



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

“DISEÑO DE UNA RED PARA LA PROVISIÓN DE SERVICIOS
UNIVERSALES A LA PARROQUIA SALATÍ PERTENECIENTE A
LA PROVINCIA DE EL ORO, USANDO EL SISTEMA CDMA 450”

INFORME DE PROYECTO INTEGRADOR

Previo a la obtención del título de:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

Presentada por:

MOISÉS ALEJANDRO CARRASCO MORÁN

CHRISTIAN RICARDO TAPIA TOMALÁ

GUAYAQUIL-ECUADOR

2015

AGRADECIMIENTO

En primer lugar a Jehová por permitirme estar con vida y conocer sus propósitos. Mis amigos espirituales por enseñarme a ser una buena persona. A mis padres por aportar bastante en mi carrera educativa, pero más que eso enseñarme a ser responsable y sobre todo humilde en la vida. A mis amigos que con el paso del tiempo conocí y estuvieron en los buenos y malos momentos, dándome el apoyo necesario para no rendirme sino continuar y terminar mis metas.

Moisés Alejandro Carrasco Morán

Agradezco a Dios por darme salud y fuerza para poder llegar a este punto de mi vida. A mis padres por apoyarme durante mi vida académica y motivarme siempre a superarme, sobre todo a mi madre que gracias a su arduo sacrificio durante los últimos años pudo encaminarme hacia esta última etapa de mi educación. A todos los amigos que encontré durante esta travesía y que siempre estuvieron ahí en todo momento como soporte para siempre seguir adelante

Christian Ricardo Tapia Tomalá

DEDICATORIA

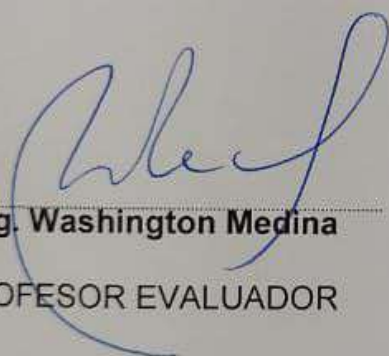
El proyecto lo dedico a mis queridos padres, Moisés y Patricia, también a David, Sandra, Jordana, Natasha y Aby Aby, quienes aportaron mucho en el transcurso de esta carrera que estoy concluyendo en este día. Al Ing. Dennys Cortez por ser un gran jefe y buen amigo, enseñándome a trabajar con humildad, paciencia y dedicación. A mis amigos que he conocido en el transcurso de mi carrera y a aquellas que estoy conociendo al finalizarla. Mis amigos Alex Villón y Andrés Chamba. En especial dedico este proyecto a mi primo Aarón Carrasco por su tiempo, su apoyo y ánimo para no rendirme sea cual sea la carga, sino a hacer una repetición más.

Moisés Alejandro Carrasco Morán

Dedico este proyecto de graduación a mis padres pero en especial a mi padre Víctor Hugo cuyo sueño siempre fue verme obtener el título de ingeniero, aunque ya no se encuentre en este mundo estoy seguro que donde Dios lo haya puesto estará orgulloso de que lograra el objetivo que nos planteamos hace tanto tiempo.

Christian Ricardo Tapia Tomalá

TRIBUNAL DE EVALUACIÓN



Mag. Washington Medina
PROFESOR EVALUADOR

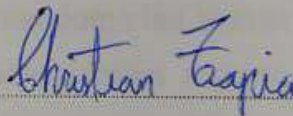


Dr. Boris Ramos

PROFESOR EVALUADOR

DECLARACIÓN EXPRESA

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



CHRISTIAN RICARDO TAPIA TOMALÁ



MOISES ALEJANDRO CARRASCO MORÁN

RESUMEN

En el presente proyecto de materia integradora se diseñará una red de telecomunicación Rural, para dar cobertura a la parroquia SALATI ubicada al sur-este del cantón Portovelo a 26 Km. de la cabecera cantonal, debido a que en esta ubicación no existe acceso universal a voz y datos. La tecnología a usar será CDMA con la frecuencia 450 MHz, con lo cual se diseñará una red rural para dar cobertura a toda la parroquia y así las personas puedan disfrutar de los servicios que ésta provee, se justificará y comprobará la calidad de este sistema junto con su rentabilidad en ello.

Para efectuar dicho diseño hemos analizado material de otros proyectos, la manera en que aplicaron tecnología CDMA 450 y como diseñaron la red en una parroquia rural. Hablar de la evolución de esta tecnología como: CDMA 2000 1X; CDMA 2000 1XEVD0, es el primer paso para poder crear la red, notar como las tecnología de CDMA 450 soportaban voz y datos y cómo mediante actualizaciones soporta comunicación de datos y las ventajas que ella posee en comparación con otros sistemas.

En Capítulo 1, se presenta una pequeña reseña de lo que trata el proyecto. Una pequeña introducción de lo que es CDMA 450 y los objetivos, específicos y generales, de lo que se espera realizar en cuanto al diseño de red con esta tecnología.

En el Capítulo 2, se describe de forma más profunda la Tecnología CDMA 450, su evolución, y el tipo de código (WALSH) que utiliza para poder realizar la codificación, y notar como esta es una técnica útil para que no haya interferencia entre usuarios.

En el Capítulo 3, se habla del Plan Nacional de Telecomunicaciones, se da un breve diseño de la estructura de la red con CDMA 450, y la seguridad que esta presenta con los protocolos que usa.

En el Capítulo 4, se procede a diseñar la red, se simula, y se ve que es viable el proyecto usar esta Tecnología en los lugares rurales, ya que aun teniendo una geografía complicada, se le puede brindar los servicios voz y datos. El programa que se usó fue RADIO MOBILE.

En el Capítulo 5, se realizó un análisis de los costos de los equipos y de la interconexión entre ellos. Un punto que sobresale de este capítulo es el resultado que bota del VAN y el TIR. Comprobando que el proyecto es óptimo para realizar.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|--|------|
| AGRADECIMIENTO | II |
| DEDICATORIA III | |
| TRIBUNAL DE EVALUACIÓN..... | IV |
| DECLARACIÓN EXPRESA | V |
| RESUMEN VI | |
| ÍNDICE GENERAL..... | VIII |
| CAPÍTULO 1 1 | |
| 1. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 1.1 Generalidades..... | 1 |
| 1.2 Objetivos | 2 |
| 1.2.1 Objetivo General | 2 |
| 1.2.2 Objetivos Específicos | 2 |
| 1.3 Descripción del Proyecto..... | 3 |
| CAPÍTULO 2 8 | |
| 2. ESTUDIO DE LA TECNOLOGÍA CDMA 450 MHz | 8 |
| 2.1 Introducción a las Telecomunicaciones..... | 8 |
| 2.2 Tecnologías inalámbricas | 9 |
| 2.3 Técnicas de acceso múltiple..... | 9 |
| 2.3.1 Acceso Múltiple por División de Frecuencia (FDMA)..... | 10 |
| 2.3.2 Acceso Múltiple por División de Tiempo (TDMA)..... | 10 |
| 2.3.3 Acceso Múltiple por División de Código (CDMA) | 10 |
| 2.4 Funcionamiento CDMA | 11 |
| 2.4.1 Código WALSH..... | 12 |
| 2.5 Proceso de generación de la señal CDMA a transmitir: | 13 |
| 2.6 Estudio de la banda 450 MHz en zonas rurales..... | 14 |
| 2.6.1 Uso de CDMA 450..... | 14 |
| 2.6.2 Descripción | 15 |
| 2.6.3 Ventajas de CDMA 450 | 16 |
| 2.6.4 Desventajas de CDMA 450..... | 19 |

CAPÍTULO 3 20

| | | |
|-----|--|----|
| 3. | PLAN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES | 20 |
| 3.1 | Regulación de la banda 450 MHz en el Ecuador | 20 |
| 3.2 | Estado de la Tecnología CDMA en el Ecuador | 21 |
| 3.3 | Número de Radio Bases CDMA 450 de la CNT por Provincias | 22 |
| 3.4 | Interconexión con la Corporación Nacional de Telecomunicaciones..... | 23 |
| 3.5 | Equipamiento para CDMA 450..... | 25 |
| 3.6 | Seguridad de Red para CDMA 450 | 26 |

CAPÍTULO 4 28

| | | |
|-------|--|----|
| 4. | DISEÑO Y SIMULACIÓN DE RED CDMA 450 PARA LA PARROQUIA SALATÍ | 28 |
| 4.1 | Antecedentes de la parroquia Salatí | 28 |
| 4.2 | Especificación Geográfica de la zona a intervenir | 29 |
| 4.3 | Requerimiento de diseño de la BTS..... | 32 |
| 4.4 | Estudio de la demanda..... | 32 |
| 4.4.1 | Cálculo de muestra y sus resultados..... | 32 |
| 4.4.2 | Demanda Futura | 38 |
| 4.5 | Diseño de la red CDMA 450 | 38 |
| 4.6 | Selección del sitio donde se instalará la BTS..... | 39 |
| 4.7 | Localización de la red de transporte - puerta de enlace a la red CNT. | 41 |
| 4.8 | Interconexión con la red CNT..... | 41 |
| 4.9 | Cálculo del tráfico..... | 46 |
| 4.10 | Equipos Huawei que se implementaran en la red..... | 48 |
| 4.11 | Características de la Torre..... | 51 |
| 4.12 | Sistema de Energía..... | 52 |
| 4.13 | Cálculo de las pérdidas en la red de transporte del sistema CDMA 450 | 53 |
| 4.14 | Cálculo de las pérdidas en la red de acceso del sistema CDMA 450 | 54 |

CAPÍTULO 5 81

5. ANÁLISIS ECONÓMICOS EN LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED CDMA 450
81

| | |
|---|----|
| 5.1 Costo de Equipos | 81 |
| 5.2 Costo de interconexión..... | 82 |
| 5.3 Costo de Operación y Mantenimiento..... | 83 |
| 5.4 Costo de servicios en la parroquia Salatí | 85 |
| 5.5 Análisis del VAN y TIR..... | 88 |
| ANEXOS..... | 95 |

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Generalidades

Hablar del sistema a frecuencia de 450MHz es más efectivo ya que tiene una gran eficiencia espectral y una alta velocidad en la transmisión de datos, a parte su tamaño de celda es mayor que la de los sistemas que operan frecuencias más altas como Wimax (2500MHz) o GSM (900MHz).

En proyectos anteriores se describe un análisis en el desarrollo de la población, tener un concepto general de la misma nos permitirá poder implementar el sistema que le brindara servicios implementando el sistema CDMA 2000 1X EV-DO ya que este brinda mejor servicio voz y datos.

Para realizar el diseño con el sistema CDMA se usa una radio base cercana a la población, teniendo en cuenta la geografía desde esta hasta el pueblo donde realizará el diseño. En el caso que exista algún obstáculo como problemas de vista o coberturas, se utilizarán lo que se denomina repetidores para dar la cobertura necesaria con servicios voz y datos. Ver Figura 1.1

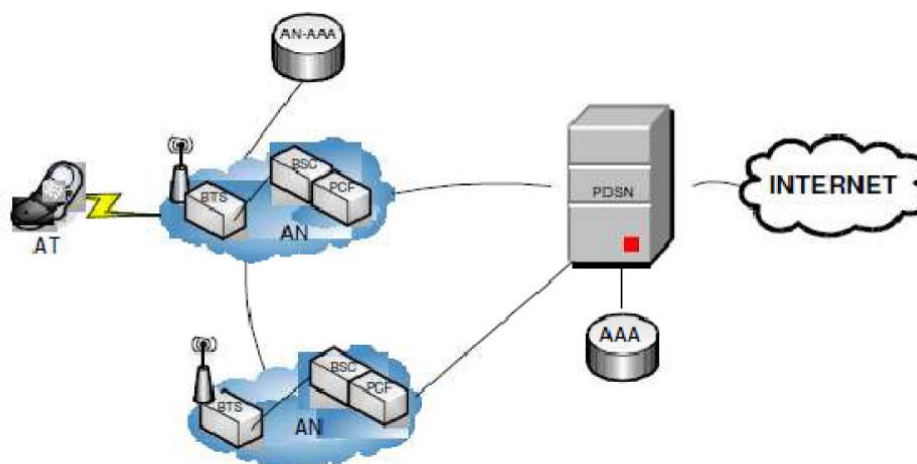


Figura 1.1 Arquitectura de una red CDMA [1]

En una red CDMA necesitaremos un terminal de acceso el cual está diseñado para uso de datos, una red de acceso (AN) la cual será responsable de la interfaz por aire la cual está compuesta por un controlador de estación base (BSC) y un control de paquetes (PCF) y una red de paquete de datos, la cual está compuesta por un nodo de servicios de datos de paquetes (PDSN) y un servidor AAA. [1]

Saber las especificaciones de una radio base (BTS) nos permitirá poder realizar los cálculos respectivos para dar cobertura a toda la parroquia SALATI, como son: radio-propagación, pérdidas, tráfico esperado y el enlace entre la BST y la MSC. [2]

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Diseñar una red inalámbrica para la provisión de servicios de voz y datos utilizando tecnología CDMA 450 para la parroquia Salati, perteneciente a la Provincia de El Oro.

1.2.2 Objetivos Específicos

Analizar la tecnología CDMA en la banda de los 450 MHz, su aplicación, ventajas y servicios que ofrece en los sistemas de comunicaciones para zonas rurales.

Estudiar las regulaciones legales en el Ecuador para el uso de la tecnología CDMA en la banda de 450 MHz para brindar servicios de comunicaciones rurales, y su estado de regulación a nivel de América Latina.

Analizar la problemática de acceso a los sistemas de telecomunicaciones en la parroquia SALATI, considerando sus características socio-económicas y ubicación geográfica.

Diseñar una red de acceso inalámbrico que satisfaga los parámetros de calidad de señal, área de cobertura, tráfico de red y que permita la implementación futura de nuevos servicios de comunicaciones, para reducir la brecha digital entre los entornos urbanos y rurales.

1.3 Descripción del Proyecto

Se realizará una comparativa entre la tecnología CDMA en la banda de los 450 MHz y otras tecnologías de comunicaciones que operan en diferentes frecuencias, con respecto a los requerimientos de la población y la capacidad de cobertura por celda, para así justificar la implementación de nuestra propuesta de diseño de red en la zona de estudio.

También se presentará un estudio de los servicios y ventajas que ofrece CDMA, y se analizarán los métodos de despliegue de redes inalámbricas CDMA 450 en zonas rurales y los equipos necesarios (Antenas, torres, equipos móviles, etc.).

Para no incurrir en violaciones legales se procederá a analizar de manera minuciosa las regulaciones nacionales brindadas por el ARCOTEL y el Plan Nacional de frecuencias con respecto al uso del espectro electromagnético en la banda de los 450MHz. Se consultaran las regulaciones internacionales de la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) y el despliegue mundial de las redes CDMA 450 para brindar servicios de telecomunicaciones a zonas rurales. Ver Figura 1.2



Figura 1.2 Cobertura de Red Alrededor del Mundo [1] [3] [7]

El operador que brindará el servicio a la red que se va a diseñar es CNT E.P. debido a que es el único operador nacional que utiliza tecnología CDMA.

La situación actual de la parroquia con respecto al acceso de servicios de Telecomunicaciones y las características socio-económicas de su población será evaluada utilizando información provista por el INEC y el PLAN DE DESARROLLO ESTRATEGICO PARROQUIAL DE SALATI 2010-2025, adicionalmente se usarán datos de la ARCOTEL y capturas satelitales de Google Earth para determinar las condiciones geográficas de los alrededores de Salati y así poder determinar la ubicación y el número de BTS que se necesiten para completar el diseño de la red. Ver Figura 1.3

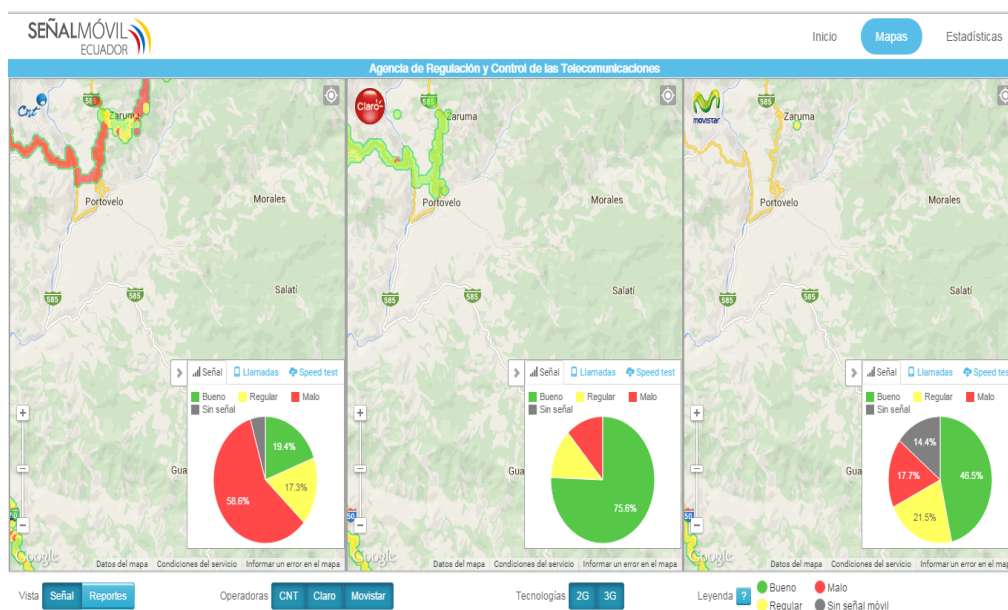


Figura 1.3 Cobertura de la Señal móvil alrededor de Salati

Fuente: <http://smovilecuador.supertel.gob.ec/SenalMovilEcuadorWeb/mapas.html>

Situación geográfica de Salati (Altitud: 1500 m.s.n.m, Extensión: 157.41 Km²).

Ver Figura 1.4 y Figura 1.5

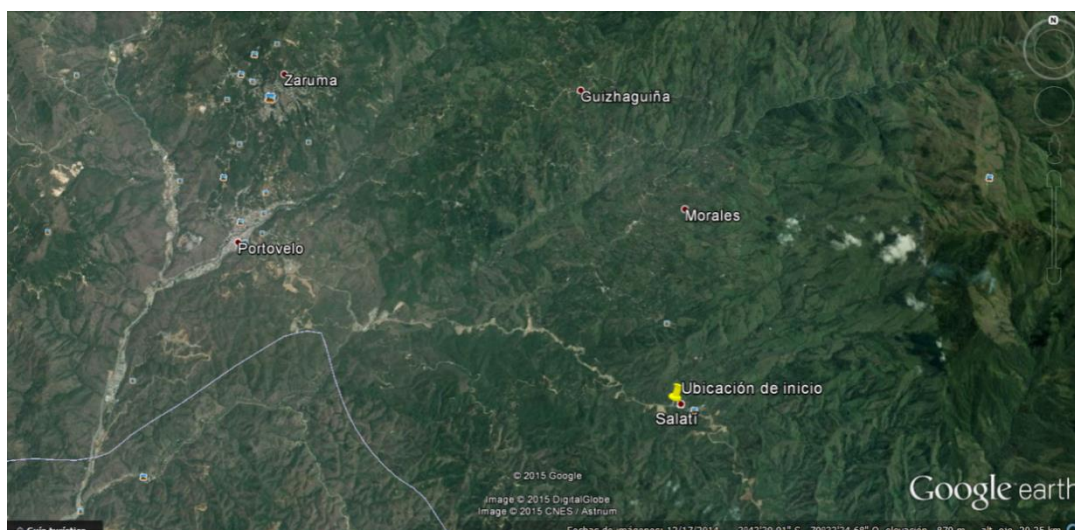


Figura 1.4 Situación Geográfica (Vista Superior)

Fuente: Google Earth

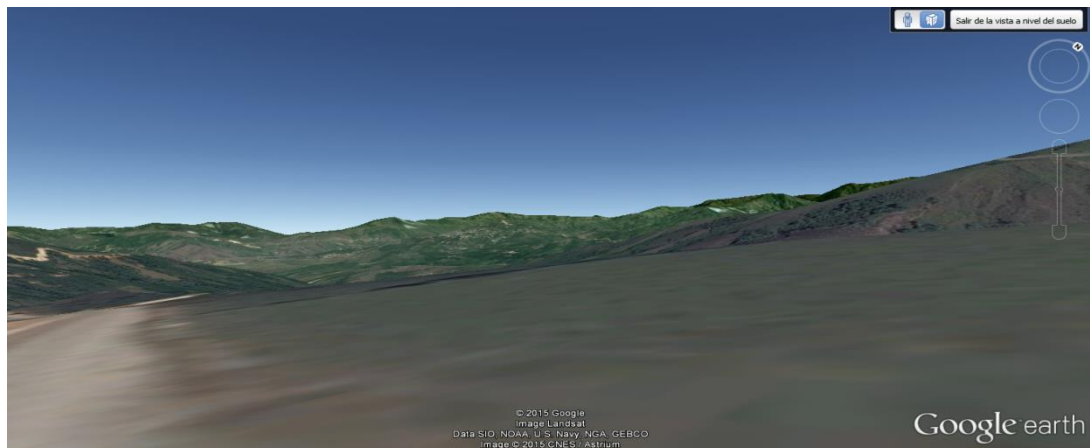


Figura 1.5 Situación Geográfica (Vista Lateral)

Fuente: Google Earth



Figura 1.6 Situación Geográfica (Vista Lateral)

Fuente: Google Earth

Para realizar los cálculos de los radio enlaces necesarios para el diseño de la red CDMA se crearan simulaciones por medio del software RADIO MOBILE y para el cálculo de las perdidas y potencias de transmisión necesarias se usara el modelo de propagación de OKAMURA-HATA para zonas rurales, con el fin de satisfacer el tráfico de red y la calidad de servicio de la zona de cobertura.

El diseño de los correspondientes radio enlaces se logrará determinando la posición de las radio bases CDMA más cercanas a la parroquia Salati. Ver Figura 1.7

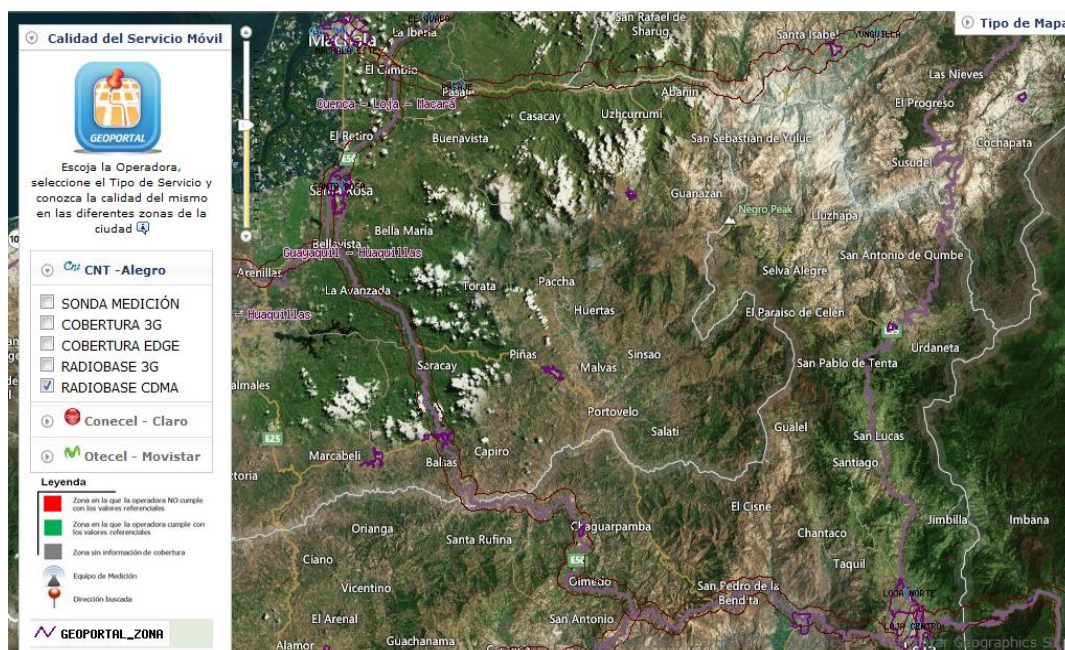


Figura 1.7 Ubicación de las radio bases CDMA más cercanas a Salati

Fuente: <http://geoportal.supertel.gob.ec:7012/Geoportal/Visor.html>

CAPÍTULO 2

2. ESTUDIO DE LA TECNOLOGÍA CDMA 450 MHz

2.1 Introducción a las Telecomunicaciones

Actualmente una de las principales necesidades del hombre es la de comunicarse en todo momento con sus semejantes, de ahí nace la necesidad de utilizar los sistemas de comunicación que son el alma de las telecomunicaciones.

La Unión Nacional de Telecomunicaciones (UIT) las define como «toda emisión, transmisión y recepción de señales, escritos, imágenes, sonidos o informaciones de cualquier naturaleza por hilo, radioelectricidad, medios ópticos u otros sistemas electromagnéticos». [4]

Los 3 elementos principales de un sistema de telecomunicaciones son:

Transmisor: Es el que genera la información.

Medio de transmisión: Es por donde viaja la información transmitida.

Receptor: Es el que finalmente recibe la información.

La información transmitida está asociada a protocolos estandarizados a nivel mundial para que el receptor la pueda descifrar, debido a que dos o más terminales de comunicación deben usar el mismo tipo de códigos para compartir información de control que asegure el envío, recepción e integridad del mensaje deseado, lo que garantiza la fidelidad comunicación incluso si los terminales se encuentran separados una gran distancia el uno del otro. Ver Figura 2.1 [4]

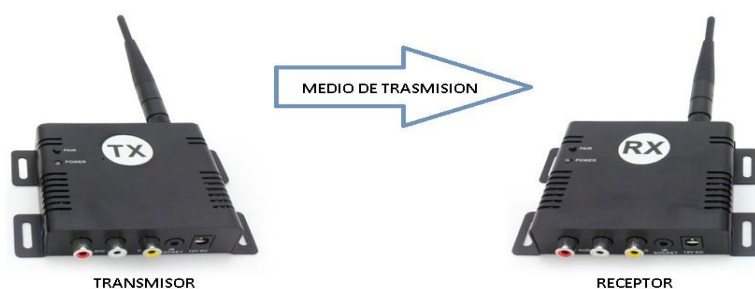


Figura 2.1 Esquema básico de un sistema de comunicación. [4]

2.2 Tecnologías inalámbricas

Los sistemas de comunicación que utilizan tecnologías inalámbricas son capaces de transmitir información aunque no estén físicamente conectados el transmisor y el receptor, debido a que modulan las ondas electromagnéticas que son capaces de propagarse por el espacio y facilitan la conexión de dispositivos remotos. [11]

2.3 Técnicas de acceso múltiple

Las técnicas de acceso múltiple nacen de la necesidad de realizar varias comunicaciones simultáneas a través de un mismo medio de transmisión sin que estas interfieran entre sí, lo que permite que varios usuarios empleen un único recurso de transmisión. [6] Las principales técnicas de acceso múltiple son mostradas en la Figura 2. 2

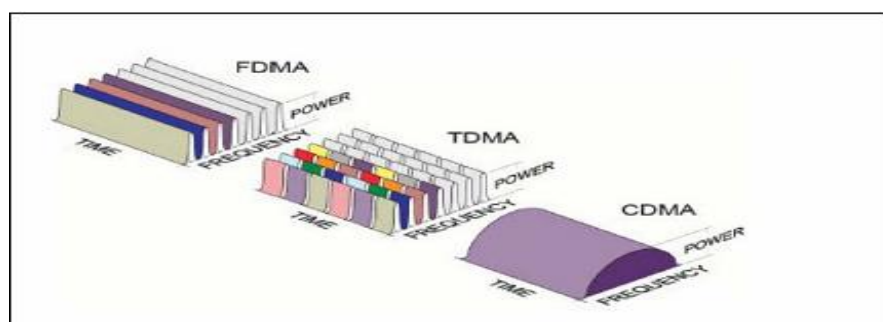


Figura 2.2 Principales técnicas de acceso múltiple. [6]

2.3.1 Acceso Múltiple por División de Frecuencia (FDMA)

En FDMA a cada usuario se le asigna un rango de frecuencia o ancho de banda el cual usará durante todo el proceso de comunicación, mientras se mantienen rangos de frecuencia sin asignación que sirven de guarda para que no existan interferencias.

2.3.2 Acceso Múltiple por División de Tiempo (TDMA)

En TDMA a cada usuario se le asigna el ancho de banda de un canal durante intervalos de tiempo mientras dure su comunicación que se denominan ventanas, también se asignan intervalos sin asignación para que sirvan de guarda y eviten interferencias.

2.3.3 Acceso Múltiple por División de Código (CDMA)

En CDMA o comunicación de espectro ensanchado cada usuario comparte el total del ancho de banda con los demás usuarios, pero cada uno usa un único código expandido lo que hace que perciba a los demás como ruido y mejora notablemente el uso del espectro con respecto a otras tecnologías de acceso múltiple ya que no desperdicia ancho de banda para ser usado como guarda. [4]

2.4 Funcionamiento CDMA

CDMA usa códigos ortogonales para distinguir entre distintas transmisiones que se realizan durante un mismo rango de frecuencia, donde cada código es único para los usuarios, lo que permite que el receptor pueda identificar la señal adecuada que envía el transmisor.

En este sistema todos los usuarios usan una porción de espectro al mismo tiempo, por lo que se debe emplear un control de proximidad entre el receptor y el transmisor para entablar comunicación solo con la potencia necesaria. Gracias a esto se prolonga la duración de la batería de los terminales y optimiza la capacidad del sistema permitiendo el ingreso de un mayor número de usuarios.

Este método de acceso múltiple utiliza al máximo la banda de frecuencia asignada para la transmisión ya que no existirá interferencia en el canal, debido a que los códigos no son repetidos. [7]

Los tipos de códigos usados en CDMA pueden ser OVFS y WALSH, ya que este trabajo se centrará en CDMA 450 y este usa WALSH, se estudiará a fondo este tipo de código ortogonal.

2.4.1 Código WALSH

Es una secuencia pseudo-aleatoria de ruido (PN) cuyas correlaciones cruzadas son pequeñas ya que es ortogonal, por lo que no se producen interferencias entre los usuarios que están dentro de una misma celda.

Es representado como una matriz de longitud $n \times n$ en la que cada fila o columna es un código WALSH. En la Figura 2.3 se presentan ejemplos de matrices generadas a partir de este tipo de códigos.

$$W_1 = (0) \quad W_{2n} = \begin{Bmatrix} W_n & W_n \\ W_n & W_n' \end{Bmatrix} \quad W_2 = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \quad W_4 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

Figura 2.3 Matrices de código WALSH. [2]

El uso de esta tecnología de codificación hace casi imposible que algún agente externo pueda extraer información de las llamadas que se generan, ya que la transmisión entre la estación base y el equipo móvil solo puede decodificarse si se tiene un código único. Al igual en la comunicación entre el equipo móvil y la estación base, solo es posible extraer información con el demodulador de la estación base, el mismo que no es accesible al público. [2]

2.5 Proceso de generación de la señal CDMA a transmitir:

Conversión analógica-digital: Se realiza por medio de modulación por código de pulsos o PCM.

Compresión de voz: se utiliza un dispositivo presente en los controladores de estaciones base (BSC) y en los teléfonos, llamado vocoder.

Codificación e interpolación: Los dispositivos codificadores e interpoladores se ubican en el interior de los teléfonos y estaciones base (BSC) para poder recuperar la información perdida en la transmisión mediante la introducción de redundancia.

Canalización: Los datos de voz codificados son separados y posteriormente los símbolos codificados se distribuyen en la totalidad del ancho de banda del canal CDMA. Para recuperar la señal de voz el receptor utiliza el código que conoce.

Conversión digital a radiofrecuencia: Los datos de canalización de todas las llamadas son combinados dentro de una única señal que es convertida a señal RF por las estaciones base para su transmisión. En la Figura 2.4 se aprecia el diagrama de bloques de la señal CDMA.

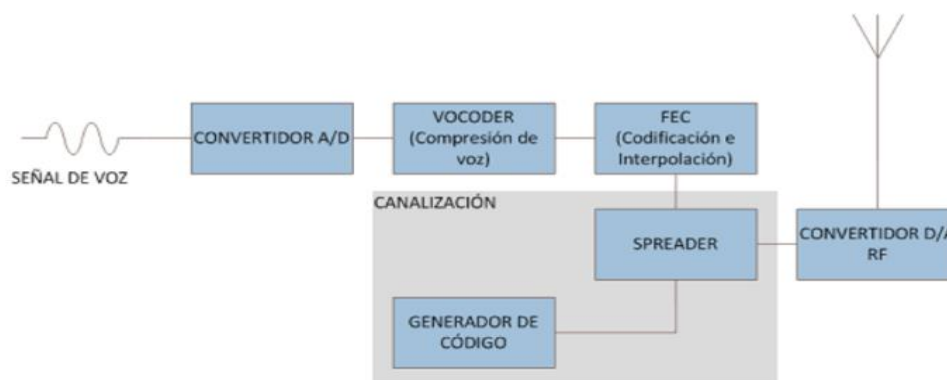


Figura 2.4 Proceso de generación de la señal CDMA. [8]

Para recibir la información transmitida se usa el proceso inverso:

- Conversión de la señal de radiofrecuencia a digital.
- Des-canalización.
- Des-interpolación y decodificación.
- Descompresión de voz.
- Conversión digital-analógica

2.6 Estudio de la banda 450 MHz en zonas rurales

2.6.1 Uso de CDMA 450

Cabe destacar que el uso de bandas a baja frecuencia permite alcanzar mayores áreas de cobertura usando menos estaciones base (BTS), además de tener mayor penetración en los edificios. Estas características de uso de la frecuencia 450 MHz junto con las de CDMA (Privacidad, Atenuación del Canal, Flexibilidad) hacen que sea una excelente solución para el desarrollo de telecomunicaciones en áreas rurales. [5]

Esto, posibilita una gran variedad de servicios, tales como:

- Telefonía
- VoIP
- Televisión
- Seguridad Publica
- Acceso a Internet Banda Ancha
- PTT(push-to-talk)
- Localización
- MMS

2.6.2 Descripción

CDMA 450 es un sistema EIA7TIA71S CDMA2000 (CDMA-MC) que incluye una familia de estándares desarrollados por 3GPP2, publicado por TIA y aprobado por ITU para IMT-2000. Actualmente los sistemas CDMA que están comercialmente disponible para la banda 450 MHz son: CDMA2000 1X y CDMA2000 1xEV-DO, y esta última está en constante desarrollo, por lo que se presentan actualizaciones. Las tecnologías mencionadas son capaces de brindar voz, acceso a Internet y servicios de datos de banda ancha, tanto en ubicaciones rurales y urbanas que utilizan, movilidad limitada fija y redes de movilidad compleja. [1]

La UIT asignó a la tecnología CDMA 450 la banda de 450 – 470 MHz para IMT (International Mobile Telecommunications) en la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones 2007. En la Figura 2.5 se puede tener una idea acerca de la evolución que ha tenido la tecnología CDMA. [11]

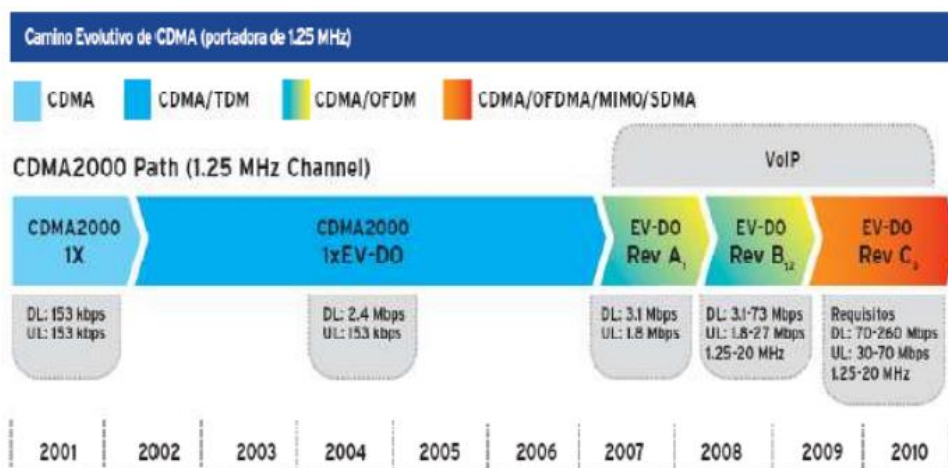


Figura 2.5 Evolución CDMA. [1]

Lo significativo de CDMA 450 es los servicios avanzados que proporciona sobre amplias áreas por las características de propagación mejorada a su baja frecuencia. La combinación de la gama de la banda 450 MHz junto con los beneficios de CDMA tenemos una calidad de voz superior, velocidad de datos y una buena calidad de servicios (QoS). Esta tecnología puede configurarse para datos y/o voz, así como para servicios fijos o portátiles. En la Tabla 1 se muestra algunas características relevantes de CDMA 450 MHz.

| CARACTERISTICAS DE CDMA 450 | |
|---|-------------------|
| Parámetros | CDMA 450 MHz |
| Reuso de Frecuencia | 1 |
| Ancho de banda portadora | 1.25 MHz |
| Espectro requerido (para 3 portadoras) | 4.5 MHz |
| Número efectivo de portadoras por sector | 3 |
| Número de Canales de voz por sector | 84 (28 x 3) |
| Erlang por Sector (Grado de Servicio de 2%) | 60,45 (20,15 x 3) |
| Erlang por Sector/MHz | 13,4 |

Tabla 1: Características de CDMA 450 MHz [1]

2.6.3 Ventajas de CDMA 450

Cobertura: CDMA 450 proporciona la mayor cobertura de la industria inalámbrica debido a que trabaja en frecuencias menores que el resto de las tecnologías de su tipo. En la Tabla 2 se muestra una comparación del radio de cobertura teórico de las distintas bandas de frecuencia en que operan las tecnologías inalámbricas de comunicación.

| Frecuencia (MHz) | Radio de la celda (Km) | Área de la celda (Km ²) | Número de celdas relativas |
|------------------|------------------------|-------------------------------------|----------------------------|
| 450 | 48.9 | 7521 | 1 |
| 850 | 29.4 | 2712 | 2.8 |
| 950 | 26.9 | 2269 | 3.3 |
| 1800 | 14.0 | 618 | 12.2 |
| 1900 | 13.3 | 553 | 13.6 |
| 2500 | 10.0 | 312 | 24.1 |

Tabla 2: Radios de cobertura teórica según frecuencia. [4]

Capacidad: Supera cuatro veces la capacidad de sistemas TDMA y es de 10 a 20 veces superior que los sistemas analógicos, debido al control de potencia y la reutilización de frecuencias que optimizan el uso del espectro como se aprecia en la Tabla 3.

| Parámetros | CDMA 450 |
|--|----------|
| Erlangs por sector por portadora | 26.4 |
| Total de Erlangs por sector (2 portadoras) | 52.8 |
| Total de Erlangs por sitio (3 sectores) | 158.4 |
| Tráfico por abonado | 40 mE |
| Abonados por radio base | 3960 |

Tabla 3: Capacidad de una red CDMA 450Mhz. [6]

Claridad: Gracias a su sistema de procesamiento digital puede igualar la claridad de sistemas que usan líneas cableadas.

Costo: Es inferior al de otros sistemas ya que posee mayor capacidad y cobertura, lo que permite implementar redes con una menor cantidad instalaciones base en comparación con otras tecnologías que operan a frecuencias mayores. En la Tabla 4 se muestra el número de celdas necesarias para cubrir un área de 1000km con distintas tecnologías.

| TECNOLOGÍA | FRECUENCIA | NÚMERO DE CELDAS |
|--------------|------------|------------------|
| WiMax | 2500 MHz | 133 |
| GSM/EDGE | 900 MHz | 75 |
| WCDMA/HSPDA | 2100 MHz | 66 |
| CDMA 1X | 1900 MHz | 41 |
| CDMA 1X | 800 MHz | 27 |
| EVDO Rev A/B | 800 MHz | 22 |
| EVDO Rev A/B | 450 MHz | 15 |

Tabla 4: Comparación de cobertura CDMA 450MHz con otras tecnologías. [7]

Compatibilidad: Es capaz de funcionar con 2 o más bandas y es compatible tanto con sistemas digitales como analógicos ya que posee modo dual.

Satisfacción al cliente: Es superior que en otros sistemas debido a que ofrece mayor privacidad, prolonga la autonomía de la batería de los terminales, y proporciona una calidad de voz superior. [8]

2.6.4 Desventajas de CDMA 450

Capacidad ante ruido: La capacidad de un canal CDMA sometido a ruido y estaciones descoordinadas se reduce considerablemente con respecto a la que se obtiene usando TDMA. [2]

Complejidad: Receptores complejos a comparación de las diversas tecnologías que existen, por la codificación que se presenta, tasa de chip alta, como también el traspaso de bandas de frecuencias.

Alcance: Para poder tener el máximo alcance de celda, debemos tener en cuenta que es una función del tráfico (cell breathing). En cuanto a la (QoS), esta disminuye si se eleva demasiado el tráfico ya que esta tecnología está diseñada para áreas grandes con baja densidad poblacional, por lo que es ampliamente usada para dar cobertura a zonas rurales. [8]

CAPÍTULO 3

3. PLAN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

3.1 Regulación de la banda 450 MHz en el Ecuador

La Secretaria Nacional de Telecomunicaciones fue la encargada de elaborar las bandas de frecuencia en el Ecuador, este emite un documento denominado Plan Nacional de Frecuencias emitidas por el CONATEL. Este desarrollaba las normas para la atribución de bandas, sub – bandas y canales radioeléctricos para los diferentes servicios de radiocomunicaciones. Actualmente ese trabajo lo hace la ARCOTEL. [1] [11]

El propósito del Plan Nacional de Frecuencia es dar las bases para un proceso eficaz de gestión de espectro radioeléctrico y así cubrir las demandas que las telefonías fijas e inalámbricas presentan, como también la prevención de interferencia entre los distintos servicios. En la Tabla 5 se detallan las atribuciones que tiene la banda 450 MHz. [11]

| REGIÓN 2 | ECUADOR | |
|---|---|-----------------------------|
| Banda MHZ | Banda MHZ | NOTAS EN EL ECUADOR |
| 450-455 FIJO MOVIL ADD 5.XXX 5.209 5.286 5.286A 5.286B 5.286C 5.286D | 450 – 455 FIJO MOVIL ADD 5.XXX 5.286B 5.286C | EQA.55 EQA.60 |
| 455-456 FIJO MOVIL ADD5XXX MOVIL POR SATELITE (tierra-espacio) 5.286A 5.286B 5.286C | 455 – 456 FIJO MOVIL ADD 5.XXX 5.286B 5.286C | EQA.55 EQA.60 |
| 456-459 FIJO MOVIL ADD 5.XXX 5.2867 5.288 | 456 – 459 FIJO MOVIL ADD 5.XXX | EQA.55 EQA.60 |
| 459-460 FIJO MOVIL ADD 5.XXX MOVIL POR SATELITE (tierra-espacio) 5.286A 5.286B 5.286C 5.209 | 459-460 FIJO MOVIL ADD 5.XXX 5.286B 5.286C | EQA.55 |
| 460-470 FIJO MOVIL ADD 5 XXX Meteorología por satélite (espacio-Tierra)MOD 5.286 5.288 5.289 | 460-470 FIJO MÓVIL ADD5.XXX 5.289 | EQA.55 EQA.60 EQA.140 |
| 470-512 RADIODIFUSION Fijo Móvil 5.292 Mod 5.293 | 470 – 512 FIJO MOVIL MOD 5.293 | EQA.55 EQA.60 EQA.140 |

Tabla 5: Atribuciones de la banda 450 MHz [11]

3.2 Estado de la Tecnología CDMA en el Ecuador

La operadora que cuenta con Tecnología CDMA es la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT). Como se observa en la Tabla 6 las operadoras que existen actualmente junto con las tecnologías que trabajan y su fecha de caducidad.

| OPERADORA |   |   |   |
|--------------------------|---|--|---|
| Autorización | 26 de agosto del 2008 | 30 de noviembre del 2008 | 3 de abril del 2003 |
| Duración de la concesión | 15 años | 15 años | 15 años |
| Fecha de caducidad | 26 de agosto de 2023 | 30 de noviembre del 2023 | 3 de abril del 2018 |
| Tecnologías que utiliza | 2G GSM 3G WCDMA 3G HSDPA 3SG HSPA PLUS | 2G GSM 2G CDMA 3G WCDMA 3G HSPA 3G HSPA PLUS | 2G CDMA 1XRTT 3G CDMA EVDO 3G HSPA PLUS |

Tabla 6: Contrato de Concesión en el Ecuador [11]

3.3 Número de Radio Bases CDMA 450 de la CNT por Provincias

Con el pasar de los años CNT ha incrementado la cantidad de BTS, utilizando la tecnología CDMA 450 para llegar a zonas rurales que no disponen de servicios de telefonía inalámbrica o internet.

En la Figura 3.1 se observa en número de Radio Bases disponible en las provincias del Ecuador. Para nuestro Trabajo de Materia Integradora, usaremos las BTS existentes en la provincia del Oro (6 Radio Bases), ya que la parroquia SALATI se encuentra en ese lugar.

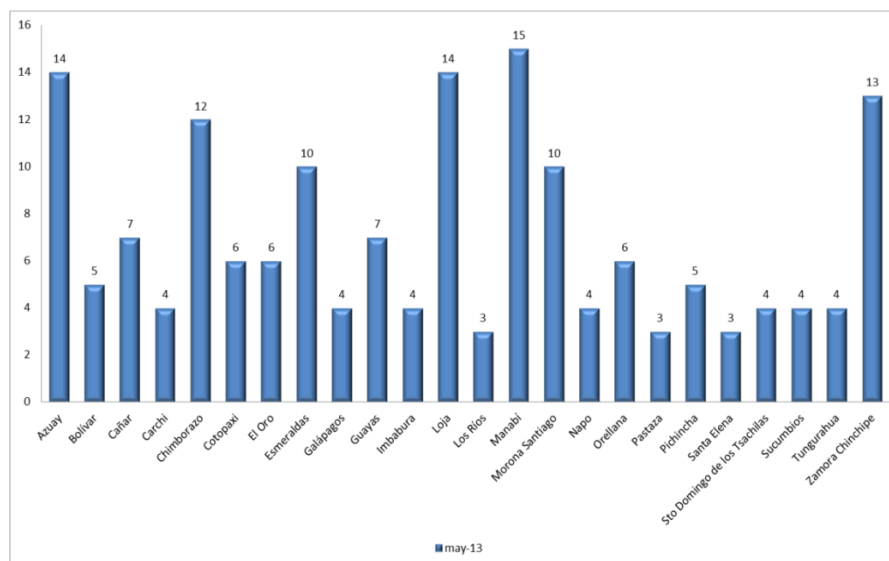


Figura 3.1 Número de Radio Bases disponibles por CNT [11]

3.4 Interconexión con la Corporación Nacional de Telecomunicaciones

En los servicios de Telefonía fija e Internet, CDMA 450 tiene una gran aceptación. La estructura de una red WLL CDMA 450 se la puede visualizar en la Figura 3.2 en donde se identifica que la interfaz de conexión con la central de conmutación local y la red de acceso [4]

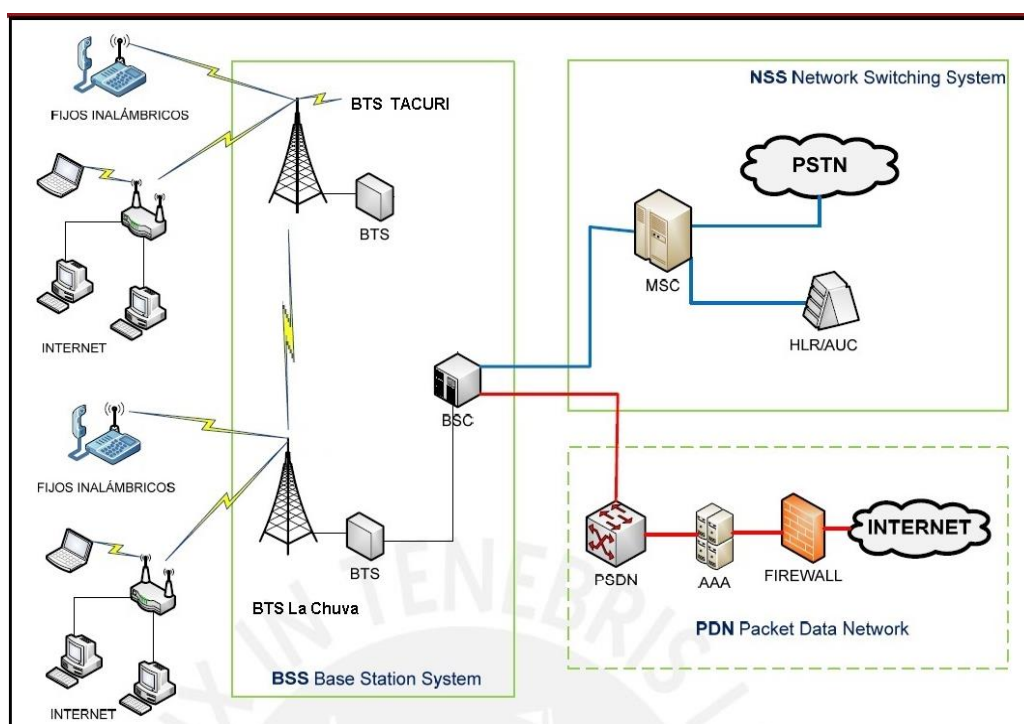


Figura 3.2 Estructura de una red WLL CDMA 450 [10]

Para poder lograr la conexión con la red CNT tendremos que configurar la BSC que se encuentra instalada en el "Cuarto de Conmutación y Transmisión" de la Central en el Centro de Guayaquil, añadiéndole una tarjeta EVDO para poder expandir su capacidad y de esta forma pueda reconocer la nueva red de acceso que se está diseñando. Ver Figura 3.3



MICROWAVE AND BTS DISTRIBUTION CNT CDMA 450 PROJECT PO2

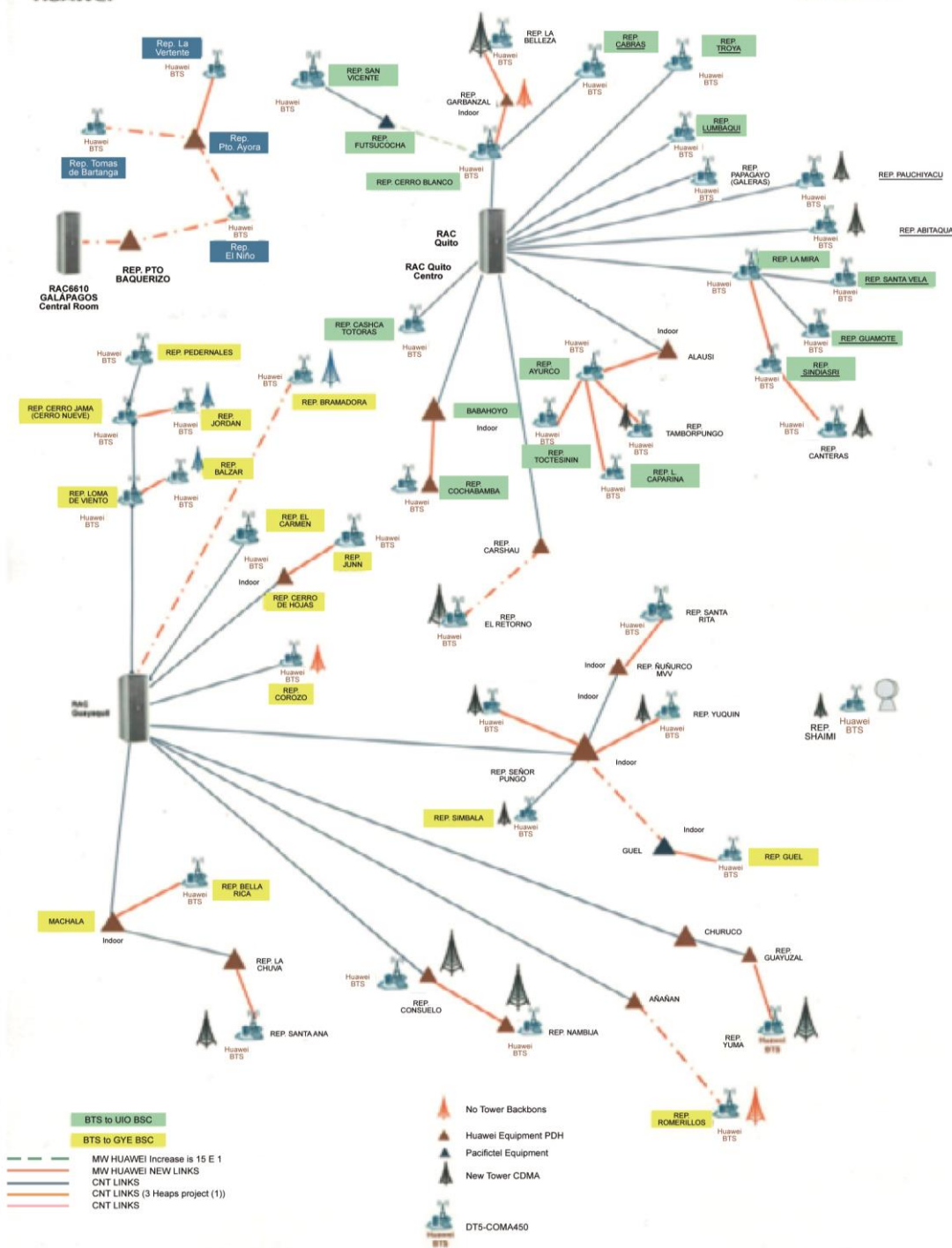


Figura 3.3 Distribución de Red CNT CDMA 450 [1]

3.5 Equipamiento para CDMA 450

Actualmente existen muchos proveedores que fabrican la infraestructura de CDMA 450, lo que permite que la implementación de este sistema sea veloz. Huawei ha suministrado infraestructura CDMA 450 que soporta CDMA2000 1xEv - DO y actualmente está liderando las pruebas en Rusia y China. Ericsson anunció en Febrero de 2004 soluciones CDMA 450 que dan soporte a CDMA2000 1xEv y CDMA2000 1xEv – DO. [4]

Infraestructura

- Ericsson
- Huawei
- Hyundai Syscomm
- ZTE
- Nortel Networks

Terminales

Existen 11 proveedores de micro teléfonos de CDMA 450. Entre ellos están:

- Compal
- Huawei
- Hyundai Syscomm
- ZTE
- R – Way
- Flextronics
- AnyDATA

3.6 Seguridad de Red para CDMA 450

En una red de Telecomunicaciones la seguridad es vital e indispensable, por ello se recomienda seguir unas reglas para tener una comunicación segura de voz y datos tanto en la transmisión como en la recepción. [11]

- Impedir que la información que se transmite sea interceptada por una tercera persona.
- Que la información de datos no tenga alteraciones tanto en la transmisión como la recepción.
- Seguir ciertos protocolos de seguridad en redes inalámbricas

Dos protocolos de seguridad que usan las redes inalámbricas CDMA 450 son IPSec y SSL.

Protocolo de Seguridad IP (IPSec)

Aplicable para la conexión remota por interfaces, provee encriptación y autenticación, lo cual protege el tráfico de aplicaciones capa IP.

Protocolo SSL (Secure Socket Layer)

La seguridad la da en la capa TCP/IP que es la de transporte, esta asegura la compatibilidad con el servicio de traducción de direcciones de red NAT, mediante configuración del firewall y la ubicación del proxy. Este conjunto de protocolos de seguridad, nos brindan autenticación y privacidad de la información en extremos de la Internet.

Este protocolo tiene varias funciones, entre ellas están:

- Negociar entre las partes el algoritmo que se aplicará y se utilizará en la comunicación.
- Realizar un intercambio de claves públicas y una autenticación basada en certificados digitales.
- Cifrado del tráfico, basado en cifrado simétrico (donde se utiliza la misma la misma clave para cifrar y descifrar mensajes).

Protocolo de Seguridad WTLS

Posee las mismas funciones del protocolo SSL pero en el ámbito inalámbrico ya que trabaja en la capa de transporte en comunicaciones inalámbricas.

CAPÍTULO 4

4. DISEÑO Y SIMULACIÓN DE RED CDMA 450 PARA LA PARROQUIA SALATÍ

4.1 Antecedentes de la parroquia Salatí

Para brindar servicios universales en la parroquia SALATI, se realizará un estudio de su cantón PORTOVELO y describir brevemente algunos aspectos demográficos.

El cantón PORTOVELO rica región minera, se encuentra entre las estribaciones de la Cordillera Occidental de los Andes y el Río Amarillo. Está situada al sur-este de la Provincia de El Oro, abarcando un área de 35 Km.

Datos demográficos

Población total: 13.284

Población rural: 4.558

Población indígena (%): 34

Datos Generales de la parroquia SALATI: Cuenta con una superficie que asciende a 157,41 Km², la cual representa un 55% del territorio cantonal de Portovelo. Lo que lo caracteriza es su producción agrícola como la producción ganadera. Limitada al Norte por la cabecera cantonal de Portovelo, al sur con el cantón Catamayo y al este el Cantón Loja. En la Figura 4.1 se muestra la parroquia SALATI y sus alrededores.

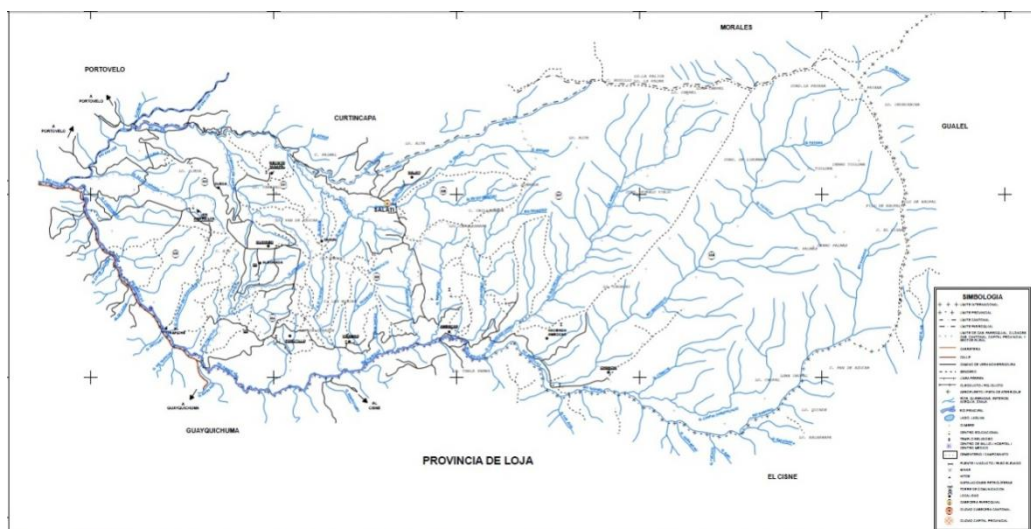


Figura 4.1 Topografía de la parroquia SALATI

Comunidades:

- Barrio Ojeda
- Barrio Viñamao
- Barrio Ambocas
- Barrio Tarapal
- Barrio Porotillo
- Barrio Los amarillos
- Barrio Tacuri
- Barrio Guayabo
- Barrio Chunchi
- Sitio los linderos

4.2 Especificación Geográfica de la zona a intervenir

La zona geográfica a intervenir es la parroquia SALATI, donde al realizar un estudio técnico y geográfico, se determinó que es viable colocar una BTS en la Loma Tacuri, se elige este lugar porque es la parte central de la parroquia

y la elevación de su geografía facilita la conexión con otras repetidoras y así poder dar cobertura a los barrios vecinos. Además tendría línea de vista con La Chuva que está conectada a la central que se encuentra en Guayaquil. (Ver Figura 4.2)

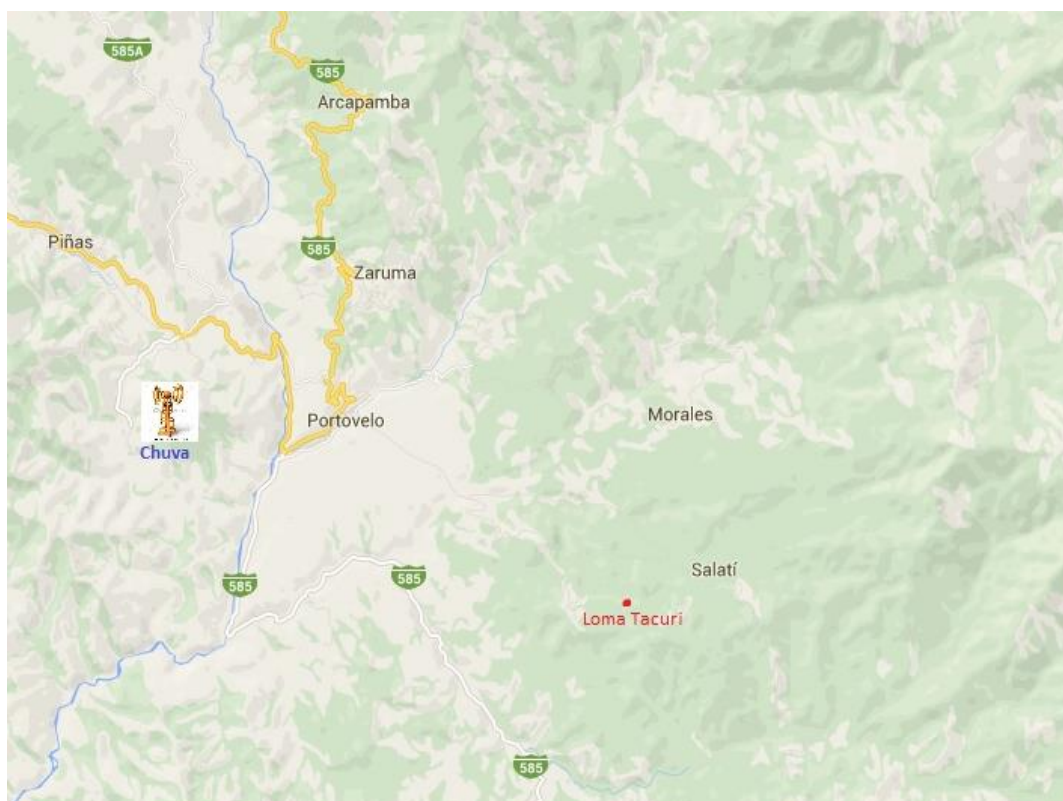


Figura 4.2 Plano de Salati y BTS La Chuva

Fuente: Google Maps

En las Figuras 4.3 y Figura 4.4 se muestra imágenes tomadas del sector a cubrir. Notamos que las comunidades a intervenir están un poco alejadas, es por eso que necesitamos colocar la BTS en la parte más factible para poder dar cobertura a todo el lugar. Y luego de un estudio, la Loma Tacuri es el más indicado ya que tiene línea de vista directa con una estación base de CNT, que se encuentra en Guayaquil.



Figura 4.3 Comunidades aledañas a la zona a intervenir



Figura 4.4 Sector Salatí de Portovelo

4.3 Requerimiento de diseño de la BTS

Esta planificación forma parte de las soluciones y servicios globales de la red de radio para soportar a la CNT a desplegar y proveer servicios CDMA. [1]

4.4 Estudio de la demanda

El estudio de la demanda nos permitirá dimensionar de manera eficaz el proyecto, cubriendo el servicio telefónico a los abonados previstos.

Luego de un análisis acerca del crecimiento en la parroquia Salatí en base a los censos realizados por el INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos), se obtuvo que la tasa de crecimiento es del 1.06% de la población. Con estos datos se puede realizar una proyección poblacional a los años posteriores. (Ver Anexo A1)

4.4.1 Cálculo de muestra y sus resultados

Para determinar el tamaño de la muestra procedemos a usar una muestra piloto que consiste en dar un número arbitrario, en nuestro estudio utilizaremos un $n_s = 20$. Luego de la encuesta piloto, calculamos la varianza poblacional que nos salió de $\sigma^2 = 0.003125$.

Para la varianza de la muestra, utilizaremos una probabilidad de acierto de 0.5

$p = \text{probabilidad de acierto}$

$s^2 = \text{varianza de la muestra}$

$$s^2 = p(1 - p) \quad (4.1)$$

$$s^2 = 0.25$$

Sacamos el tamaño de la muestra mediante fórmula, lo cual nos da un resultado de 75, el procedimiento se lo describe a continuación:

$$n' = \frac{s^2}{\sigma^2} \quad (4.2)$$

$$n = \frac{n'}{1 + \frac{n}{N}} \quad (4.3)$$

$$n' = \frac{0.25}{0.003125}$$

$$n = \frac{80}{1 + \frac{80}{1420}}$$

$$n' = 80$$

$$n = 75 \text{ Tamaño de la muestra}$$

Con este resultado podemos estimar el nivel de aceptación del servicio de toda la población, si este es mayor que el 11% que establece CNT, el proyecto es viable.

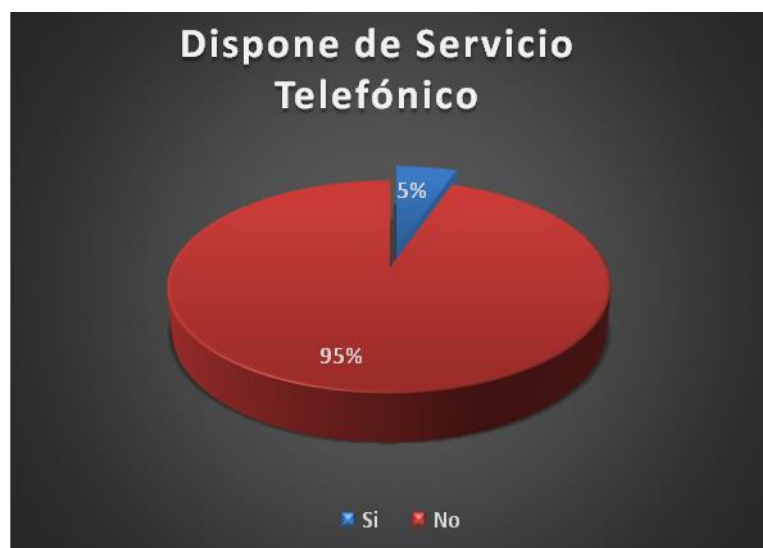
Los resultados de la encuesta que se realizó (ver Anexo A1) en Salatí se muestran a continuación:

Pregunta 1

Usted dispone de servicio Telefónico

Si 4

No 71

**Figura 4.5 Encuesta Pregunta 1**

En el gráfico de la Figura 4.5 se puede apreciar que un 95% de la población carece de servicio telefónico.

Pregunta 2

En caso de no tener este servicio, le gustaría disponer de este servicio

| | |
|----|----|
| Si | 35 |
| No | 40 |



Figura 4.6 Encuesta Pregunta 2

A pesar de no disponer de un servicio telefónico, en la Figura 4.6 se ve que el 46,7% de la muestra si desea tenerlo, este es un buen resultado ya que vemos que el proyecto tendría una buena acogida.

Pregunta 3

¿Desearía tener servicio de Internet?

Si 27

No 48



Figura 4.7 Encuesta Pregunta 3

En la Figura 4.7 se concluye que en la muestra tomada de la parroquia Salafí, un 41% si desea servicio a internet.

Pregunta 4

¿Piensa que se necesitara más líneas telefónicas?

Si 70

No 5

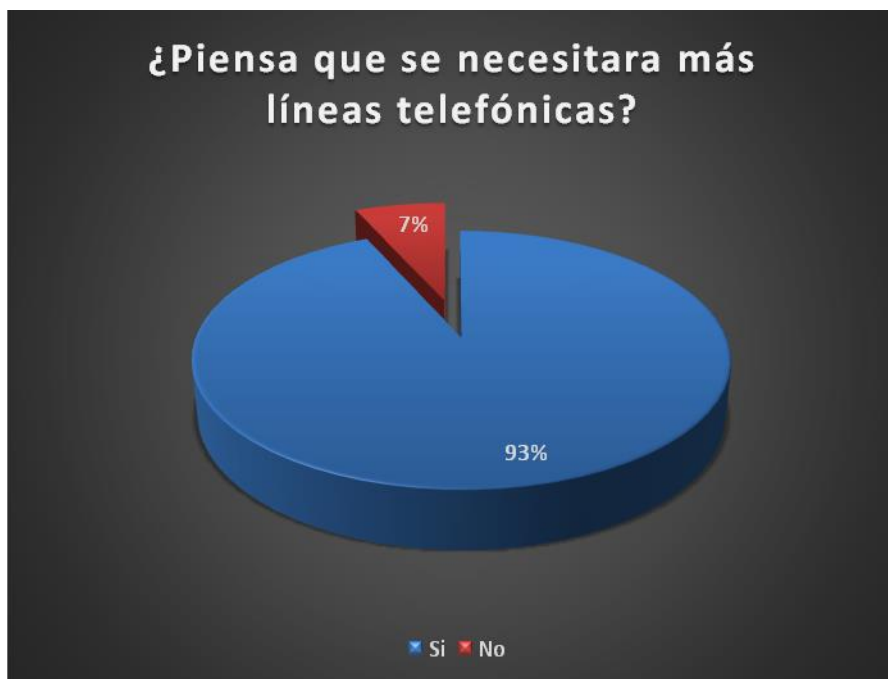


Figura 4.8 Encuesta Pregunta 4

Debido a la demanda que muestra la encuesta, en la Figura 4.8 se nota que un 93% de la muestra está de acuerdo con disponer de más líneas telefónicas y así cubrir con lo que requiere la parroquia Salatí.

De las encuestas realizadas vemos un 46,7% de demanda del servicio que se desea proveer, este porcentaje nos da como demanda existente de 663 abonados. La demanda estimada era del 156 abonados, lo cual nos da una proyección de que es viable para CNT. [1]

4.4.2 Demanda Futura

Fórmula para calcular la demanda futura, ver ecuación 4.3.

$$D_f = D_o(1 + b)^n \quad (4.4)$$

D_f : demanda final

D_o : demanda inicial

b : incremento anual

n : número de años del proyecto

CNT utiliza en el crecimiento anual de servicio de telefonía el 5% y de otros servicios a 1%, esto sucede en las zonas rurales. Para el planteo de dimensionamiento en 5 años los resultados serían los siguientes.

$$D_f = 663(1 + 0.05)^5 \quad (4.4)$$

$$D_f = 846$$

Quiere decir esto que en 5 años habrá un incremento de 180 abonados para el proyecto.

4.5 Diseño de la red CDMA 450

En este caso aprovecharemos la red existente de CNT y la usaremos como red de transporte, diseñaremos la red de acceso que estará ubicada en las cercanías de la parroquia Salati. Para interconectarnos con la red de CNT localizaremos la radio base CDMA 450 más cercana a la parroquia, que en este caso está ubicada en el cerro La Chuva del cantón Piñas.

Esquema de Enlace de última milla

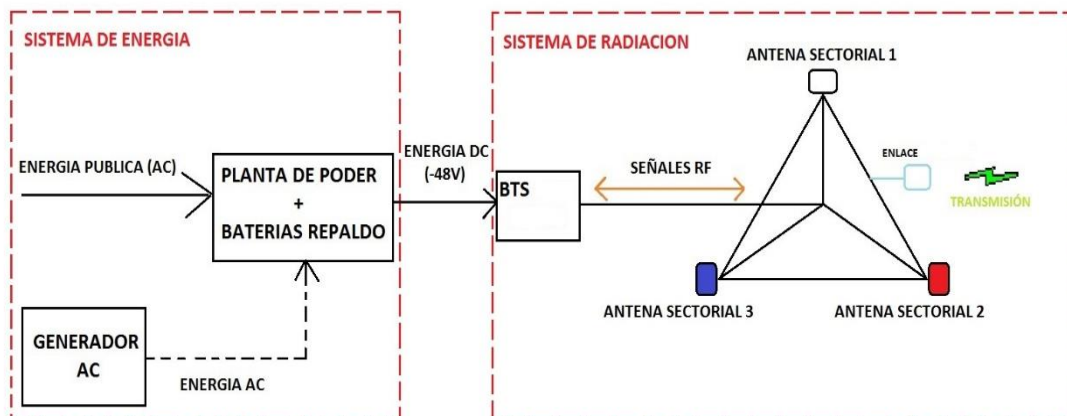


Figura 4.9 Diagrama de Enlace

4.6 Selección del sitio donde se instalará la BTS

El sitio escogido para la instalación de la BTS es una loma llamada Tacuri (Ver Figura 4.10) que se encuentra aproximadamente a 2 Km de la cabecera parroquial de Salati y tiene una vista directa con la estación base de CNT llamada La Chuva, la cual se encuentra a 12.96 Km de la Loma Tacuri.

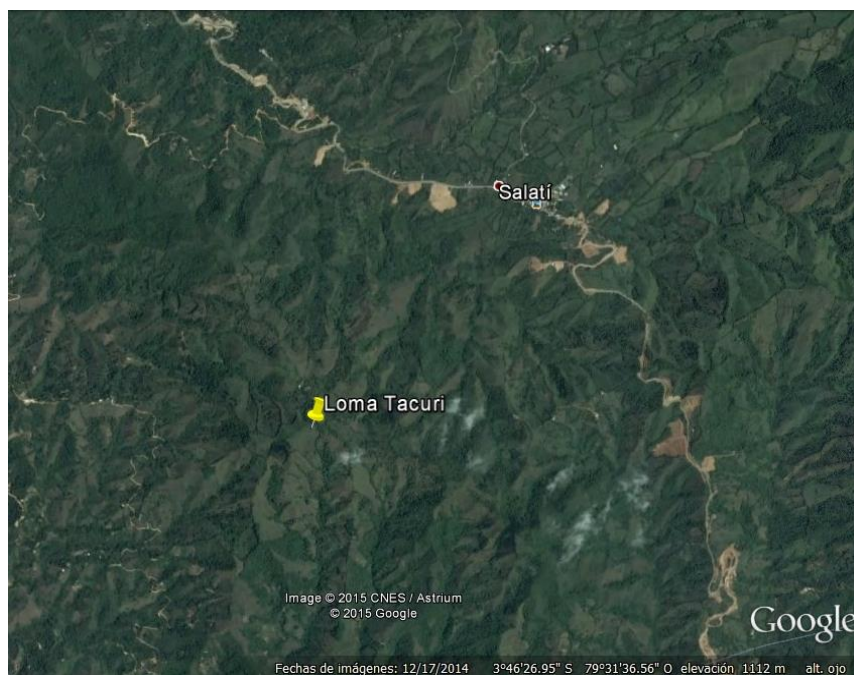


Figura 4.10 Ubicación de Loma Tacuri

Fuente: Google Earth

La loma Tacuri se encuentra a 1432 msnm en las siguientes coordenadas de acuerdo a los datos obtenidos en el estudio de campo.

03°46'05,5" S

79°32'52,8"O



Figura 4.11: Salatí (Inspección de Campo)

Se escogió este sitio para ubicar la BTS debido a que cuenta con caminos de acceso y energía eléctrica pública. Además de esta ubicada de manera geográficamente favorable con respecto a las repetidoras CDMA de la red CNT, y los todos barrios que pertenecen a la parroquia Salatí. En la Tabla 7 se presenta la información geográfica de los barrios pertenecientes a la parroquia.

| Localidad | Latitud | Longitud | Altura(msnm) |
|-------------------------|---------------|--------------|--------------|
| Cab. parroquial | 03°45'12,7" S | 79°32'14,7"O | 1132 |
| B. Tarapal | 03°44'50,9" S | 79°33'38,4"O | 1056 |
| B.Ojeda | 03°45'12,2" S | 79°34'26,0"O | 924,1 |
| B. Los amarillos | 03°45'32,0" S | 79°34'39,3"O | 930,9 |
| B. Guayabo | 03°46'00,1" S | 79°33'57,2"O | 1143,4 |
| B. Tacuri | 03°45'56,4" S | 79°32'52,6"O | 1376,8 |
| B. Porotillo | 03°47'17,8" S | 79°33'19,1"O | 894,2 |
| B. Viñamao | 03°47'12,3" S | 79°32'26,7"O | 983,5 |
| B. Ambocas | 03°46'46,6" S | 79°30'57,0"O | 1062,4 |
| S. Los linderos | 03°45'02,9" S | 79°34'40,0"O | 950,8 |
| B. Chunchi | 03°46'54,5" S | 79°29'56,1"O | 1187,2 |

Tabla 7: Coordenadas de los barrios de Salatí

4.7 Localización de la red de transporte - puerta de enlace a la red CNT.

La red de transporte permite la comunicación entre los sistemas de conmutación de voz y la red de acceso, por medio de repetidores.

En este proyecto solo se diseñara la red de acceso (Sistema de estación base) y se utilizará la red CDMA existente que pertenece a la corporación nacional de telecomunicaciones (CNT EP).

4.8 Interconexión con la red CNT

Se localizaron 4 posibles rutas se salida de la BTS en Tacuri para interconectarse a la red existente de CNT EP agencia EL ORO.

En la Tabla 8 se muestran las coordenadas de latitud y longitud de las alternativas de conexión según la información suministrada por CNT EP.

| REPETIDORA | LATITUD | LONGITUD | ALTURA msnm |
|------------|--------------|---------------|-------------|
| PASAJE | 3°19'36.50"S | 79°48'28.31"O | 32 |
| SANTA ROSA | 3°26'51.20"S | 79°57'54.20"O | 6 |
| LA CHUVA | 3°42'48.00"S | 79°39'4.00"O | 1060,5 |
| MACO MACO | 3°44'14.00"S | 79°48'13.00"O | 0 |

Tabla 8: Coordenadas de las Repetidoras con tecnología CDMA

Por medio de la simulación en RADIO MOBILE 11.5.8 se muestra en la Figura 4.12 y la Figura 4.13 la distribución de las repetidoras con respecto a la BTS en Tacuri.

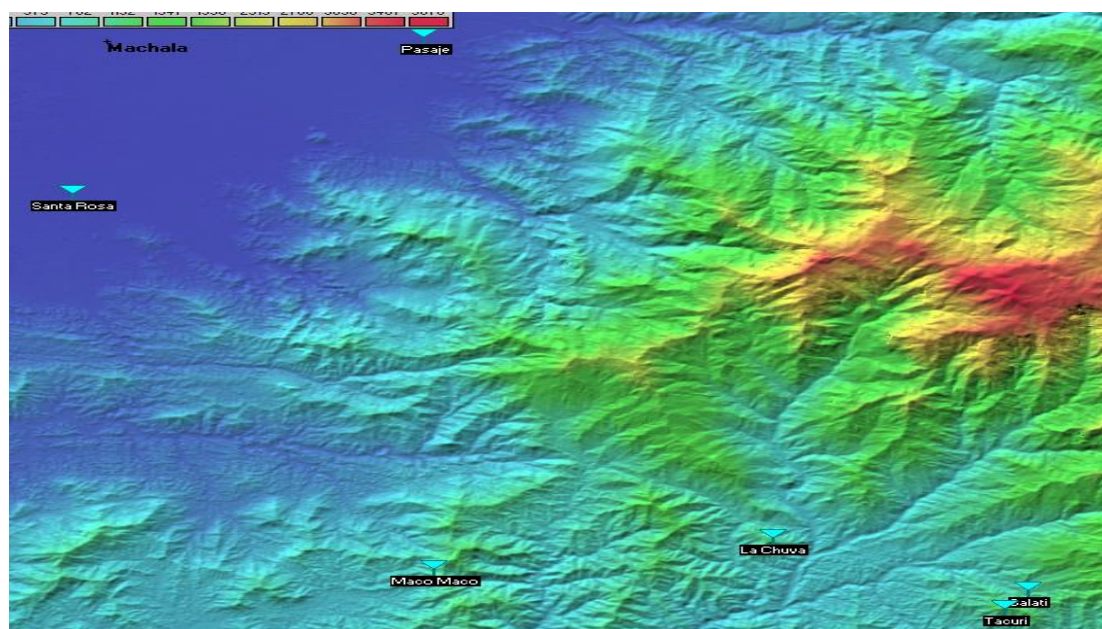


Figura 4.12 Repetidoras CDMA cercanas Salati



Figura 4.13 Ubicación de Salati con respecto a Loma Tacuri y la repetidora La Chuva

La Figura 4.14 se puede apreciar que existe una obstrucción que compromete la línea de vista entre Pasaje y Tacuri, provocada por un pico de mayor elevación que el de Tacuri.



Figura 4.14 Línea de vista Pasaje-Tacuri

En la Figura 4.15 se observa que existe una gran obstrucción provocada por una serie de picos de gran altura que ocasionarían la caída del enlace entre Santa Rosa y Tacuri.

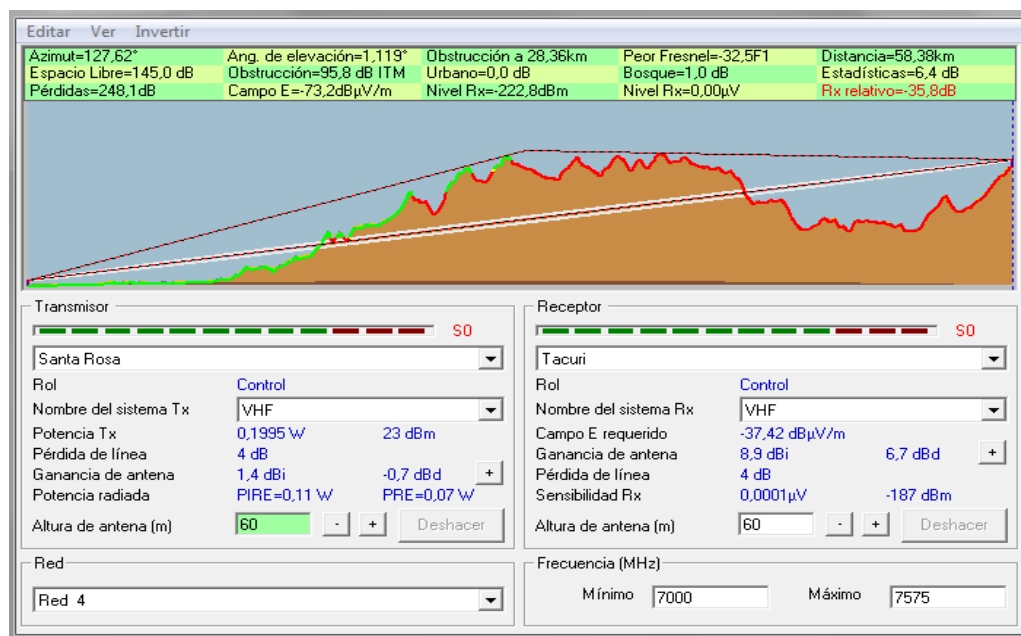


Figura 4.15 Línea de vista Santa Rosa-Tacuri

La Figura 4.16 muestra que en el caso del enlace entre Maco Maco y Tacuri, solo se tendría una pequeña parte de la línea de vista despejada ya que existen múltiples elevaciones que obstruirían la conexión debido a que Maco Maco se encuentra a nivel del Mar.

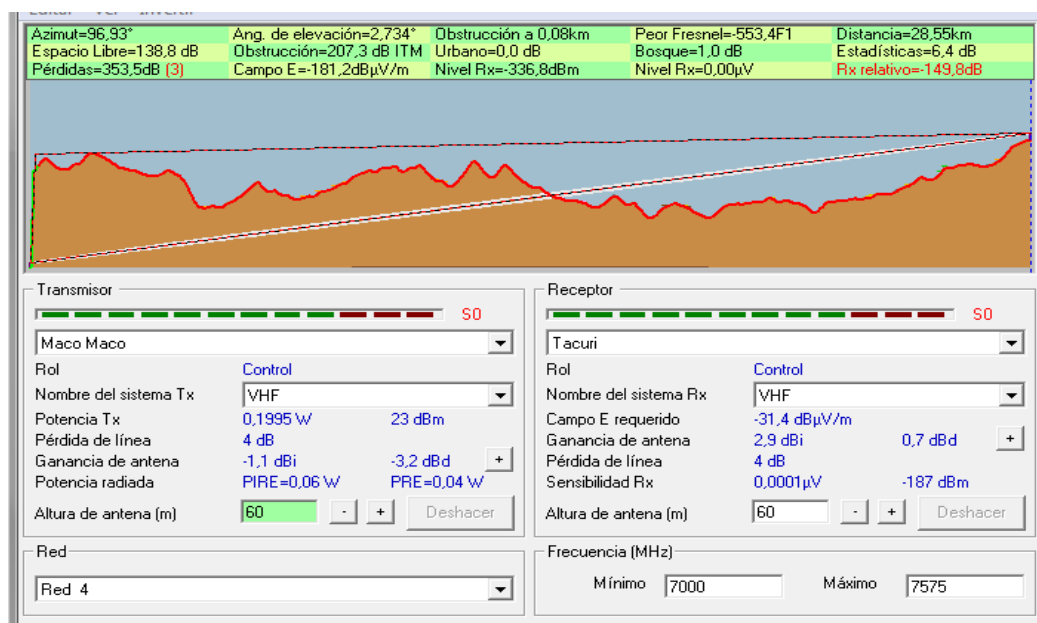


Figura 4.16 Línea de vista Maco Maco-Tacuri

En la Figura 4.17 se puede apreciar que no existe ninguna obstrucción en la línea de vista entre La chuva y Tacuri, lo que es adecuado para realizar un radioenlace.

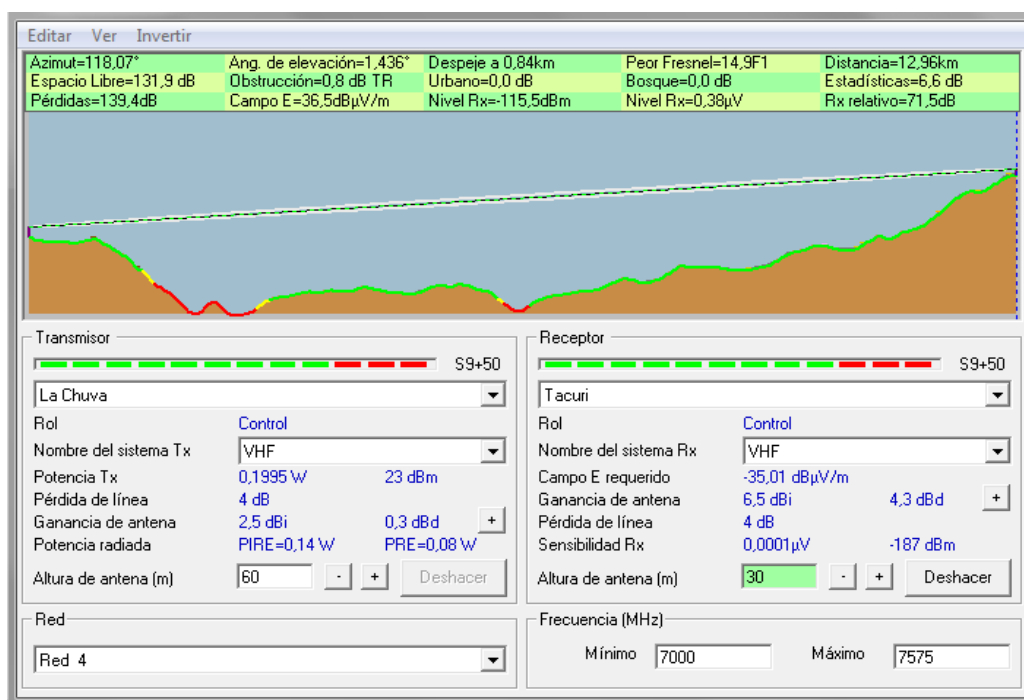


Figura 4.17 Línea de vista La Chuva-Tacuri

Después de haber analizado todas las alternativas de conexión con las diferentes repetidoras CDMA cercanas a Salatí, se eligió realizar el enlace con la repetidora ubicada en la Chuva ya que es la única que permite realizar una conexión sin la necesidad de utilizar repetidoras pasivas ya que cuenta con línea de vista sin obstrucciones durante todo el trayecto hacia la BTS que posicionaremos en Tacuri como se mencionó al inicio del capítulo.

Análisis del tráfico de la red

En Salatí existen un total de 1027 habitantes los cuales están divididos en 327 Familias. Se asumirá que se implementara 1 terminal por familia dando un total de 327 abonados

4.9 Cálculo del tráfico

Tráfico de llamadas de voz

Se consideró un promedio de 3 minutos por llamada y se limitó un tope de 5 llamadas en la hora pico.

Volumen de tráfico [8]

$$V_t = n * d \quad (4.5)$$

$$V_t = 5(3\text{min} * 60\text{seg})$$

$$V_t = 900\text{seg}$$

Intensidad del tráfico [8]

$$i_t = \frac{V_t}{t_{\text{obs}}} \quad (4.6)$$

$$i_t = \frac{900\text{seg}}{60\text{min} * 60\text{seg}}$$

$$i_t = 0.25[\text{E}]$$

Tráfico de datos o imágenes [8]

Se utiliza un promedio de envío de 4 imágenes por hora (de 1600x1200 pixeles), estas imágenes tienen un tamaño de 400 Kbyte y la velocidad de envío es de 153Kbps.

$$t = \frac{\text{cantidad de bits de la imagen}}{v_{tx}} \quad (4.7)$$

$$t = \frac{400 * 8192\text{bits}}{153000\text{bits}} = 21.4[\text{seg}]$$

$$V_t = 4 * 21.4\text{seg} = 86.6[\text{seg}]$$

$$i_t = \frac{86.6\text{seg}}{60\text{min} * 60\text{seg}}$$

$$i_t = 0.0237[\text{E}]$$

Con respecto a videoconferencias se estableció un promedio de 30min diarios, de una videoconferencia en la hora pico [8].

$$i_t = \frac{30\text{min}}{60\text{min}} \quad (4.7)$$

$$i_t = 0.5[\text{E}]$$

| BTS | Tipo de servicio | Trafico por abonado (Erlang/abonado) | # de abonados | Tráfico Total [E] |
|--------|------------------|--------------------------------------|---------------|-------------------|
| Tacuri | Voz | 0.25 | 327 | 81.75 |
| Tacuri | Datos | 0.0237 | 327 | 7.7499 |
| Tacuri | Video | 0.5 | 327 | 163.5 |

Tabla 9: Tráfico de Red

Tráfico total de la red: 252.99 [Erlangs] Ver Tabla 9

4.10 Equipos Huawei que se implementaran en la red

Características Técnicas de la BTS

| | |
|---|--|
|  | Principales Características Macro CDMA BTS3606C |
| | Soporta 3 celdas, 9 portadoras por sector. |
| | Banda de operación: 450/800 MHz. |
| | Dimensiones: de 700x480x600 mm. |
| | Peso: menor a los 85 Kg. |
| | CE Pooling: 768 Ces. |
| | Potencia de transmisión: 60 W (TOC) |
| | Eficiencia de PA: 33% DHT. |
| | Sensibilidad: -128 dBm. |
| | Transmisión: E1/T1/FE |
| | Alimentación: -48VDC/+24VDC. |
| | Consumo de potencia: <630W(S1/1/1), <850W(S2/2/2), <1050W(S3/3/3). |

Figura 4.18: Macro CDMA BTS3606C

Fuente: <http://www.huawei.com>

Se usará la Macro CDMA BTS3606C ya que cumple con las características necesarias para suplir la demanda de tráfico calculada, además de estar disponible en el mercado y haber sido usada exitosamente en varias implementaciones de redes CDMA 450 en otras provincias.

Características Técnicas de la antena

Se eligió la Antena DX-450-470-65-15i-0F, Modelo A45451500 por su alto grado de rendimiento en escenarios rurales y porque trabaja con frecuencias de 450-470 MHz, ideal para CDMA.



| | |
|-----------------------------|--------------------------|
| Rangos de Frecuencia(MHz) | 450-470 |
| Polarización | +45°, -45° |
| Gain(dBi) | 15 |
| Horizontal 3dB beamwidth(°) | 65 |
| Vertical 3dB beamwidth(°) | 16 |
| Electrical downtilt(°) | 0 |
| Intermodulation IM5(dBc) | ≤-160(2x43 dBm carrier) |
| Max.CW input power(W) | 500 |
| Impedance(Ω) | 50 |
| Grounding | DC Ground |

Figura 4.19: Antena DX-450-470-65-15i-0F

Fuente: <http://www.huawei.com>

Enlaces microondas La Chuva a BTS Tacuri

Para los enlaces microondas se usaran antenas NEC pasolink Neo (Ver Figura 4.20) con las siguientes características:



| | |
|---|-------|
| Frecuencia (GHz) | 7,575 |
| Potencia del Transmisor (dBm) | 20 |
| Ganancia de la Antena TX (dBi) | 24 |
| Ganancia de la Antena RX (dBi) | 24 |
| Atenuación por cables y conectores (dB) | 4 |

Figura 4.20: Antena NEC

Fuente: <http://www.nec.com>

Terminales disponibles para los usuarios finales

| ETS CDMA 1 SERIES | |
|---|--|
| | Opera en la frecuencia de los 450 MHz. |
| | Alta calidad de señal. |
| | Alto volumen. |
| | Manos libres. |
| | Soporta servicios suplementarios. |
| ETS CDMA 2 / ETS CDMA 8 / ETS CDMA 9 SERIES | |
| | Opera en la frecuencia de los 450 MHz. |
| | Alta calidad de voz y SMS. |
| | Servicio de transferencia de datos con voz a una tasa máxima de 153.6 Kbits/s. |
| | Llamadas de emergencia. |
| | 11 Tipos de timbrado. |
| Soporta servicios suplementarios. | |
| CDMA T SERIES | |
| | Opera en las frecuencias de los 450 MHz. |
| | Alta calidad de voz y SMS. |
| | Servicio de transferencia de datos con voz a una tasa máxima de 153.6 Kbits/s. |
| | Soporta teléfonos públicos. |
| | Puerto para control de carga. |
| Transferencia de llamadas, llamada en espera, llamadas tripartitas. | |

Figura 4.21: Terminales Móviles [11]

Como se indica en la Figura 4.21, se ofrecerán 3 distintos tipos de terminales móviles a los usuarios dependiendo del servicio al que se suscriban.

4.11 Características de la Torre

Para dar soporte a las antenas sectoriales de la BTS se instalará en cerro Tacuri una torre auto-soportada de base triangular, se eligió esta clase de torre por las condiciones climáticas de vientos fuertes en la zona y porque este tipo de torre es la que se recomienda para cerros y zonas urbanas.

La altura de la estructura será de 30 metros, la cual fue determinada para garantizar la línea de vista sin obstrucciones tanto en el enlace con Cerro La Chuva y los enlaces con los distintos barrios de la parroquia. En la Figura 4.22 se muestra un modelo de la torre a instalar.



Figura 4.22 Modelo de torre auto soportada. [2]

4.12 Sistema de Energía

En la inspección de campo del Cerro Tacuri que es donde colocaremos la BTS se determinó que existe energía eléctrica pública a 200 metros del punto exacto donde se ubicara la torre y los equipos.

Se determinó que la BTS Tacuri será alimentada por energía pública provista por el tendido eléctrico existente en la zona, no se implementaran baterías ni generadores dado que los usuarios están conectados al mismo servicio eléctrico que la BTS, por lo que si existe un corte de energía ninguno de los usuarios podría seguir usando el servicio y no sería necesario que la BTS siga dando cobertura. En la Figura 4.23 se muestra el tendido eléctrico existente en la zona.



Figura 4.23 Tendido eléctrico existente en cerro Tacuri.

4.13 Cálculo de las pérdidas en la red de transporte del sistema CDMA 450

Para calcular las pérdidas en el enlace microondas entre La Chuva y BTS Tacuri, que sirve de interconexión con CNT, tomaremos en cuenta las pérdidas de propagación en el espacio libre.

Las pérdidas por espacio libre están dadas por la expresión. [11]

$$L_p = 92.45 + 20 \log f + 20 \log d \quad (4.8)$$

L_p = pérdidas en espacio libre (dB)

f = frecuencia e (GHz)

d = distancia (km)

La distancia entre La Chuva y BTS Tacuri es de 12.96 km en donde se usará una frecuencia de trasmisión de 7,5GHz para el enlace, por lo que no se pueden realizar cálculos con modelos de propagación convencionales debido a que no están diseñados para manejar tan altas frecuencias, esta es la razón de que se aproximen las atenuaciones del enlace con las pérdidas de espacio libre.

Datos

$f = 7,5\text{GHZ}$

$d = 12.96 \text{ km}$

$$L_p = 92.45 + 20 \log f + 20 \log d \quad (4.8)$$

$$L_p = 92.45 + 20 \log(7,5) + 20 \log (12.96)$$

$$L_p = 132.20 \text{ dB}$$

4.14 Cálculo de las pérdidas en la red de acceso del sistema CDMA 450

La parroquia Salatí tiene una superficie total de 157.41km^2 por lo que teóricamente la distancia máxima entre transmisor y receptor se puede asumir de 7km ubicando la BTS en la zona central de la parroquia, como es el cerro Tacuri.

El modelo de propagación escogido para realizar los cálculos de las pérdidas en los distintos enlaces de la red de acceso del sistema CDMA 450, es el Okumura-Hata debido que es el que más se ajusta a los requerimientos que presentas los distintos radioenlaces propuestos dada su geografía.

Modelo Okumura-Hata (formula básica) [1]

$$L_0 = 69.55 + 26.16\log f - 13.82\log h_b - \alpha(h_m) + (44.9 - 6.55\log h_b)\log r \quad (4.9)$$

L = pérdidas del enlace (dB)

Restricciones:

f = frecuencia central (150 a 1500 MHz)

h_b = Altura de la estación base (30 a 200 m)

h_m = Altura del móvil o receptor (1 a 10 m)

r = Distancia del enlace (1 a 20 km)

$\alpha(h_m)$ = Factor de corrección de altura de la antena del móvil.

El factor $\alpha(h_m)$ toma distintos valores con respecto al tamaño de la población

Para áreas urbanas

Para poblaciones pequeñas o medianas:

$$\alpha(h_m) = (1.1 \log(f) - 0.7)h_m - (1.56 \log(f) - 0.8) \quad (4.10)$$

Para poblaciones grandes:

$$\alpha(h_m) = \begin{cases} 8.29(\log 1.54 h_m)^2 - 1.1 & f \leq 200\text{MHZ} \\ 3.2(\log 11.75 h_m)^2 - 4.97 & f \geq 400\text{MHZ} \end{cases} \quad (4.11)$$

Para áreas suburbanas:

$$L_0 = L_0 (\text{urban}) - 2 [\log(f/28)]^2 - 5.4 \quad (4.12)$$

Para áreas rurales:

$$L_{\text{rural}} = L_0 - 4.78(\log f)^2 + 18.33 \log f - 40.94 \quad (4.13)$$

Para nuestro caso de estudio se utilizara el modelo para áreas rurales para realizar los cálculos de pérdidas en el enlace, principalmente debido a las características geográficas de la parroquia Salati.

Datos

$$f = 450\text{MHZ}$$

$$h_b = 40(\text{m})$$

$$h_m = 3(\text{m})$$

$$r = 7 (\text{km})$$

Zona = rural

Factor de corrección:

$$\alpha(h_m) = (1.1 \log(f) - 0.7)h_m - (1.56 \log(f) - 0.8) \quad (4.10)$$

$$\alpha(h_m) = (1.1 \log(450\text{MHZ}) - 0.7)(3\text{m}) - (1.56 \log(450\text{MHZ}) - 0.8)$$

$$\alpha(h_m) = 3.31\text{dB}$$

$$L_0 = 69.55 + 26.16 \log f - 13.82 \log h_b - \alpha(h_m) + (44.9 - 6.55 \log h_b) \log r \quad (4.11)$$

$$L_0 = 69.55 + 26.16 \log (450\text{MHZ}) - 13.82 \log (40\text{m}) - 3.31 + (44.9 - 6.55 \log (40\text{m})) \log (7\text{km})$$

$$L_0 = 142.58\text{dB}$$

Para el caso de áreas rurales:

$$L_{rural} = L_0 - 4.78(\log f)^2 + 18.33 \log f - 40.94 \quad (4.13)$$

$$L_{rural} = 142.58 - 4.78(\log(450\text{MHZ}))^2 + 18.33 \log(450\text{MHZ}) - 40.94$$

$$L_{rural} = 116.62\text{dB}$$

Ganancia de las antenas

La ganancia de las antenas que usamos como transmisores **Tx** y receptores **Rx**, es característica de los equipos escogidos para implementar los enlaces. Generalmente viene expresada en dB isotrópicos (dBi), que indica la ganancia de potencia de la antena con respecto a una antena isotrópica ideal que irradia la misma intensidad en todas las direcciones. Por lo tanto mientras más directiva sea una antena mayor será su ganancia. [1]

Las ganancias de las antenas Tx y Rx usadas en el diseño son:

G (dBi) = 37,2 Antenas Directivas (Microondas)

G (dBi) = 15 Antenas Sectoriales (BTS)

G (dBi) = 11 Antenas Directivas (Terminales)

G (dBi) = 2.15 Antenas Omnidireccionales (Terminales)

Sensibilidad del Receptor

La sensibilidad del equipo receptor indica el nivel mínimo de señal que necesita para que pueda funcionar con un nivel de calidad aceptable. Al igual que la ganancia esta es una característica de los equipos escogidos.

Las sensibilidades de los equipos usadas en el diseño son:

S (dBm) = -85.5 dBm Antenas Directivas (Microondas)

S (dBm) = -110 dBm Antenas Sectoriales (BTS)

S (dBm) = -92 dBm (Terminales)

Potencia de Recepción

La potencia total de la señal transmitida que llega al receptor luego de recorrer todo el trayecto del enlace luego de haber sido atenuada por las distintas pérdidas de propagación, se conoce como potencia de recepción. La cual puede ser calculada con la expresión

$$P_{RX} = P_{TX} + G_{TX} + G_{RX} - L_{Rural} \quad (4.14)$$

En donde:

P_{RX} = Potencia de recepción

P_{TX} = Potencia del Transmisor

G_{TX} = Ganancia del Transmisor

G_{RX} = Ganancia del receptor

L_{Rural} = Pérdidas totales del enlace (Dadas por el modelo Okumura-Hata)

Link Budget

Calcular el Link Budget ayuda a calcular el radio de cobertura aproximado de una estación base cdma, con lo que se puede determinar el número de celdas necesarias para brindar cobertura a un determinado sector. [2]

Datos

$$f = 450\text{MHz}$$

$$h_{bts} = 30\text{(m)}$$

$$h_m = 3\text{(m)}$$

$$\text{Ganancia antena BTS (G}_{bts}) = 15 \text{ dBi}$$

$$\text{Ganancia antena estación móvil (G}_m) = 2.15 \text{ dBi}$$

$$\text{Potencia de transmisión BTS (P}_{bts}) = 43 \text{ dBm}$$

$$\text{Potencia de transmisión estación móvil (P}_m) = 23 \text{ dBm}$$

$$\text{Pérdidas adicionales (Por edificios o vegetación) (L}_a) = 24 \text{ dB}$$

$$\text{Pérdidas cables estación base (L}_c) = 3.5 \text{ dB}$$

$$\text{Sensibilidad estación base (S}_{bts}) = -110 \text{ dBm}$$

$$\text{Sensibilidad estación móvil (S}_m) = -92 \text{ dBm}$$

Zona = rural

Factor de corrección:

$$\alpha(h_m) = (1.1 \log(f) - 0.7)h_m - (1.56 \log(f) - 0.8) \quad (4.10)$$

$$\alpha(h_m) = (1.1 \log(450\text{MHz}) - 0.7)(3\text{m}) - (1.56 \log(450\text{MHz}) - 0.8)$$

$$\alpha(h_m) = 3.31658 \text{ dB}$$

$$L_0 = 69.55 + 26.16 \log f - 13.82 \log h_b - \alpha(h_m) + (44.9 - 6.55 \log h_b) \log r \quad (4.9)$$

$$L_0 = 69.55 + 26.16 \log(450\text{MHz}) - 13.82 \log(30\text{m}) - 3.316 + (44.9 - 6.55 \log(30\text{m})) \log(r)$$

$$L_0 = 115.22 + 35.22 \log(r)$$

Para el caso de áreas rurales:

$$L_{rural} = L_0 - 4.78(\log f)^2 + 18.33 \log f - 40.94 \quad (4.13)$$

$$L_{rural} = L_0 - 4.78(\log(450\text{MHZ}))^2 + 18.33 \log(450\text{MHZ}) - 40.94$$

$$L_{rural} = L_0 - 25.955$$

$$L_{rural} = 89.26 + 35.225 \log(r)$$

Cálculo Del Link Budget ascendente

$$\text{Link Budget ascendente} = P_{em} + G_{em} - L_a - L_{rural} + G_{bts} - L_c - S_{bts} \quad (4.15)$$

$$\text{Link Budget ascendente} = 23 \text{ dBm} + 0 \text{ dBi} - 24\text{dB} - L_{rural} + 15\text{dBi} - 3.5\text{dB} + 110\text{dB}$$

$$\text{Link Budget ascendente} = 122.65 - L_{rural}$$

$$\text{Link Budget ascendente} = 0$$

$$122.65 - L_{rural} = 0$$

$$89.26 + 35.225 \log(r) = 122.65$$

$$r = 8.87 \text{ km}$$

La BTS Tacuri posee 8.87km de cobertura en enlace ascendente

Cálculo del Link Budget descendente

$$\text{Link Budget descendente} = P_{bts} + G_{bts} - L_a - L_{rural} + G_{em} - L_c - S_{em} \quad (4.16)$$

$$\text{Link Budget descendente} = 43 \text{ dBm} + 15 \text{ dBi} - 24 \text{ dB} - L_{rural} + 2.15 \text{ dBi} - 3.5 + 92$$

Link Budget descendente = 124.65 – Lrural

Link Budget descendente = 0

124.65 – Lrural=0

$89.26 + 35.225 \log(r) = 124.65$

$r = 10.11 \text{ km}$

La BTS Tacuri posee 10.11km de cobertura en enlace descendente

Cálculo del radio de cobertura

Teniendo los valores de los radios para el Link Budget ascendente y descendente, es posible calcular el radio de cobertura aproximado de la estación base cdma.

Radio Link Budget ascendente = 8.87 km

Radio Link Budget descendente = 10.11 km

Para el cálculo del radio de cobertura se tomara el radio link de menor valor con lo cual se tiene:

Radio de circunferencia = 8.87 km

Área de cobertura circular = 247.17 km^2

Como parroquia Salati tiene 157.41 km^2 de superficie se puede concluir que solo con la estación base Tacuri se garantiza la cobertura para todo el sector.

Cálculo de pérdidas en los radioenlaces

Usando el modelo de propagación antes descrito se procedió a calcular las pérdidas de cada uno de los enlaces de la BTS Tacuri con los barrios pertenecientes a la parroquia Salati. Se trabaja en la frecuencia de 450 MHz, con altura de BTS de 30m, altura del móvil de 3m, potencia del transmisor de 43dBm, ganancia del transmisor de 15dBi, ganancia del receptor de 2,15dbi y sensibilidad de -92dBi. Los resultados de los cálculos de pérdidas totales y potencia de recepción son presentados en la Tabla 10.

| Radio Enlace | Distancia (Km) | Pérdidas totales [dB] | Potencia de recepción[dB] |
|----------------------------------|---------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|
| Tacuri - Cab. parroquial | 2.01 | 99.94 | -39.79 |
| Tacuri - B. Tarapal | 2.70 | 104.45 | -44.3 |
| Tacuri - B.Ojeda | 3.33 | 107.66 | -47.51 |
| Tacuri - B. Los amarillos | 4.76 | 111.09 | -50.94 |
| Tacuri - B. Guayabo | 1.99 | 99.78 | -39.63 |
| Tacuri - B. Tacuri | 0.28 | 69.78 | -9.63 |
| Tacuri - B. Porotillo | 2.37 | 102.46 | -42.31 |
| Tacuri - B. Viñamao | 2.21 | 101.39 | -41.24 |
| Tacuri - B. Ambocas | 3.71 | 109.52 | -49.37 |
| Tacuri - S. Los linderos | 3.83 | 109.80 | -49.65 |
| Tacuri - B. Chunchi | 5.31 | 115.75 | -55.6 |

Tabla 10: Pérdidas totales en los enlaces

De los resultados de los cálculos de pérdidas y potencias recibidas se demuestra que ubicando la BTS en loma Tacuri se puede brindar cobertura todos los barrios de la parroquia, ya que todos los resultados de potencia recibida superan la sensibilidad del receptor que es de -92dBm por lo que la comunicación entre los terminales y la BTS está garantizada.

Simulación de los radioenlaces

Se simularán los enlaces tanto de la red de acceso como de la red de transporte usando el software Radio Mobile antes mencionado, los parámetros de simulación son los mismos que los usados para los cálculos de pérdidas y potencias en cada uno de los casos.

Red de transporte

Lista de todos los sistemas

- micro directiv 7GHz Tx Rx
- sectorial Tx cdma 450
- terminal Rx omni cdma 450
- terminal Rx directiv cdma 450
- Sistema 5
- Sistema 6
- Sistema 7
- Sistema 8
- Sistema 9
- Sistema 10
- Sistema 11
- Sistema 12
- Sistema 13
- Sistema 14
- Sistema 15
- Sistema 16
- Sistema 17
- Sistema 18
- Sistema 19
- Sistema 20
- Sistema 21
- Sistema 22
- Sistema 23
- Sistema 24
- Sistema 25

00 Seleccionar desde VHF ... UHF ...

Nombre del sistema: micro directiv 7GHz Tx Rx

Potencia del Transmisor (Watt): 0,1995262 (dBm): 23

Umbral del receptor (μ V): 11,885 (dBm): -85,5

Pérdida de la línea (dB): 4 (Cable+cavidades+conectores)

Tipo de antena: corner.ant Ver

Ganancia de antena (dBi): 37,2 (dBd): 35,05

Altura de antena (m): 60 (Sobre el suelo)

Pérdida adicional cable (dB/m): 0 (Si la altura de la antena difiere)

Agregar a Radiosys.dat Remover del Radiosys.dat

Figura 4.24 Parámetros enlace La Chuva-BTS Tacuri

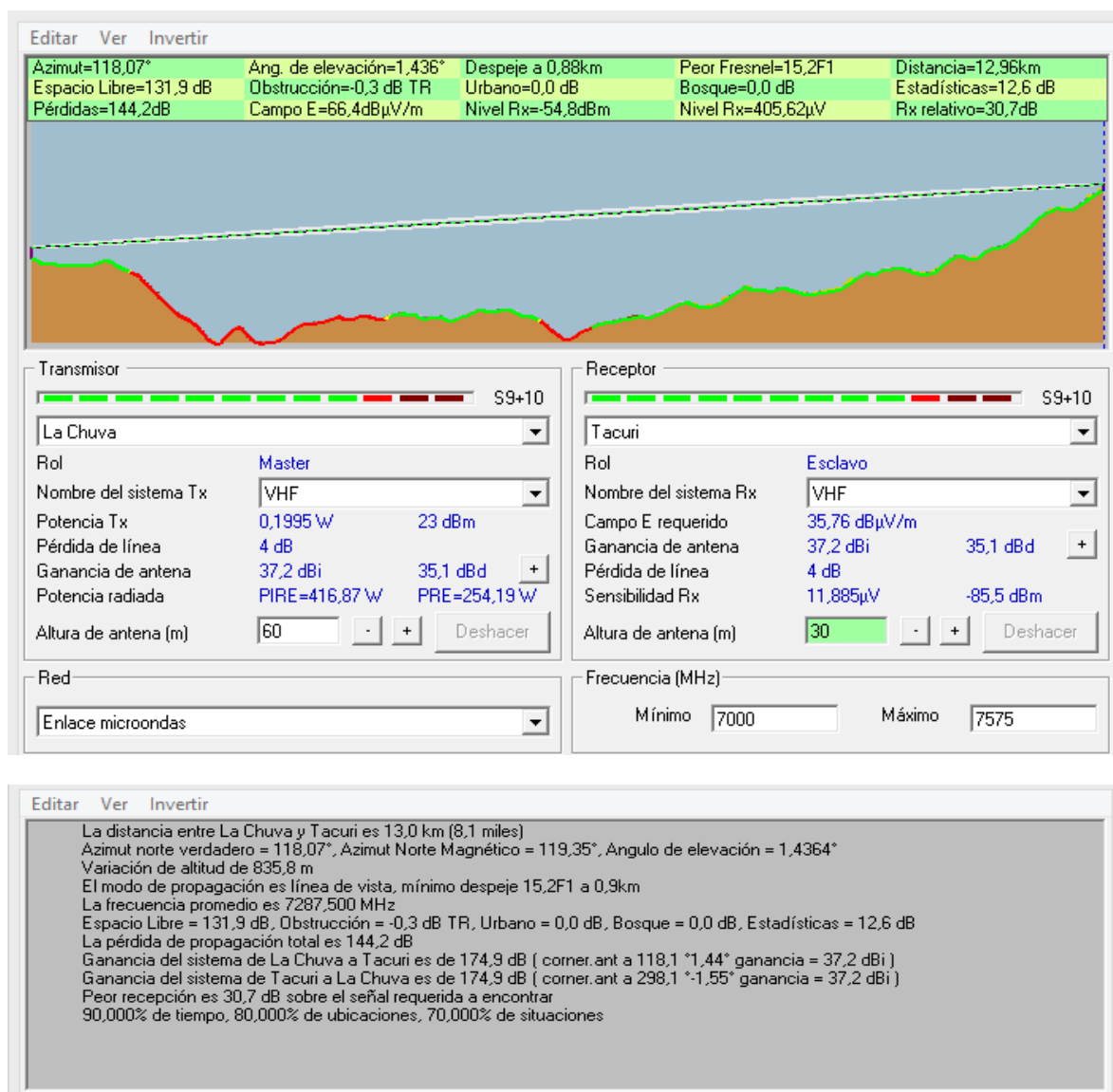


Figura 4.25 Radio enlace La Chuva-BTS Tacuri

Red de acceso

Parámetros por defecto Copiar Red Pegar Red Cancelar OK

Lista de todos los sistemas

- micro directiv 7GHz Tx Rx
- sectorial Tx cdma 450
- terminal Rx omni cdma 450
- terminal Rx directiv cdma 450
- Sistema 5
- Sistema 6
- Sistema 7
- Sistema 8
- Sistema 9
- Sistema 10
- Sistema 11
- Sistema 12
- Sistema 13
- Sistema 14
- Sistema 15
- Sistema 16
- Sistema 17
- Sistema 18
- Sistema 19
- Sistema 20
- Sistema 21
- Sistema 22
- Sistema 23
- Sistema 24
- Sistema 25

Parámetros Topología Miembros **Sistemas** Estilo

00 Seleccionar desde VHF ... UHF ...

Nombre del sistema sectorial Tx cdma 450

Potencia del Transmisor (Watt) 19.95262 (dBm) 43

Umbral del receptor (μ V) 0.7079 (dBm) -110

Pérdida de la línea (dB) 3.5 (Cable+cavidades+conectores)

Tipo de antena corner.ant Ver

Ganancia de antena (dBi) 15 (dBd) 12.85

Altura de antena (m) 30 (Sobre el suelo)

Pérdida adicional cable (dB/m) 24 (Si la altura de la antena difiere)

Agregar a Radiosys.dat Remover del Radiosys.dat

Figura 4.26 Parámetros de simulación de las antenas de la BTS

Parámetros por defecto Copiar Red Pegar Red Cancelar OK

Lista de todos los sistemas

- micro directiv 7GHz Tx Rx
- sectorial Tx cdma 450
- terminal Rx omni cdma 450
- terminal Rx directiv cdma 450
- Sistema 5
- Sistema 6
- Sistema 7
- Sistema 8
- Sistema 9
- Sistema 10
- Sistema 11
- Sistema 12
- Sistema 13
- Sistema 14
- Sistema 15
- Sistema 16
- Sistema 17
- Sistema 18
- Sistema 19
- Sistema 20
- Sistema 21
- Sistema 22
- Sistema 23
- Sistema 24
- Sistema 25

Parámetros Topología Miembros **Sistemas** Estilo

00 Seleccionar desde VHF ... UHF ...

Nombre del sistema terminal Rx omni cdma 450

Potencia del Transmisor (Watt) 0.1995262 (dBm) 23

Umbral del receptor (μ V) 5.6234 (dBm) -92

Pérdida de la línea (dB) 3.5 (Cable+cavidades+conectores)

Tipo de antena omni.ant Ver

Ganancia de antena (dBi) 2.15 (dBd) 0

Altura de antena (m) 3 (Sobre el suelo)

Pérdida adicional cable (dB/m) 24 (Si la altura de la antena difiere)

Agregar a Radiosys.dat Remover del Radiosys.dat

Figura 4.27 Parámetros de simulación de las terminales CDMA 450

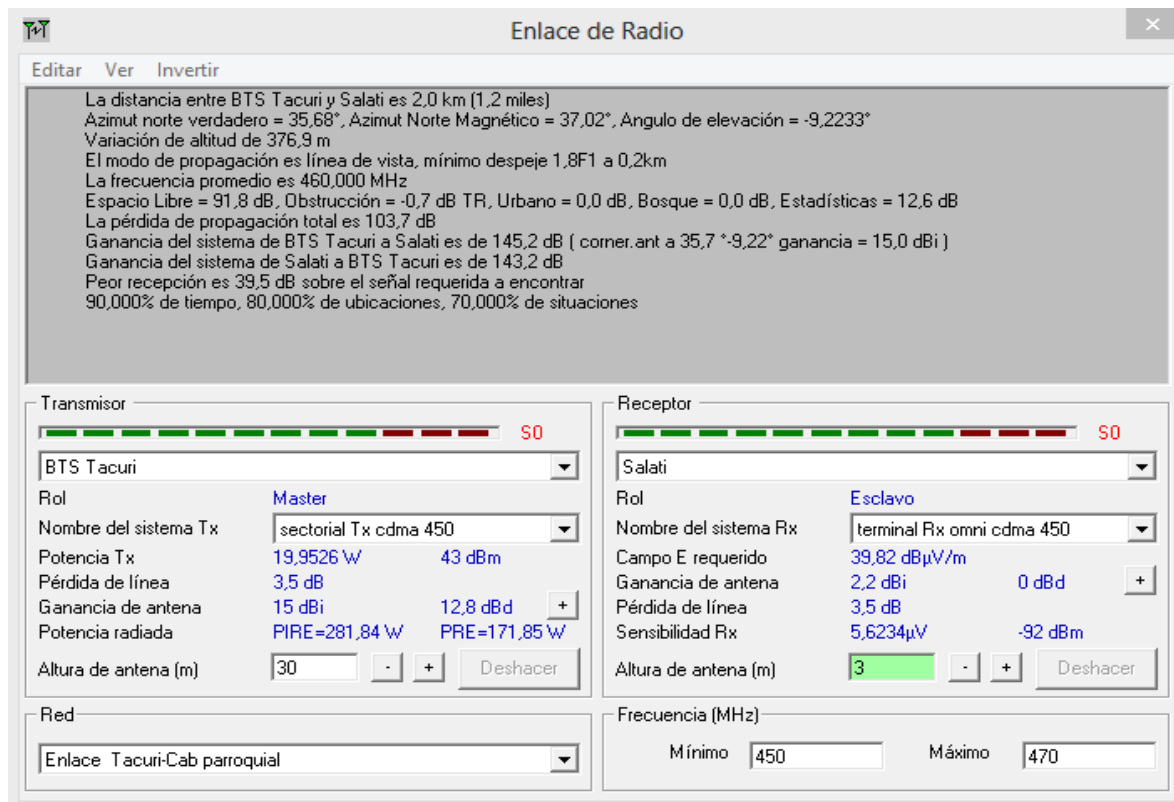
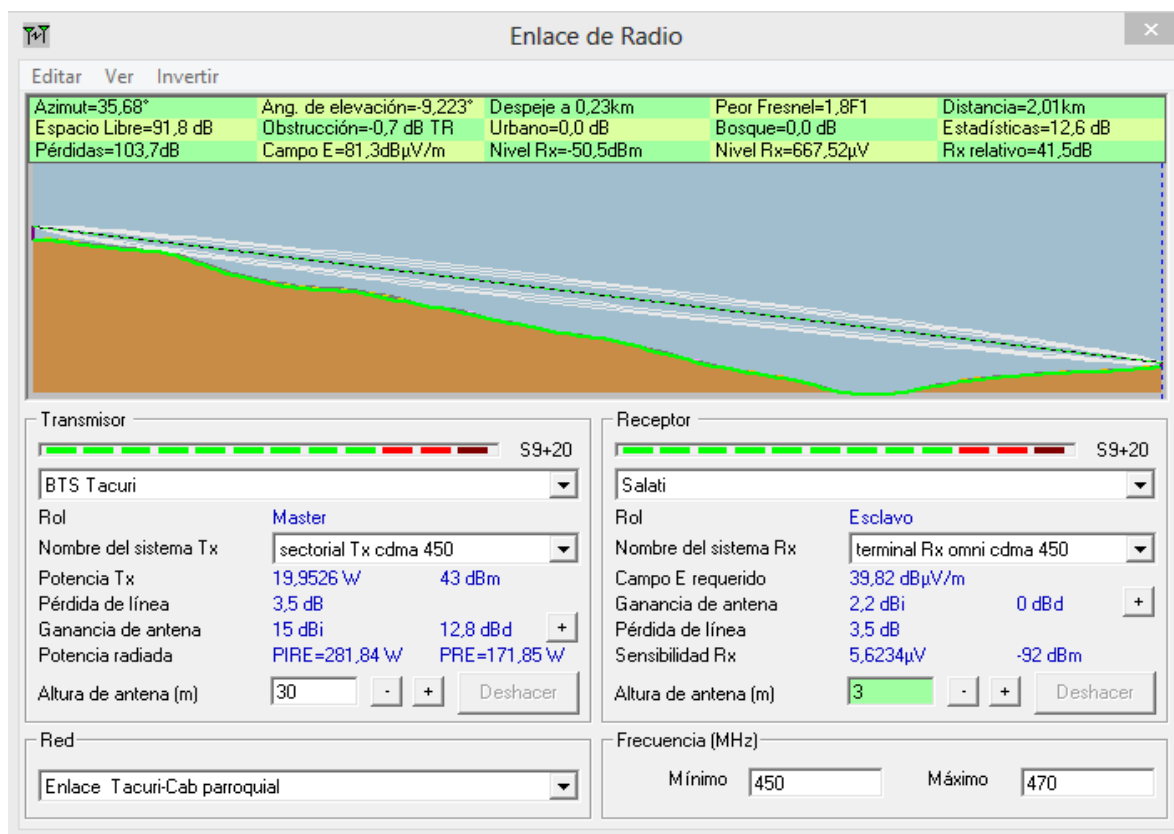


Figura 4.28 Radio enlace BTS Tacuri – Cab. Parroquial Salati

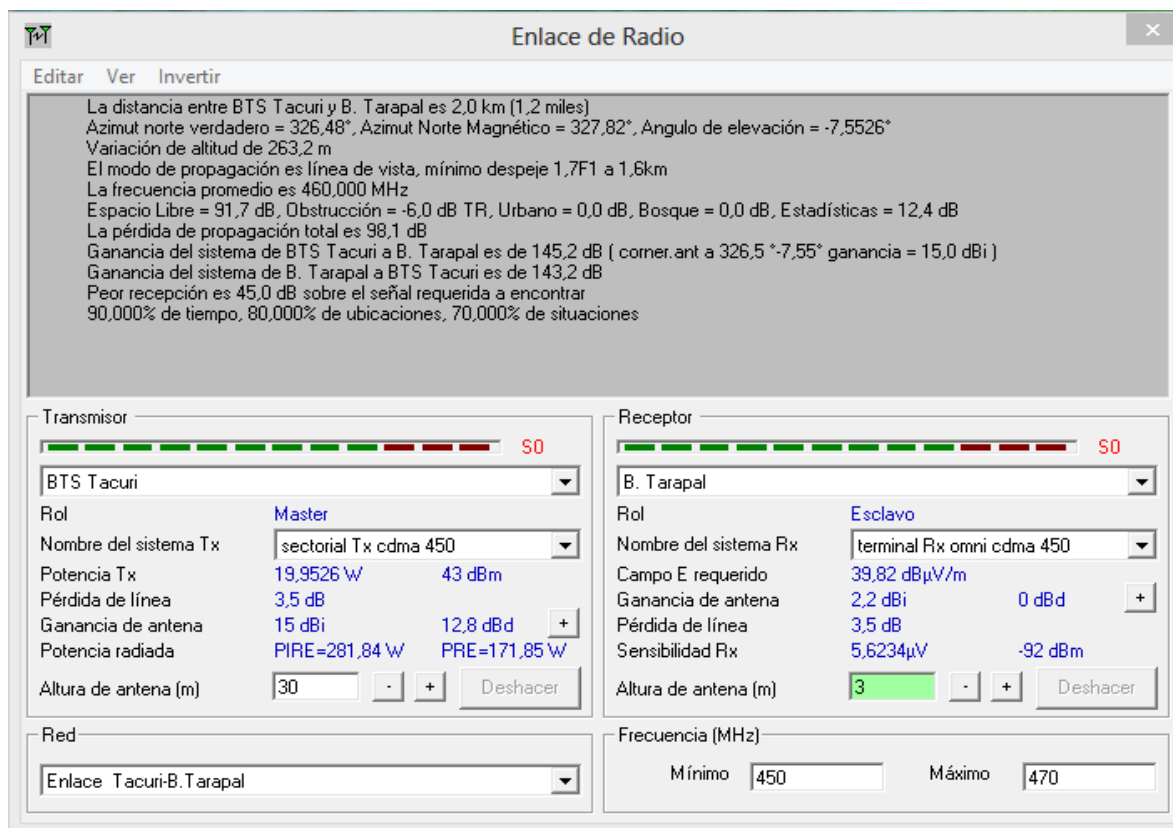
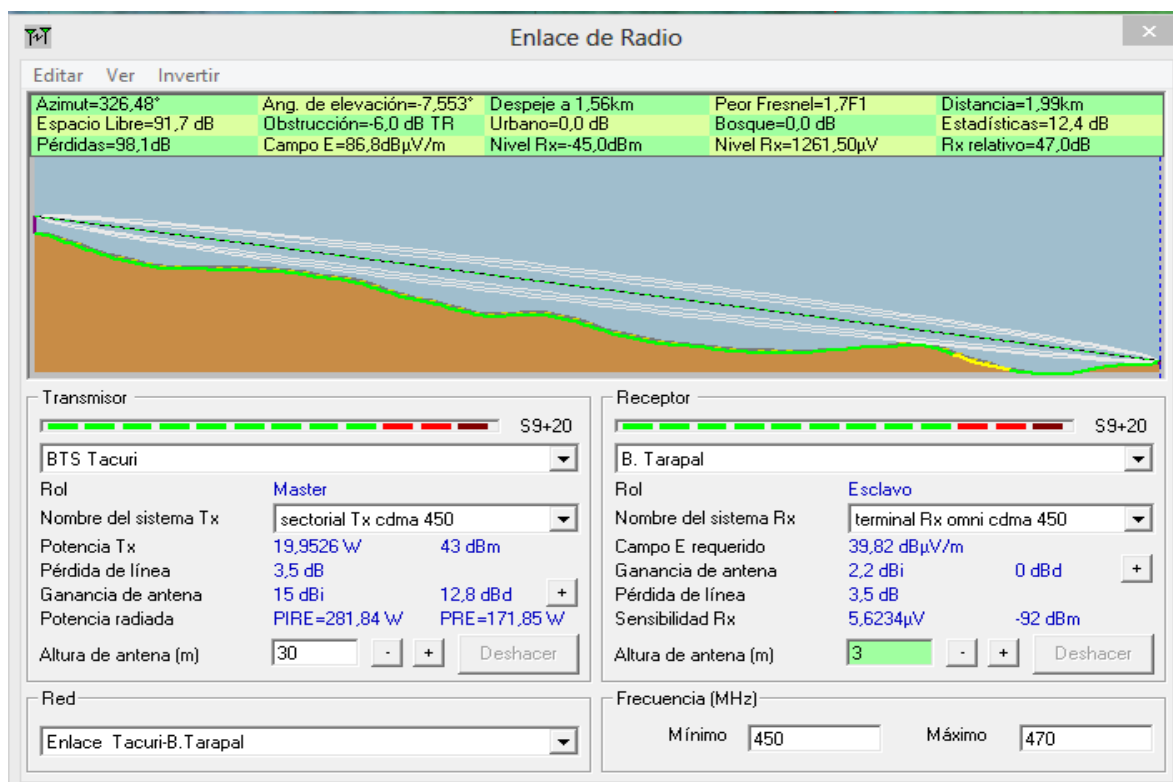


Figura 4.29 Radio enlace BTS Tacuri – B.Tarapal

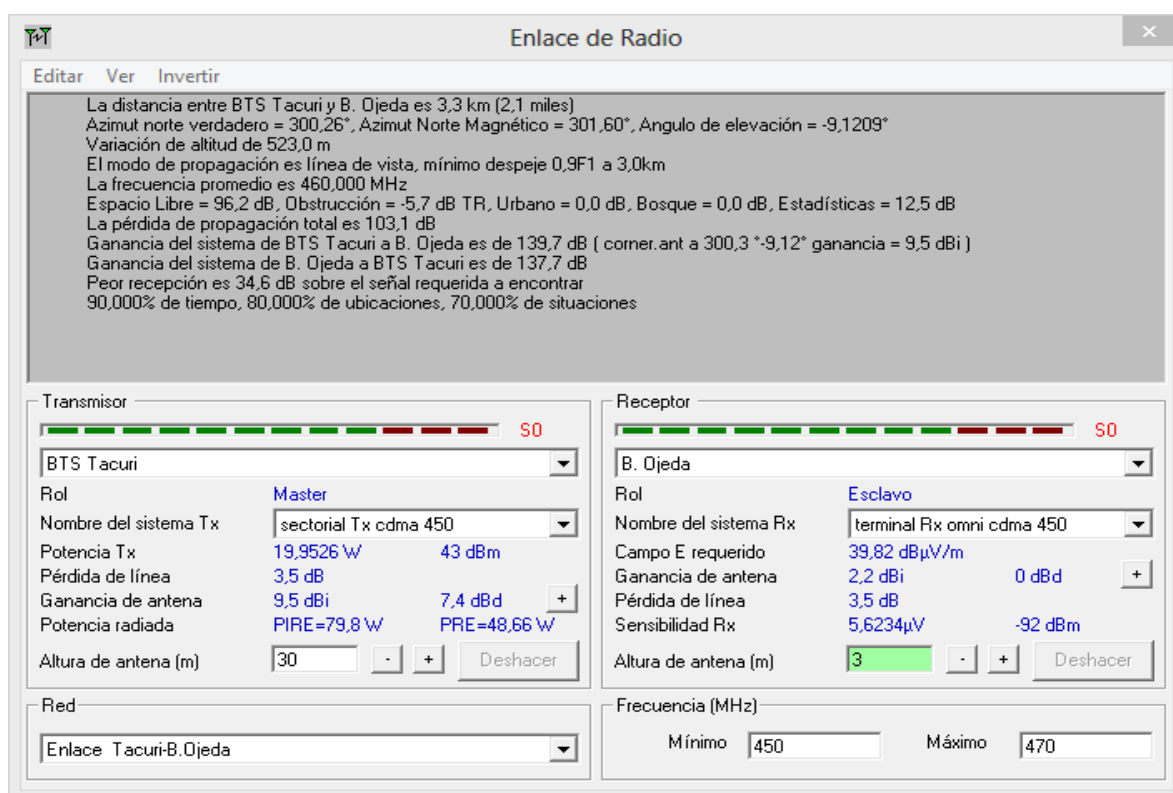
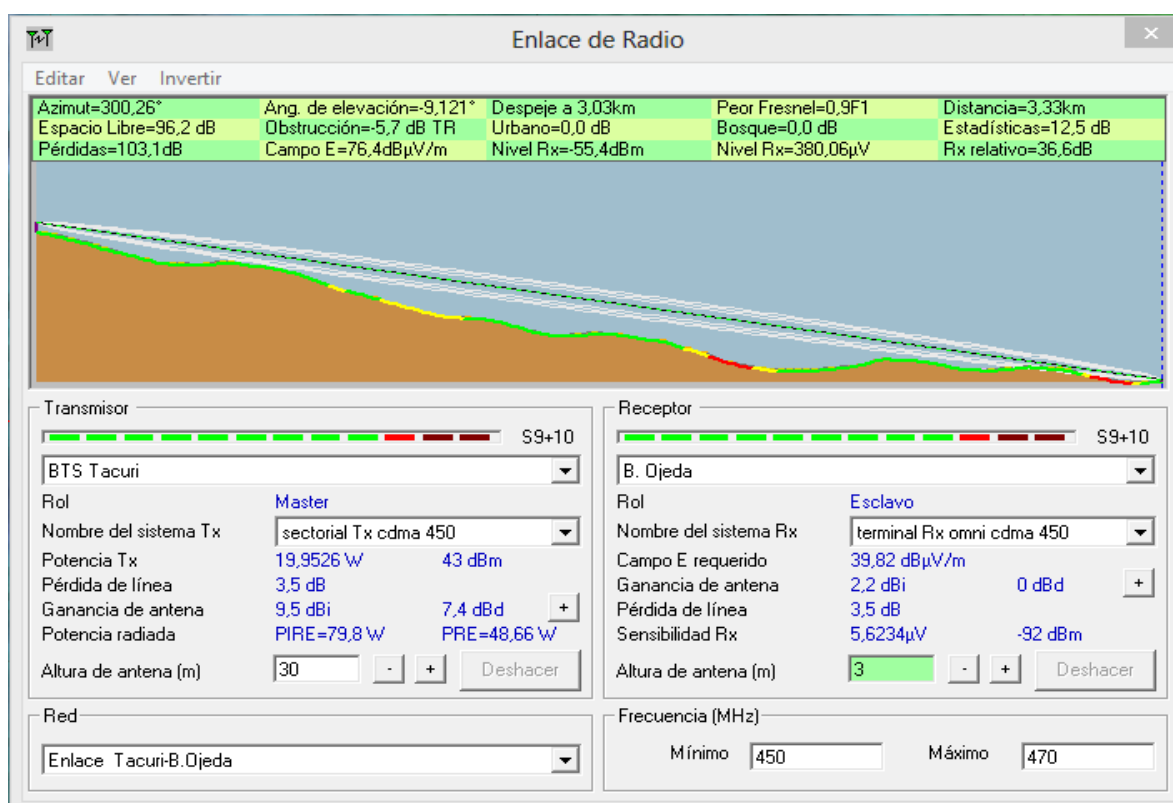


Figura 4.30 Radio enlace BTS Tacuri – B. Ojeda

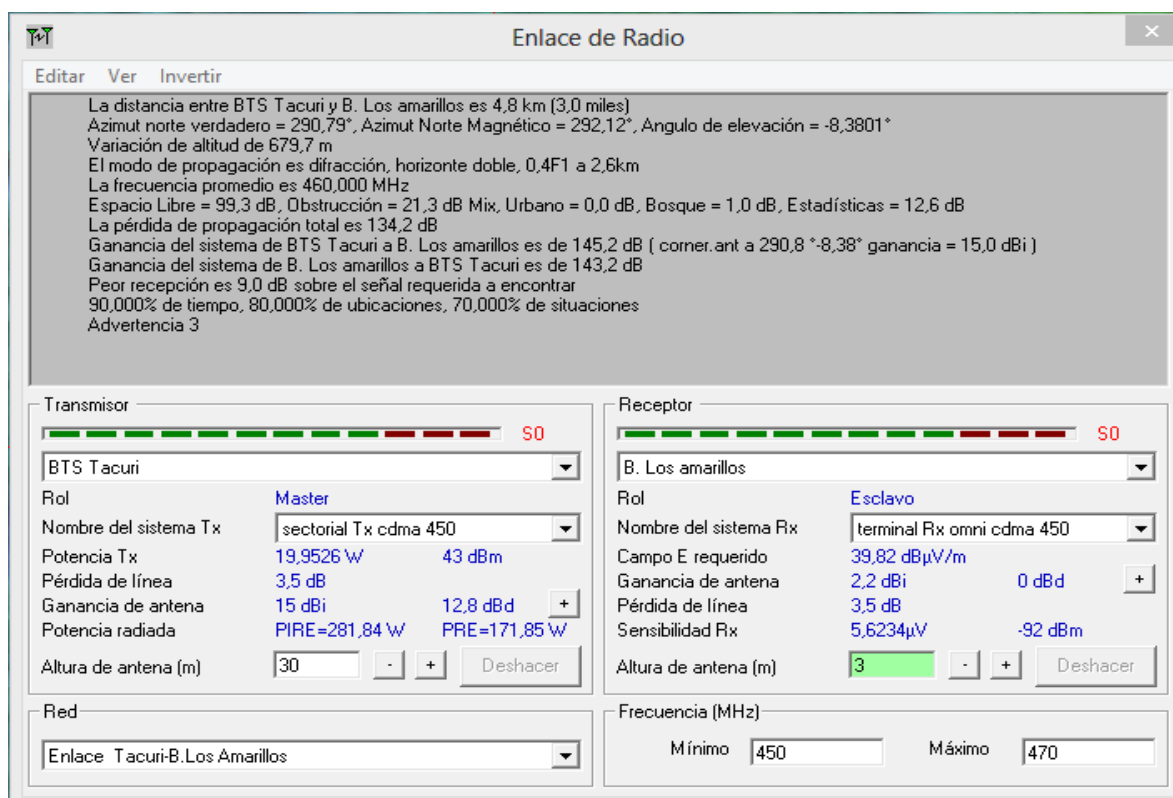
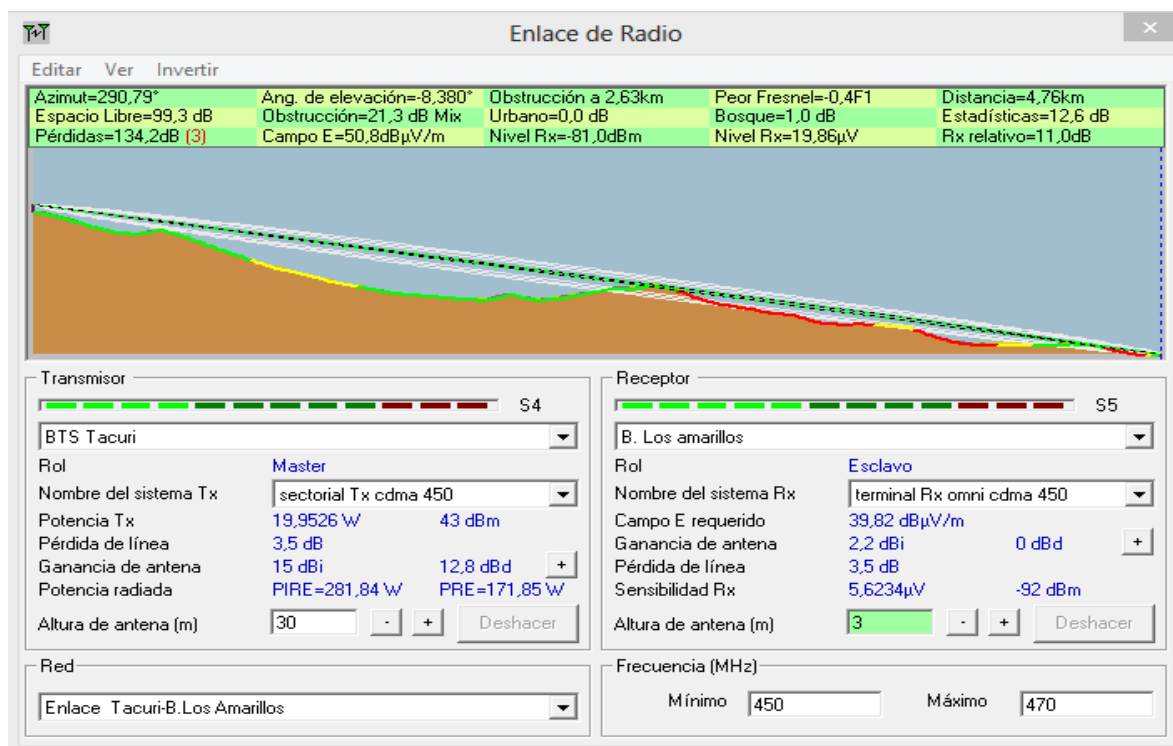


Figura 4.31 Radio enlace BTS Tacuri – B. Los amarillos

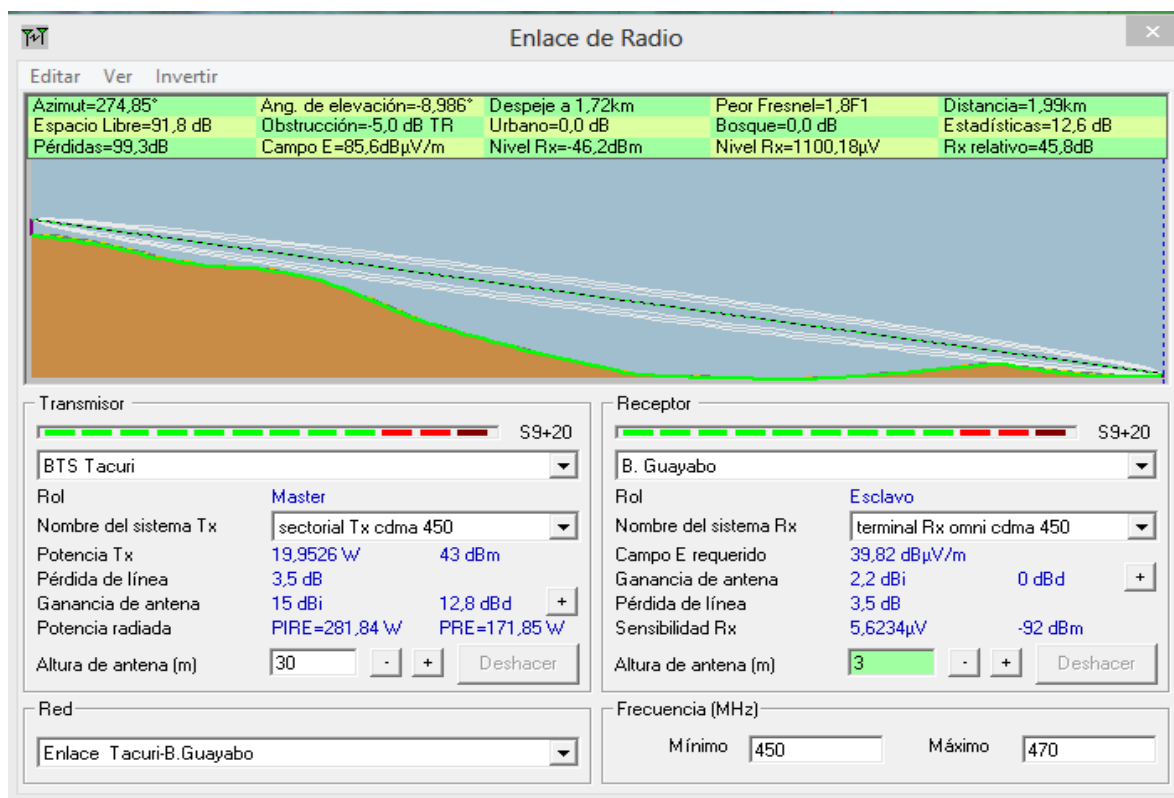


Figura 4.32 Radio enlace BTS Tacuri – B. Guayabo

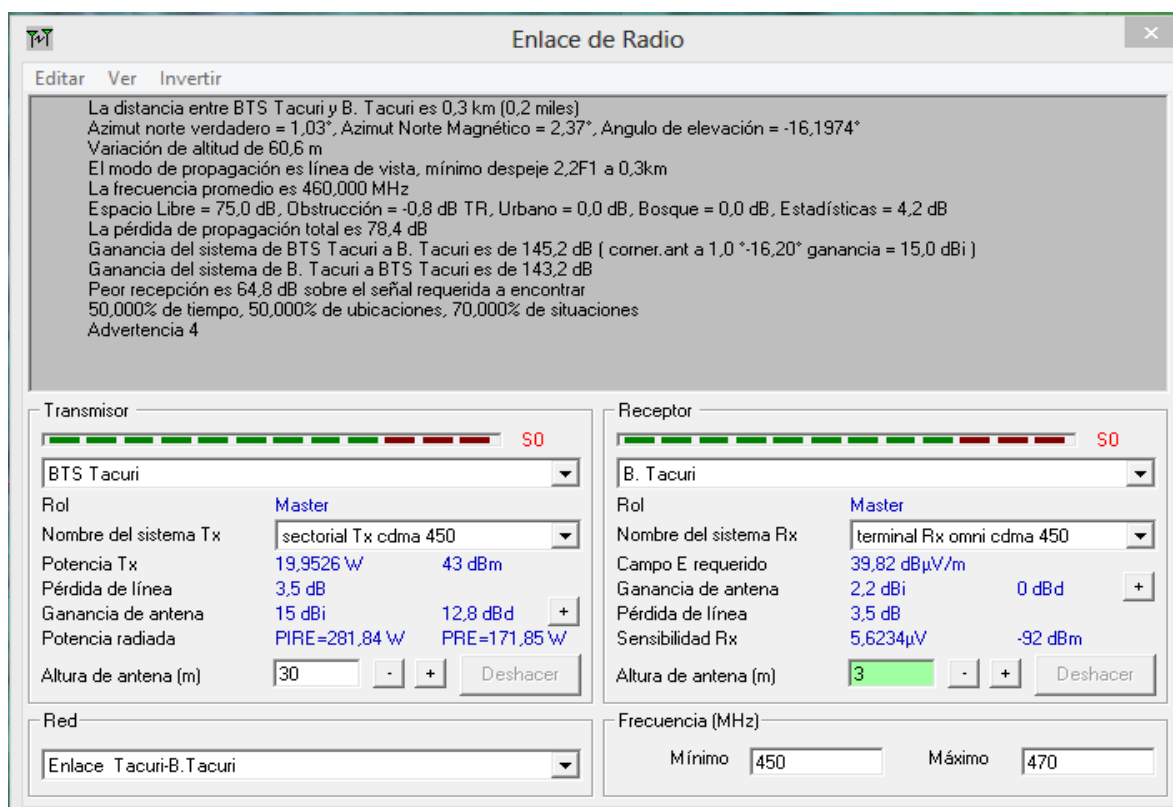
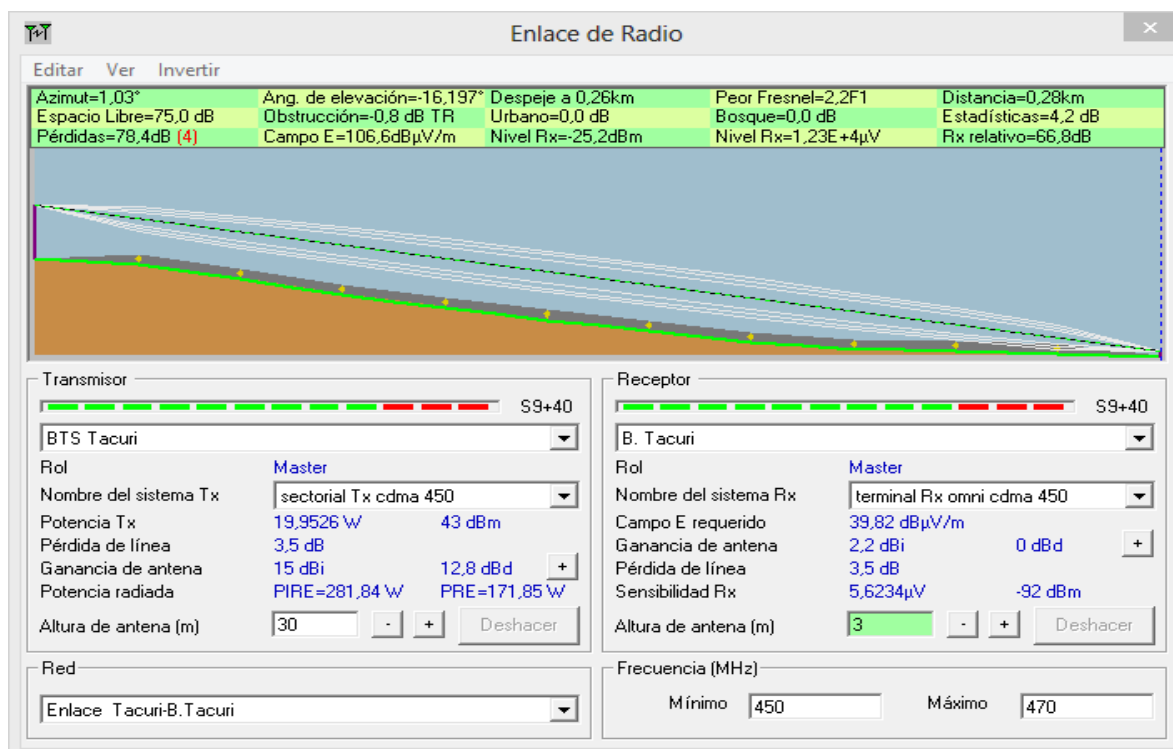


Figura 4.33 Radio enlace BTS Tacuri – B. Tacuri

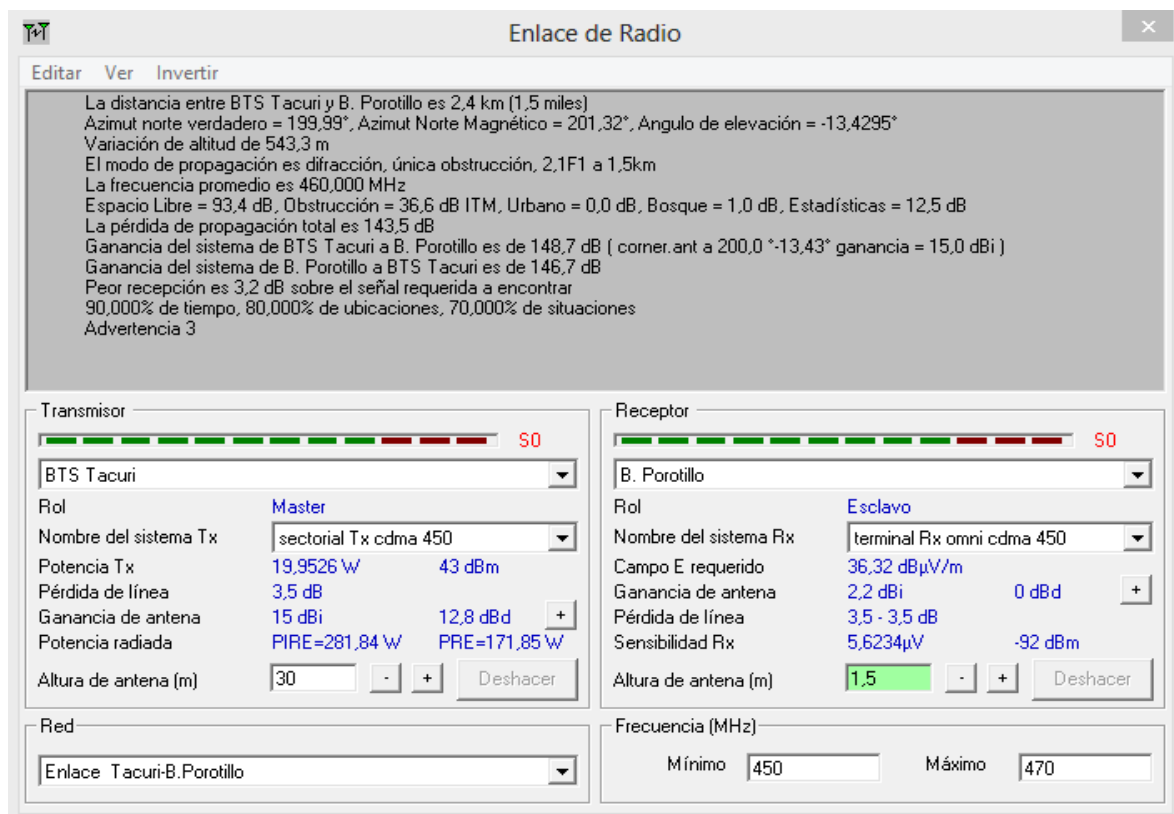
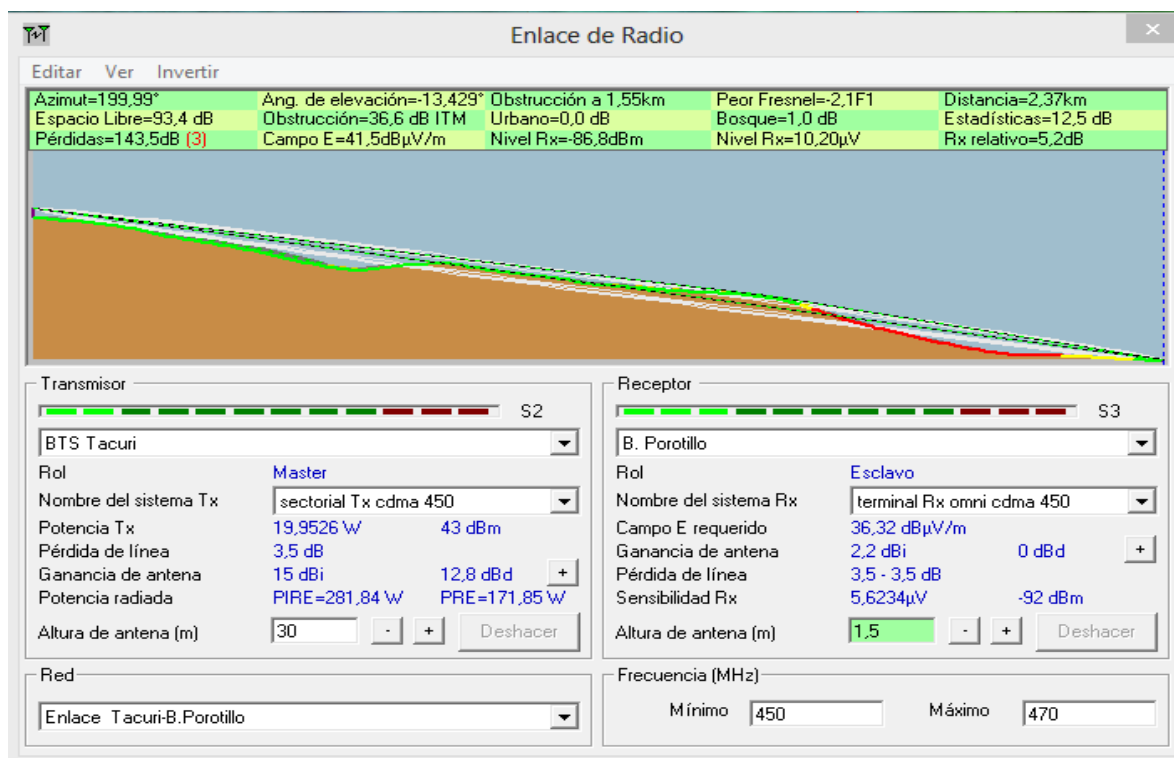


Figura 4.34 Radio enlace BTS Tacuri – B. Porotillo

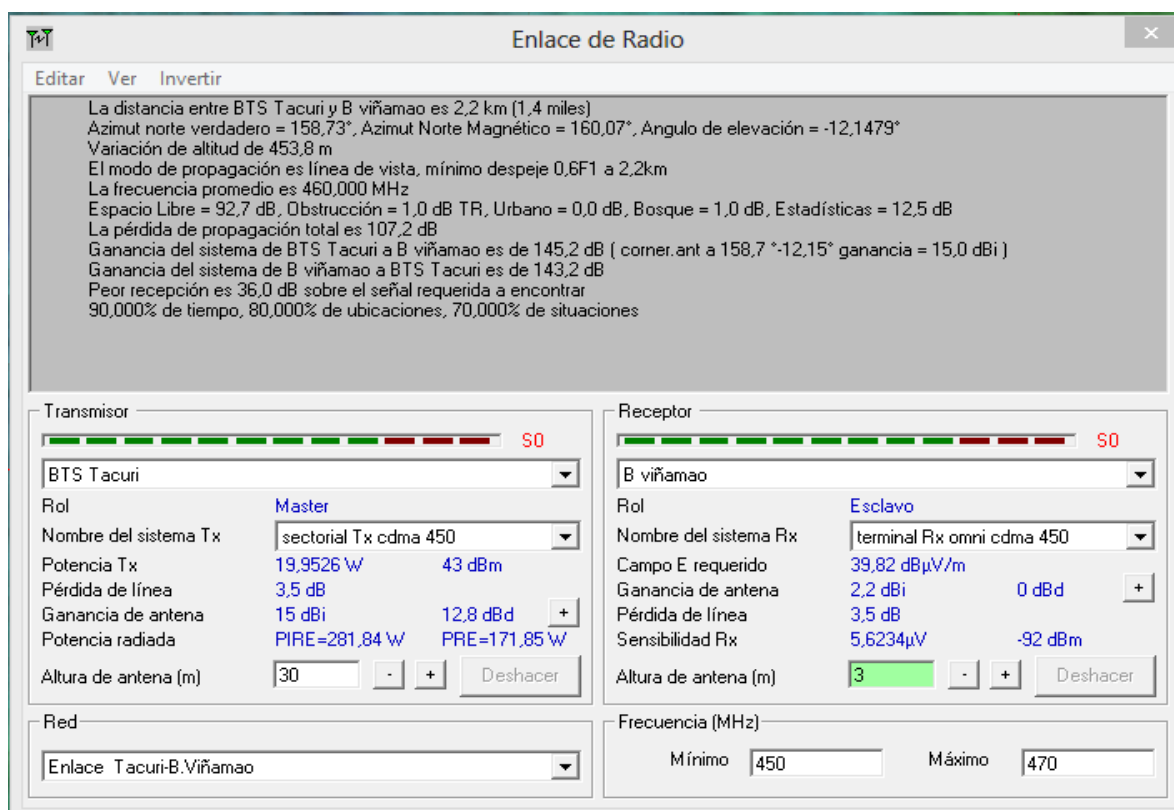
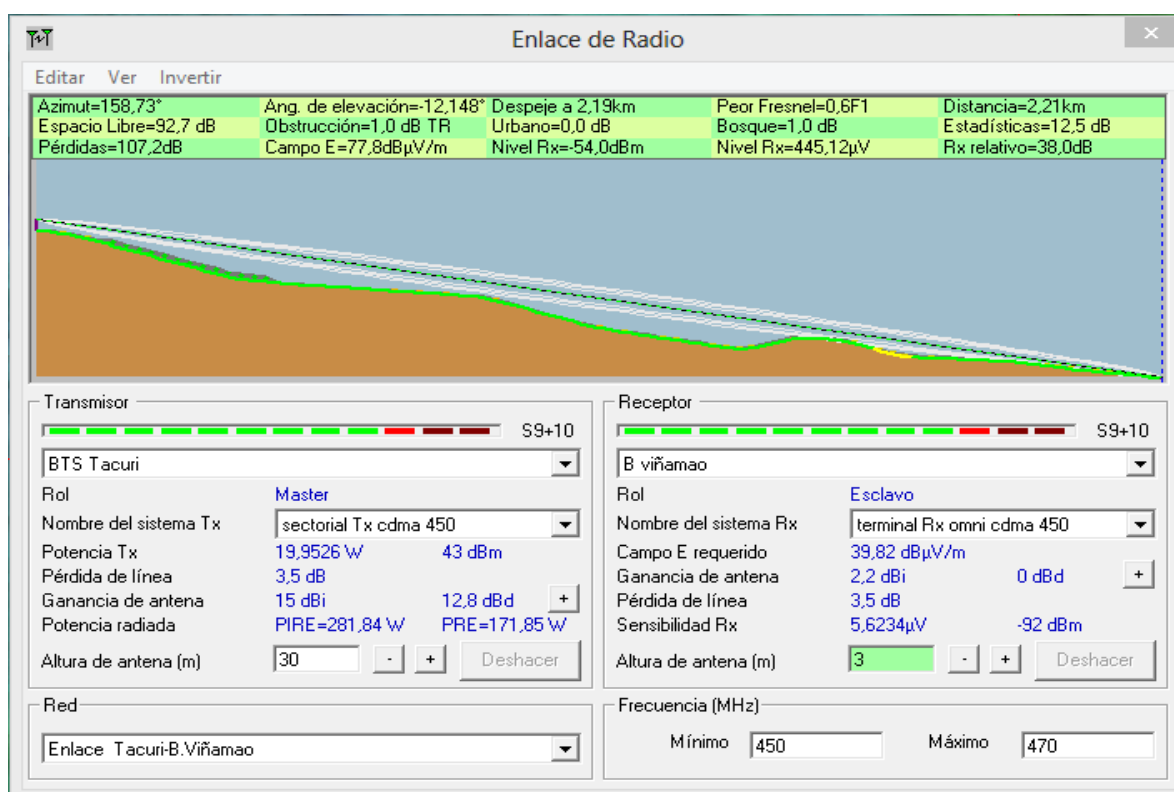


Figura 4.35 Radio enlace BTS Tacuri – B. Viñamao

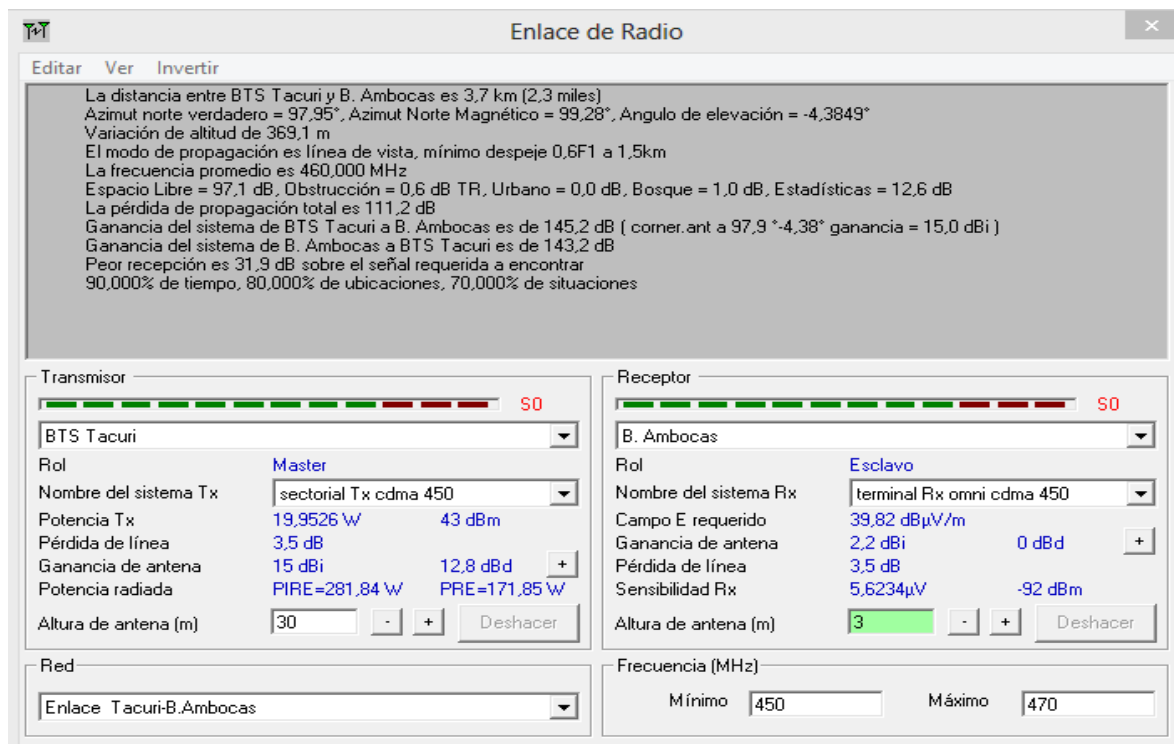
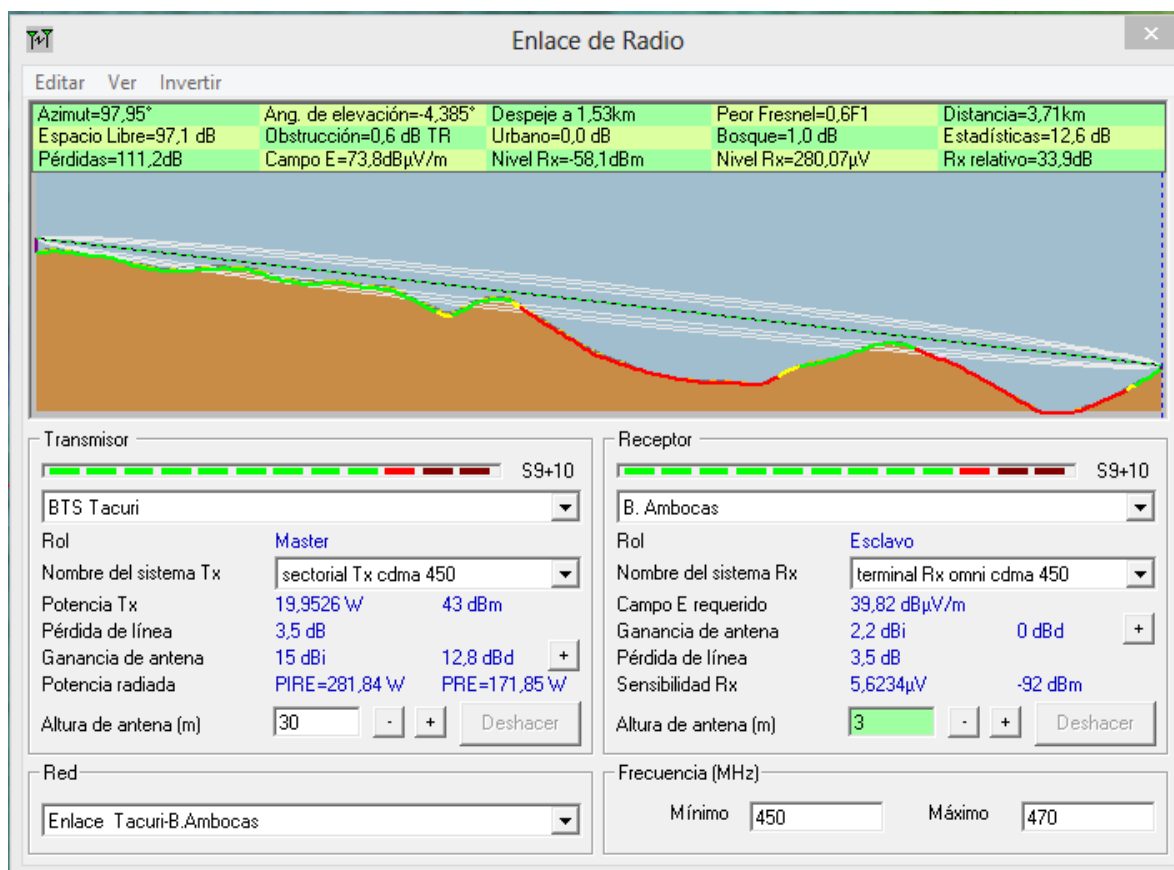


Figura 4.36 Radio enlace BTS Tacuri – B. Ambocas

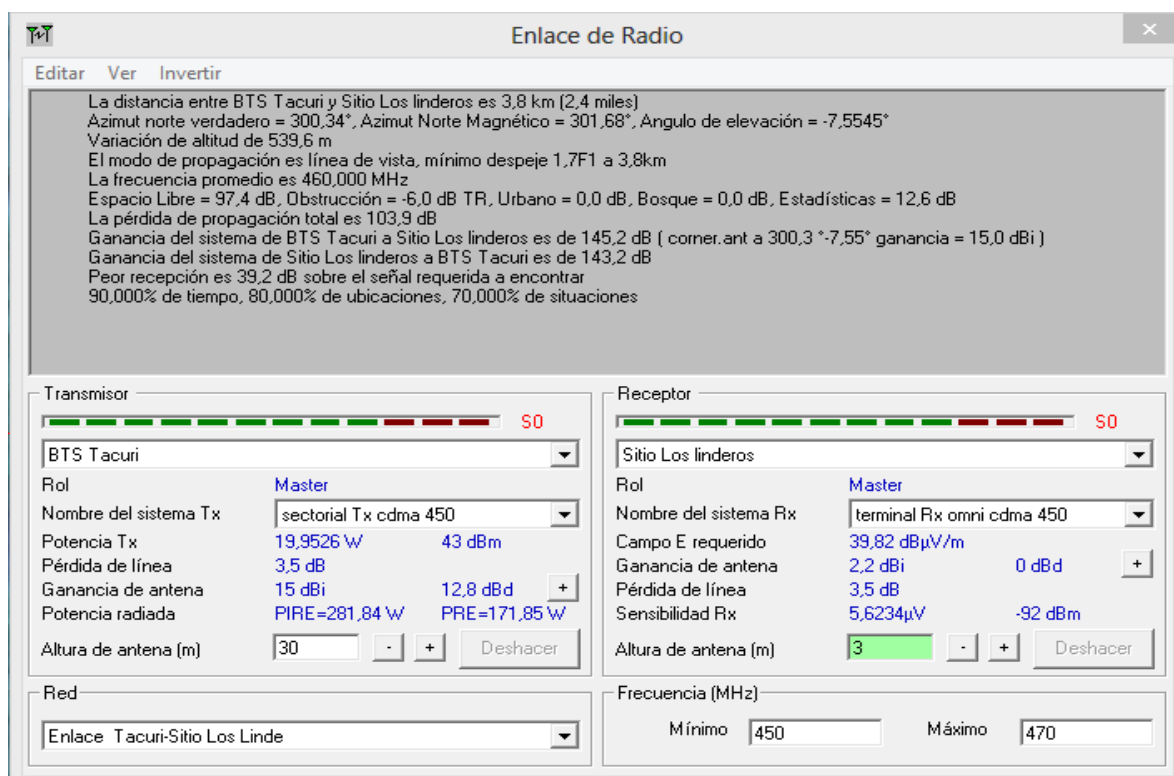
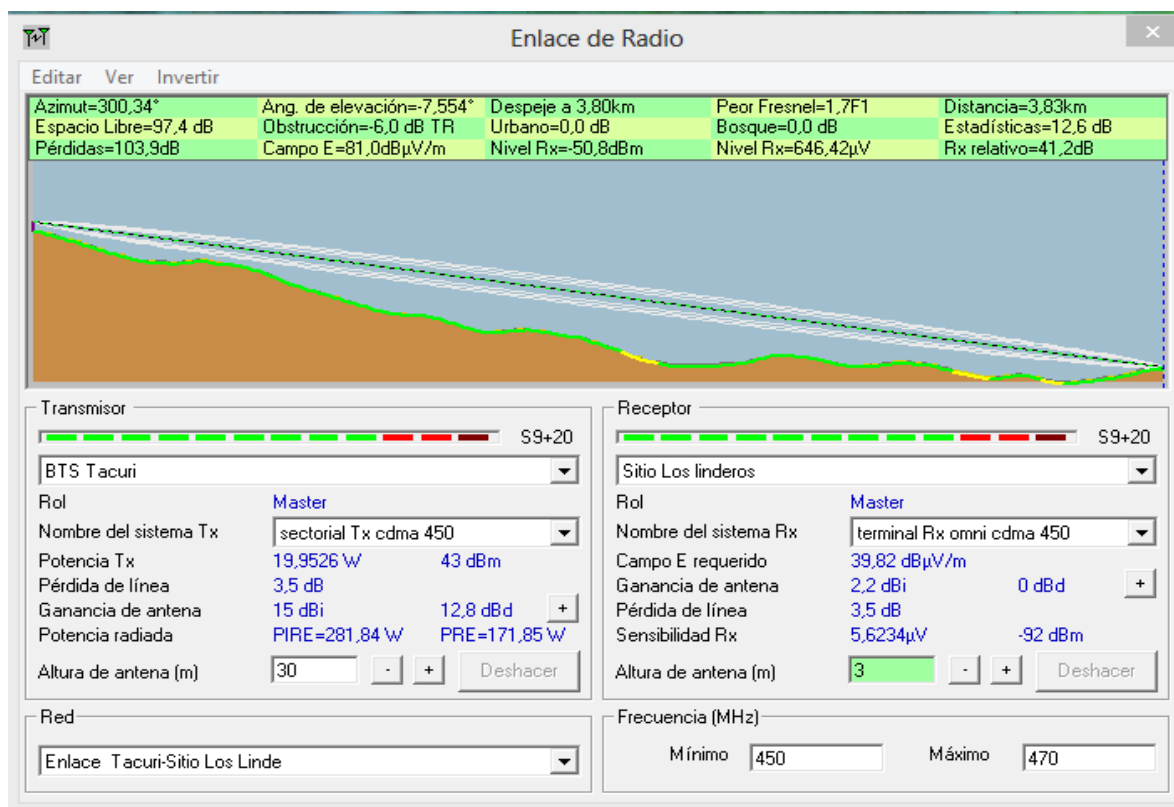


Figura 4.37 Radio enlace BTS Tacuri – B. Sitio Los linderos

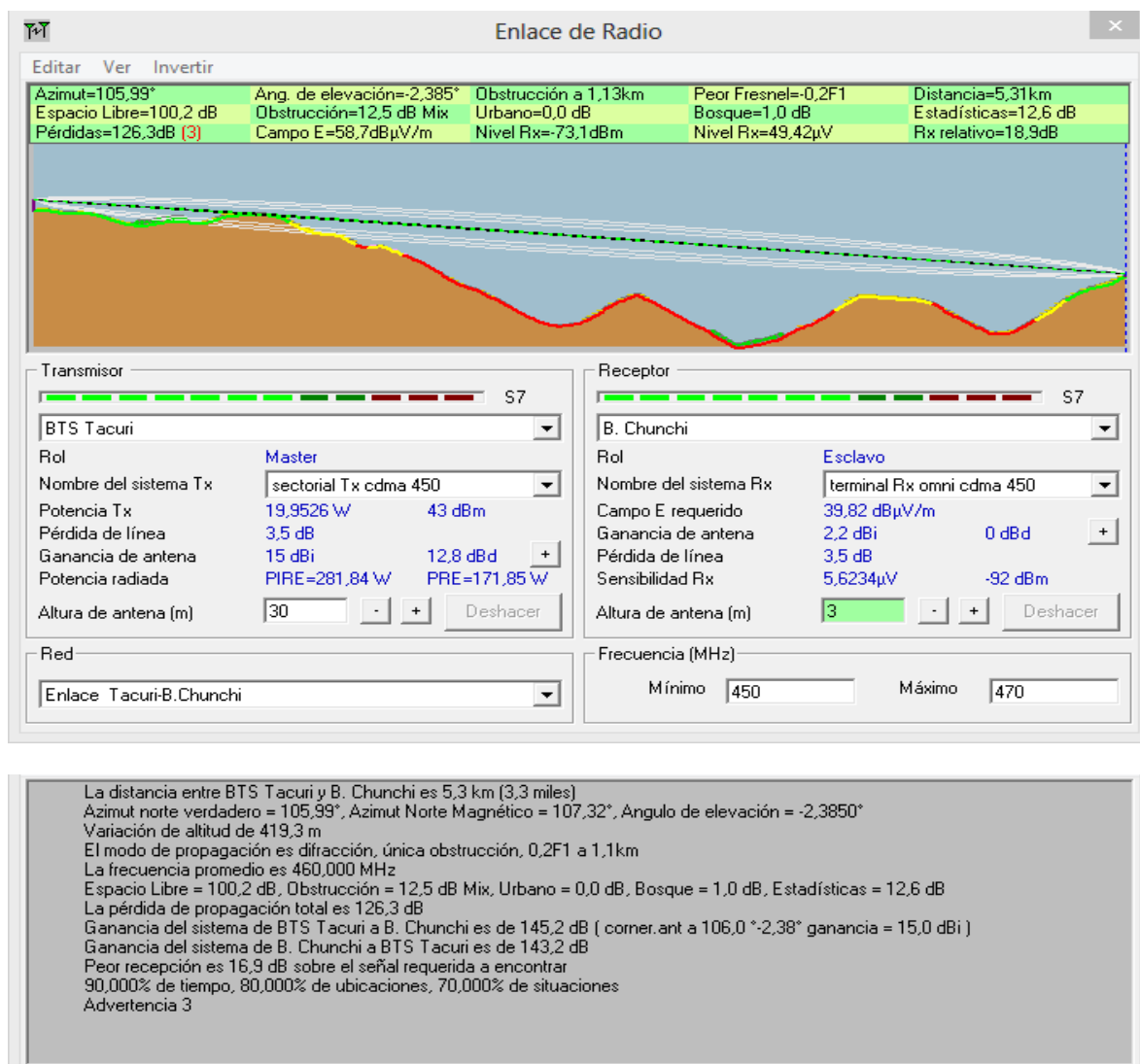


Figura 4.38 Radio enlace BTS Tacuri – B. Chunchi

Análisis de las simulaciones de los enlaces

Las simulaciones mediante el perfil geográfico demuestran que hay línea de vista sin obstáculos entre BTS Tacuri y cada uno de los barrios que conforman la parroquia Salatí. Con los resultados obtenidos se comprueban los datos calculados previamente mediante el modelo de propagación Okumura-Hata son correctos ya que en todos los enlaces la potencia recibida supera la sensibilidad de recepción.

El único caso a tener en cuenta es el del enlace con el barrio Porotillo donde debido al perfil geográfico la potencia recibida es baja (aunque supera el

umbral de recepción), lo cual podría solucionarse instalando antenas directivas dirigidas hacia la BTS Tacuri.

Simulación de cobertura

Para dar cobertura a todos los barrios de la parroquia se implementarán 3 antenas sectoriales de 120 grados de cobertura cada una, con lo que BTS Tacuri tendrá una cobertura de 360 grados y podrá abarcar a todos los barrios que se encuentran a su alrededor. Ver Figura 4.39 a Figura 4.45

Cobertura de Radio polar

Unidad central: **BTS Tacuri** Dibujar

Unidad móvil: **Salati** Cancelar

Red: **Enlace Tacuri-Cab parroquial**

Dirección del enlace

- Centro Tx - Móvil Rx
- Centro Rx - Móvil Tx
- Peor de los casos

Alcance (km)

Mínimo: Máximo:

Dibujar

- Contorno B Color
- Superficie Color
- Sólido
- Estilo de la red
- Arcoiris
- Borroso
- Complete.wav

Rango del azimut (°)

Mínimo: Máximo: Paso:

Patrón de Antena

Usar configuración de la antena de la red

Ver patrón

Umbral

- S-Unit Auto configuración
- dBm De
- µV A
- dBµV/m

Ang. de elevación (°)

Dibujar fondo

Dibujar Pequeño

Grabar los datos de cobertura (TXT)

Figura 4.39 Parámetros de la primera antena sectorial

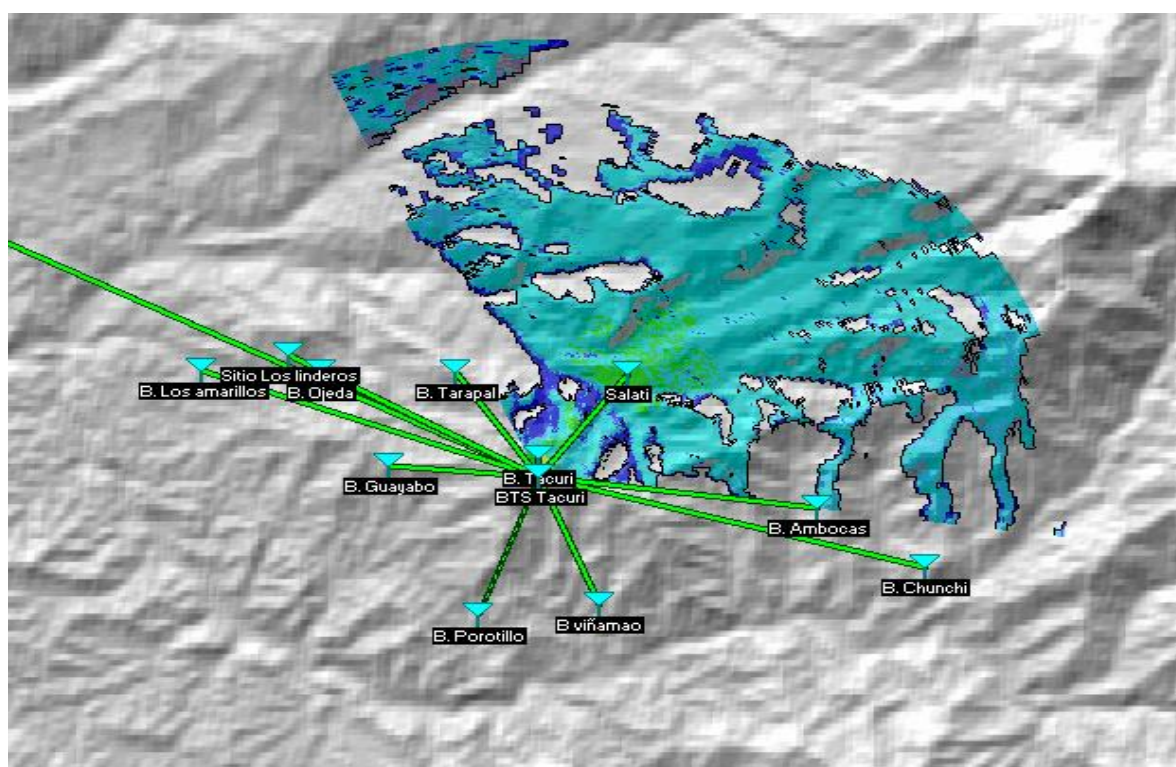


Figura 4.40 Cobertura de la primera antena sectorial de la BTS Tacuri

Unidad central **BTS Tacuri** Dibujar

Unidad móvil **B. Porotillo** Cancelar

Red **Enlace Tacuri-B.Porotillo**

Dirección del enlace

Centro Tx - Móvil Rx

Centro Rx - Móvil Tx

Peor de los casos

Alcance (km)

Mínimo Máximo

Dibujar

Contorno **B** Color

Superficie Color

Sólido

Estilo de la red

Arcoiris

Borroso

Complete.wav

Umbral

S-Unit Auto configuración

dBm De

μ V A

dB μ V/m

Rango del azimut (°)

Mínimo Máximo Paso

Patrón de Antena

Usar configuración de la antena de la red

Azimut (°) Ver patrón

Ang. de elevación (°) Dibujar fondo

Dibujar Pequeño

Figura 4.41 Parámetros de la segunda antena sectorial

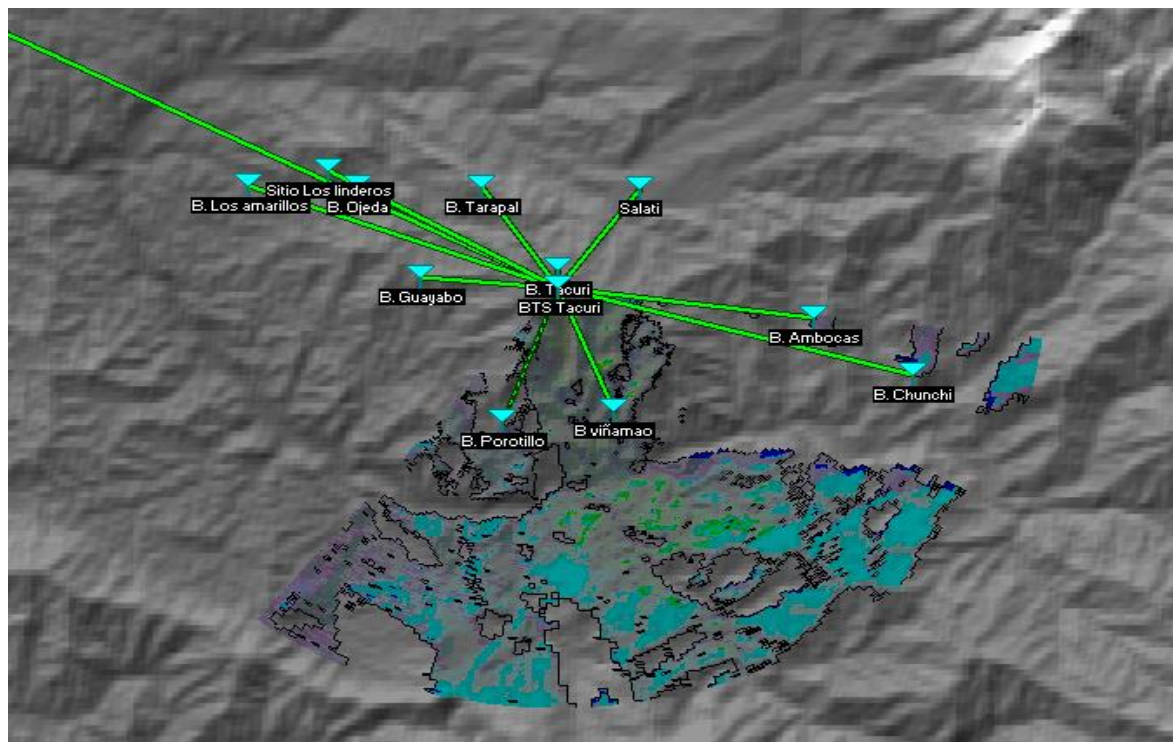


Figura 4.42 Cobertura de la segunda antena sectorial de la BTS Tacuri

Unidad central **BTS Tacuri** Dibujar

Unidad móvil **B. Ojeda** Cancelar

Red **Enlace Tacuri-B.Ojeda**

Dirección del enlace


Centro Tx - Móvil Rx
 Centro Rx - Móvil Tx
 Peor de los casos

Alcance (km)

Mínimo Máximo

Dibujar

Contorno **B** Color

Superficie 

Sólido

Estilo de la red

Arcoiris

Borroso

Complete.wav Color

Umbral

S-Unit Auto configuración

dBm De

μ V A

dB μ V/m

Rango del azimut (°)

Mínimo Máximo Paso

Patrón de Antena

Usar configuración de la antena de la red

Ver patrón

Azimut (°)

Ang. de elevación (°) Dibujar fondo

Dibujar Pequeño

Figura 4.43 Parámetros de la tercera antena sectorial

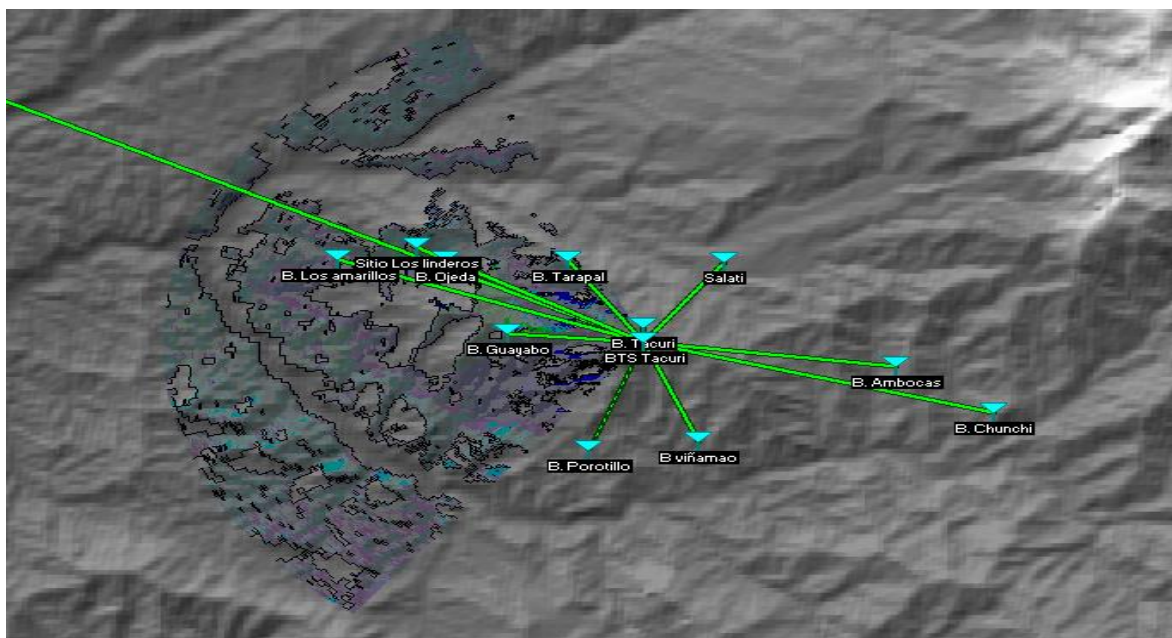


Figura 4.44 Cobertura de la tercera antena sectorial de la BTS Tacuri

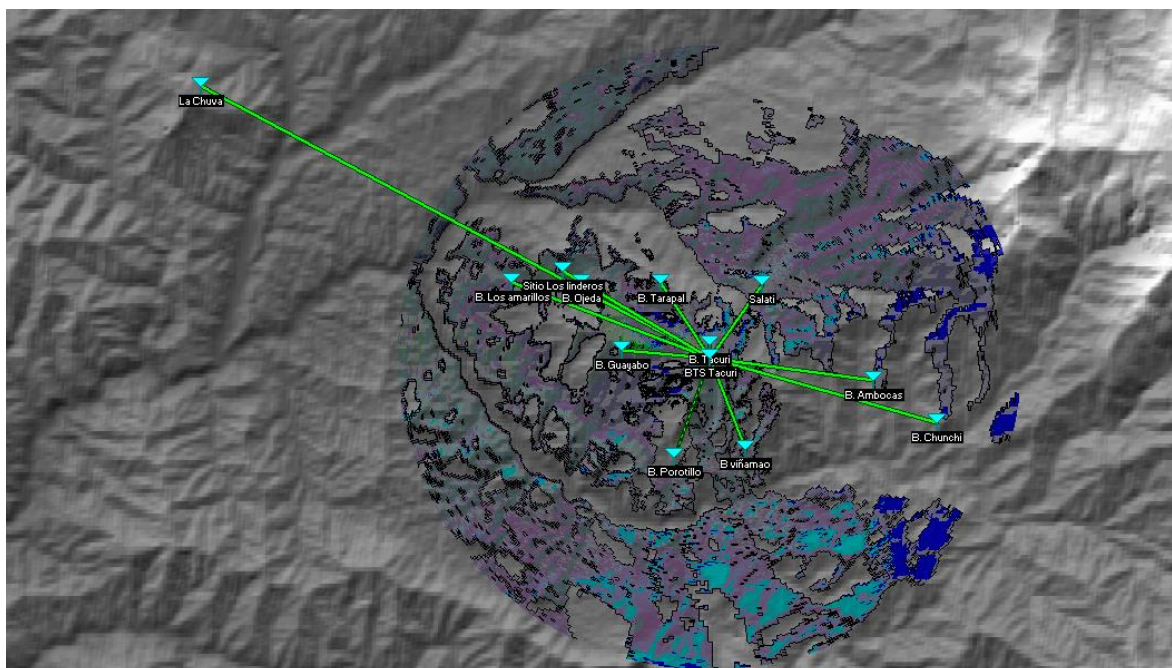


Figura 4.45 Cobertura total de BTS Tacuri

Como se puede apreciar en las simulaciones la ubicación propuesta para BTS Tacuri le permite cubrir el área calculada, dando servicio a todos los barrios de interés en el diseño de la red.

CAPÍTULO 5

5. ANÁLISIS ECONÓMICOS EN LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED CDMA 450

5.1 Costo de Equipos

Para el presupuesto de la propuesta en el diseño de la red CDMA 450 en la parroquia Salati, CNT nos facilita unas buenas ofertas de precios de los equipos que utilizan en sus instalaciones con la infraestructura HUawei.

En el equipamiento de usuario, existen una gran variedad de terminales con diferentes características y funciones, se encuentran precios desde \$ 35 para terminales de solo telefonía y de \$ 150 para terminales híbridos de telefonía más datos. En nuestro proyecto tomaremos la cantidad de 327 equipos a un precio de \$ 100 cada uno. Ver Tabla 11.

| COSTO DE EQUIPAMIENTO | | | | |
|----------------------------|-----------------------|--------------|----------|---------------|
| Ítem | DESCRIPCION | P. UNITARIO | CANTIDAD | SUBTOTAL |
| 1 | BTS (Inc. Antenas) | \$ 80,000.00 | 1 | \$ 80,000.00 |
| 2 | Terminales de Usuario | \$ 100.00 | 327 | \$ 32,700.00 |
| SUB TOTAL | | | | \$ 112,700.00 |
| Costo Aduanas (43%) | | | | \$ 48,461.00 |
| TOTAL | | | | \$ 161,161.00 |

Tabla 11: Costo de Equipamiento

5.2 Costo de interconexión

Se presenta el costo de interconexión, en base al número de E1s calculados.
Ver Tabla 12

| COSTO DE INTERCONEXION | | | | |
|----------------------------|-----------------|-------------|----------|--------------|
| ÍTEM | DESCRIPCION | P. UNITARIO | CANTIDAD | SUBTOTAL |
| 1 | Total telefonía | \$ 80.00 | 327 | \$ 26,160.00 |
| SUB TOTAL | | | | \$ 26,160.00 |
| Costo Aduanas (43%) | | | | \$ 11,248.80 |
| TOTAL | | | | \$ 37,408.80 |

Tabla 12: Costo de Interconexión

A continuación se muestra el costo total que se utilizara en el proyecto. Ver Tabla 13

| COSTO TOTAL | | |
|--------------|---------------|---------------|
| ÍTEM | DESCRIPCIÓN | SUBTOTAL |
| 1 | Equipamiento | \$ 161,161.00 |
| 2 | Interconexión | \$ 37,408.80 |
| TOTAL | | \$ 198,569.80 |

Tabla 13: Costo Total

5.3 Costo de Operación y Mantenimiento

Para un buen desempeño de la red, se debe tener en cuenta gastos que incluye para el personal que da mantenimiento a la red, reparación, repuesto de equipo, pago de servicios, transporte, etc. Ver Tabla 14 y 15.

| COSTO MANTENIMIENTO | | | |
|----------------------------|-----------------------------|--------------------|-----------------|
| ÍTEM | DESCRIPCION | P. UNITARIO | SUBTOTAL |
| 1 | Pago de energía mensual | \$ 100.00 | \$ 100.00 |
| 2 | Costo mensual de Transporte | \$ 500.00 | \$ 500.00 |
| 3 | Pago Personal | \$ 2,000.00 | \$ 2,000.00 |
| 4 | Subtotal | | \$ 2,600.00 |
| 5 | Costo IVA (12%) | | \$ 312.00 |
| | TOTAL | | \$ 2,192.00 |

Tabla 14: Costo de Mantenimiento

| INSTALACIÓN DE SERVICIOS | | | |
|--------------------------------------|--------------------------------|----------------|--|
| Familias | 327 | | |
| Terminal CDMA 450 Instalación | \$50,00 | | |
| Clientes | Porcentaje del servicio | Puertos | Precio de instalación por Servicios |
| Telefonía fija | 100% | 327 | \$ 16.350,00 |
| Internet | 40% | 131 | \$ 6.650,00 |
| Recursos para el trabajador | | | |
| Días en mes | 20 | | |
| Instalaciones por día | 46 | | |
| Tiempo instalación | 1 | | |
| Horas diarias | 8 | | |
| Instalación por día | 8 | | |
| Pareja instalador | 2 | | |

Tabla 15: Instalación de servicios

5.4 Costo de servicios en la parroquia Salatí

- Costos de los servicios ver Tabla 16

| COSTOS DE LOS SERVICIOS | |
|-------------------------|-----------|
| Telefonía fija | Precio \$ |
| Instalación | 50 |
| Pensión Básica | 6,20 |
| Internet | Precio \$ |
| Instalación | 0 |
| Servicio Básico | 25 |

Tabla 16: Costo de los servicios

- Facturación Telefonía (mensual y anual) Ver Tabla 17 y 18

Total 1er año: \$ 15.989,80

| | MES | | | | | | | | | | | |
|-----------------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|--------|--------|
| # | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Usuarios | 40 | 50 | 30 | 40 | 20 | 40 | 30 | 20 | 20 | 15 | 22 | 0 |
| Total U. | 40 | 90 | 120 | 160 | 180 | 220 | 250 | 270 | 290 | 305 | 327 | 327 |
| Costo \$ | 248 | 558 | 744 | 992 | 1116 | 1364 | 1550 | 1674 | 1798 | 1891 | 2027,4 | 2027,4 |

Tabla 17: Facturación mensual de Telefonía

| AÑO | | | | | |
|-----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| # | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Abonados | 327 | 327 | 327 | 327 | 327 |
| Costo \$ | 15.989,80 | 24.328,80 | 24.328,80 | 24.328,80 | 24.328,80 |

Tabla 18: Facturación anual de Telefonía

- Facturación Internet (mensual y anual) Ver Tabla 19 y 20

Total 1er año: \$ 20.525,00

| MES | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| # | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Usuarios | 10 | 10 | 15 | 10 | 10 | 15 | 10 | 10 | 10 | 15 | 15 | 11 |
| Total U. | 10 | 20 | 35 | 45 | 55 | 60 | 70 | 80 | 90 | 105 | 120 | 131 |
| Costo \$ | 250 | 500 | 875 | 1125 | 1375 | 1500 | 1750 | 2000 | 2250 | 2625 | 3000 | 3275 |

Tabla 19: Facturación mensual de Internet

| AÑO | | | | | |
|-----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| # | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Abonados | 327 | 327 | 327 | 327 | 327 |
| Costo \$ | 20.525,00 | 39.300,00 | 39.300,00 | 39.300,00 | 39.300,00 |

Tabla 20: Facturación anual de Internet

- Facturación Total de los 2 servicios (Telefonía fija +internet) Ver Tabla 21 y 22

Total 1er año: \$ 36.514,80

| MES | | | | | | | | | | | | |
|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------|--------|
| # | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| \$ | 498 | 1058 | 1619 | 2117 | 2491 | 2864 | 3300 | 3674 | 4048 | 4516 | 5027.4 | 5302.4 |

Tabla 21: Facturación mensual Total

| AÑO | | | | | |
|-----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| # | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Costo \$ | \$ 36.514,80 | \$ 63.628,80 | \$ 63.628,80 | \$ 63.628,80 | \$ 63.628,80 |

Tabla 22: Facturación anual Total

- Resultados del 1er año Ver Tabla 23

| PRECIO DE SERVICIOS AL AÑO | |
|----------------------------|--------------|
| Telefonía | \$ 15.989,80 |
| Internet | \$ 20.525,00 |

Tabla 23: Precios por servicio

- Precio por usuario anual

$$\frac{36.514,80}{371} = \$ 98.42$$

- Precio por usuario mensual

$$\frac{98.42}{12} = \$ 8.20$$

5.5 Análisis del VAN y TIR

VAN

Para ayudarnos a sacar el Valor Actualizado Neto (VAN) hallamos la diferencia entre nuestros ingresos y los egresos anuales, este valor que obtenemos nos permiten estimar cuando recuperamos nuestra inversión.

El valor de color rojo es la inversión inicial, luego se procede a sacar el VAN con una tasa la cual se puede elegir un valor entre el 8% al 13%, en nuestro proyecto integrador utilizaremos un 10% de tasa. Ver Tabla 24 y 25.

En la Tabla 25 notamos en el quinto año existe una ganancia, la cual no es neta para nosotros, ya que de acuerdo a la tabla 2015 del SRI, del monto obtenido debemos dar un 0%. Quitando este valor tendríamos nuestro valor neto. Ver Tabla 26

| DESCRIPCIÓN | AÑO | | | | |
|---|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 |
| INGRESOS | | | | | |
| Por servicio e instalación para Telefonía | \$ 15,989.80 | \$ 24,328.80 | \$ 24,328.80 | \$ 24,328.80 | \$ 24,328.80 |
| Por servicio e instalación para Internet | \$ 20,525.00 | \$ 39,300.00 | \$ 39,300.00 | \$ 39,300.00 | \$ 39,300.00 |
| TOTAL INGRESOS | \$ 36,514.80 | \$ 63,628.80 | \$ 63,628.80 | \$ 63,628.80 | \$ 63,628.80 |
| EGRESOS | | | | | |
| Mano de obra | \$ 8,050.00 | \$ 3,450.00 | \$ 5,750.00 | \$ 2,760.00 | \$ 2,990.00 |
| Arrendamiento | \$ 1,800.00 | \$ 1,800.00 | \$ 1,800.00 | \$ 1,800.00 | \$ 1,800.00 |
| Servicios básicos | \$ 2,400.00 | \$ 2,400.00 | \$ 2,400.00 | \$ 2,400.00 | \$ 2,400.00 |
| TOTAL EGRESOS | \$ 12,250.00 | \$ 7,650.00 | \$ 9,950.00 | \$ 6,960.00 | \$ 7,190.00 |
| INVERSIÓN INICIAL Año 2015 | | | | | |
| Transporte | \$ 80,000.00 | | | | |
| Enlace | \$ 32,700.00 | | | | |
| Instalación | \$ 37,408.80 | | | | |
| Mano de obra | \$ 15,000.00 | | | | |
| Servicios básicos | \$ 1,200.00 | | | | |
| TOTAL INVERSION | \$ 166,308.80 | | | | |

Tabla 24: Ingresos y egresos

| TASA | 10% | AÑO 1 | AÑO 2 | AÑO 3 | AÑO 4 | AÑO 5 |
|-------------------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|--------------|
| Valor Actual | \$ (166,308.80) | \$ 22,058.91 | \$ 46,263.47 | \$ 40,329.68 | \$ 38,705.55 | \$ 35,044.05 |
| VA Flujo de Caja | \$ (166,308.80) | \$ (144,249.89) | \$ (97,986.42) | \$ (57,656.74) | \$ (18,951.19) | \$ 16,092.86 |

Tabla 25: VAN

| | |
|--------------------------------------|--------------|
| Impuesto a la renta | 0% |
| Ganancia | \$ 16,092.86 |
| Ganancia neta para la empresa | \$ 16,092.86 |

Tabla 26: Ganancia Neta

TIR

La tasa interna de retorno (TIR) es la rentabilidad que tiene el producto si es viable o no comparándola con la tasa utilizada en el VAN. Como se aprecia en la Tabla 27 el TIR nos salió de un 13%. Al analizar este dato como lo hacen los financieros es un valor rentable comparándola con el valor que se usó en el VAN (10%).

| | |
|--------------------------------|------------|
| Tasa interna de retorno | 13% |
|--------------------------------|------------|

Tabla 27: Porcentaje TIR

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. El sistema CDMA 450 es tecnología efectiva en el servicio universal de las Telecomunicaciones, debido a su eficiencia espectral, su capacidad de voz y las altas velocidades de transmisión de datos a un bajo costo, dando una solución factible en lo que respecta a zonas rurales.
2. CDMA 450 usa pocas estaciones base por el área de cobertura que es considerable con respecto a otras frecuencias.
3. Se pudo encontrar una solución factible para que los habitantes puedan disfrutar de un servicio universal aun con la geografía que presenta este sector. Y es que CDMA 450 brinda la oportunidad de que en los pueblos rurales tengan el servicio voz y datos a un costo económico.
4. El código WALSH que usa CDMA 450 permite tener una alta inmunidad a interferencia y aun en un ambiente difícil, las condiciones de propagación son buenas. Es por ello que es muy utilizado en zonas rurales
5. Se comprobó que la implementación de la red CDMA 450 para esta zona es la mejor solución para brindar servicio de telefonía fija y datos con respecto a otras tecnologías inalámbricas como WIMAX, debido a que en esta última si el número de usuarios aumenta provoca una caída en el rendimiento de la red y en la calidad del servicio. Lo que no ocurre en CDMA

Recomendaciones

1. En las zonas en donde la potencia de señal recibida no sea óptima es necesario implementar antenas directivas a los terminales de los usuarios, las cuales pueden ser colocadas a 5m de altura y tienen una ganancia mayor que las antenas omnidireccionales incluidas en los equipos. Con lo cual se podrá mejorar la potencia de recepción y la calidad de servicio del usuario.
2. Para recuperar la inversión en un tiempo menor a 5 años se podría redimensionar el proyecto para que la BTS Tacuri amplíe su radio de cobertura y pueda dar servicio a las poblaciones aledañas a la parroquia Salatí, con lo que aumentaría el número de abonados y los ingresos. Todo esto sería posible realizando el debido estudio de las poblaciones aledañas, lo cual no fue tema de este proyecto por motivos de tiempo.
3. Es importante el uso de equipos compactos para la implementación de la BTS, ya que la zona escogida para su ubicación cuenta solo con caminos de herradura por lo que se dificulta el transporte de implementos de gran tamaño.
4. Se debe considerar la implementación de un sistema de energía de respaldo como generadores o un banco de baterías, para que BTS Tacuri pueda seguir brindando servicio en el caso de que la energía eléctrica pública que la alimenta falle. Esto es recomendable siempre y cuando los usuarios cuenten con un suministro de energía pública distinto al de la BTS.

Bibliografía

- [1] J. E. Ayala, & M. E. Guaño, “Análisis de la tecnología CDMA-450 y su aplicación en la propuesta de diseño de una BTS en Santa Rosa de Izitziñag y sus alrededores para CNT S.A (Chimborazo)”. Tesis de ingeniería, Facultad de Informática y Electrónica, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador, 2010.
- [2] W. A. Aliaga, “Diseño de una red de acceso inalámbrico utilizando tecnología CDMA 450 MHz para el distrito de Ahuac, provincia de Chupaca, departamento de Junín”. Tesis de ingeniería, Facultad de Ciencias e Ingeniería, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú, 2008.
- [3] M. A. Campoverde, “Estudio y diseño de una red inalámbrica utilizando CDMA450 para dar el servicio de telefonía fija para varias localidades en el sector noroccidental de la provincia de Pichincha para ANDINATEL S.A.” Tesis de ingeniería, Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador, 2007.
- [4] A. E. Cozar, “Estudio de factibilidad para la implementación de CDMA 450 en el sector rural San Guisel Alto del cantón Colta”. Tesis de ingeniería, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, Ecuador, 2010.
- [5] J. P. Vargas, “Diseño de una red rural CDMA 450. En las cuencas de los ríos Paruro y Acomayo”. Tesis de ingeniería, Facultad de Ciencias e Ingeniería, Universidad Católica del Perú, Lima, Perú, 2009.
- [6] D. M. Uribe, “Uso de la banda 450 MHz con la tecnología de acceso múltiple por división de código; CDMA, en el Ecuador para la ampliación del acceso universal”. Tesis de Maestría, Área de gestión, Universidad Andina Simón Bolívar, Quito, Ecuador, 2009.
- [7] J. L. Bravo & M. S. Mendoza, “Análisis de la calidad de servicio de telefonía fija inalámbrica CDMA 450 de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT E.P.) en la provincia de Cañar”. Tesis de ingeniería, Facultad de Ingeniería, Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador, 2013.
- [8] J. S. Tapia, “Diseño de una red rural para la provisión de telefonía fija inalámbrica empleando tecnología CDMA en la banda de los 450 MHz, para las parroquias de Ascazubi, Otón, Guayllabamba, Llora y Rumipamba de la provincia de Pichincha”. Tesis de ingeniería, Departamento de Eléctrica y Electrónica, Escuela Politécnica del Ejército, Sangolquí, Ecuador, 2011.

- [9] A. A. Pacheco, "Evaluación de la aplicabilidad de la tecnología CDMA 450 en el Austro Ecuatoriano mediante la utilización de un modelo basado en sistemas de información geográfica". Tesis de Maestría, Facultad de Ingeniería, Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador, 2011.
- [10] R. Coterá, "Diseño de una Red de Telecomunicaciones rural. CDMA 450, para las poblaciones en las riberas de los ríos Paruro, Apurímac y Acomayo". Tesis de ingeniería, Departamento de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería electrónica Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú, 2011.
- [11] J. k. Paredes, "Diseño de una red inalámbrica con tecnología CDMA 450 para proveer servicios de voz y datos en centros educativos ubicados en la parroquia Colonche y sus alrededores". Tesis de ingeniería, Facultad de sistemas y telecomunicaciones, Universidad Estatal Península de Santa Elena, La Libertad, Ecuador, 2013.
- [12] A.J. Viterbi, CDMA principles of spread spectrum communication, 1th ed. MA: Addison-Wesley, 1995.
- [13] J.S. Lee and L.E. Miller , CDMA systems engineering handbook, 1th ed. US: Artech House Publishers, 1998.
- [14] S. Winder , Telecommunications pocket book, 3th ed. UK: Newnes (an imprint of Butterworth-Heinemann Ltd), 2001.

ANEXO A1

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

| | |
|---------|--|
| m.s.n.m | Metros sobre el Nivel del Mar |
| CDMA | Code Division Multiple Access |
| FDMA | Acceso al Medio por División de Frecuencia |
| TDMA | Acceso Múltiple por División del Tiempo |
| FH | Frequency Hopping |
| DS | Direct Sequence |
| MS | Estación Móvil (Mobile Station) |
| BTS | Estación Base (Base Transceiver Station) |
| BSC | Controlador de Estación Base (Base Station Controller) |
| HLR | Home Location Register |
| MSC/VLR | Mobile Switching Center/Visitor Location Register |
| PDSN | Packet Data Serving Node |
| AAA | Accounting, Authentication and Authorization |
| PCF | Packet Control Funcion |
| AR | Router de Acceso |
| AP | Access Points |
| RTT | Radio Transmission Technology |
| QoS | Quality of Service |
| LAC | Link Access Control |
| MAC | Medium Access Control |
| 1xEV-DO | 1x Evolution Data Optimized |
| FER | Tasa de Error de Bastidor |
| CS | Conmutación de Circuitos |
| PHD | Jerarquía Digital Plesiócrona |

| | |
|-----|---|
| SDH | Jerarquía Digital Síncrona |
| FWT | Fixed Wireless Terminal |
| GSM | Global Estándar for Mobile Communications |
| VAN | Valor Actualizado Neto |
| TIR | Tasa Interna de Retorno |

ANEXO A2

AÑO **NÚMERO DE
HABITANTES**

| | |
|-------------|------|
| 2010 | 1350 |
| 2011 | 1364 |
| 2012 | 1378 |
| 2013 | 1392 |
| 2014 | 1406 |
| 2015 | 1420 |
| 2016 | 1435 |
| 2017 | 1450 |
| 2018 | 1465 |
| 2019 | 1480 |
| 2020 | 1495 |

Tabla 28: Crecimiento Poblacional

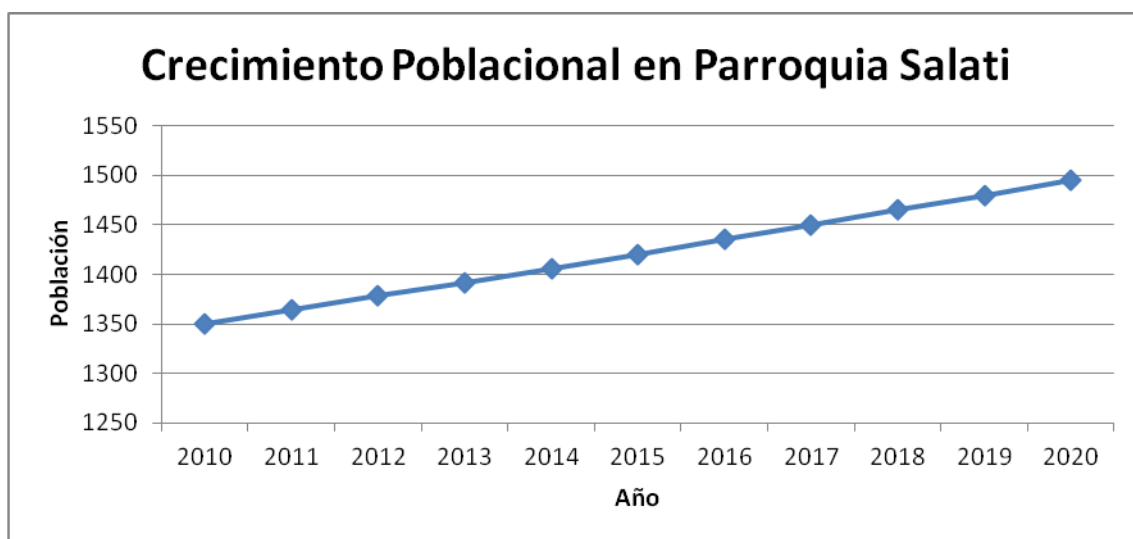


Figura 5.1 Crecimiento poblacional Salati

ANEXO A3

Encuesta

Parroquia:.....

Comunidad:

Número de Miembros en la familia:

1.- ¿Usted dispone de servicio Telefónico?

Si_____ No_____

2.- En caso de no tener este servicio, le gustaría disponer de El

Si_____ No_____

3.- ¿Desearía tener servicio de Internet?

Si_____ No_____

4.- Piensa que se necesitara más líneas telefónicas

Si_____ No_____

Observaciones:

.....

.....

.....

.....