambios en cada una de las fases. La Figura 3.1, muestra las fases en las que se encuentra dividido el ciclo de vida de la metodología, orden opcional que es establecido como estándar para un correcto desarrollo del proyecto.

Figura 3.1 fases del ciclo de vida del Proyecto

(Oppenheimer, 2011)



3.2.1 PREPARACIÓN

En esta primera fase se realiza y se alista todo lo necesario para llevar adelante en proyecto en cuanto a las herramientas, medio de transporte, logístico, personal técnico y permisos correspondientes para las estaciones correspondientes que involucraran para el diseño de optimización óptima para la Micro Radio Base Valle Hermoso.

El procedimiento para la autorización del Operador de servicio de telefonía de la estación es necesaria para cualquier intervención y optimización de una Micro Radio Base, incluye permisos de acceso a la estación, llave de ingreso a las estación, previa coordinación con O&M, eso demanda la operadora de telecomunicaciones de telefonía móvil, para evitar caídas de cobertura sin autorización de dicha entidad y sufrir una multa con la ATT quien controla a todas las Operadoras legalmente establecidas dentro nuestro territorio nacional.

3.2.2 PLENEACIÓN

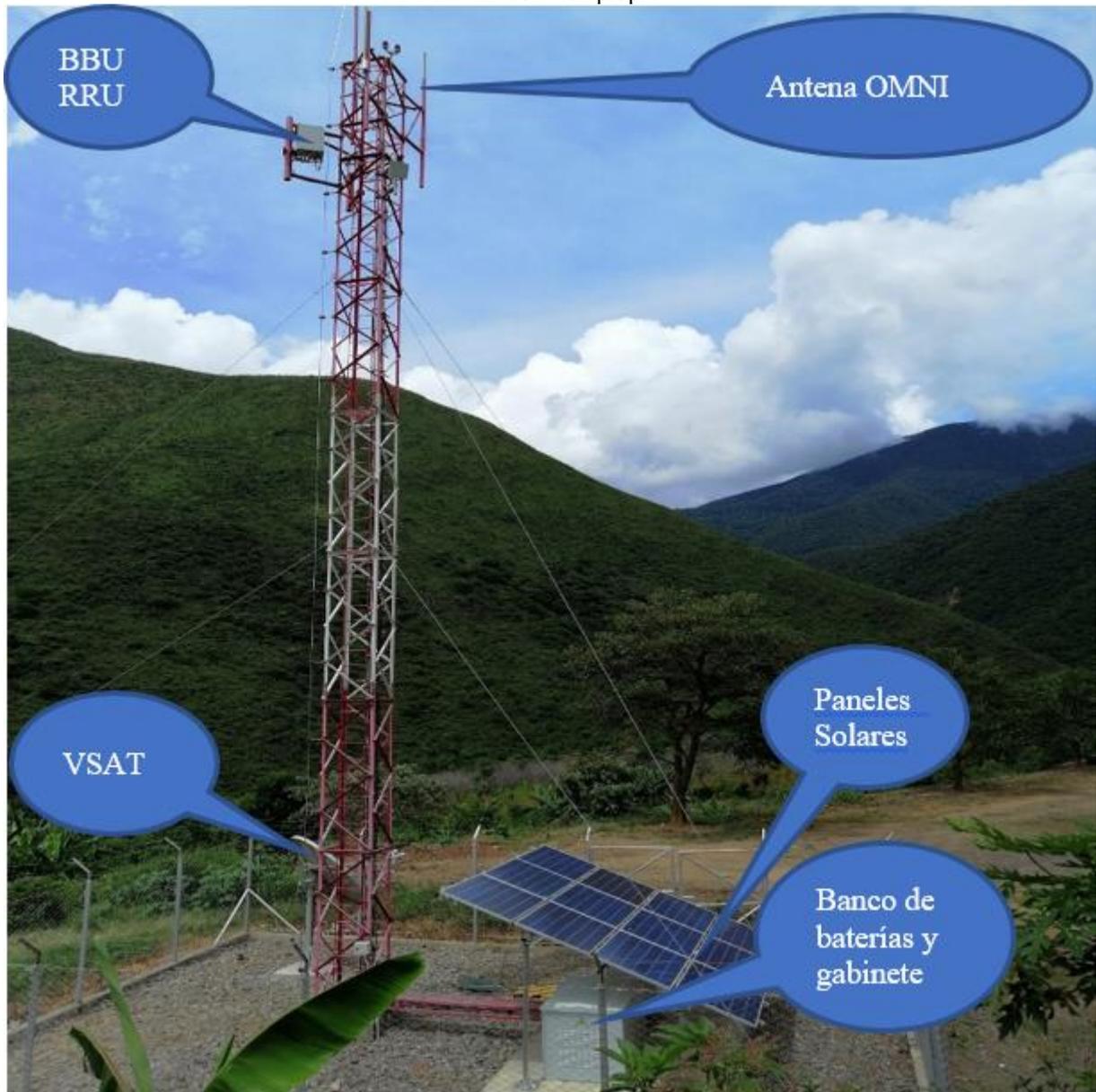
En esta fase ingresamos a la localidad para constatar y verificar las condiciones en que se encuentra la Micro Radio Base y levantar un pequeño site survey verificando lo siguiente: sistema eléctrico, sistema puesta a tierra, espacio en el gabinete para el quipo y su sistema de alimentación, verificación visual y tomar coordenadas para simulaciones correspondientes para ver si es posible la migración a transmisión Microondas.

3.2.2.1 SITE SURVEY

El micro Radio Base de la localidad de Valle Hermoso como se aprecia en la Figura 3.2, es una estación con malla perimetral de muro, con una puerta asegurada y con acceso solo a personal autorizado por la Operadora de servicio a cargo. La estación se alimenta de un sistema de energía fotovoltaica, con dos bancos de batería, tiene una loza para el gabinete de equipos que comparte junto a gabinete del banco de baterías. Lleva instalada una torre de 18 metros semi arriostrada con una Banda Base instalada en un gabinete outdoor junto al RRU en uno de los polos de la torre y dando el servicio de telefonía mediante con una antena Omnidireccional que abarca la cobertura garantizando al 3 Km a la redonda. Lleva instala una antena VSAT para su transmisión Satelital por donde se enlaza y se comunica con la central de conmutación móvil.

Figura 3.2 vista de Micro Radio Base

Fuente: Elaboración propia



La estación cuenta con un sistema de puesta a tierra menor a cinco Ohmios (1.64) la lectura de la medición de observa en la Figura 3.3, con dos cámaras de inspección y barra colectora dentro del gabinete y en la torre para los quipos en funcionamiento.

Figura 3.3 medición de sistema puesta a tierra

Fuente: Elaboración propia



El gabinete de marca Huawei ubicado en la loza dentro de la estación sobre una loza, cuenta con espacio suficiente para la instalación de XipLink, así como también para su alimentación de energía en una toma de corriente conectado a un inversor de -48 VDC a 220 AC como se aprecia en la Figura 3.4

Figura 3.4 Gabinete de equipos

Fuente: Elaboración propia



3.2.2.2 RADIO BASES CERCANAS A VALLE HERMOSO

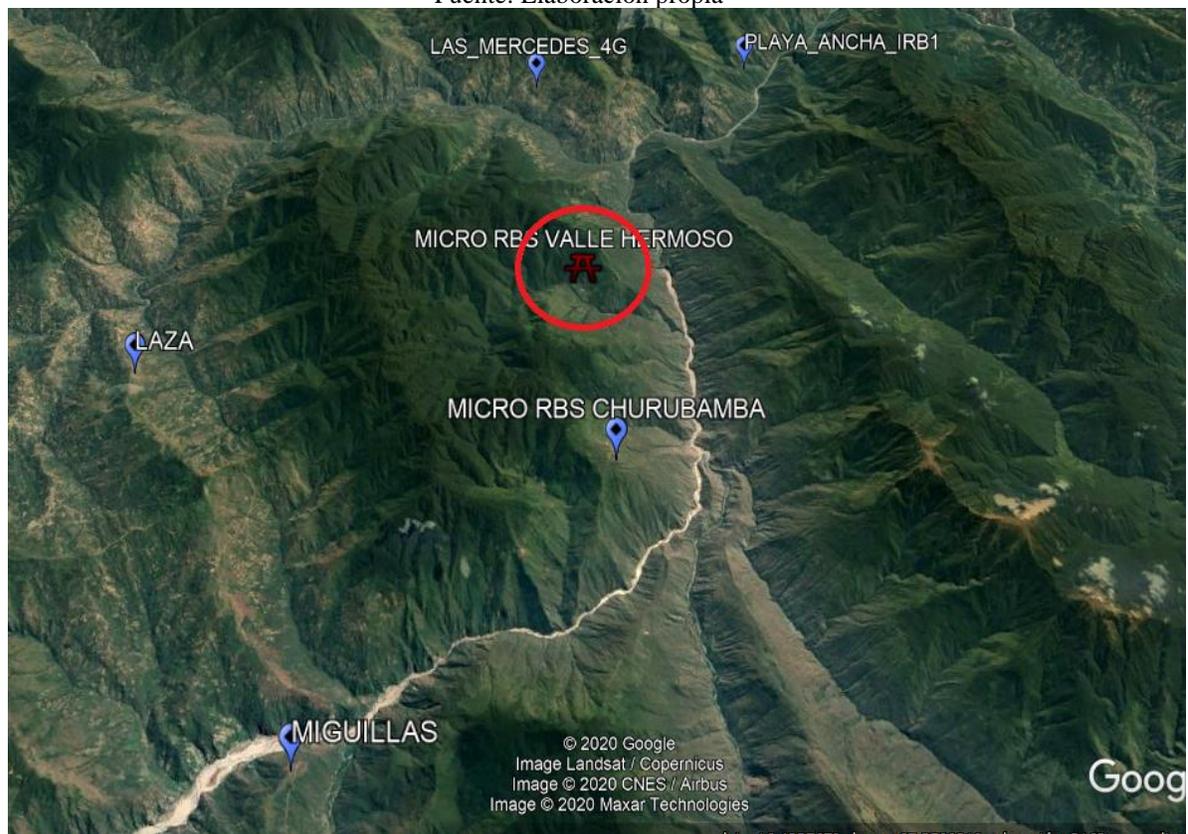
El Micro Radio Base Valle Hermoso se encuentra a 1590 m.s.n.m. por el cual se hace el estudio de factibilidad de la estación observando las estaciones que se encuentran a su alrededor

y verificar si no es factible realizar saltos de Radio Enlace hasta el micro Radio Base Valle Hermoso. En la Figura 3.5 se muestra la ubicación de las estaciones que se encuentran alrededor del Micro Radio Base Valle Hermoso que son:

- LAS MERCEDES a una distancia de 10.13 Km.
- PLAYA ANCHA a una distancia de 12.83 Km.
- LAZA a una distancia de 16.13 Km
- CHURUBAMBA a una distancia de 7.32 Km.
- MIGUILLAS a una distancia de 18.62 Km

Figura 3.5 Ubicación de radio Bases cercanas a Valle Hermoso

Fuente: Elaboración propia

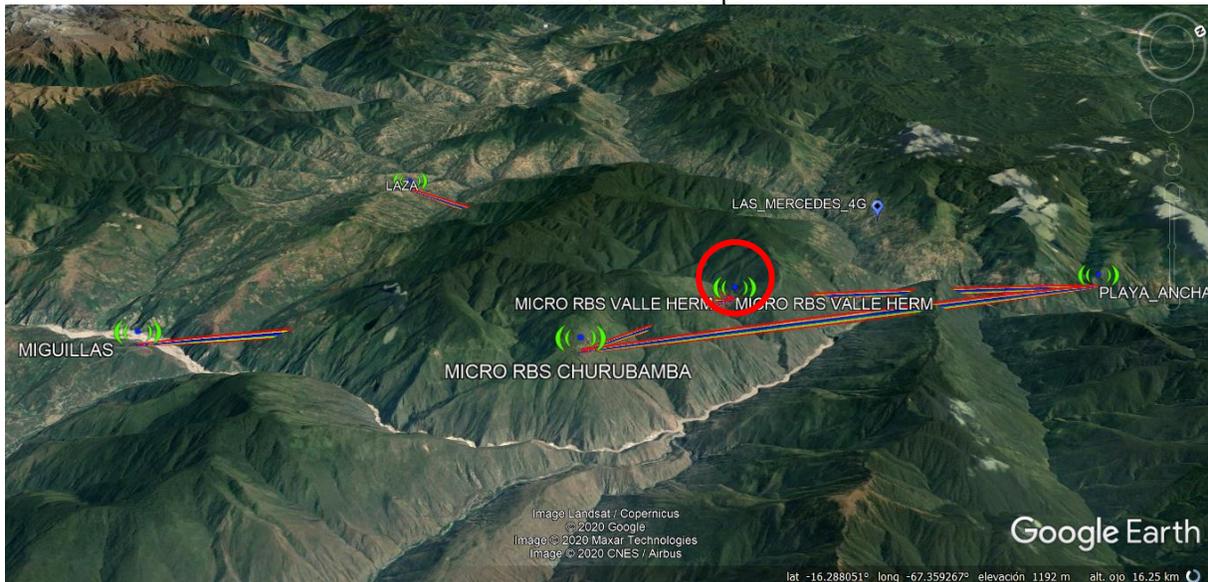


3.2.2.3 SIMULACIÓN DE RADIO ENLACE Y LINEA DE VISTA PARA LLEGAR A VALLE HERMOSO

Las herramientas de simulación se realizan con Radio Mobile y Google Heart, en la Figura 3.6 se observa la simulación de los enlaces.

Figura 3.6 Vista de enlaces por Google Heart para VALLE HERMOSO

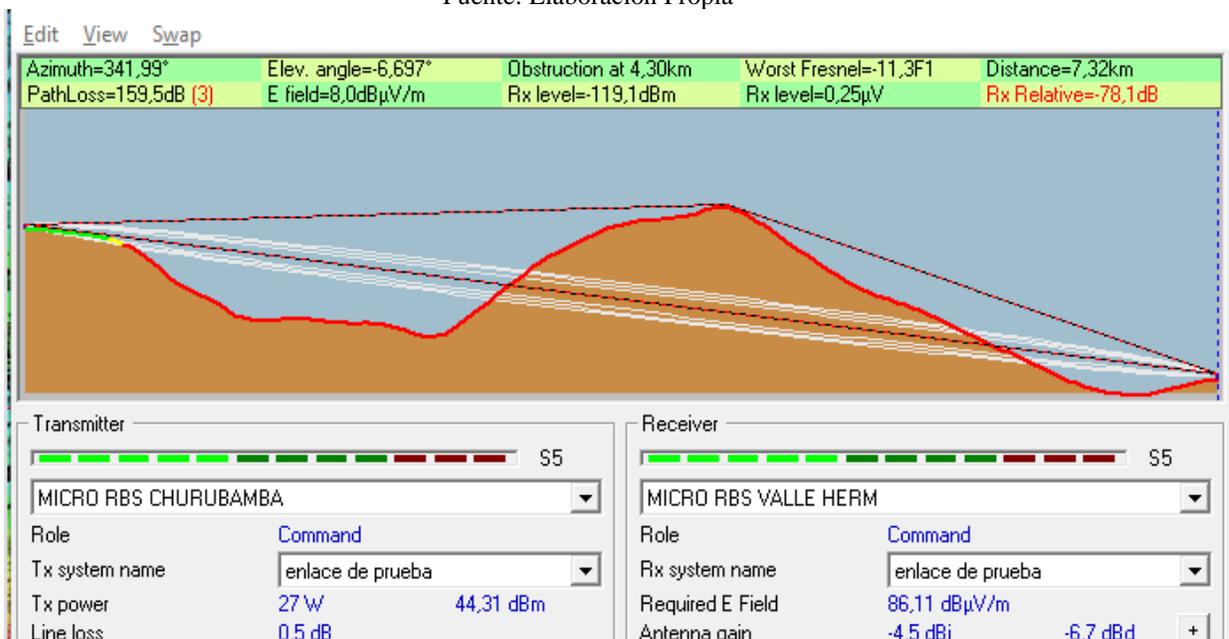
Fuente: Elaboración Propia



En la figura 3.6, se observa la simulación de enlace Microondas Churubamba – Valle Hermoso, con las antenas a 18 metros de la altura de la Torre.

Figura 3.7 Simulación enlace CHUBAMBA – VALLE HERMOSO

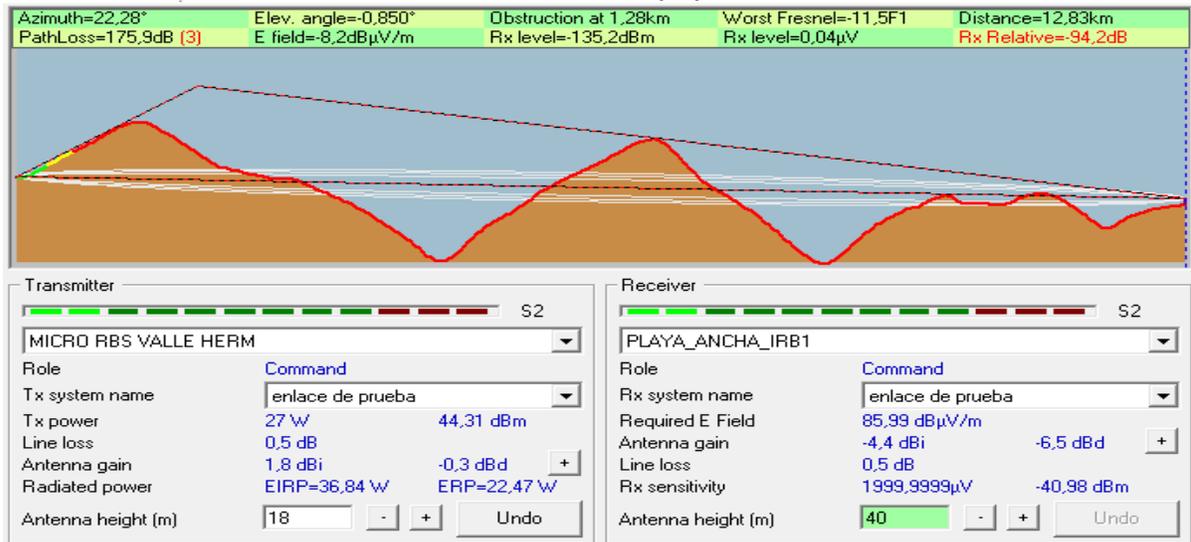
Fuente: Elaboración Propia



En Figura 3.7, se observa la simulación del enlace microondas de Valle Hermoso a una altura 18 m con Playa Ancha con una altura de 40 m de la torre.

Figura 3.8 Simulación enlace PLAYA ANCHA – VALLE HERMOSO

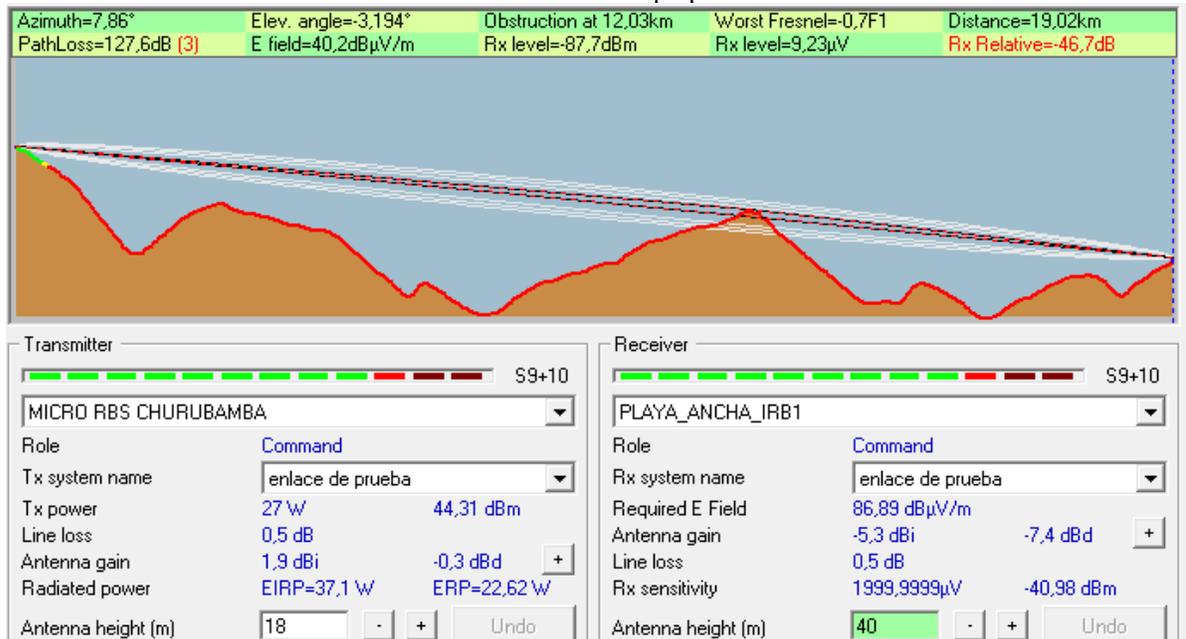
Fuente: Elaboración propia



En Figura 3.8, se observa la simulación del enlace microondas de Churubamba a una altura 18 m con Playa Ancha con una altura de 40 m de la torre para realizar después el salto a Valle Hermoso.

Figura 3.9 Simulación enlace CHURUBAMBA - PLAYA ANCHA

Fuente: Elaboración propia



Después de analizar y realizar simulaciones para implementar una optimización, se verifica que no es factible implementar un enlace Microondas para llegar al Micro Radio Base de Valle Hermoso, como se verifica en las Figuras (3.7, 3.8, 3.9) la zona de Fresnel esta libre en 5% por la

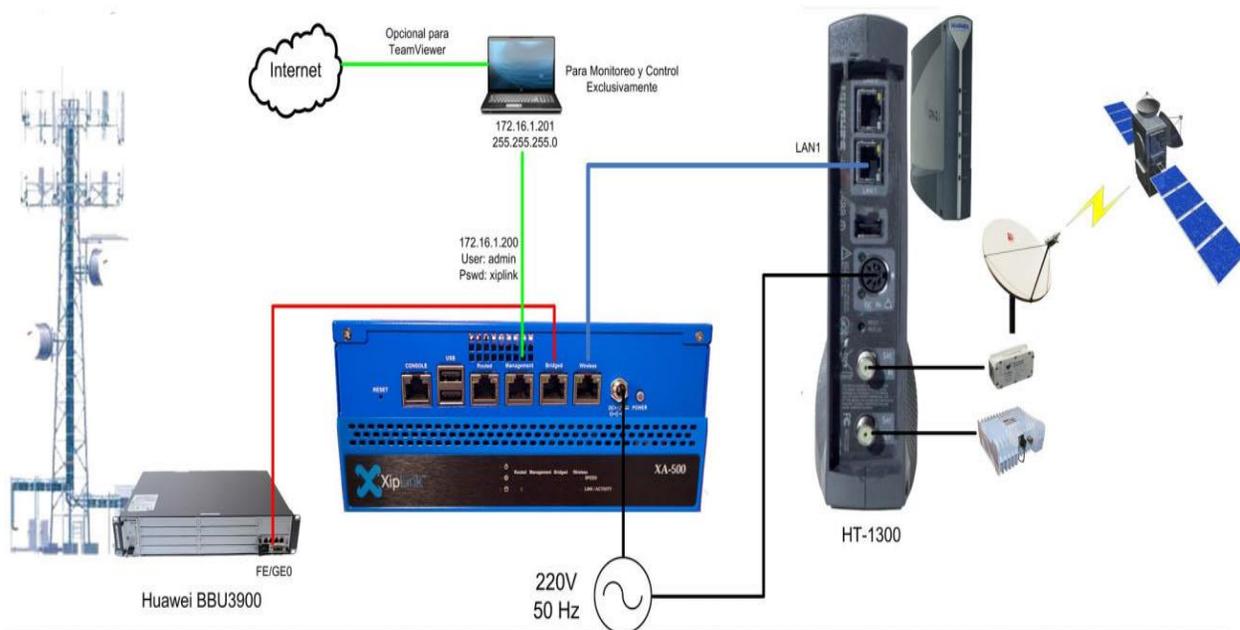
obstrucción y falta de línea de vista por estar ubicado en una localidad en medio de cerros que imposibilitan su implementación Microondas. Al obtener dichos y valores negativos en lectura de datos, se opta por la implementación de XipLink XA500 para su optimización del Micro Radio Base Valle Hermoso.

3.2.3 DISEÑO

Se realiza un diagrama de instalación y conexión del equipo XipLink dentro la infraestructura del micro Radio Base como se observa en la Figura 3.10, esto requiere la reconfiguración del Modem Satelital Hughes y la BBU 3900 de Huawei cargando el data file previa coordinación con NOC centro de conmutaciones y HUB Santivañez

Figura 3.10 Diagrama de conexión

Fuente: Elaboración Propia



3.2.4 IMPLMETACIÓN

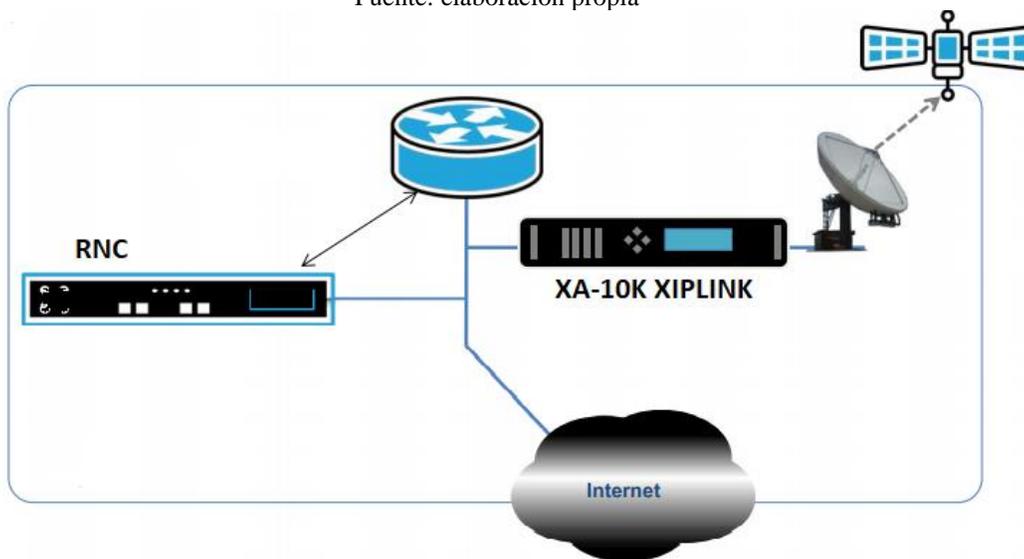
En esta etapa se procede a la instalación una vez que se descarta todas las opciones alternativas para la optimización del micro Radio Base, se procede a la instalación de XipLink dentro la estructura en funcionamiento de la estación, para ello se coordina con NOC y O&M para generar ticket de optimización y programar el corte de servicio durante el tiempo necesario para su reintegración.

3.2.4.1 INSTALACIÓN DE XIPLINK ORIGEN HUB SATELITAL

En la central de red HUB Santivañez, la instalación realizan técnicos encargados de la transmisión satelital. por razones de seguridad y evitar filtraciones de información de la red por políticas implementadas dentro la institución.

Figura 3.11 Diagrama de conexión HUB

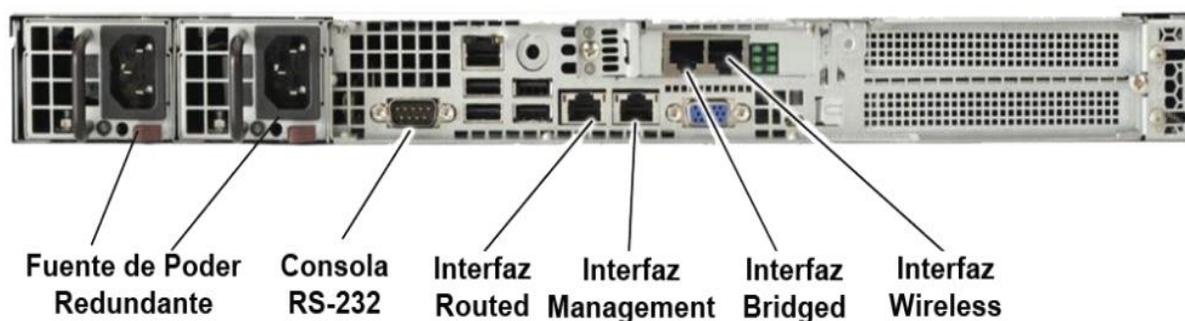
Fuente: elaboración propia



En la figura 3.11 se observa el diagrama de conexión del equipo XA-10X, el Equipo es rackeable de dos Ru con fuente redundante e interfaces como se detalla en la Figura 3.12

Figura 3.12 Descripción de puertos del XipLink XA-10K

Fuente: Elaboración propia

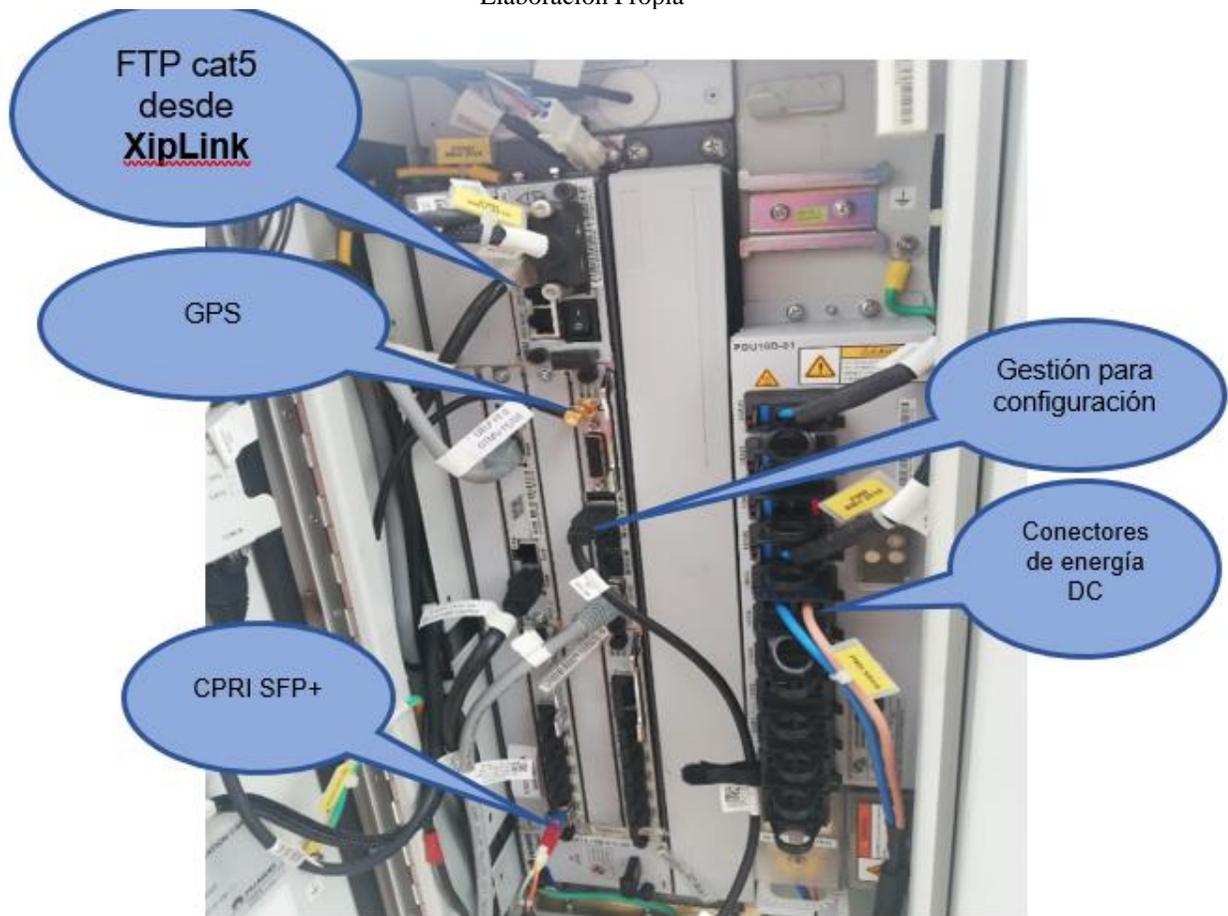


3.2.4.2 INSTALACIÓN DE XIPLINK DESTINO ESTACIÓN MICRO RBS

Se realiza la instalación del quipo XipLink en la estructura de la red del micro Radio Base como se observa en la Figura 3.13, en el gabinete donde alberga los equipos en funcionamiento.

Figura 3.15 Conexión en la Unidad Banda Base

Elaboración Propia



3.2.5 OPERACIÓN

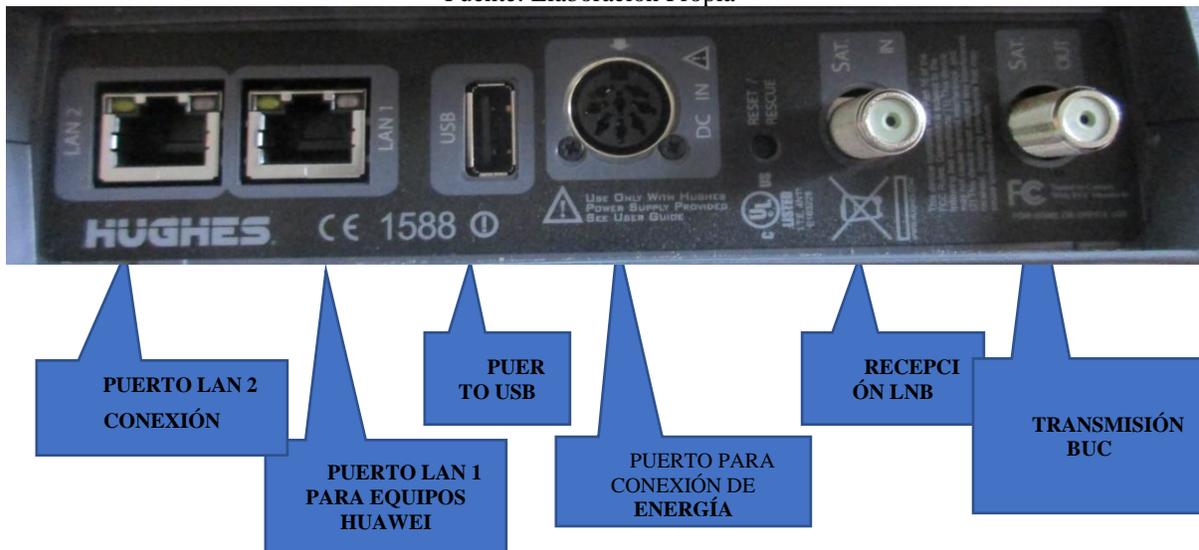
El proceso de configuración debe realizarse primero el modem satelital, seguido del equipo XipLink y al final la Unidad de Banda Base,

3.2.5.1 MODEM SATELITAL HUGHES

Un Modem satelital es un equipo que se emplea para establecer una transmisión de datos con un satélite de comunicaciones es un método de conexión a Internet utilizando como medio de enlace un satélite. Es un sistema recomendable de acceso en aquellos lugares donde no llega el cable o la telefonía, como zonas rurales o alejadas. En la estación de Valle Hermoso está en funcionamiento desde su instalación y debe ser dado de baja desde el HUB y reconfigurar para integrar el optimizador, los puertos a usar veremos en la Figura 3.16.

Figura 3.16 Puertos Modem Satelital HUGHES

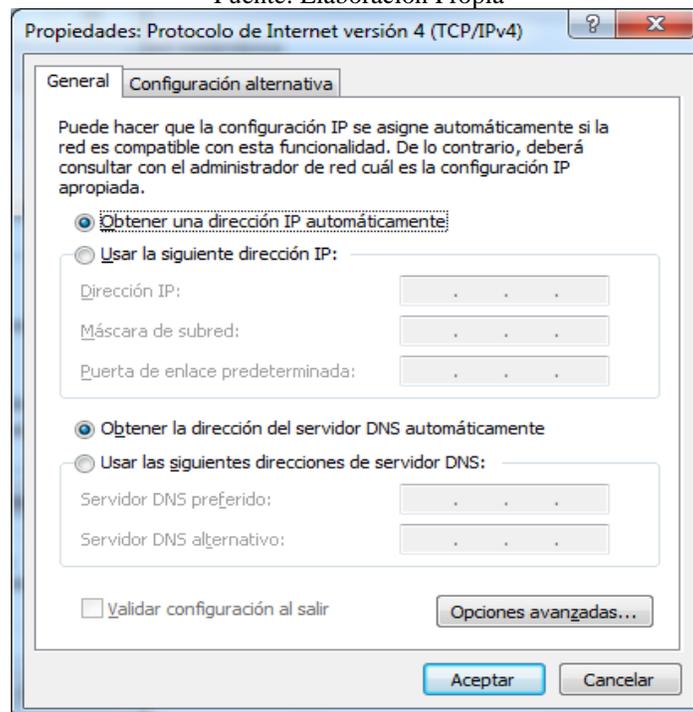
Fuente: Elaboración Propia



Paso 1: Configurar tarjeta de red de PC en SHCP como se observa en la Figura 3.17

Figura 3.17 Configuración DHCP

Fuente: Elaboración Propia



paso 2: Conectar cable RJ45 en LAN1 en el modem como se observa en la Figura 3.18

Figura 3.18 Puerto LAN1 en modem satelital

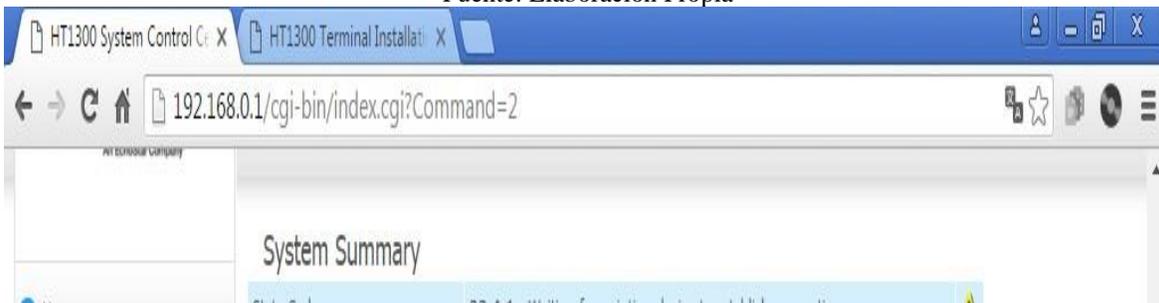
Fuente: Elaboración Propia



Paso 3: Ingresar por browser a configuración de Modem Introduciendo la IP: 192.168.0.1 como se observa en la Figura 3.19

Figura 3.19 ingreso vía browser

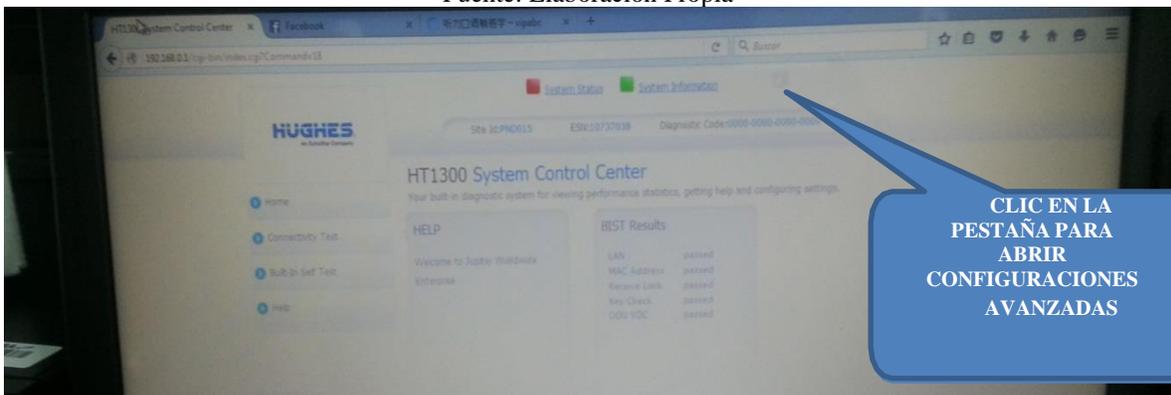
Fuente: Elaboración Propia



Paso 4: Abrir configuraciones avanzadas como se observa en la Figura 3.20

Figura 3.20 ingreso vía browser

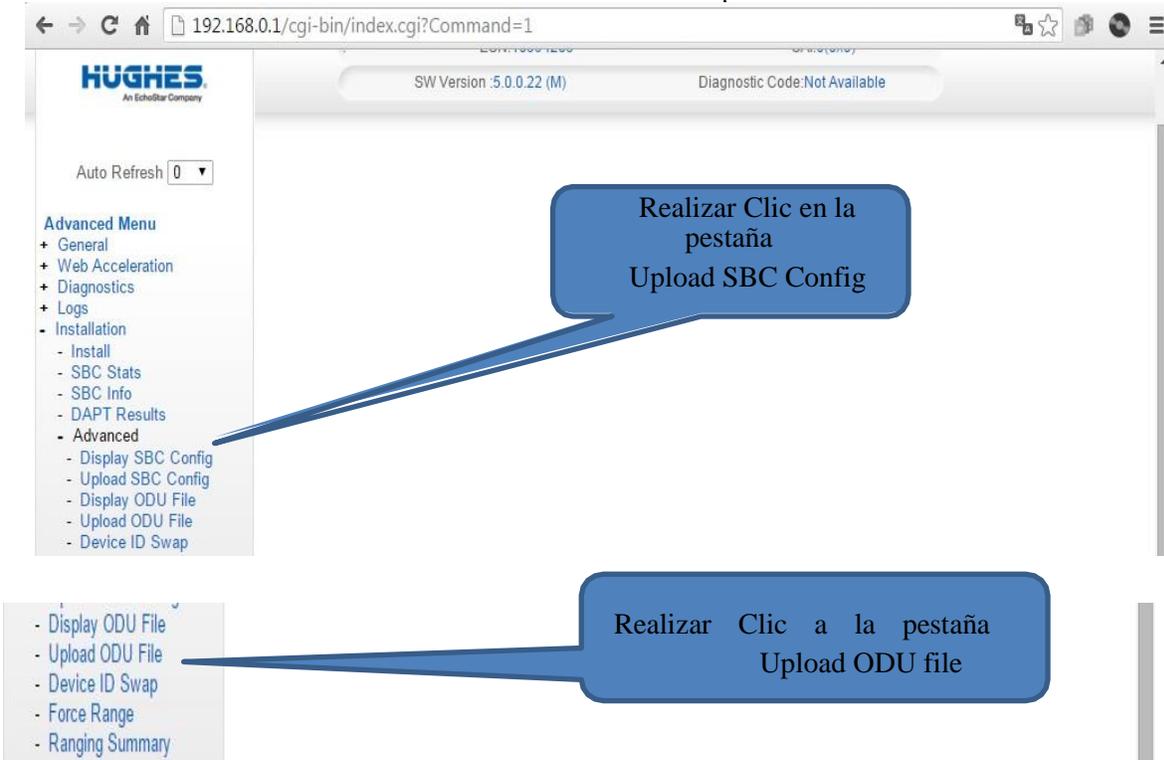
Fuente: Elaboración Propia



Paso 5: Cargar archivos de BSC y ODU como se observa en la Figura 3.21

Figura 3.21 Carga de archivos SBC y ODU

Fuente: Elaboración Propia



Paso 6: Reiniciar el modem para que aplique los cambios según los archivos cargados como se observa en la Figura 3.22

Figura 3.22 Reinicio del Modem

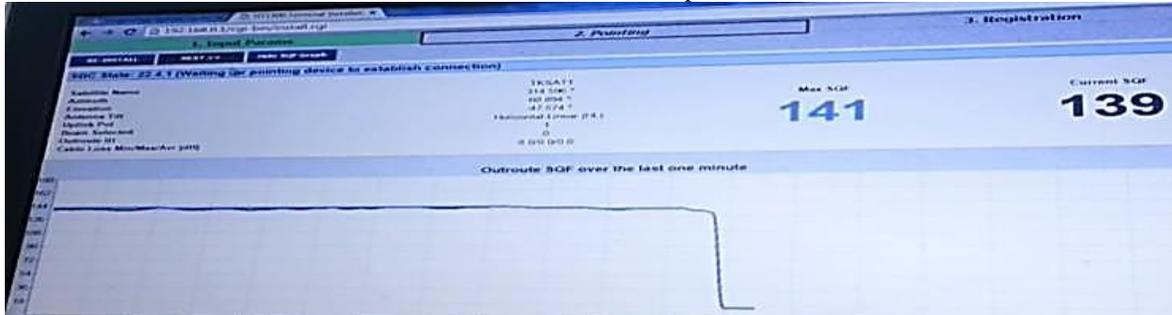
Fuente: Elaboración Propia



Paso 7: Ir a la opción "Install" y verificar el nivel de SQF mayor a 130 que indica los niveles de apuntamiento como se observa en la Figura 3.23

Figura 3.23 Niveles de SQF

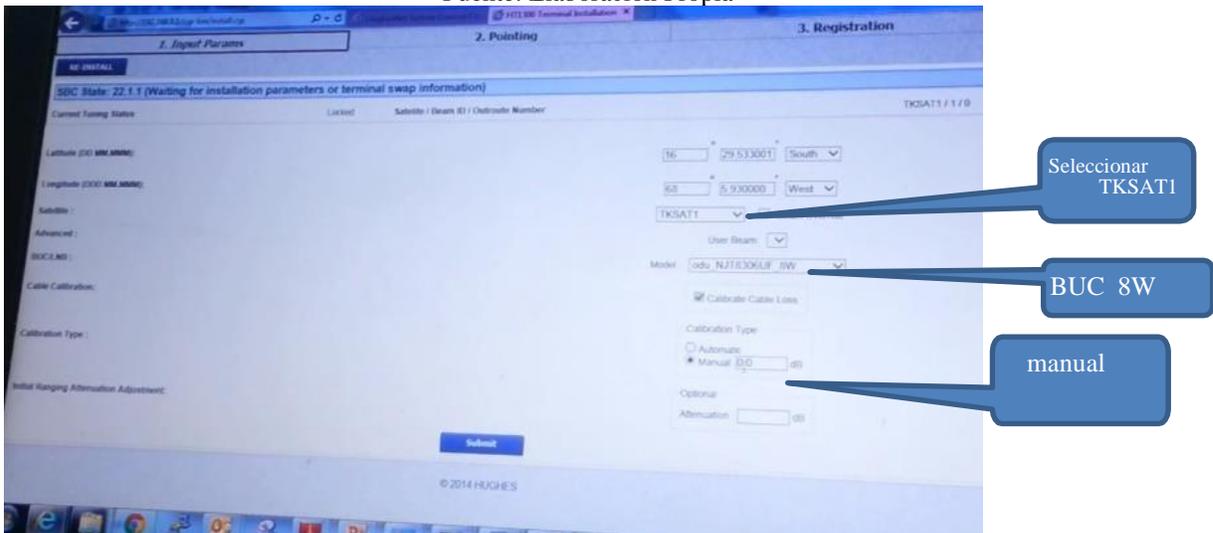
Fuente: Elaboración Propia



Paso 8: Introducir datos geográficos y características de BUC LNB y presionar Submit como se observa en la Figura 3.24

Figura 3.24 Registro de datos al Modem

Fuente: Elaboración Propia



Paso 9: verificar la ejecución y presionar en Terminal Service Activación como se observa en la Figura 3.25

Figura 3.25 Pasos del registro

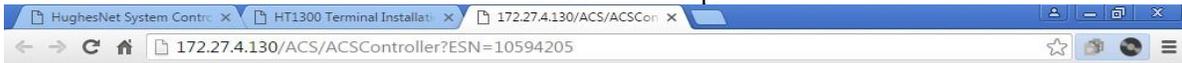
Fuente: Elaboración Propia



Paso 10: Introducir código actualizado para la integración de XipLink de activación asignada para el sitio y presionar Submit como se observa en la Figura 3.26

Figura 3.26 Activación del Modem

Fuente: Elaboración Propia



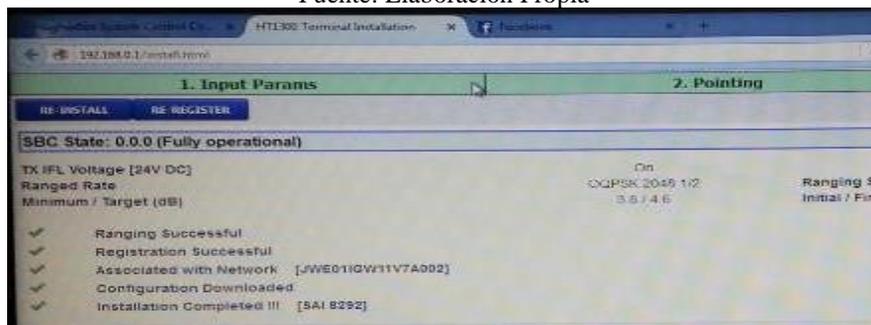
Terminal Activation

Site ID:

Paso 11: Verificar el enlace con el HUB que este los check list testen activadas todas y fin de la configuración del modem satelital como se observa en la Figura 3.27

Figura 3.27 Verificación de activación

Fuente: Elaboración Propia



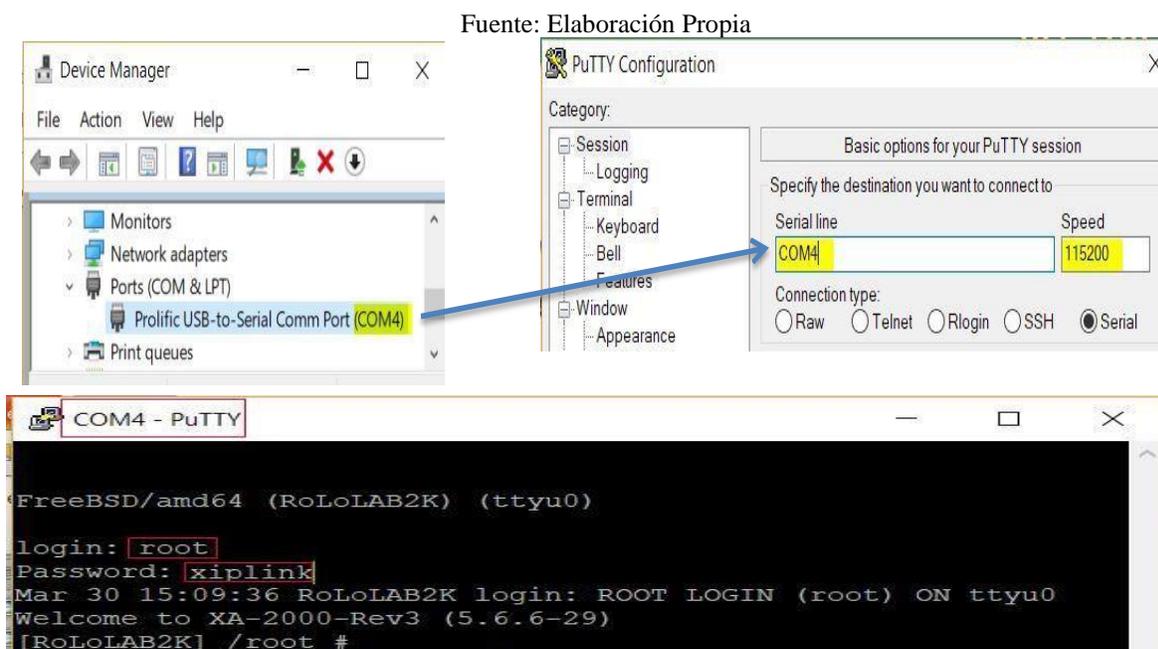
3.2.5.2 CONFIGURACIÓN DE XIPLINK

El condicionamiento del equipo instalado XA500 en la infraestructura de la Micro Radio Base, se divide en tres partes, configuración básica y el registro, luego la actualización de firmware a la última versión, los ajustes de configuración y por último carga de archivo de configuración preparada para la estación

El equipo tiene dos formas de acceso, mediante consola y mediante browser.

Mediante consola como se observa en la Figura 3.28

Figura 3.28 ingreso por puerto COM a XipLink

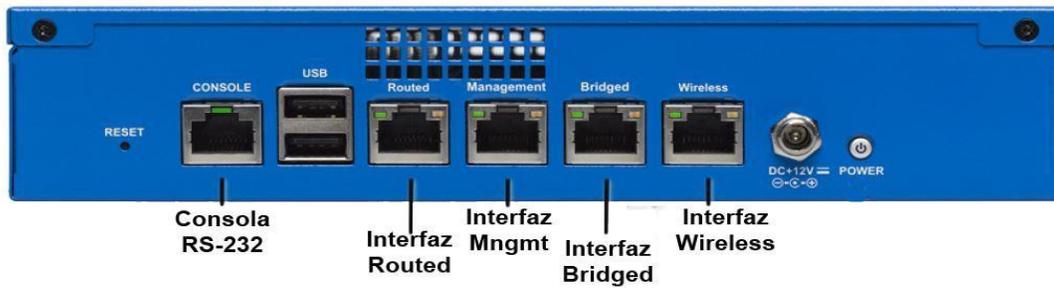


3.2.5.2.1 CONFIGURACIÓN BÁSICA

Paso 1: El acceso vía browser es mediante el interfaz management (como se observa en la figura 3.29) con un cable UTP con conector RJ45, la IP configurada de fábrica en el equipo optimizador en la interfaz de Management es: 172.16.1.200 con máscara de red 255.255.255.0 Se recomienda configurar la interfaz ethernet del computador con la IP 172.16.1.201 con máscara de red 255.255.255.0 Asegurarse que el equipo optimizador esté conectado y encendido. Conectar un cable ethernet del puerto del computador o laptop al puerto Management el equipo XA500.

Figura 3.29 interfaces de XipLink XA500

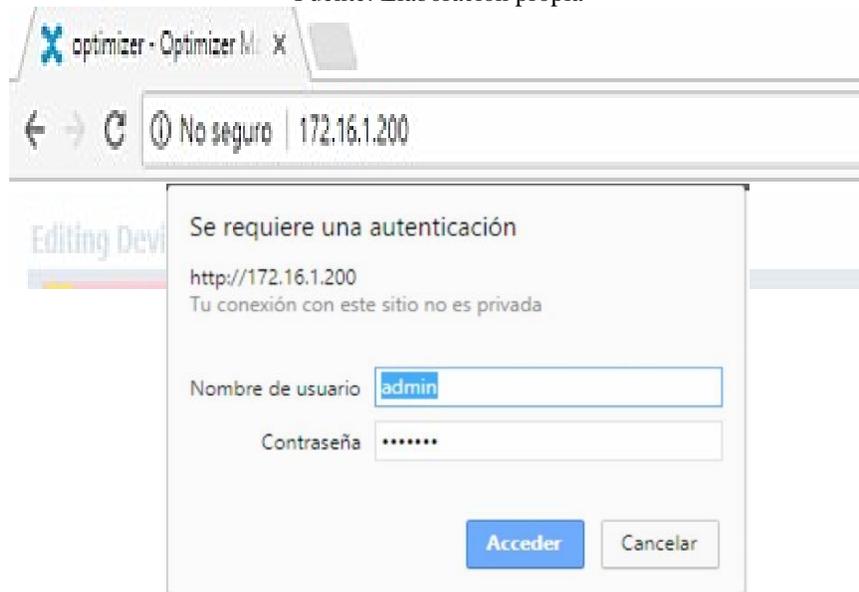
Fuente: Elaboración propia



Paso 2: autenticarse con las credenciales de Usuario: admin, contraseña: xiplink como se observa en la Figura 3.30

Figura 3.30 Autenticación a XA500

Fuente: Elaboración propia



Paso 3: Llenar los campos requeridos con la siguiente información:

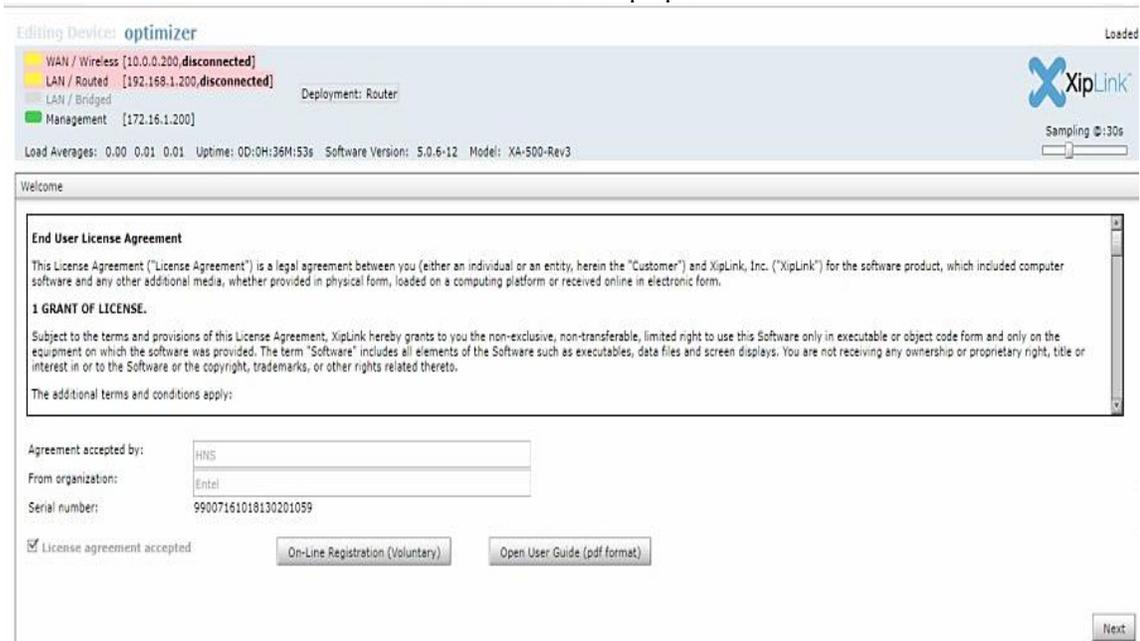
Agreement Accepted by: **HNS**

From organization: **Entel**

Y aceptar la licencia de software seleccionar el recuadro “License agreement accepted” como se observa en la Figura 3.31

Figura 3.31 Registro de Equipo

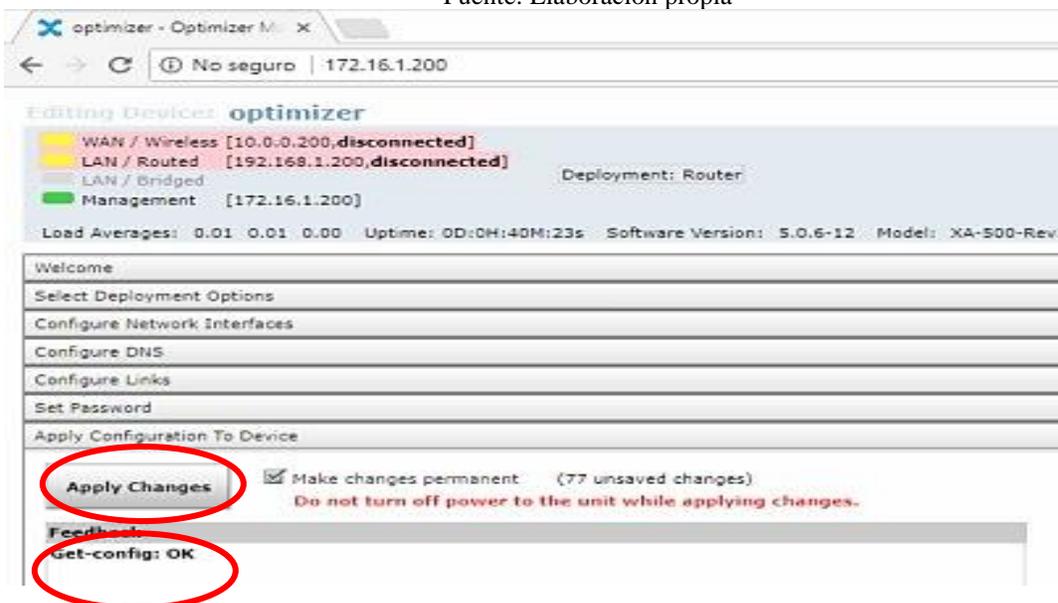
Fuente: Elaboración propia



Paso 4: Ir al menú “Apply Configuration To Device” y asegurarse de que la opción de “Make changes permanent” se encuentre seleccionada Oprimir el botón “Apply Changes” como se observa en la Figura 3.32 y esperar a que aparezca el mensaje de **Get-config OK** y presionar botón “Close”

Figura 3.32 Aplicación de cambios

Fuente: Elaboración propia

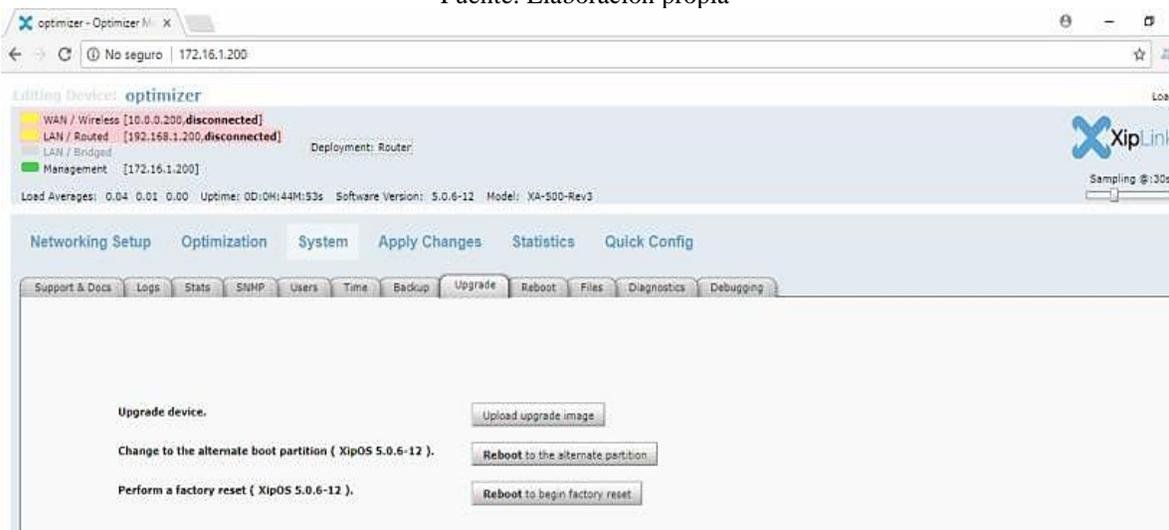


3.2.5.2.2 ACTUALIZACIÓN FIRMWARE DEL EQUIPO XA500

Paso 1: Seleccionar menú de “System”, seleccionar la pestaña “Upgrade” y oprimir el botón “Upload Upgrade Image” Se abrirá una nueva venta, oprimir el botón “Seleccionar Archivo” como se observa en la Figura 3.33

Figura 3.33 Menú de selección de archivo de actualización

Fuente: Elaboración propia



Paso 2: Se abrirá una nueva ventana como la que se muestra en la Figura 3.34

Figura 3.34 Proceso de selección de archivo de actualización

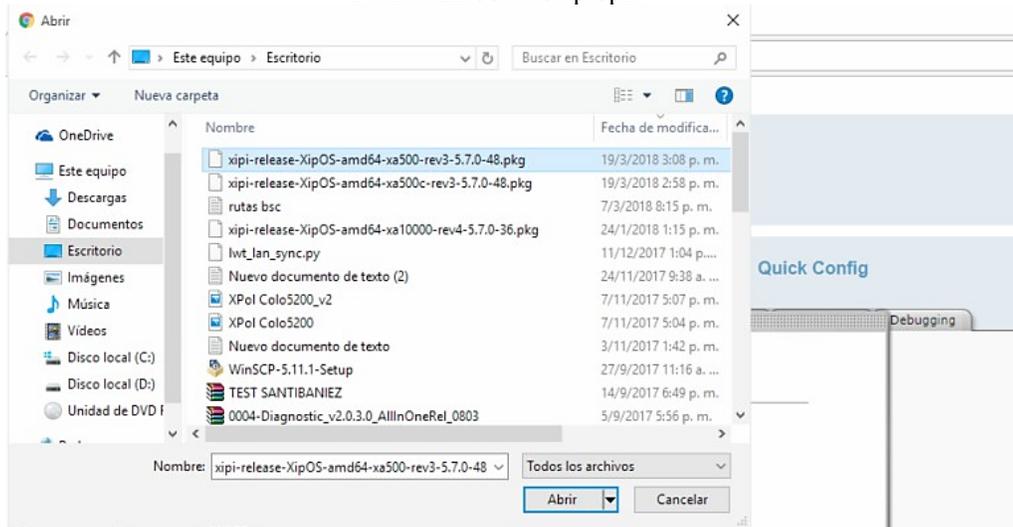
Fuente: Elaboración propia



Paso 3: Seleccionar el archivo en la ubicación local y oprimir el botón “Abrir” como se observa en la Figura 3.35

Figura 3.35 Selección de archivo de actualización

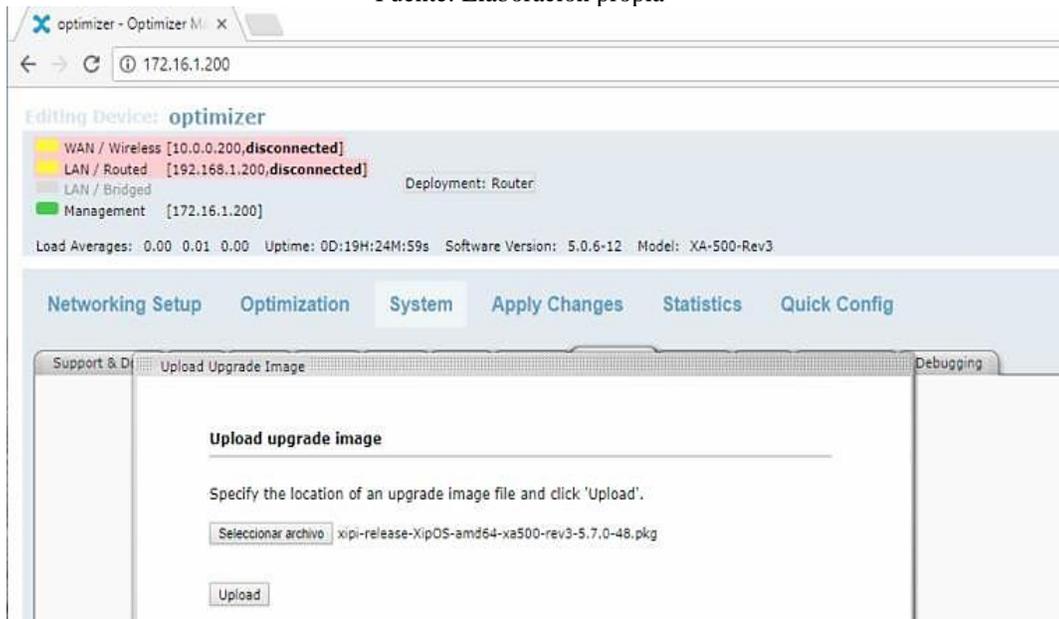
Fuente: Elaboración propia



Paso 4: Cuando aparezca la siguiente pantalla, oprimir el botón “upload” como se observa en la figura 3.36

Figura 3.36 Lectura del archivo de actualización

Fuente: Elaboración propia

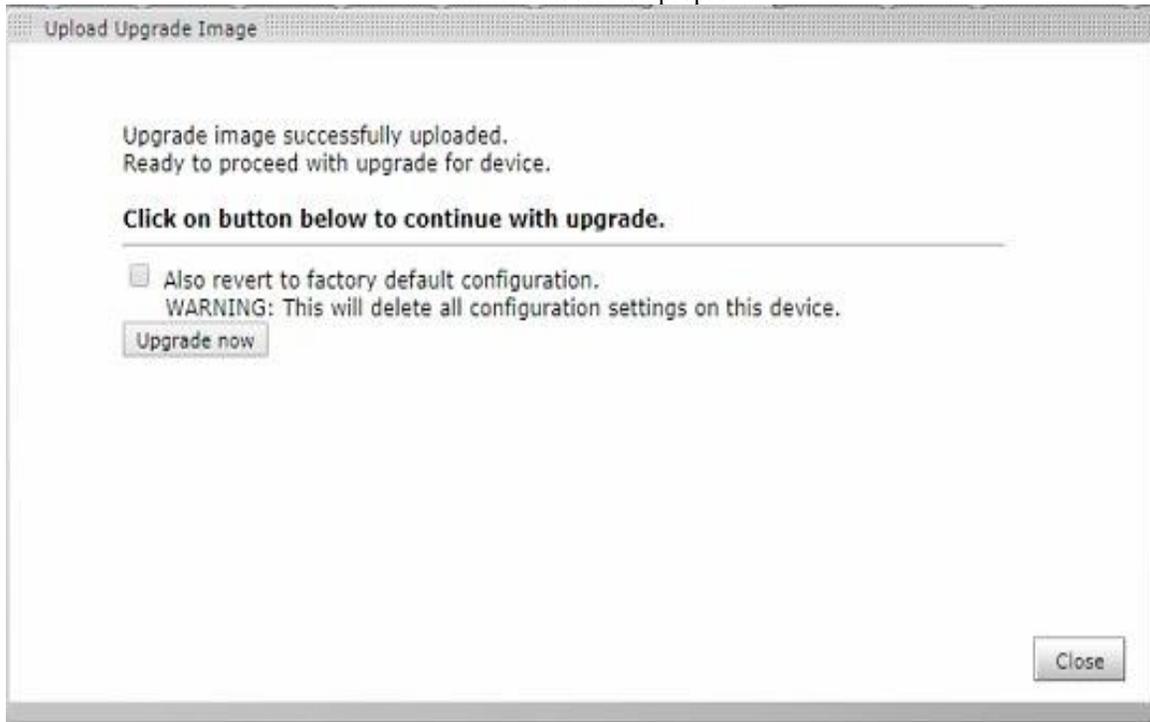


Paso 5: Cuando el proceso termine se mostrará ahora la siguiente Figura 3.37, oprimir el botón “Upgrade now”.

Tener cuidado de no seleccionar "Also revert to factory default configuracion" si seleccionan esta opción después de actualizar el equipo, se instalará la configuración de fábrica.

Figura 3.37 Ejecución del archivo de actualización

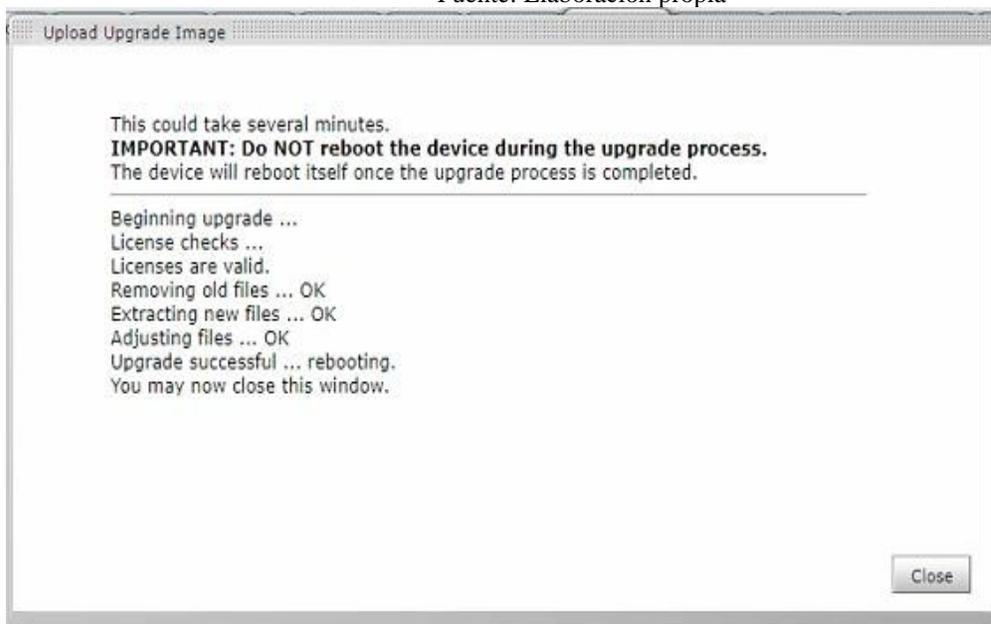
Fuente: Elaboración propia



Paso 6: El proceso de la actualización se muestra en la siguiente pantalla, al terminar solicitará cerrar la ventana como se ve en la figura 3.38 luego cerrar la ventana del navegador.

Figura 3.38 Proceso de ejecución de la actualización

Fuente: Elaboración propia



El equipo tarda de 3 a 5 minutos en reiniciar. Favor de esperar, para validar el reinicio del equipo se puede hacer un ping a la dirección 172.16.1.200. Una vez que el equipo reinicie, en este punto hay que volver a conectarnos al equipo se sugiere borrar el historial y el cache del navegador o abrir un navegador con modo incognito.

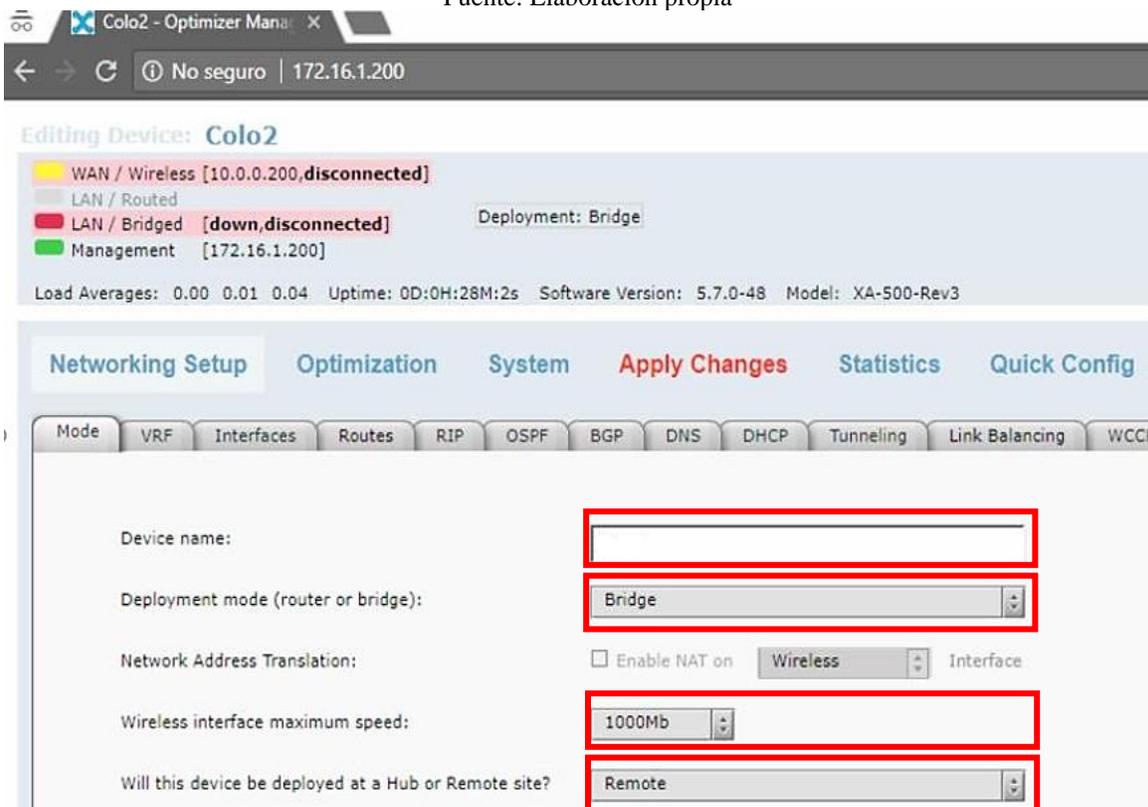
3.2.5.2.3 AJUSTES DE CONFIGURACIÓN

El equipo por default abre la Interfaz web en el Menú de “Networking Setup” mostrando la pestaña de “Mode”

Paso 1: Cambiar el nombre del equipo en el campo de Device Name, usar el nombre que corresponda al sitio que se está instalando, en este caso será Valle Hermoso y establecer los valores según la siguiente Figura 3.39

Figura 3.39 Proceso de ejecución de la actualización

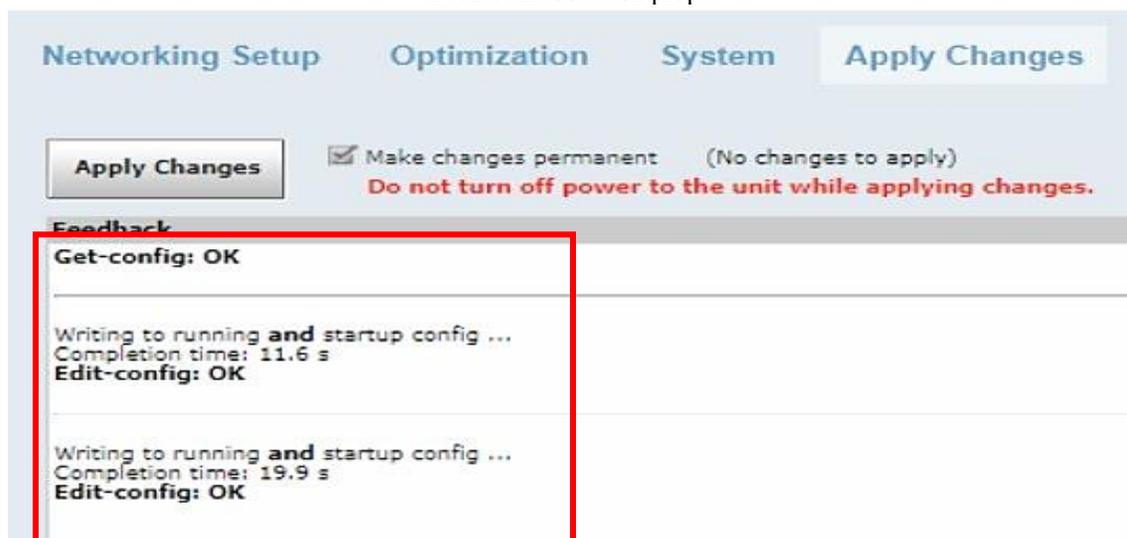
Fuente: Elaboración propia



Paso 2: Ir al Menú de “Apply Changes” Oprimir el botón “Apply Changes” y esperar a que aparezca el mensaje que se aprecia en la figura 3.40

Figura 3.40 Aplicación de cambios

Fuente: Elaboración propia



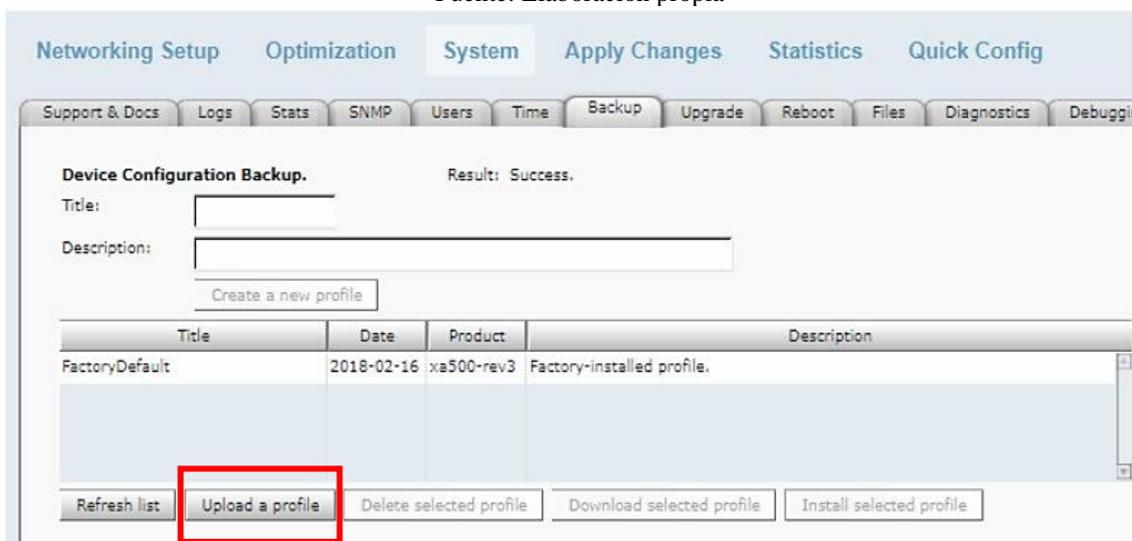
3.2.5.2.4 INSTALACIÓN DE ARCHIVO DE CONFIGURACIÓN.

Una vez preparada los quipos para poner en servicio, se debe instalar el archivo de configuración para que corran la red, las VLAN de gestión y trafico tanto para GSM y para HSPA, así también el enrutamiento y tunelización.

Paso 1: Ir al menú de “System” en la pestaña de “Backup” Oprimir el botón “Upload Profile” y Oprimir el botón “Seleccionar Archivo” como se observa en la figura 3.41

Figura 3.41 Proceso para subir archivo de configuración

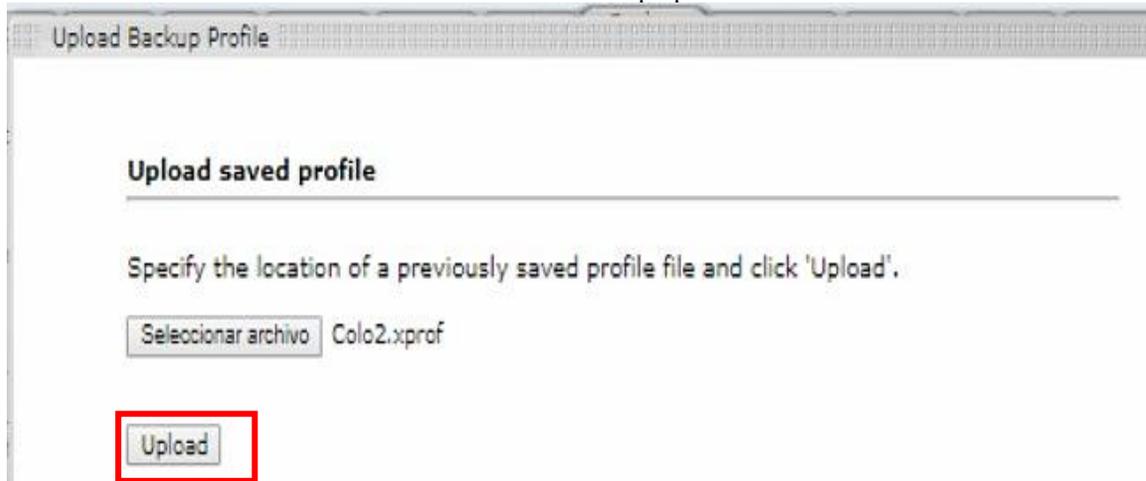
Fuente: Elaboración propia



Paso 2: Una vez seleccionada el archivo de configuración, oprimir el botón “Upload” como de observa en la Figura 3.42

Figura 3.42 proceso para la carga de archivo de configuración

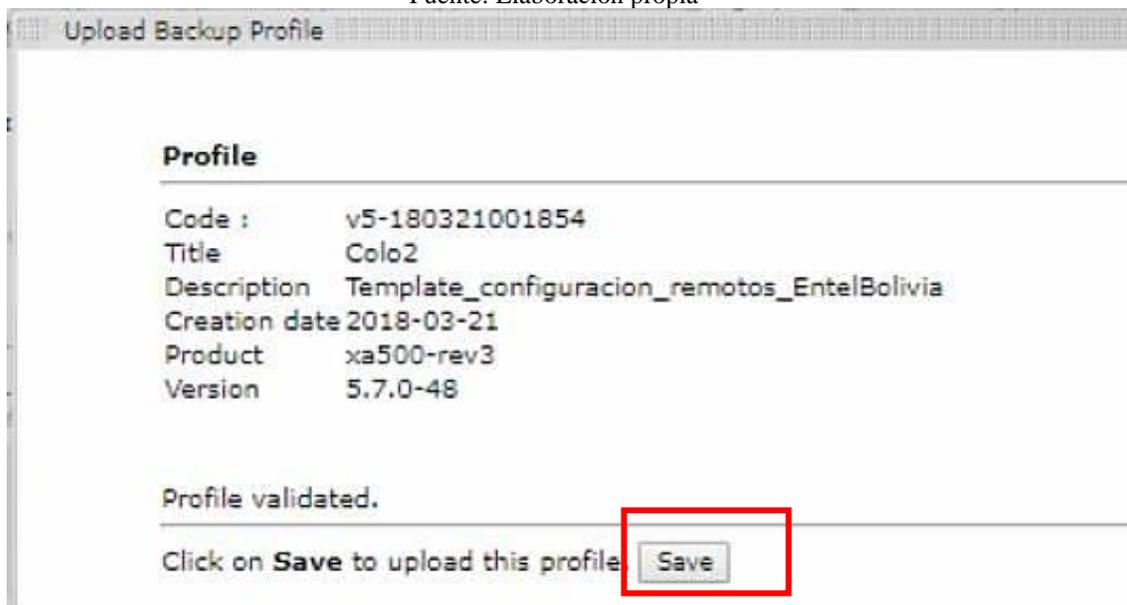
Fuente: Elaboración propia



Paso 3: A continuación, se mostrarán los detalles del archivo y Oprimir el botón de “Save” como se observa en la Figura 3.43

Figura 3.43 Carga de archivo de configuración

Fuente: Elaboración propia



Paso 4: El nuevo archivo de configuración se mostrará en la lista Seleccionar el archivo de configuración (el primero en la lista) y oprimir el botón “Install selected profile” como se ve en la figura 3.44.

Figura 3.44 Carga de archivo de configuración

Fuente: Elaboración propia

Title	Date	Product	Description
Colo2	2018-03-21	xa500-rev3	Template_configuracion_remotos_EntelBolivia
FactoryDefault	2018-02-16	xa300-rev3	Factory-installed profile.

Refresh list Upload a profile Delete selected profile Download selected profile Install selected profile

Paso 5: Una vez conectado el equipo XipLink, el equipo mostrará en la interfaz web la siguiente información al centro de la pantalla como se ve en la siguiente Figura 3.45

Figura 3.45 Carga de archivo de configuración

Fuente: Elaboración propia

Editing Device: Colo2

- WAN / Wireless
- LAN / Routed
- LAN / Bridged
- Management [172.16.1.200]

Deployment: Bridge

Tunnel Client: up
Server IP: 10.240.59.100

Load Averages: 0.09 0.07 0.07 Uptime: 1D:1H:43M:47s Software Version: 5.7.0-48 Model: XA-500-Rev3

Al obtener el IP de tunelización del HUB significa que está corriendo el enlace con la arquitectura XipLink proveyendo de VLAN's para la Banda Base Huawei 3900 lo cual debe ser configurada para reintegrar el servicio de GSM y HSPA.

3.2.5.3 REINTEGRACIÓN DE UNIDAD DE BANDA BASE HUAWEI 3900

La Unidad de Banda Base está configurado para dar cobertura GSM, lo cual se habilitará la cobertura HSPA.

Elementos necesarios en software para la reconfiguración:

- Archivo data file para la estación
- Servidor FTP del LMT de Huawei
- Computadora con browser recomendado Internet Explorer
- Java Versión 8 o inferior.

Elementos necesarios en hardware para la reconfiguración:

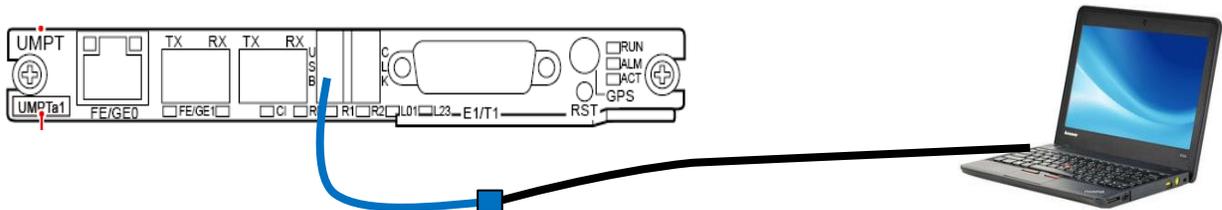
- Estar en sitio y tener acceso al gabinete con la UMPT

- Adaptador USB de la UMPT
- Cable UTP

Paso 1: Conectarse físicamente a la tarjeta UMPT de la BBU, Conectar la laptop mediante el cable UTP a través del adaptador USB-RJ45 al puerto USB de la UMPT como se observa en la Figura 3.46

Figura 3.46 Conexión de la computadora a la BBU

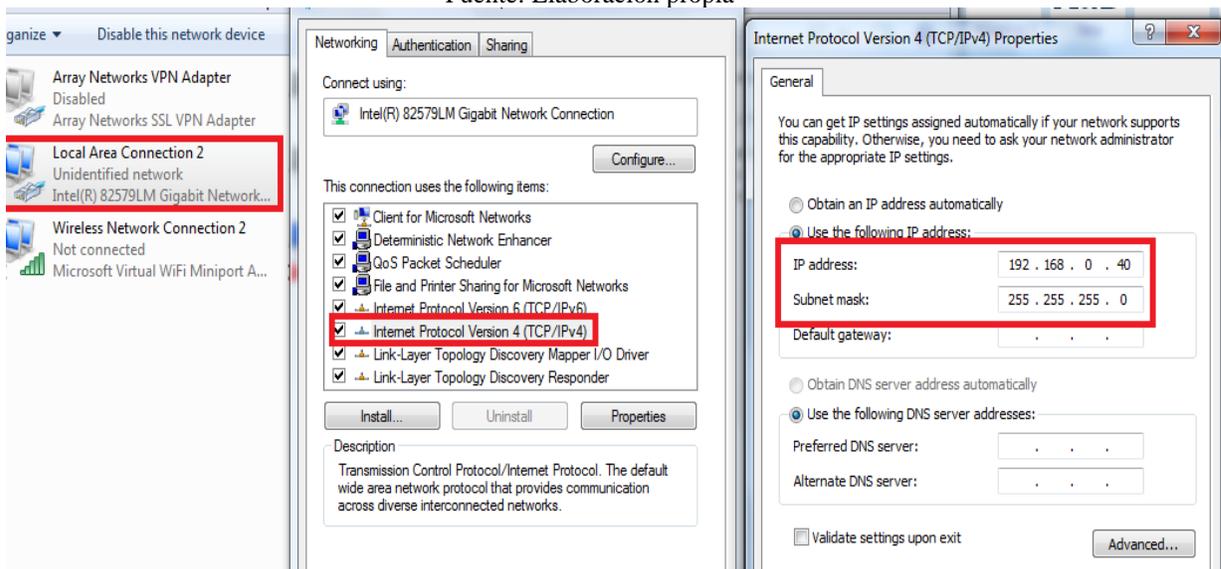
Fuente: Elaboración propia



Cambiar la IP de la computadora por la siguiente: 192.168.0.50 con mascara 255.255.255.0 y realizar como en la Figura 3.47

Figura 3.47 Configuración de la Tarjeta de red de la laptop

Fuente: Elaboración propia



Paso 2: Como se observa en la Figura 3.48, iniciar el servidor SFTP haciendo doble click en SFPTServer.exe.

Figura 3.48 Ejecución del servidor FTP

Fuente: Elaboración propia

Name	Date modified	Type	Size
FTPServer.ico	31-Oct-13 17:47	Icon	2 KB
libcrypto.dll	31-Oct-13 17:47	Application extens...	872 KB
libeay32.dll	31-Oct-13 17:47	Application extens...	1,056 KB
libosal.dll	31-Oct-13 17:47	Application extens...	41 KB
LMTSFTPServer.log	04-Aug-14 16:53	Text Document	2,610 KB
msvcrt.dll	31-Oct-13 17:47	Application extens...	425 KB
SFTPServer.dat	04-Aug-14 16:24	DAT File	1 KB
SFTPServer.exe	31-Oct-13 17:47	Application	3,420 KB
ssleay32.dll	31-Oct-13 17:47	Application extens...	196 KB
vsftpd.pem	31-Oct-13 17:47	PEM File	3 KB

Paso 3: Registrar los campos de User, Name, Password y ruta donde los data files han sido guardados en el servidor FTP, Ejemplo:

User Name: huawei

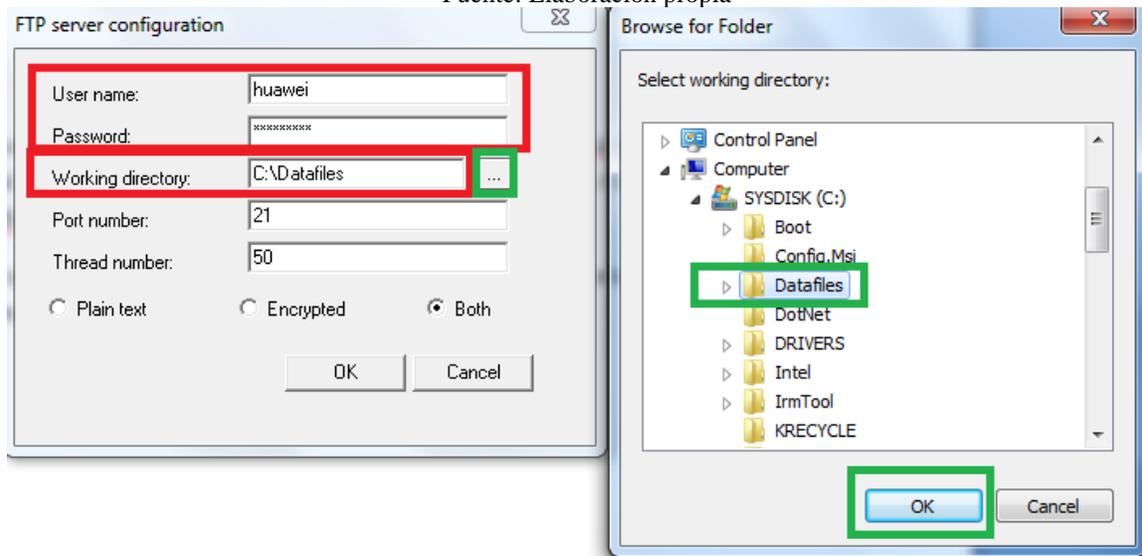
Password: Huawei123 (la letra H del password es MAYUSCULA)

Working Directory: C:\Datafiles (ruta donde los data files han sido guardados).

Nota: es mejor que la ruta donde se guarden los data files sea lo más corta posible como muestra en la Figura 2.49.

Figura 3.49 Llenado de datos requeridos en el servidor FTP

Fuente: Elaboración propia



Nota: Para verificar que el servidor FTP este corriendo correctamente debe aparecer el icono en la barra de tareas en color verde como se aprecia en Figura 3.50.

Figura 3.50 Activo el servidor FTP

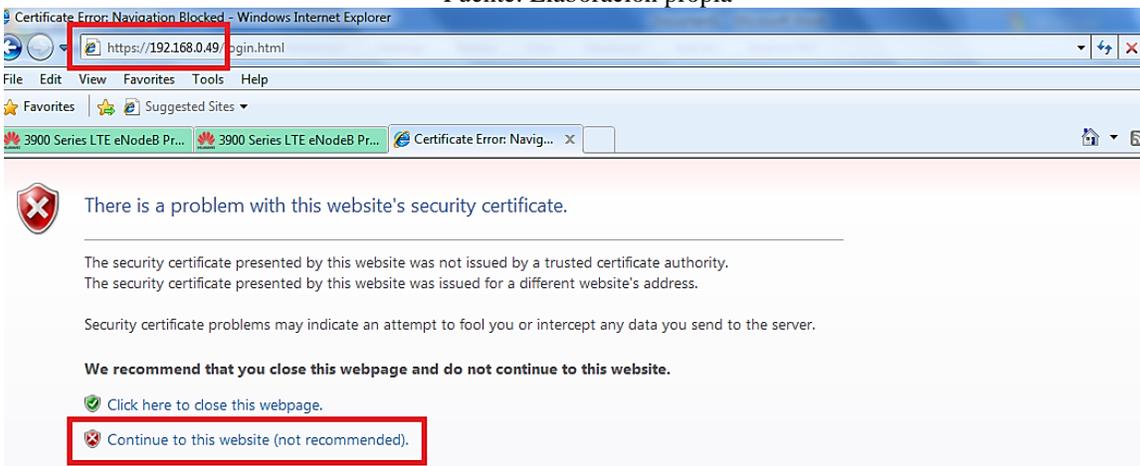
Fuente: Elaboración propia



Paso 4: Abrir el explorador de internet y poner la dirección IP: 192.168.0.49, hacer click en la opción “Continue with this website (not recommended)” como, se aprecia en la Figura 3.51

Figura 3.51 Acceso vía Browser a la BBU

Fuente: Elaboración propia



Paso 5: Llenar los campos en blanco y hacer click sobre el botón “Login”. Los campos que se encuentren llenos por defecto no deben ser modificados. **User Name:** admin, **Password:** hwbs@com como se observa en la Figura 2.52

Figura 3.52 Acceso vía Browser a la BBU

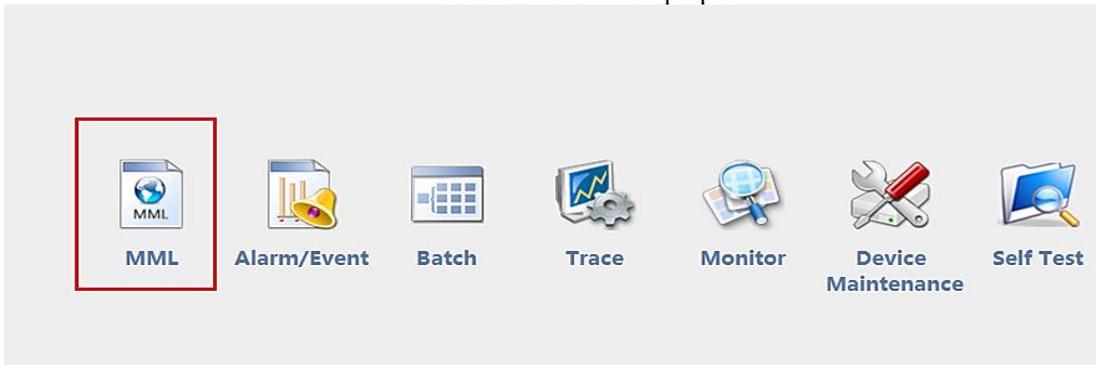
Fuente: Elaboración propia



Paso 6: Dar click sobre la opción MML como se observa en la Figura 3.53

Figura 3.53 Acceso a MML en LMT

Fuente: Elaboración propia



Paso 7: En el campo blanco “Command F5” escribir el comando DLD CFGFILE y apretar la tecla Enter. Posteriormente llenar los campos es blanco. Los campos que se encuentren llenos por defecto no deben ser modificados.

Server IP: 192.168.0.40 (esta es la dirección IP de la computadora).

FTP User Name: huawei (nombre de usuario que se configuro en el servidor FTP)

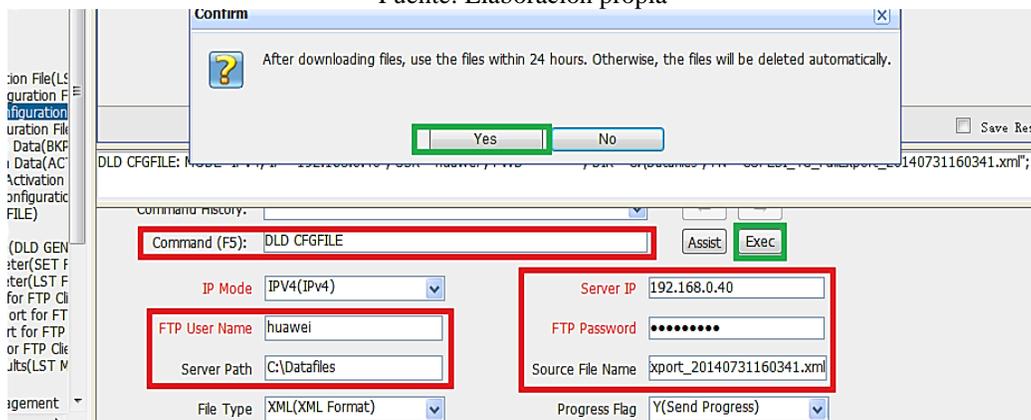
FTP password: Huawei123 (La letra H debe ser mayúscula)

Server Path: C:\Datafiles

Source File Name: CUPESI_4G_FullExport_20140731160341.XML (el nombre del archivo debe ser exactamente el mismo que el data file que fue guardado y se debe añadir la extensión .xml luego de poner o copiar el nombre del archivo). Finalmente hacer click sobre el botón Exec, y hacer click en YES cuando aparezca la ventana emergente como podemos apreciar en la Figura 3.54

Figura 3.54 Registro de datos requeridos en MML

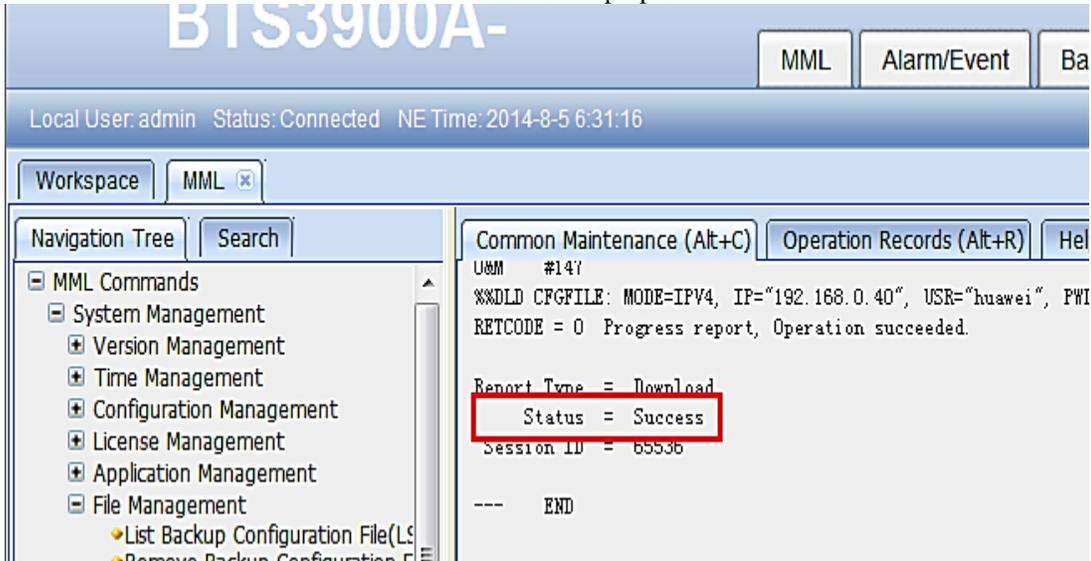
Fuente: Elaboración propia



Paso 8: Esperar a que se muestre el mensaje “Status = Success” en la pantalla como se observa en la Figura 3.55

Figura 3.55 Mensaje de confirmación de la carga del data file

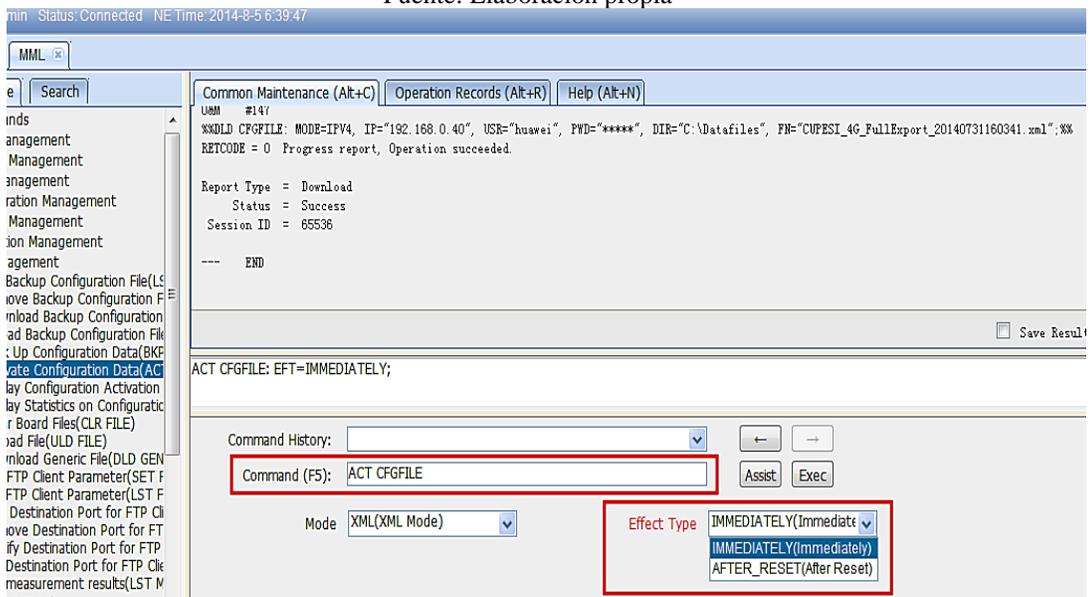
Fuente: Elaboración propia



Paso 9: Para activar el data file, en el campo blanco “Command F5” escribir el comando ACT CFGFILE y apretar la tecla Enter. Posteriormente el campo Effect Type seleccionar de la lista IMMEDIATELY (Immediately) como se aprecia en la Figura 3.56

Figura 3.56 Activación de data file de la Banda Base

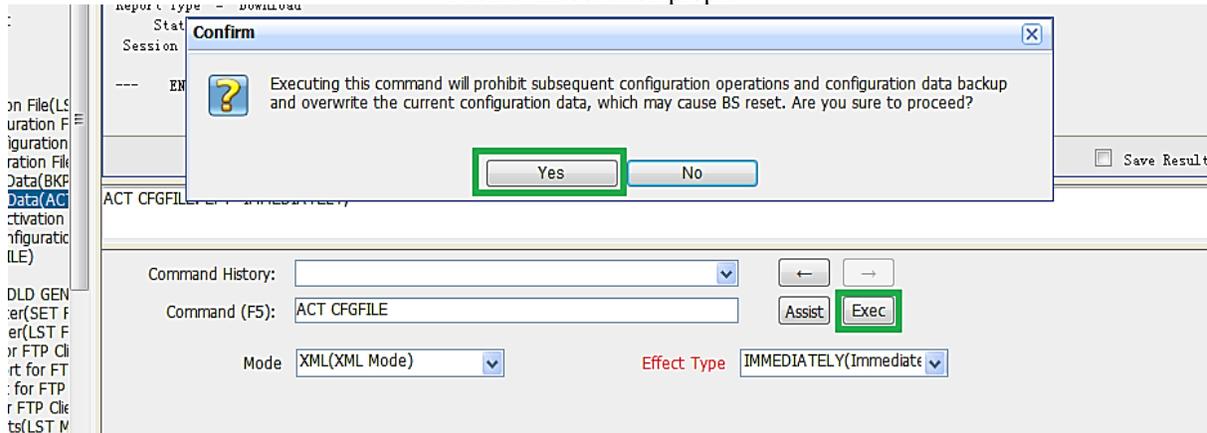
Fuente: Elaboración propia



Finalmente, como se aprecia en la Figura 3.57, dar “click” sobre el botón “Exec”, para correr el comando y hacer click en YES cuando aparezca la ventana emergente y se reiniciara la BBU.

Figura 3.57 Confirmación en activación de data file

Fuente: Elaboración propia

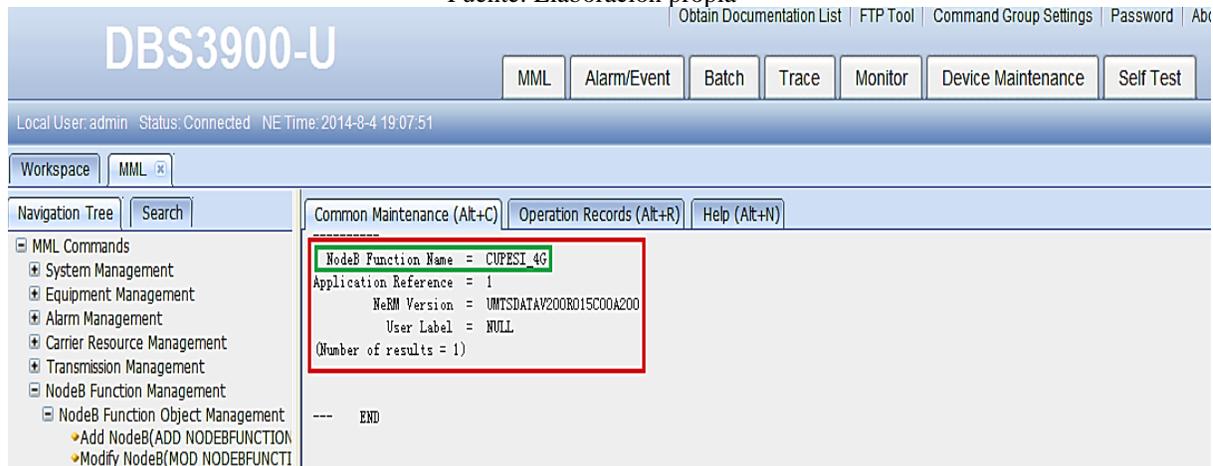


Paso 11: Se deben repetir los pasos 4, 5 y 6

Paso 12: Se debe verificar que el data file se haya cargado correctamente, para ello en el campo blanco “Command F5” escribir el comando LST NODEBFUNCTION, apretar la tecla Enter, y hacer click sobre el botón Exec y verificar si el archivo se cargó correctamente como se aprecia en la Figura 3.58.

Figura 3.58 Verificación de carga del data file

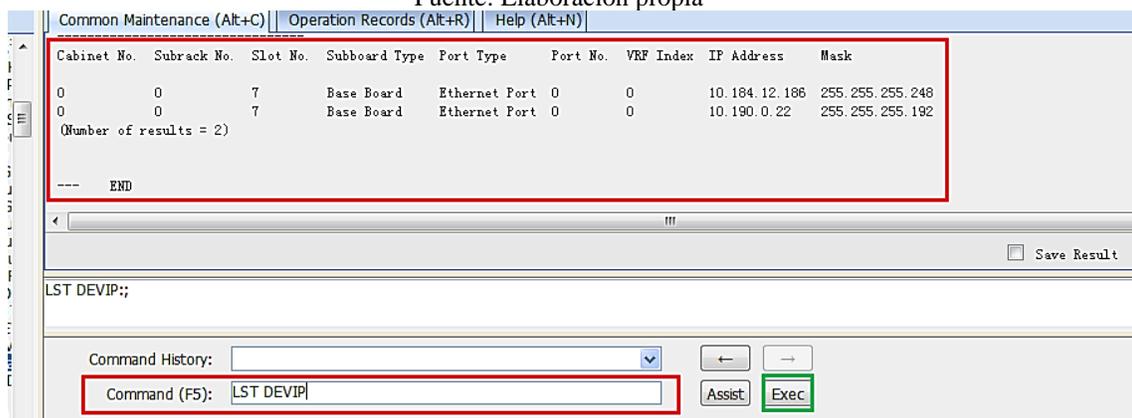
Fuente: Elaboración propia



Paso 13: En la figura 3.59 se puede verificar que la tarjeta tiene 2 direcciones IP (una de tráfico y otra para O&M), para ello en el campo blanco “Command F5” escribir el comando LST DEVIP, apretar la tecla Enter, y hacer click sobre el botón Exec.

Figura 3.59 Verificación de IPs de tráfico y O&M

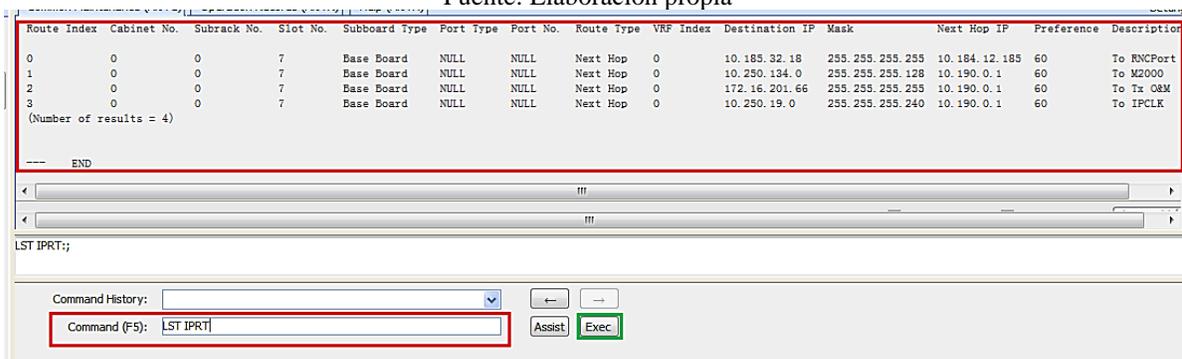
Fuente: Elaboración propia



Paso 14: Se debe verificar que existan 4 rutas hacia la RNC, el M2000, hacia O&M y hacia el IP Clock, para ello en el campo blanco “Command F5” escribir el comando LST IPRT, apretar la tecla Enter, y hacer click sobre el botón Exec como se aprecia en la Figura 3.60.

Figura 3.60 Verificación de IPs de enlace que cuenta la BBU

Fuente: Elaboración propia



Una vez verificado los IP’s correspondientes de las 4 rutas establecidas, se debe proceder comunicarse con NOC para establezcan el servicio.

En caso de no establecerse la transmisión hasta la Unidad de Banda Base, se debe repetir los procesos de configuración del XipLink y la Unidad de Banda Base.

3.2.6 OPTIMIZACIÓN

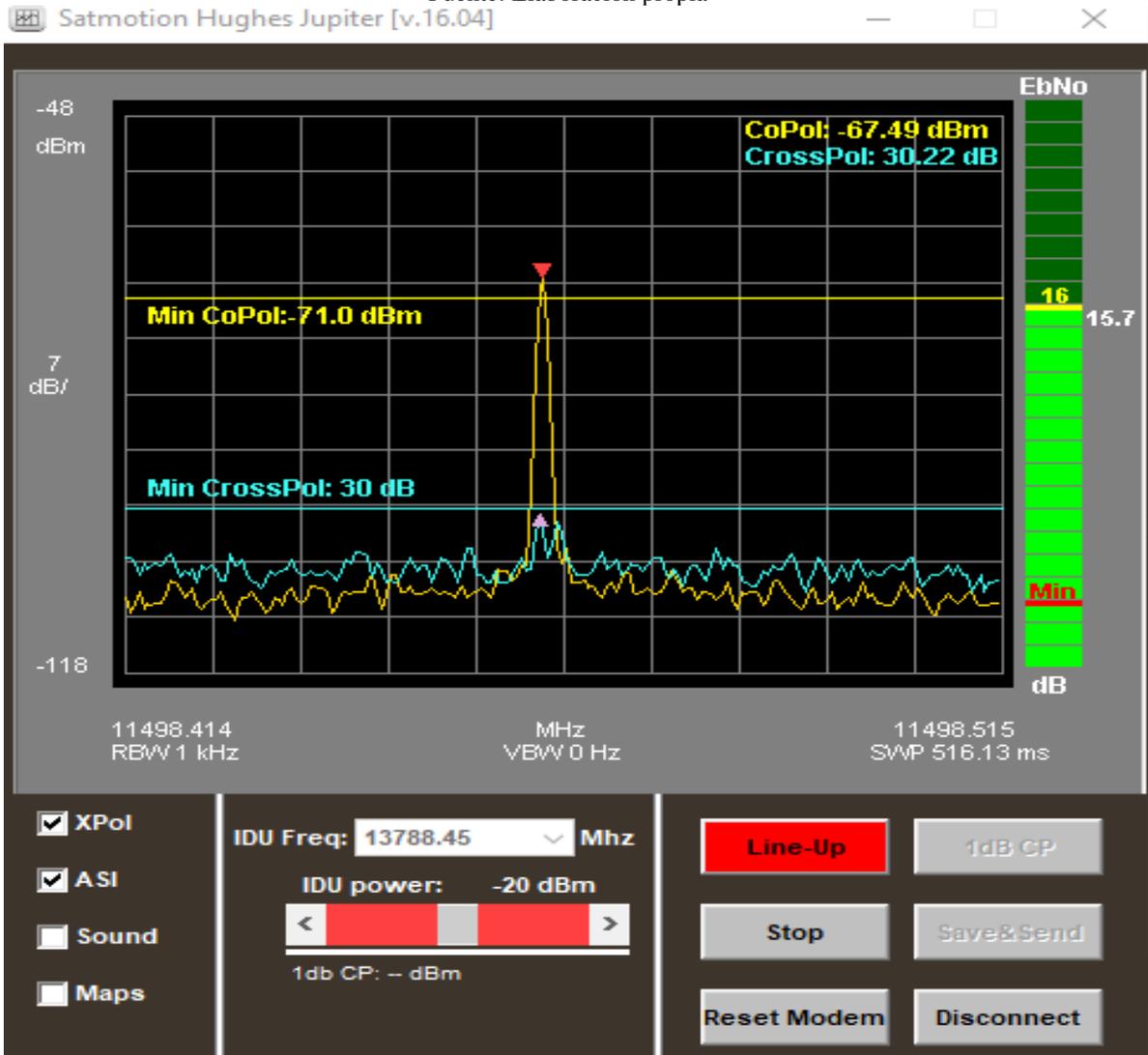
En esta fase se verifican los niveles del enlace satelital, los niveles de CrossPol y mejorar de ser necesario a los parámetros requeridos. También se hacen pruebas de cobertura en trafico vos y datos tanto en GSM y HSPA

3.2.6.1 PRUEBAS DE CROSSPOL

Satmotion es un software para realizar un enlace óptimo, se debe conseguir niveles de CrossPol y CoPol en el canal que establece el enlace satelital, después de realinear la antena VSAT alcanzamos un nivel de CrossPol es 30.22 dB como se aprecia en la Figura 3.61, lo que indica que es un nivel óptimo y se libera de toda interferencia con otros canales del espectro del enlace satelital.

Figura 3.61 Prueba de CrossPol

Fuente: Elaboración propia



Al realizar el realineamiento de la antena VSAT según los requerimientos de las pruebas de CrossPol, se observa en la Figura 3.62 los niveles de SQF que es el nivel de apuntamiento con relación a las pruebas de CrossPol.

Figura 3.62 Niveles de SQF y datos del enlace satelital

Fuente: Elaboración propia



HUGHES
An Echelon Company

HT1300 Advanced Configuration and Statistics

ESN:10568987 SAI:8959(0x22#)

SW Version :6.0.1.48 (M) 5.0.0.22 (F) Diagnostic Code:0000-0000-0000-0000



Auto Refresh 1

System State Code
30.1.1

UpTime (d:h:m:s)
0.00:19:37

Available Memory
34016 KB

<table border="0" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td colspan="2" style="text-align: center; border-top: 1px solid #ccc;">Downlink</td></tr> <tr><td>SQF</td><td style="text-align: right;">156</td></tr> <tr><td>FLL Lock Status</td><td style="text-align: right;">Locked</td></tr> <tr><td>Requested Modcod</td><td style="text-align: right;">24</td></tr> <tr><td>Over-the-Air Frequency (KHz)</td><td style="text-align: right;">11680000</td></tr> <tr><td>Symbol Rate (Sps)</td><td style="text-align: right;">34000000</td></tr> <tr><td>Beam ID</td><td style="text-align: right;">1</td></tr> <tr><td>Gateway ID</td><td style="text-align: right;">1</td></tr> <tr><td>Outroute ID</td><td style="text-align: right;">1</td></tr> <tr><td>Stream ID</td><td style="text-align: right;">0</td></tr> <tr><td>Downlink State Code</td><td style="text-align: right;">0.0.0</td></tr> <tr><td colspan="2" style="text-align: center; border-top: 1px solid #ccc;">Uplink</td></tr> <tr><td>Transmit Rate</td><td style="text-align: right;">8PSK 2048 8/9</td></tr> <tr><td>Inroute Group</td><td style="text-align: right;">1</td></tr> <tr><td>Last EsNo</td><td style="text-align: right;">136</td></tr> <tr><td>Power Attenuation</td><td style="text-align: right;">3.00 dB</td></tr> <tr><td>Transmit Frequency</td><td style="text-align: right;">1391840000</td></tr> <tr><td>Allocation State</td><td style="text-align: right;">STREAM</td></tr> <tr><td>Stream Error Rate</td><td style="text-align: right;">2.31%</td></tr> <tr><td>Stream ACK / NAK</td><td style="text-align: right;">30218 / 713</td></tr> <tr><td>Aloha ACK / NAK</td><td style="text-align: right;">6 / 0</td></tr> <tr><td>Uplink State Code</td><td style="text-align: right;">0.0.0</td></tr> </table>	Downlink		SQF	156	FLL Lock Status	Locked	Requested Modcod	24	Over-the-Air Frequency (KHz)	11680000	Symbol Rate (Sps)	34000000	Beam ID	1	Gateway ID	1	Outroute ID	1	Stream ID	0	Downlink State Code	0.0.0	Uplink		Transmit Rate	8PSK 2048 8/9	Inroute Group	1	Last EsNo	136	Power Attenuation	3.00 dB	Transmit Frequency	1391840000	Allocation State	STREAM	Stream Error Rate	2.31%	Stream ACK / NAK	30218 / 713	Aloha ACK / NAK	6 / 0	Uplink State Code	0.0.0	<table border="0" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td colspan="2" style="text-align: center; border-top: 1px solid #ccc;">SbcStatus</td></tr> <tr><td>Installation Status</td><td style="text-align: right;">Installed</td></tr> <tr><td>First Registration</td><td style="text-align: right;">2016-12-18 14:36:41</td></tr> <tr><td>Most Recent Registration</td><td style="text-align: right;">2020-11-01 16:43:59</td></tr> <tr><td>SBC State Code</td><td style="text-align: right;">0.0.0</td></tr> <tr><td colspan="2" style="text-align: center; border-top: 1px solid #ccc;">SysInfo</td></tr> <tr><td>MGMT Routing Advertisement</td><td style="text-align: right;">226</td></tr> <tr><td>MGMT Services</td><td style="text-align: right;">18</td></tr> <tr><td>SysInfo State Code</td><td style="text-align: right;">0.0.0</td></tr> <tr><td colspan="2" style="text-align: center; border-top: 1px solid #ccc;">Association</td></tr> <tr><td>Association State</td><td style="text-align: right;">ASSOCIATED</td></tr> <tr><td>IPGW ID</td><td style="text-align: right;">JWE01XIP11V1A004</td></tr> <tr><td>Walled Garden</td><td style="text-align: right;">No</td></tr> <tr><td>Association Time</td><td style="text-align: right;">2020-11-01 16:43:59</td></tr> <tr><td>CMM Timeouts</td><td style="text-align: right;">0</td></tr> <tr><td>Keep Alive Timeouts</td><td style="text-align: right;">3</td></tr> <tr><td>Association State Code</td><td style="text-align: right;">0.0.0</td></tr> <tr><td>FAP State Code</td><td style="text-align: right;">0.0.0</td></tr> <tr><td>ROHC Profiles</td><td style="text-align: right;">RTP-V2 UDP-V2</td></tr> <tr><td colspan="2" style="text-align: center; border-top: 1px solid #ccc;">PEP</td></tr> <tr><td>Backbone Status</td><td style="text-align: right;"> Up Up Up Up Up </td></tr> <tr><td>Total Backbones Up</td><td style="text-align: right;">5</td></tr> </table>	SbcStatus		Installation Status	Installed	First Registration	2016-12-18 14:36:41	Most Recent Registration	2020-11-01 16:43:59	SBC State Code	0.0.0	SysInfo		MGMT Routing Advertisement	226	MGMT Services	18	SysInfo State Code	0.0.0	Association		Association State	ASSOCIATED	IPGW ID	JWE01XIP11V1A004	Walled Garden	No	Association Time	2020-11-01 16:43:59	CMM Timeouts	0	Keep Alive Timeouts	3	Association State Code	0.0.0	FAP State Code	0.0.0	ROHC Profiles	RTP-V2 UDP-V2	PEP		Backbone Status	Up Up Up Up Up	Total Backbones Up	5
Downlink																																																																																									
SQF	156																																																																																								
FLL Lock Status	Locked																																																																																								
Requested Modcod	24																																																																																								
Over-the-Air Frequency (KHz)	11680000																																																																																								
Symbol Rate (Sps)	34000000																																																																																								
Beam ID	1																																																																																								
Gateway ID	1																																																																																								
Outroute ID	1																																																																																								
Stream ID	0																																																																																								
Downlink State Code	0.0.0																																																																																								
Uplink																																																																																									
Transmit Rate	8PSK 2048 8/9																																																																																								
Inroute Group	1																																																																																								
Last EsNo	136																																																																																								
Power Attenuation	3.00 dB																																																																																								
Transmit Frequency	1391840000																																																																																								
Allocation State	STREAM																																																																																								
Stream Error Rate	2.31%																																																																																								
Stream ACK / NAK	30218 / 713																																																																																								
Aloha ACK / NAK	6 / 0																																																																																								
Uplink State Code	0.0.0																																																																																								
SbcStatus																																																																																									
Installation Status	Installed																																																																																								
First Registration	2016-12-18 14:36:41																																																																																								
Most Recent Registration	2020-11-01 16:43:59																																																																																								
SBC State Code	0.0.0																																																																																								
SysInfo																																																																																									
MGMT Routing Advertisement	226																																																																																								
MGMT Services	18																																																																																								
SysInfo State Code	0.0.0																																																																																								
Association																																																																																									
Association State	ASSOCIATED																																																																																								
IPGW ID	JWE01XIP11V1A004																																																																																								
Walled Garden	No																																																																																								
Association Time	2020-11-01 16:43:59																																																																																								
CMM Timeouts	0																																																																																								
Keep Alive Timeouts	3																																																																																								
Association State Code	0.0.0																																																																																								
FAP State Code	0.0.0																																																																																								
ROHC Profiles	RTP-V2 UDP-V2																																																																																								
PEP																																																																																									
Backbone Status	Up Up Up Up Up																																																																																								
Total Backbones Up	5																																																																																								

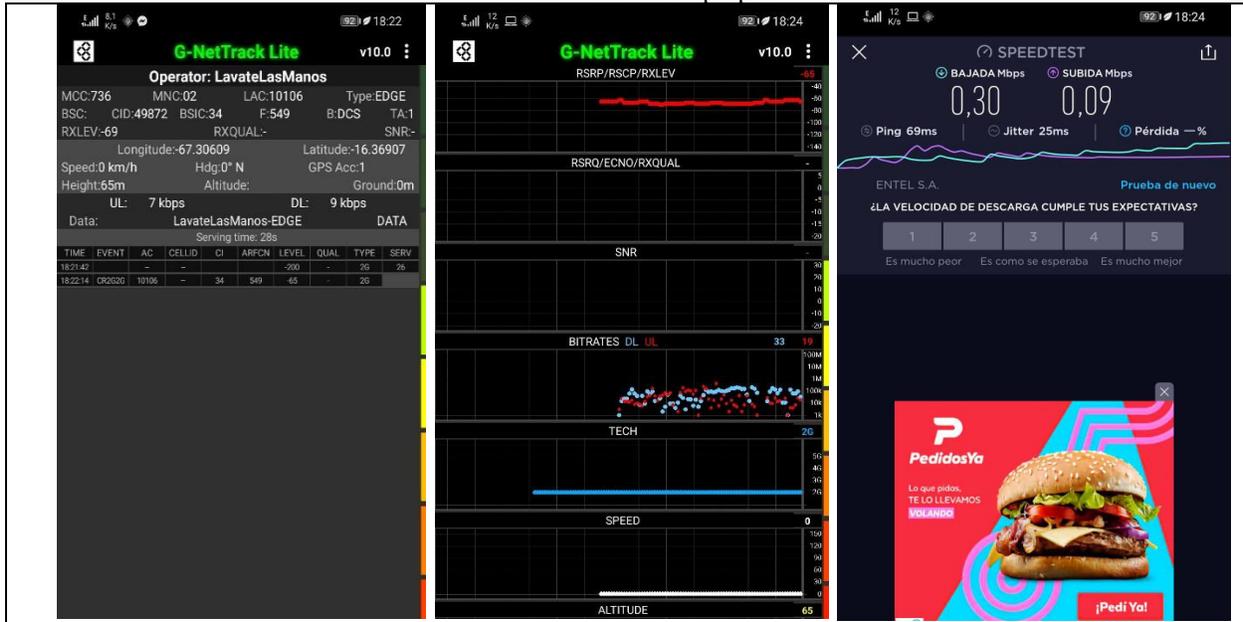
LAN (eth0)

3.2.6.2 PRUEBAS DE COBERTURA Y THROUGHPUT

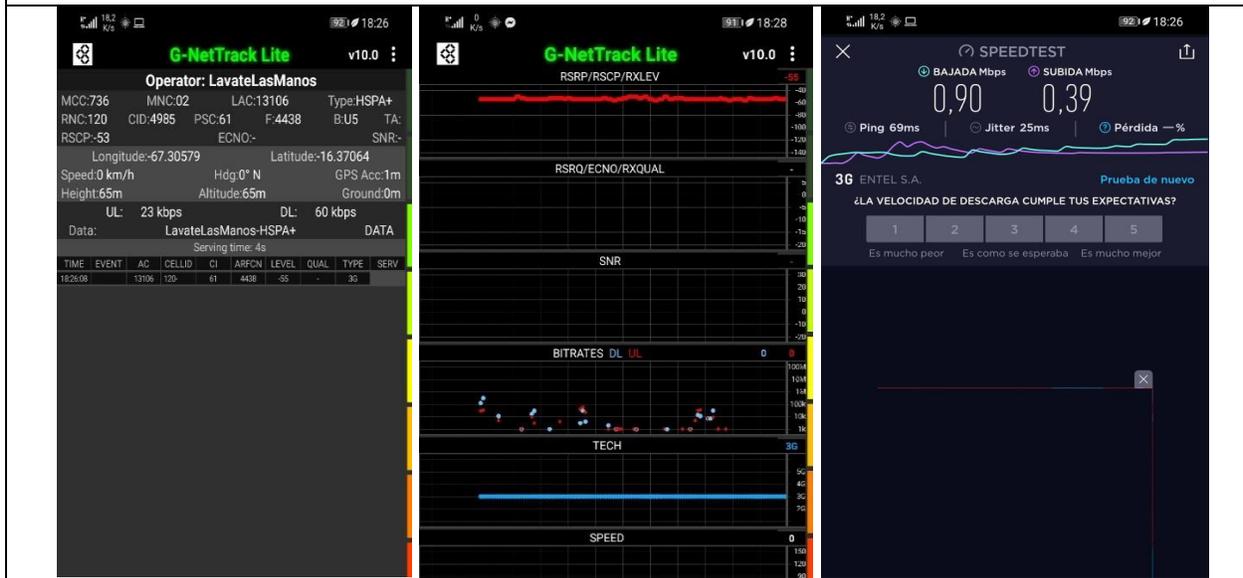
En esta etapa final se realiza las pruebas de cobertura y el servicio GSM y HSPA con la herramienta G-NetTrack. Con esta herramienta se verifica los niveles de RSCP en HSPA y RXLEV en GSM. Con la aplicación SpeedTest se realizan pruebas de throughput en GSM y HSPA como se observa en la Tabla 3.1 y por ultimo las pruebas de llamadas en ambas tecnologías.

Tabla 3.1 pruebas de servicio 2G Y 3G

Fuente: Elaboración propia



PRUEBAS DE COBERTURA Y THROUGHPUT GSM



PRUEBAS DE COBERTURA Y THROUGHPUT HSPA

CAPITULO IV

4 ANÁLISIS ECONÓMICO

4.1 FINANCIAMIENTO DEL PROYECTO

En este capítulo se analizará la factibilidad económica del proyecto, con el propósito de dar a conocer todos los costos de adquisición de equipos, costos operativos y la estimación de ingresos anual después de la optimización de Micro Radio Base.

El financiamiento para los quipos KIPLINK, es cubierta por la empresa Operadora de Telefonía Móvil al 100%, por razones de confidencialidad no se tiene acceso a costo de la tecnología XIPLINK.

4.2 COSTOS EN EQUIPO Y MATERIALES

En la Tabla 4.1, se detalla los costos en la adquisición de quipos y materiales correspondientes para la implementación.

Tabla 4.1 Costos de equipos y materiales

Fuente: elaboración propia

Item	Equipo y material	Cantidad	Costo Unitario	Sub Total
1	XA-500	1	7500	7500
2	Cabe consola USB	1	120	120
3	Cable LMA	1	80	80
4	Patch cord cat6 1M	2	80	160
5	Material de sujeción	1	70	70
TOTAL EN Bs				7930

4.3 INVERSIÓN

En la Tabla 4.2 se detalla el costo del proyecto de optimización, el cual cubre todos los gastos realizados desde la fase de preparación hasta la optimización finalizada de la estación, contempla personal técnico, viáticos, hospedaje, alquiler de camioneta y otros recursos que es imprescindible para la optimización de la Micro BRS.

Tabla 4.2 Costos de operación y logística

Fuente: elaboración propia

Ítem	Cant.	Costo en Bs	día	Días	Total (Bs)
Personal técnico	1	150		30	4500
Conductor	1	100		13	1300
Hospedaje	2	120		13	1560
Viático	2	180		13	2340
Alquiler de camioneta	1	240		13	3120
Combustible	1	100		13	1300
kit de herramientas	1	800			800
Costo de equipos y material	7930
Costo total en BS					22850

4.4 ESTIMACIÓN DE INGRESOS

Para la estimación de ingresos se han tomado lo siguientes supuestos.

- La optimización beneficiará a más de 65 habitantes de la localidad
- Cada habitante al mes realiza un promedio de seis recargas con tarjetas de Bs.- 10. Ingresando un equivalente del 90% de costo de cada recarga de crédito prepago de la Operadora de telefonía Móvil.

En la Tabla 4.3 se hace una estimación de ingresos tomando un Arango de fechas de diciembre de 2019 a julio de 2020.

Tabla 4.3 estimación de ingresos

Fuente: (Zunabi, 2020)

Año 2019-2020	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio
Usuarios	15	50	59	65	70	69	73	80
Tráfico % (90)EU	16,67	55,56	65,56	72,22	77,78	76,67	81,11	88,89
Ingreso en Bs	750,75	2503	2953	3253	3504	3453	3654	4004

Se puede observar que a partir del mes de Enero existe mayor consumo del servicio, el tráfico que genera la micro Radio Base se registra de 16.67% de diciembre de 2019 a 75.56% en julio 2020 después de la optimización realizada en la estación de la localidad a mediados del mes enero de 2020, esto permitirá mayores ingresos anuales y mejor servicio a la población de la localidad como hasta ahora se registra a pesar de que es un proyecto social las micro Radio Bases. el objetivo es llegar a todas las áreas rurales de difícil acceso para integrar nuestra sociedad y la riqueza de la cultura de cada región de nuestro país. (Zunabi, 2020)

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

Se realizó un estudio levantando datos geográficos como coordenadas de las estaciones cercanas, altura de las torres, elevación de las estaciones y distancias en kilómetros con la estación objetivo Valle Hermoso, para realizar simulaciones de enlace microondas, lo cual se estableció que la posibilidad de migrar a un enlace microondas es nula.

Se realizó la reconfiguración de los equipos correspondientes como ser: Modem satelital, Unidad de Banda Base y la configuración del optimizador, interconectando los equipos según el diseño establecido para dar acceso a internet mediante la cobertura HSPA a la localidad Valle Hermoso.

Se realizó la sincronización del enlace satelital reconfigurando el modem realizando pruebas de CrossPol con Satmotion verificando que esté en rangos aceptables los niveles de ruido así mismo los niveles de recepción SQF en el Modem Satelital.

La estación Valle Hermoso actualmente brinda cobertura GSM y UMTS, con un tráfico de datos fluido y sin interferencias en condiciones óptimas sin ninguna obstrucción, los habitantes pueden acceder a la red de internet a través de la cobertura habilitada para el uso de smartphone. Por lo cual se cumplió con todos los objetivos planteados en el presente proyecto.

5.2 RECOMENDACIONES

Los sistemas de comunicaciones móviles, año tras año crece la demanda del servicio, mayormente en el tráfico de datos exigiendo más ancho de banda y velocidad. Por lo tanto, se recomienda replicar la optimización en todas las estaciones existentes con las mismas características con un sistema de transmisión Satelital y tienen limitado el ancho de banda, donde no es posible migrar a un sistema de transmisión Microondas por la falta de visibilidad y líneas de vista, en áreas rurales donde el acceso es limitado por las formaciones geográficas para su optimización dentro el departamento de La Paz.

Así mismo se recomienda realizar constante monitoreo en el tráfico de usuarios para evitar y dar solución a inhibiciones del equipo por distintos factores y desabastecimiento de energía, como también mantenimientos preventivos, actualizaciones y copias de seguridad de la configuración de todos los equipos funcionales dentro la estación.

6 BIBLIOGRAFÍA

- Alain, E. (12 de junio de 2018). Repositorio Intitucional. Obtenido de <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/2072>
- Asamblea Legislativa Plurinacional. (2011). Ley General de Telecomunicaciones, Tecnologías de Información y Comunicación . Obtenido de Ley General De Telecomunicaciones,: <https://www.wipo.int/edocs/lexdocs/laws/es/bo/bo052es.pdf>
- Bunge, M. (2010). Metodo Hipotetico - Deductivo. España: Laetoli. p. 184.
- Communications, S. (23 de octubre de 2007). Banda Ku. Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Banda_Ku
- Garcia, J. I. (Junio de 2014). Estudio De Viabilidad Para Llevar Internet 4g Lte A Zonas Rurales De Colombia Caso De Estudio: Municipio De Zipaquirá. Obtenido de <http://biblioteca.usbbog.edu.co:8080/Biblioteca/BDigital/82471.pdf>
- Garmacho, P. G. (Junio de 2006). Manual De Uso De Radio Mobile. Obtenido de <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/6989/Anexo%2016.pdf>
- google. (mayo de 2016). google heart. Obtenido de <https://earthgoogle.blogspot.com/greenpoint>. (s.f.). VSAT. Obtenido de <https://greenpoint.mx/soluciones/nube-satelital-dedicada>
- INTEGRASYS. (2020). Satmotion Pocket VSAT. Obtenido de <https://www.integrasys-space.com/satmotion-pocket>
- INTERNACIONAL, I. (2020). Servidor FTP. Obtenido de <https://blog.infranetworking.com/servidor-ftp/>
- LaNacion. (30 de septiembre de 2017). SPUTNIK. Obtenido de <https://www.nacion.com/ciencia/aplicaciones-cientificas/sputnik-el-primer-satelite-artificial-en-llegar-al-espacio-cumple-60-anos/AHQD2S5CCVFGPJIH6FPHYS4TLA/story/>
- Leazama, F. (s.f.). Telecomunicaciones en la Empresa. Obtenido de http://www.geocities.ws/franklin_lezama/TELEEMPRESA/T5TE.html
- Limachi, E. M. (2015). Diseño E Implementación De Una Sistema De Telefonía Móvil Satelital Con Tecnología Hspa* Caso Comunidad Monte Grande-Beni. El Alto.
- Loans. (29 de mayo de 2015). GSM Association Latin America. Obtenido de <http://www.gsmlaa.org/>

- Luna, W. S. (2017). Diseñode Una Red Inalambrica Movil Gsm Para Tigo En El Municipio De Sanbuenaventura En El Departamento De La Paz. Obtenido de <http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/13487>
- Marcano, A. V. (julio de 2012). Metodologia Mixta Para El Diseño De Enlaces. Obtenido de <http://www.laccei.org/LACCEI2012-Panama/RefereedPapers/RP097.pdf>
- Martinez, E. (21 de julio de 2007). Enlace Satelital. Obtenido de <https://www.eveliux.com/mx/curso/antenas-enlace-satelital-mdos-de-acceso.html>
- Martinez, F. (2005). Metodologia De La Investigacion. Obtenido de <https://ri.ufg.edu.sv/jspui/bitstream/11592/6405/5/372.651-F578m-CAPITULO%20IV.pdf>
- MICROSOFT. (2020). WINDOWS. Obtenido de <https://www.microsoft.com/es-es/windows>
- Oppenheimer, P. (2011). Top-down Network Design. Cisco Press.
- Peñañiel, G. A. (mayo de 2010). Implementación de enlaces de banda ancha usando tecnología satelital VSAT. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/147372753.pdf>
- Pérez, G. (s.f.). Espectrometria .com. Obtenido de <https://www.espectrometria.com/>
- Polo, D. C. (enero de 2012). Administración avanzada de redes TCP/IP. Obtenido de <http://www.manolodominguez.com/content/common/pdf/cv/publications/AdministracionAvanzadaDeRedesTCPIP.pdf>
- Rodriguez, R. (2001). Comunicacion Por Satelite . Obtenido de https://es.slideshare.net/blog_fralbe/estaciones-terrenas-36629633
- Rosero, P. (2007). Estudio De Internet Movil 3G. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2787/1/CD-0600.pdf>
- TIEMPO, R. E. (mayo de 1994). Que Es La Telefonía Celular. Obtenido de <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-135410>
- Velera, J. (s.f.). A Hombros De Gigantes Ciencia Y Tecnología. Obtenido de <https://ahombrosdegigantescienciaytecnologia.wordpress.com/acerca-de/>
- Waters, J. (2019). XipLink. Montreal-canada.
- XipLink. (2019). Optimizing VSAT Networks. Obtenido de <http://www.xiplink.com/vsat.html>
- Zunabi, P. (julio de 2020). Trafico de usuarios y consumo de servicio a profesional O&M. (L. A. Yanapa, Entrevistador)

7 ANEXOS



La paz, 13 de julio 2020

Señores:

**CARRERA INGENIERIA DE SISTEMAS
UNIVERSIDAD PÚBLICA DEL ALTO**

Presente. -

**Ref.: CONCLUSIÓN DE OPTIMIZACIÓN DE MICRO RADIO BASE CON
TECNOLOGÍA XIPLINK**

De mi consideración.

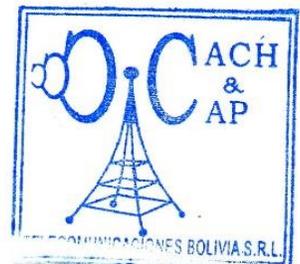
La empresa CACH & CAP TELECOMUNICACIONES BOLIVIA SRL. Con casa matriz en la ciudad de La Paz, con número de NIT: 317490023, como proveedor de servicio a varios Operadores en telecomunicaciones, en uso de sus atribuciones:

Tiene el honor de dirigirse a su institución, por medio de la presente para poner a su conocimiento que el Sr. **LUIS ABDON YANAPA CHAMBI con C.I. 7048456 LP**, estudiante de la Carrera **INGENIERÍA DE SISTEMAS** de la **UNIVERSIDAD PUBLICA DE EL ALTO**, ha dado cumplimiento al objetivo principal del proyecto: **“OPTIMIZACIÓN EN TRÁFICO DE VOZ Y DATOS CON TECNOLOGÍA XIPLINK EN UN SISTEMA DE TELEFONÍA MÓVIL CON TRANSMISIÓN SATELITAL CASO: MICRO RADIO BASE VALLE HERMOSO”**.

Se extiende la presente constancia para los fines que el interesado disponga, es dado en la ciudad de La Paz a los 13 días de julio del 2020.

Atentamente.


VICTOR HUGO CACHACA VILAR
GERENTE GENERAL
CACH&CAP TELECOMUNICACIONES BOLIVIA



REF.:71948669

Archivo CC-RH-00011/2020

SCM DE GSM

SITE CONFIGURATION MODULE

Site ID: 49872
 Departamento: LA PAZ
 Longitud W (WGS84) : -65,943530
 Latitud S (WGS84) : -16,370944
 Tipo de Sitio : Outdoor
 Sectores : Un Sector

Revisión
 A

Tipo de Gabinete
 Outdoor

Tecnología / Banda de Operación
 GSM/GPRS/EDGE / 850[MHz]

Configuración 2+0+0

Nombre Oficial del Sitio: VALLE HERMOSO

Proyecto: OPTIMIZACION MICRO RADIO BASE

Tipo de Estación Radiobase
 BTS3900C

RRU RRU 3936

	CELDA 1	CELDA 2	CELDA 3
Tipo de Instalación	TARR_GF		
Altura de la Torre [m]	20		
Altura hasta el borde inferior de la antena [m.s.n.m]	1583		
Altura desde el suelo al borde inferior de la Antena [m]	18		
Azimut de Antena [gg]	0		
Tipo de Antena (Sectorial / Omnidireccional)	Omnidireccional		
Marca y Modelo de Antena	AGISSON- OV-824-896-360-111-OF		
Lóbulos Horizontal / Vertical [gg]	360/7		
Ganancia de Antena [dBi]	11,0		
Down Tilt Mecánico (gg)	0		
Down Tilt Electrónico (gg)	0		
Bts Output Power [w]	20,0		
Bts Output Power [dBm]	43,0		
Tipo de Fibra Optica	Multimodo		
Longitud Estimada de la Fibra Optica + Jumper [m]	3M		
Pérdida Estimada del Jumper [dB]	0,66		
EIRP Estimada [dBm] (CS 64 Kbps)	53,34		
EIRP Estimada [W] (CS 64 Kbps)	215,77		

Configuración Total de TRX 2

Objetivos de Cobertura CELDA 1 VALLE HERMOSO

0

0

Fecha de revisión: 14/3/2020

Celda Donora: 0
 Azimuth: 0

Comentarios 0

SCM DE UMTS 3G

SITE CONFIGURATION MODULE

Site ID: 4985 Departamento: LA PAZ Longitud W (WGSS4): -65,943530 Latitud S (WGSS4): -16,370944 Tipo de Sitio: Outdoor Sectores: Uno	Revisión A	Tecnología / Banda de Operación HSPA+ / 850 [Mhz]
	Tipo de Gabinete Nodo B Outdoor	Configuración 1+0+0

Nombre Oficial del Sitio: VALLE HERMOSO

Proyecto: OPTIMIZACION MICRO RADIO BASE

Tipo de Estación Radiobase: BTS3900C

RRU: RRU3936

	CELDA 1	CELDA 2	CELDA 3
Tipo de Instalación	TARR_GF		
Altura de la Torre [m]	20		
Altura hasta el borde inferior de la antena [m.s.n.m]	1583		
Altura desde el suelo al borde inferior de la Antena [m]	18		
Azimut de Antena [gg]	0		
Tipo de Antena (Sectorial / Omnidireccional)	Omnidireccional		
Marca y Modelo de Antena	AGISSON- OV-824-896-360-11I-OF		
Lóbulos Horizontal / Vertical [gg]	360/7		
Ganancia de Antena [dB]	11,0		
Down Tilt Mecánico [gg]	0		
Down Tilt Eléctrico [gg]	0		
Bts Output Power [w]	20,0		
Bts Output Power [dBm]	43,0		
Tipo de Fibra Optica	Multimodo		
Longitud Estimada de la Fibra Optica + Jumper [m]	3M		
Pérdida Estimada del Jumper [dB]	0,66		
EIRP Estimada [dBm] (CS 64 Kbps)	53,34		
EIRP Estimado [W] (CS 64 Kbps)	215,77		

Configuración

Total Portadoras/Celda: 1

Objetivos de Cobertura

CELDA 1
VALLE HERMOSO

CELDA 2

CELDA 3

Fecha de revisión: 14/3/2020

Celda Donora: 0

Azimuth: 0

Comentarios

Referencias: [gg] = grados