



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

“ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA PROVISIÓN DE SERVICIO UNIVERSAL
A LA POBLACIÓN BOLA DE ORO, PARROQUIA SAN JUAN,
CANTÓN PUEBLO VIEJO DE LA PROVINCIA LOS RIOS, USANDO
EL SISTEMA CDMA-450 Y UTILIZANDO COMO PROVEEDOR A
CNT”

INFORME DE PROYECTO INTEGRADOR

Previo a la obtención del título de:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

BUENO LEÓN EDUARDO GREGORY

HEREDIA GALARZA EMMA LEONOR

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO: 2015

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Dios por permitirnos lograr este objetivo, al Ing. Washington Medina por darnos la oportunidad de estar en su grupo de Materia Integradora, a nuestros familiares que son una pieza fundamental en nuestras vidas, al Ing. William Arcentales por su ayuda en el estudio brindándonos su conocimiento en el campo gracias a sus trabajos con Radioenlaces.

DEDICATORIA

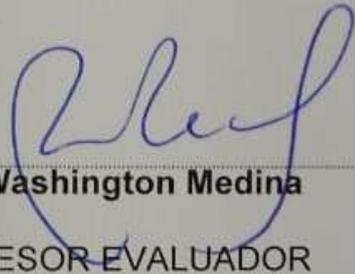
Este proyecto se lo dedico a Dios, a toda mi familia, especialmente a mi madre Gladys León, por su amor, su apoyo y sacrificio, a mi hija Valentina por darme fuerzas de seguir adelante, a mis profesores y compañeros por su ayuda para cumplir una de mis metas.

Eduardo Gregory Bueno León.

Este proyecto se lo dedico a Dios, a mis padres que me apoyaron siempre, y a toda mi familia.

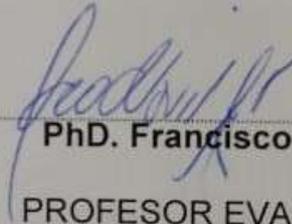
Emma Leonor Heredia Galarza.

TRIBUNAL DE EVALUACIÓN



Ing. Washington Medina

PROFESOR EVALUADOR

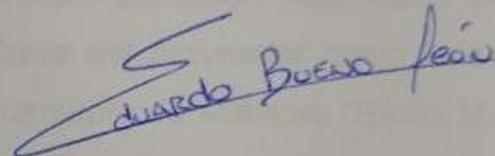


PhD. Francisco Novillo

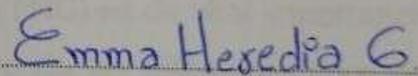
PROFESOR EVALUADOR

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"



Eduardo Gregory Bueno León



Emma Leonor Heredia Galarza

RESUMEN

En este estudio se permite conocer acerca de las necesidades de la población Bola de Oro situada en la Provincia de Los Ríos, cantón Pueblo Viejo, parroquia San Juan; en cuanto a servicios de acceso universal, dejando así con los resultados del estudio la capacidad o posibilidad de llevar estos servicios al pueblo antes mencionado hacia sus habitantes. Dentro de este estudio se definen las áreas de cobertura, equipos necesarios y costos para proveer los servicios a dicha población. Además se incluye la simulación del radioenlace desde la radio base del proveedor hasta la antena receptora en el recinto haciendo uso de la herramienta de software “Radio Mobile” obteniendo así un análisis más específico acerca de la zona y equipos a utilizarse, también se incluye información acerca de la tecnología utilizada para este caso CDMA-450 así como un ejemplo en el cual se haya utilizado esta tecnología en cualquier parte del mundo y sus beneficios a los habitantes de dicha población.

La Tecnología de la Información y la Comunicación (TIC) es de vital importancia para el desarrollo económico, social, cultural e inclusivo de las diferentes comunidades dentro del país, haciendo indispensable la búsqueda de nuevas vías y estudios que permitan a las comunidades rurales el acceso a estos servicios. Es así que haciendo uso de la tecnología CDMA-450 en el país se han implementado enlaces que permitan el acceso de los servicios universales a los habitantes de las zonas rurales, con lo que en la población de Bola de Oro se beneficiarían aproximadamente a 1215 habitantes de acuerdo al censo realizado por el INEC en el año 2010, dicho año en el cual se realizó el último censo, así como también se beneficiaría a la escuela existente en la población y así ayudar al desarrollo educacional de los habitantes que actualmente se encuentran asistiendo a dicha institución escolar. Gracias a la tecnología actualmente desarrollada podemos analizar la cobertura de los radioenlaces que se deseen realizar con la herramienta de software “Radio Mobile” con la cual podemos obtener la ubicación o puntos precisos en donde se realiza el estudio de los radioenlaces con sus pérdidas y señal de recepción para así de esta manera determinar qué tan viable es llevar a cabo dicha implementación.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS.....	ii
DEDICATORIA	iii
TRIBUNAL DE EVALUACIÓN	iv
DECLARACIÓN EXPRESA	v
RESUMEN.....	vi
ÍNDICE GENERAL.....	vii
CAPÍTULO 1	1
1. GENERALIDADES.....	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Justificación	3
1.3 Objetivo General	3
1.4 Objetivos Específicos.....	3
1.5 Alcance	4
1.6 Metodología empleada	4
CAPÍTULO 2.....	6
2. MARCO TEÓRICO	6
2.1 Tecnología de acceso múltiple por división de código (CDMA).....	6
2.2 Estado actual de la tecnología CDMA en el Ecuador.....	13
CAPÍTULO 3.....	18
3. DISEÑO Y SIMULACIÓN DEL SISTEMA.....	18
3.1 Análisis Geográfico	19
3.2 Diseño del sistema	23
3.3 Simulación del radioenlace.....	23
3.4 Análisis de propagación para el radioenlace	26
CAPÍTULO 4.....	29
4. COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN.....	29
4.1 Análisis de costos	29

4.2 Ingresos de la red	31
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	35
Conclusiones	35
Recomendaciones	36
ANEXOS	37
ANEXO A.....	38
ANEXO B.....	50
ANEXO C.....	61
ANEXO D.....	63
ANEXO E.....	65
BIBLIOGRAFÍA.....	73

CAPÍTULO 1

1. GENERALIDADES

En el presente capítulo se describen los antecedentes, justificación, objetivos, resultados esperados, alcance y limitaciones del diseño a las localidades que aún no cuentan con las tecnologías de acceso universal.

1.1 Antecedentes

Originalmente CDMA-450 nace como una idea específica para zonas rurales, donde la CDG (CDMA Development Group) plantea la utilización de CDMA-2000 en la banda de los 450 MHz. Una de las mayores ventajas es la utilización de una sola estación base, la cual teóricamente sin la presencia de obstáculos en su trayectoria podría alcanzar a cubrir aproximadamente hasta 80 Km. Además, este tipo de tecnología es ideal para su implementación en zonas rurales porque hay mayor disponibilidad del espectro radioeléctrico en contraste con lo que sucede en las grandes urbes donde está siendo intensamente utilizado por diferentes tipos de servicios. [1]

Desde el año 2009, el Gobierno ecuatoriano se planteó la meta de eliminar la inequidad geográfica y social en la provisión y acceso a las tecnologías de la información y comunicación. Para ello, el Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información puso en marcha un plan para fomentar la participación de la ciudadanía, recrear la interculturalidad, valorar la diversidad y fortalecer la identidad plurinacional. [2]

Este plan se fundamenta en el conjunto de políticas sectoriales denominado La Estrategia Ecuador Digital 2.0, cuyo objetivo es que todos los ciudadanos accedan y generen información y conocimiento, mediante el uso efectivo de las TIC, como parte del proceso de desarrollo social del Ecuador. [2]

En los últimos años la CNT ha aumentado la cantidad de BTS's con tecnología CDMA-450, despliegue previsto para llegar a zonas rurales que no cuentan con servicio de telefonía inalámbrica, e internet; los cuales componen los servicios de acceso universal.

Por todo lo anteriormente mencionado este trabajo plantea el diseño técnico para proveer de SAU haciendo uso de la tecnología CDMA-450 a una de las poblaciones rurales más afectadas por la carencia de este servicio en la provincia de Los Ríos.

Uno de los países que está haciendo uso de esta tecnología es la República de Kazakhistan a través del programa de desarrollo de las áreas rurales en el país. Dicho programa se enfoca en la provisión rápida y eficiente del desarrollo de las redes de telecomunicaciones en el área rural por medio del uso de la tecnología inalámbrica CDMA-450, con un área de cobertura que comprende un rango de entre 25 a 35 kilómetros, además una sola estación base es capaz de brindar estos servicios a más de 1000 suscriptores, dicha implementación generó los siguientes beneficios: bajo costo en la construcción de la red, mayor tamaño de celda comparado con el de otras bandas lo cual reduce considerablemente el número de estaciones bases para proveer la cobertura de radio para dichas áreas, la posibilidad de proveer a los usuarios rurales los servicios de internet con una velocidad mayor a 153.6 Kbps de velocidad, reducción de los costos de mantenimiento en las zonas rurales. Como resultado al programa antes mencionado se obtuvo el trabajo y conexión de más de 200 redes de acceso con una capacidad que alcanza los 90000 suscriptores incrementando el nivel de acceso digital de la red rural en un 75.24%. La metodología utilizada para llevar a cabo el proyecto antes mencionado consiste en dos etapas, la primera etapa del mismo con una duración de dos años se planteó abarcar alrededor de 800 zonas rurales dando acceso a este tipo de servicios a 226186 suscriptores

esto se logró debido a la construcción de 545.9 kilómetros de líneas aéreas de comunicación por fibra óptica logrando así la instalación de 200 estaciones base y 61186 terminales CDMA, la segunda etapa con duración de tres años consistió en la implementación de una red CMDA-450 de por lo menos 900 estaciones base con un incremento de la densidad telefónica en el área rural de 19.5 líneas telefónicas por cada 100 habitantes utilizando la misma metodología de la primera etapa. [3]

1.2 Justificación

El estudio de este proyecto busca proponer una vía de comunicación entre un punto a otro a través de radioenlace utilizando la tecnología CDMA-450 y así poder dotar de los diferentes servicios de acceso universal a la población de Bola de Oro, para que sus habitantes puedan obtener los beneficios que conllevaría el desarrollo del mismo, además de analizar los aspectos más importantes y conocer costos de los equipos para la realización en el campo.

1.3 Objetivo General

Analizar y diseñar un sistema de radioenlace con tecnología CDMA-450 para la provisión de los servicios de acceso universal a la Población Bola de Oro, Parroquia San Juan, Cantón Pueblo Viejo de la Provincia de Los Ríos; utilizando como proveedor a CNT.

1.4 Objetivos Específicos

De acuerdo al estudio planteado tenemos los siguientes puntos a realizar:

- Analizar la tecnología CDMA-450 y sus aplicaciones en zonas rurales.
- Conocer las necesidades tecnológicas de la población Bola de Oro con respecto a los servicios de acceso universal.

- Diseño y simulación de la cobertura del sistema de radioenlace desde la radio base del proveedor hasta la antena receptora en la herramienta de software “Radio Mobile”.
- Analizar los resultados obtenidos de la simulación del sistema de radioenlace realizado en “Radio Mobile”.

1.5 Alcance

El presente proyecto tiene como alcance realizar el estudio técnico necesario para determinar la factibilidad de su implementación y con esto proveer los servicios de acceso universal haciendo uso de la tecnología CDMA-450 para la población de Bola de Oro.

Esto comprende además de analizar los recursos tecnológicos necesarios, el análisis de costos actuales que se generarían al proveer a dicha población de los SAU, simular el entorno geográfico de la población antes mencionada con el sistema de radioenlace, para con ello analizar las diferentes variables implícitas en la posible implementación de un sistema de radioenlace con tecnología CDMA-450.

1.6 Metodología empleada

Para llevar a cabo el estudio para implementar un sistema de radioenlace con tecnología CDMA-450 en la población Bola de Oro en la provincia de Los Ríos, se tomaron en cuenta los puntos descritos en la Tabla 1.

ETAPA DE INVESTIGACIÓN	MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS	RESULTADO
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	Analítico, Sintético, Deductivo-Inductivo, Observación.	Investigación mediante libros e Internet.	Bases teóricas de la investigación.
DIAGNÓSTICO	Recolección de Información, Cálculos matemáticos.	Recolección de Datos e Información.	Estado Actual del Problema.
DISEÑO	Modelo del Sistema.	Simulación del Sistema.	Propuesta.

Tabla 1: Metodología empleada en el estudio.

CAPÍTULO 2

2. MARCO TEÓRICO

Para prestar los servicios de acceso universal existen diferentes técnicas de acceso múltiple entre las cuales se encuentran TDMA, FDMA y CDMA. En este se describen las características y funcionamiento de la tecnología CDMA-450, así mismo se presenta una breve descripción del estado actual de dicha tecnología en el Ecuador.

2.1 Tecnología de acceso múltiple por división de código (CDMA)

En un principio dicha tecnología conocida como Espectro Disperso fue utilizada para aplicaciones en el ámbito militar, dando paso para que esta sea utilizada en el campo de las telecomunicaciones debido a que el Espectro Disperso mejora las comunicaciones en comparación con la tecnología TDMA. [4]

CDMA-450 es una tecnología que brinda grandes ventajas en su implementación en zonas rurales debido a su difícil acceso, esta tecnología brinda una cobertura teorica de 80 kilómetros de radio por antena, dando así una amplia cobertura en dichas zonas, es por ello que surgió como una opción para dotar de servicios de acceso universal a dichas zonas de los diferentes países que la utilizan como son Rusia, China, Uzbekistán, Ecuador, entre otros. [4]

La tecnología CDMA se rige por la asignación de códigos independientes para cada una de las líneas de comunicación, diferenciándolas a cada una de ellas de las señales que funcionan en el mismo espectro, otros nombres que esta tecnología recibe son: Spread Spectrum Multiple Access (SSMA) o Direct Sequence CDMA (DS-CDMA). [4]

Las tecnologías han evolucionado de tal forma que las comunicaciones han visto mejoras en cuanto a calidad en su servicio y el tiempo de conexión, como se muestra en la Figura 2.1.

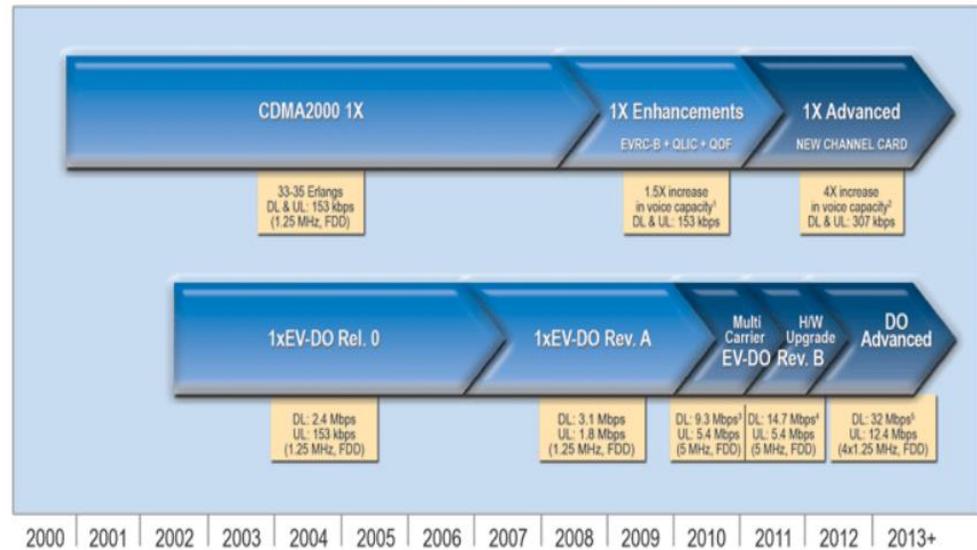


Figura 2.1: Evolución de los sistemas CDMA. [5]

El grupo de Desarrollo de CDMA y la Asociación Internacional 450, CDG e IA450 por sus siglas en inglés respectivamente, han definido 8 sub-bandas para la operación y el trabajo de la tecnología CDMA-450 como podemos observar en la Tabla 2.

Sub – Clases de Bandas	Frecuencia de Estación Móvil (MHz)	Frecuencia de Estación (MHz)
A (Sub –Clase Preferida)	452.5 – 457.475	462.5 – 467.475
B	452 – 456.475	462 – 466.475
C	450 – 454.8	460 – 464.8
D	411.675 – 415.850	421.675 – 425.850
E	415.5 – 419.975	425.5 – 429.975
F	479 – 483.48	489 – 493.48
G	455.23 – 459.99	465.230 – 469.99
H	451.310 – 455.730	461.31 – 465.73

Tabla 2: Sub-bandas de la tecnología CDMA-450. [6]

CDMA-450 es ideal para Telefonía rural, conexión a internet, servicios fijos y móviles, escuelas en red, entre otras; además tiene ventajas económicas como de rendimiento entre las cuales tenemos:

- Provee una plataforma robusta y económica utilizada en aplicaciones de consumo, tales como servicios públicos, educación, telemedicina y bienestar público. [4]
- Permite 55 o más conexiones de voz en un solo sector con una portadora de 1.25 MHz de ancho de banda. [4]
- Tiene baja latencia y permite conexiones a internet de alta velocidad, entre ellos servicios de video conferencia, VoIP, entre otros. [4]
- Permite la provisión de servicios inalámbricos en áreas extensas y de difícil acceso con un número mínimo de estaciones base. [4]
- Ahorro substancial en equipos e infraestructura. [4]
- Posee una excelente relación señal ruido. [4]
- Permite una buena cobertura dentro de edificios, la cual es mayor al 70%. [4]

- Menor consumo de energía y una alta tasa de transferencia. [4]

En la Figura 2.2 se muestra un sistema básico de radioenlace con tecnología CDMA-450, este tipo de enlace está compuesto por: BTS o Estación Base Transmisora, BSC o Estación Base Controladora, SGSN o Nodo de Servicio GPRS, GGSN o Puerta de enlace de Servicio GPRS, MSC o Conmutación de Servicios Móviles, HLR o Registro de Locación Base, VLR o Registro de Locación Visitante, EIR o Equipo de Identificación de Registro, AuC o Centro de Autenticación. [7]

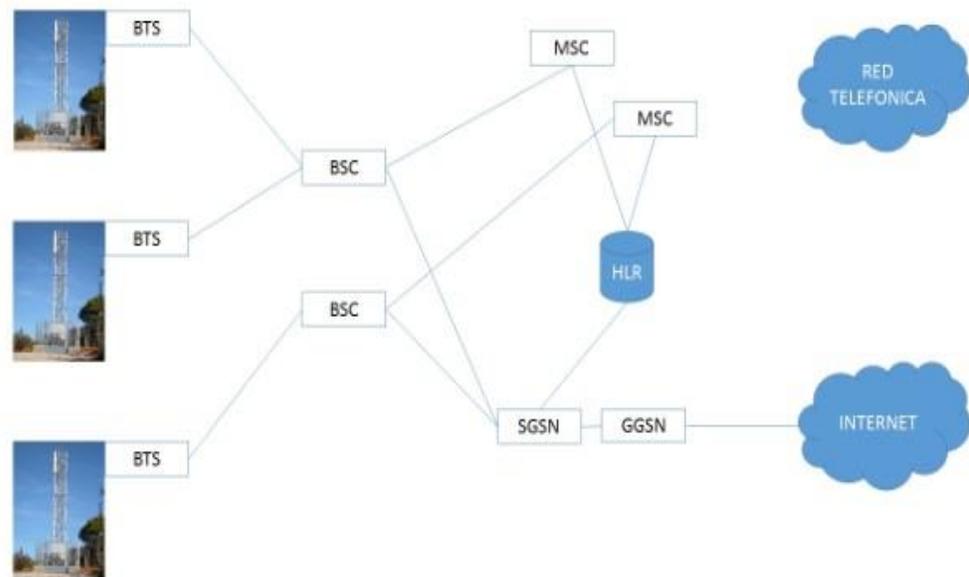


Figura 2.2: Esquema de un sistema de radioenlace con tecnología CDMA-450. [7]

A continuación se describe con más detalle cada uno de los elementos que se presentan en la Figura 2.2 y que compone un sistema de radioenlace con tecnología CDMA-450:

BTS o Estación Base Transmisora, es el elemento que se conecta a las antenas de telefonía móvil en la segunda generación. La BTS se instala en la caseta que solemos ver a los pies de la torre de un emplazamiento. De la BTS salen los cables que emiten y reciben las señales y que se conectan a las antenas situadas en lo alto de la torre. Normalmente hay una BTS por emplazamiento que se conecta a varias antenas. Cada antena da cobertura a un sector circular al que denominamos celda. Por lo tanto una BTS gestiona todas las celdas de un emplazamiento. [7]

BSC o Estación Base Controladora, es el elemento BSC controla un determinado número de BTS's de un área. Todas las BTS's de dicha área se conectan a la BSC y, a través de ella, pasa todo el flujo de comunicaciones. El elemento BSC controla el correcto funcionamiento de las BTS's conectadas, maneja la configuración de cada una de ellas e incluso participa activamente cuando un usuario móvil pasa de una BTS a otra. Con las generaciones 2.5 y 2.75 el elemento BSC diferencia el tráfico de voz y de datos ya que, a partir de ella, siguen caminos separados. [7]

SGSN o Nodo de Servicio GPRS, es el elemento que recibe las comunicaciones de datos tanto de las BSCs como de las RNCs. Sus funciones son la distribución de los paquetes de datos y la localización y gestión de los usuarios conectados en el área gestionada. Por ejemplo una de las funciones del SGSN es enviar la conexión hacia el país de origen del usuario cuando este es de otro país. Con el despliegue de las redes 4G el SGSN se comunica con los elementos MME y SGW para facilitar y hacer más rápidos los cambios entre la tecnología 3G y 4G cuando se pierde la cobertura de esta última. [7]

GGSN o Puerta de enlace de Servicio GPRS, es aquel que recibe las comunicaciones de los usuarios desde los SGSN's. Los GGSN's no controlan

los SGSN's por lo que pueden recibir comunicaciones de cualquier SGSN incluso en otro país. Las comunicaciones que se reciben son las de los usuarios pertenecientes al operador estén en el país que estén. Este elemento es el final de la red móvil en cuanto a datos. A partir de él las comunicaciones son iguales a las de cualquier operador de internet pudiéndose unir a las comunicaciones de una red fija en una red fijo-móvil unificada. El elemento GGSN realiza también funciones de control y de tarificación. Todos los datos necesarios para la facturación son enviados desde este elemento. [7]

MSC o Conmutación de Servicios Móviles, son las centrales de comunicación que establecen las llamadas de voz en las redes móviles. A este elemento se conectan tanto las BSC's como las RNC's aunque solo reciben las llamadas de voz. Las llamadas de datos siguen un camino diferente. La tecnología utilizada por estas centrales es la misma que la empleada en las centrales de telefonía fija. Aun así el software que las controla es bastante más complejo ya que tiene que permitir la conexión de usuarios que están en movimiento y que pueden conectarse desde cualquier lado. [7]

HLR o Registro de Locación Base, es el elemento de la red que almacena los datos de los usuarios. Para dar de alta un usuario en una red móvil se deben introducir los datos en el HLR correspondiente. En una red móvil suele haber un HLR por cada millón de abonados. Por lo tanto los elementos de la red móvil que consultan la información del usuario deben saber, según el usuario, cual es el HLR que contiene su información. La información almacenada es toda la información estática relativa al usuario como los desvíos o los servicios activados. [7]

VLR o Registro de Locación Visitante, aunque lógicamente es un elemento diferente realmente es parte de la MSC. En él se almacena la información de los abonados que están conectados en dicha MSC. Este elemento permite no tener que estar preguntando continuamente al HLR por la información de un abonado. Además contiene información particular relativa a su posición en la red y su estado actual. [7]

EIR o Equipo de Identificación de Registro, este elemento no es imprescindible y, de hecho, al principio no se ponía. Su función es comprobar el identificador del dispositivo o IMEI (international mobile equipment identification). Todos los dispositivos tienen un identificador IMEI único en el mundo. El operador tiene registrado nuestro IMEI si hemos comprado el teléfono a través de él o también si le informamos cuando compramos un nuevo teléfono. Si nuestro teléfono es robado podemos informar al operador y este pone el IMEI de nuestro teléfono en la lista negra del EIR. Si el EIR detecta una llamada con nuestro teléfono la interrumpe aunque la SIM sea distinta por lo que el teléfono queda inoperativo. El EIR admite también una lista gris en la que la llamada no se interrumpe pero envía un aviso informando de su uso. Algunos operadores tienen acuerdos para intercambiar el contenido de sus listas para impedir el uso de teléfonos robados aunque se cambie de operador. [7]

AuC o Centro de Autenticación, es un elemento complementario del HLR. Para mantener la confidencialidad en las comunicaciones e identificarnos con seguridad se utilizan unas claves particulares para cada SIM. Estas claves también están almacenadas en el AuC. Por seguridad estas claves no se almacenan en ningún otro sitio de la red y el AuC las mantiene protegidas. [7]

A continuación en la Figura 2.3 se puede observar los equipos que se utilizan en un sistema de radioenlace con tecnología CDMA-450.



Figura 2.3: Equipos utilizados en un sistema de radioenlace CDMA-450.

2.2 Estado actual de la tecnología CDMA en el Ecuador

En el Ecuador la Corporación Nacional de Telecomunicaciones o más conocida como CNT es la operadora que cuenta con la tecnología CDMA-450 en el país, como podemos observar en la Tabla 3 que contiene las operadoras presentes en el país, fecha de autorización, duración de la concesión, fecha de caducidad y las tecnologías que cada una de las operadoras utilizan.

OPERADORA	CONOCEL	OTECEL	CNT EP
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 del 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 1x RTT 3G CDMA EVDO 3G HSPA PLUS

Tabla 3: Contrato de concesiones a operadoras en el país. [8]

Con el pasar de los años la CNT ha desplegado una gran cantidad de BTS's a lo largo del territorio Ecuatoriano las cuales tienen implementadas la tecnología CDMA-450, el propósito de dichas BTS's es alcanzar las zonas rurales que no cuentan con los servicios de acceso universal, en la Figura 2.4 podemos observar la cantidad total de radio bases con tecnología CDMA-450 en el país en los meses de Enero hasta Junio del 2013 y en la Figura 2.5 se muestra la cantidad de radio bases por provincia con la tecnología antes mencionada pudiendo así constatar que las provincias con mayor número de radio bases en el país son Manabí, Azuay, Loja y Zamora Chinchipe y las provincias con menor cantidad de radio bases son Los Ríos, Santa Elena y Pastaza, con lo cual podemos notar que no ha existido un mayor desarrollo tecnológico en las provincias antes mencionadas.

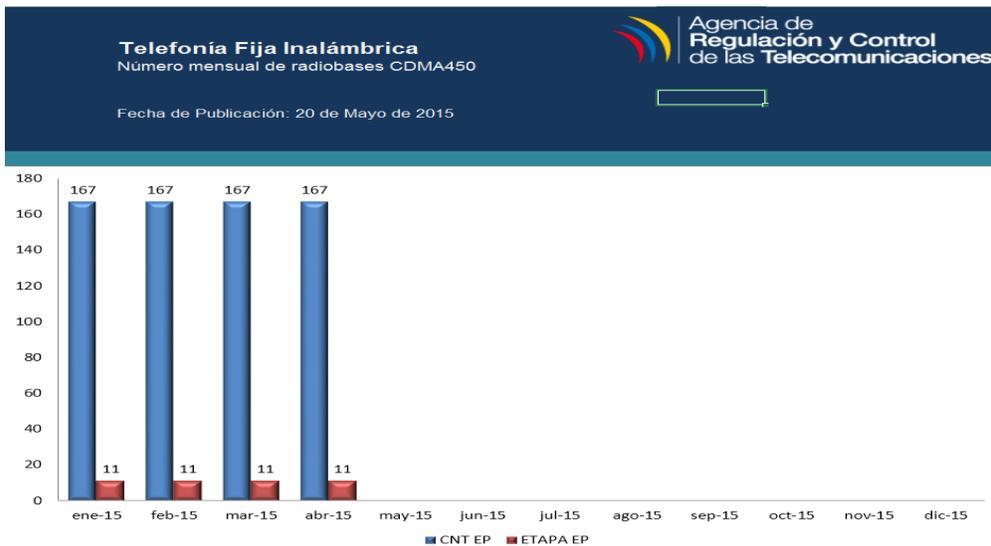


Figura 2.4: Total de radio bases en el Ecuador. [9]

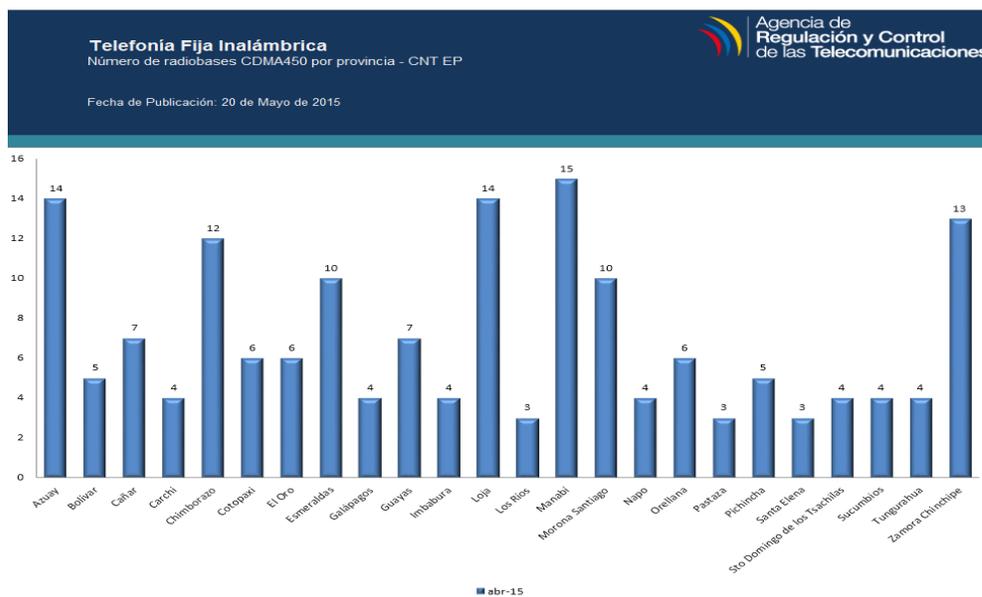


Figura 2.5: Número de radio bases por provincias en el Ecuador. [9]

Desde el año 2011 hasta la actualidad El Ecuador no ha tenido un incremento en cuanto a la cantidad de estaciones o radio bases que cuenten con la tecnología CDMA-450, esto se evidencia en la Figura 2.6 donde no se observa aumento de las radio bases desde el año 2011 hasta el año 2014.

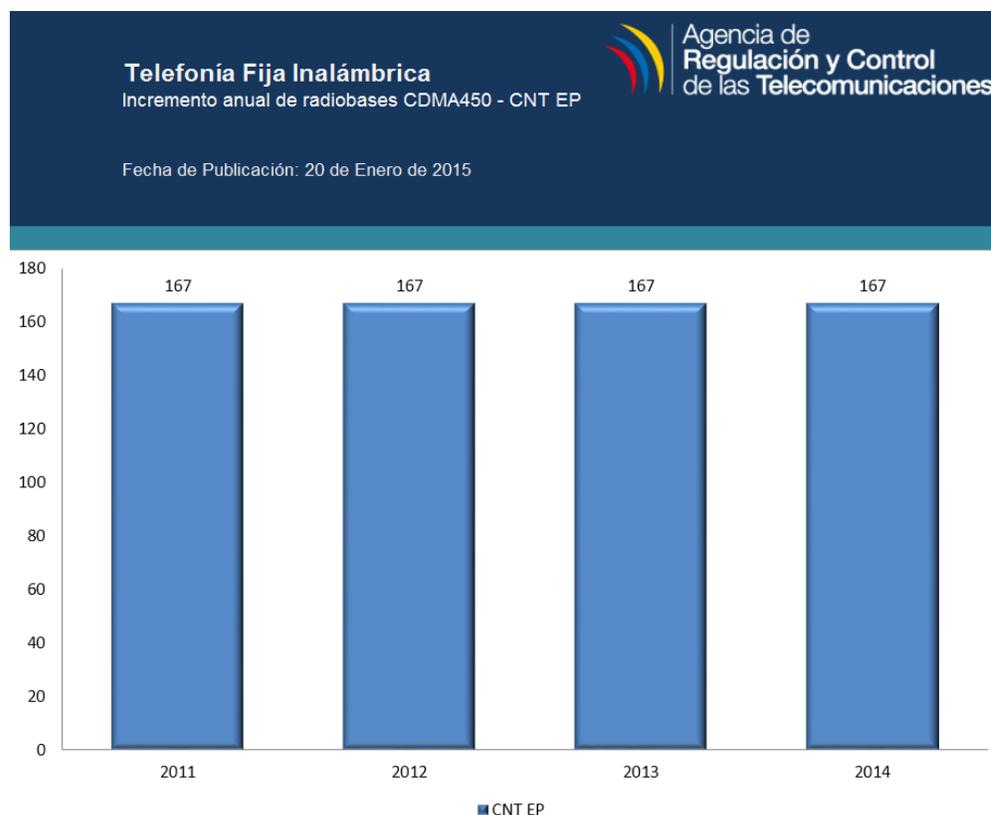


Figura 2.6: Incremento anual de radio bases en el Ecuador. [9]

Con la tecnología CDMA-450 podemos beneficiar a las diferentes provincias, brindando así los servicios de acceso universal a las diferentes entidades como centros de salud, infocentros, centros educativos y con ellos beneficiar a una gran cantidad de habitantes que gozarán de estos servicios que conlleva la implementación de un sistema de comunicación con la tecnología antes mencionada en zonas rurales.

En la Tabla 4 se detallan las cantidades aproximadas de hospitales, escuelas, infocentros, casas y habitantes existentes y que serán beneficiados con dicha implementación.

Hospitales	Escuelas	Infocentros	Casas	Habitantes
-----	1	-----	480	1215

Tabla 4: Información sobre Bola de Oro.

En la Figura 2.7 se pueden observar la estructura de las viviendas existentes y la distribución geográfica de las mismas en la población de Bola de Oro.



Figura 2.7: Viviendas en Bola de oro.

CAPÍTULO 3

3. DISEÑO Y SIMULACIÓN DEL SISTEMA

En este capítulo se presenta en detalle la simulación del sistema de radioenlace con tecnología CDMA-450 por medio del cual se proveerá de los SAU a la población de Bola de Oro. El sistema de radioenlace ha sido simulado a través del software Radio Mobile y el mismo consta de un enlace punto a punto entre la radio base situada en Babahoyo y la BTS situada en Bola de Oro, así como el análisis del modelo de propagación cuyo origen es la BTS y el rango de cobertura el determinado para que la población entera de Bola de Oro se beneficie de este servicio. En la Figura 3.1 se muestra un bosquejo o diagrama de bloques que componen nuestro radioenlace.

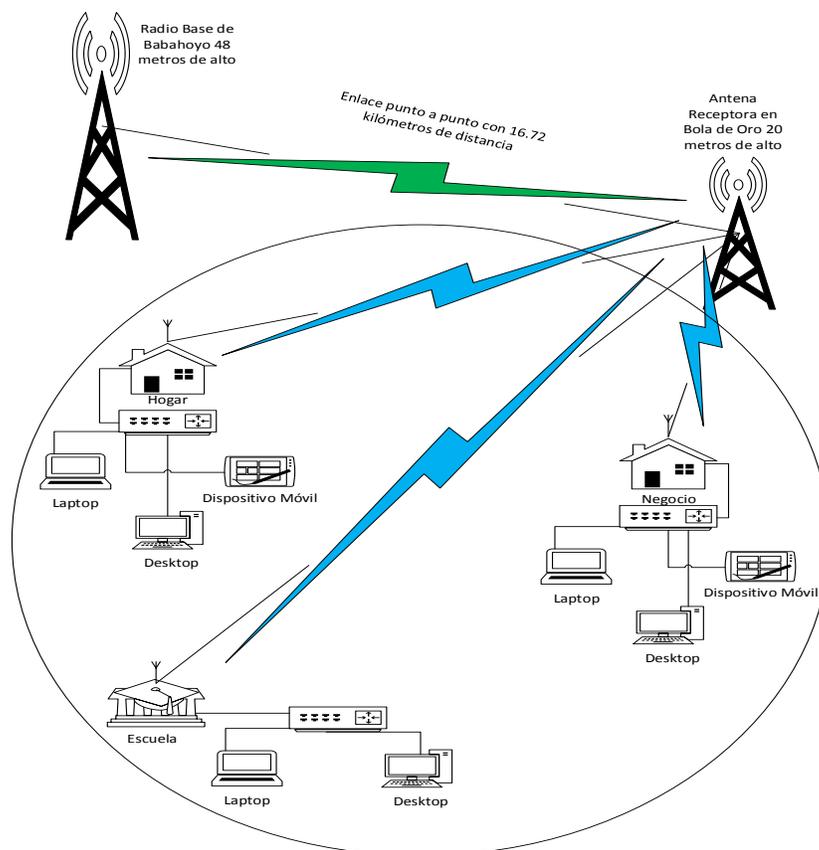


Figura 3.1: Diagrama de Bloques de la red CDMA.

3.1 Análisis Geográfico

La implementación del radioenlace de este proyecto, se la realizo entre la antena proveedora de CNT más cercana a el recinto de bola de Oro. Es por ello que al realizar el análisis de la infraestructura de servicios universales que CNT provee a través de la tecnología CDMA-450, se determinó que la antena más cercana se encontraba en la población de Babahoyo, por lo que se necesitó realizar el análisis geográfico de la superficie comprendida entre los sitios mencionados anteriormente.

A través de mapas cartográficos obtenidos por medio de la aplicación Radio Mobile y de Google Maps, se logró determinar que la superficie comprendida entre las poblaciones de Babahoyo y Bola de Oro, es plana con pocas elevaciones o lomas sin mayor altura, permitiendo así la implementación de un enlace sin obstáculos entre los dos puntos, tal y como se puede observar en la Figura 3.6.

Finalmente se realizó una inspección en el sitio y se comprobó que a lo largo de la vía que comunica estas dos poblaciones no se encontraron elevaciones pronunciadas, permaneciendo estas con una altura por debajo de los 6 metros, además a esto contribuye el hecho de que la mayoría de la superficie estudiada era usada como terreno fértil para diferentes tipos de cultivos de poca altura. En donde la Figura 3.2, Figura 3.3 y Figura 3.4 nos muestran el lugar donde estará ubicada la antena receptora, la Figura 3.5 nos muestra las coordenadas por medio de GPS de dicho punto antes mencionado.



Figura 3.2: Ubicación de la antena receptora (1).



Figura 3.3: Ubicación de la antena receptora (2).



Figura 3.4: Ubicación de la antena receptora (3).

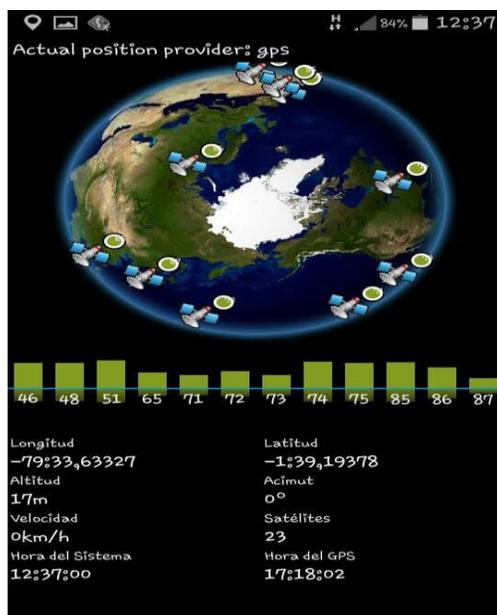


Figura 3.5: Coordenadas de la antena receptora.

En esta sección mostraremos también dos de los cuatro puntos lejanos de Bola de Oro los en las Figuras 3.6 y Figura 3.7, los cuales contarán con la cobertura requerida para poder brindarles el acceso a los diferentes servicios de acceso universal.



Figura 3.6: Coordenadas del ingreso a Bola de Oro.

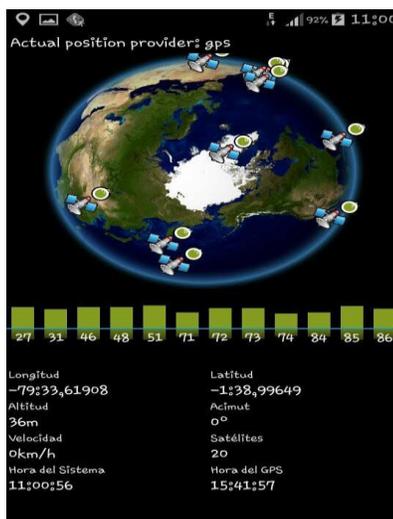


Figura 3.7: Coordenadas salida de Bola de Oro hacia San Juan.

3.2 Diseño del sistema

En esta sección se observa en la Figura 3.8 como está compuesto nuestro sistema de radioenlace desde la radio base situada en Babahoyo hasta la antena receptora ubicada en la población de Bola de Oro, parroquia San Juan cantón Pueblo Viejo dentro de la Provincia de Los Ríos.

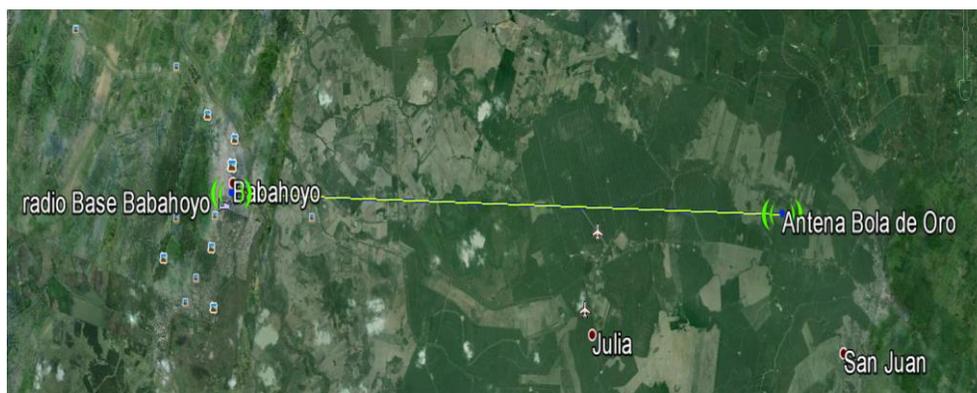


Figura 3.8: Sistema de radioenlace Babahoyo-Bola de Oro.

El sistema de radioenlace se constituye de dos componentes, los cuales son la radio base del proveedor en este caso CNT y la antena receptora que se implementa en la población de Bola de Oro y así obtener los beneficios de esta implementación.

3.3 Simulación del radioenlace

Para realizar la simulación de una manera correcta y con valores aproximados a los que se obtendrían en su implementación se utilizó la herramienta de software "Radio Mobile" la cual permite realizar un estudio en cuánto a pérdidas, distancia, nivel de recepción que nuestro radioenlace

obtendrá al llevarlo a cabo en el campo como se muestra en la Figura 3.9, además de los componentes del sistema de radioenlace en dicha herramienta y el patrón de cobertura de nuestro sistema de radioenlace Babahoyo- Bola de Oro mostrado en la Figura 3.10.

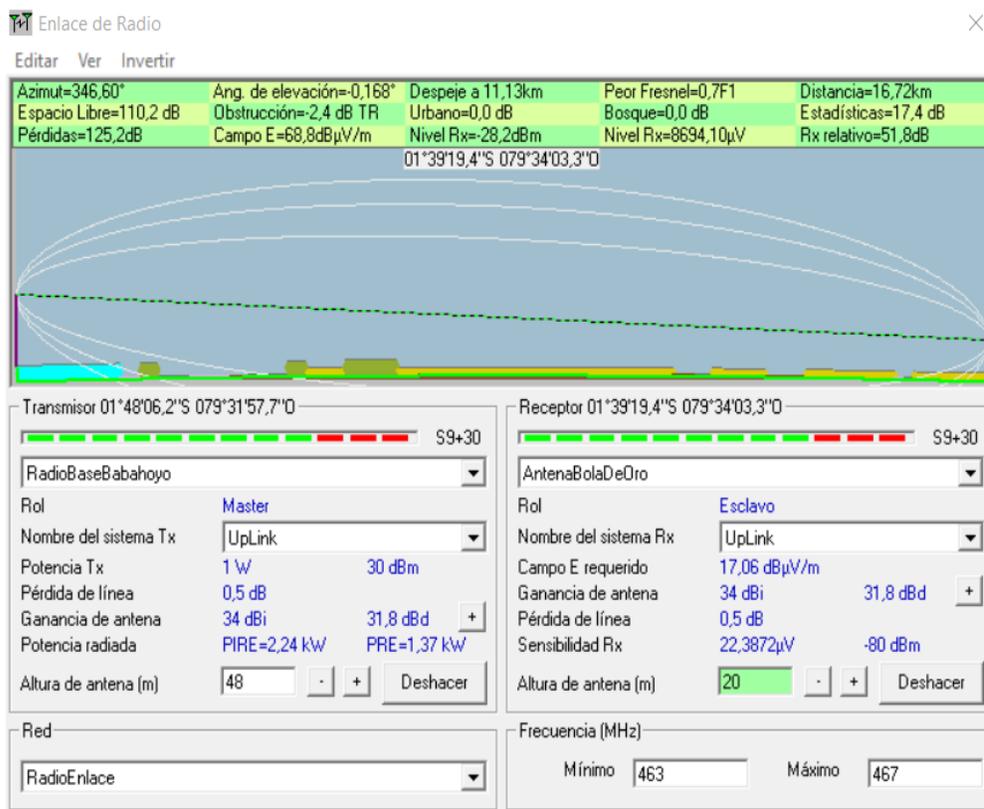


Figura 3.9: Perfil del sistema de radioenlace Babahoyo-Bola de Oro.

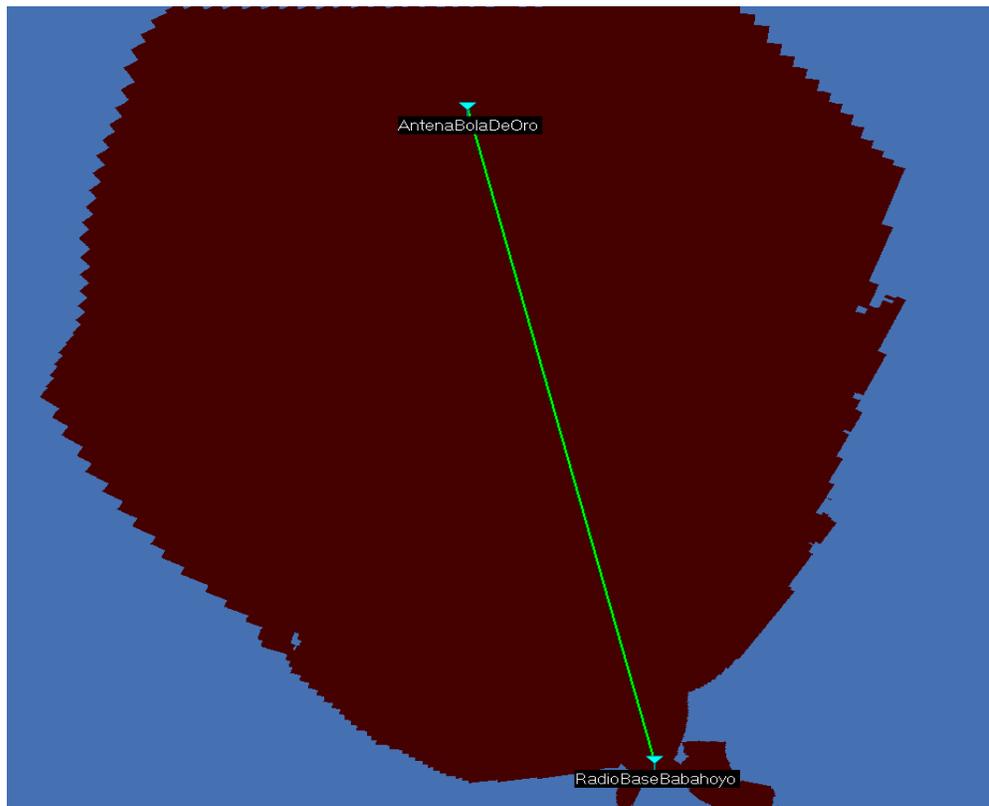


Figura 3.10: Radioenlace Babahoyo-Bola de Oro y cobertura.

Gracias al uso de la herramienta de software “Radio Mobile” la cual presenta grandes ventajas y herramientas para realizar gráficas del radioenlace Babahoyo-Bola de Oro, como la que se muestra en la Figura 3.11 en la que podemos observar diferentes puntos de la Provincia de Los Ríos que pertenecen a la zona de cobertura del sistema.

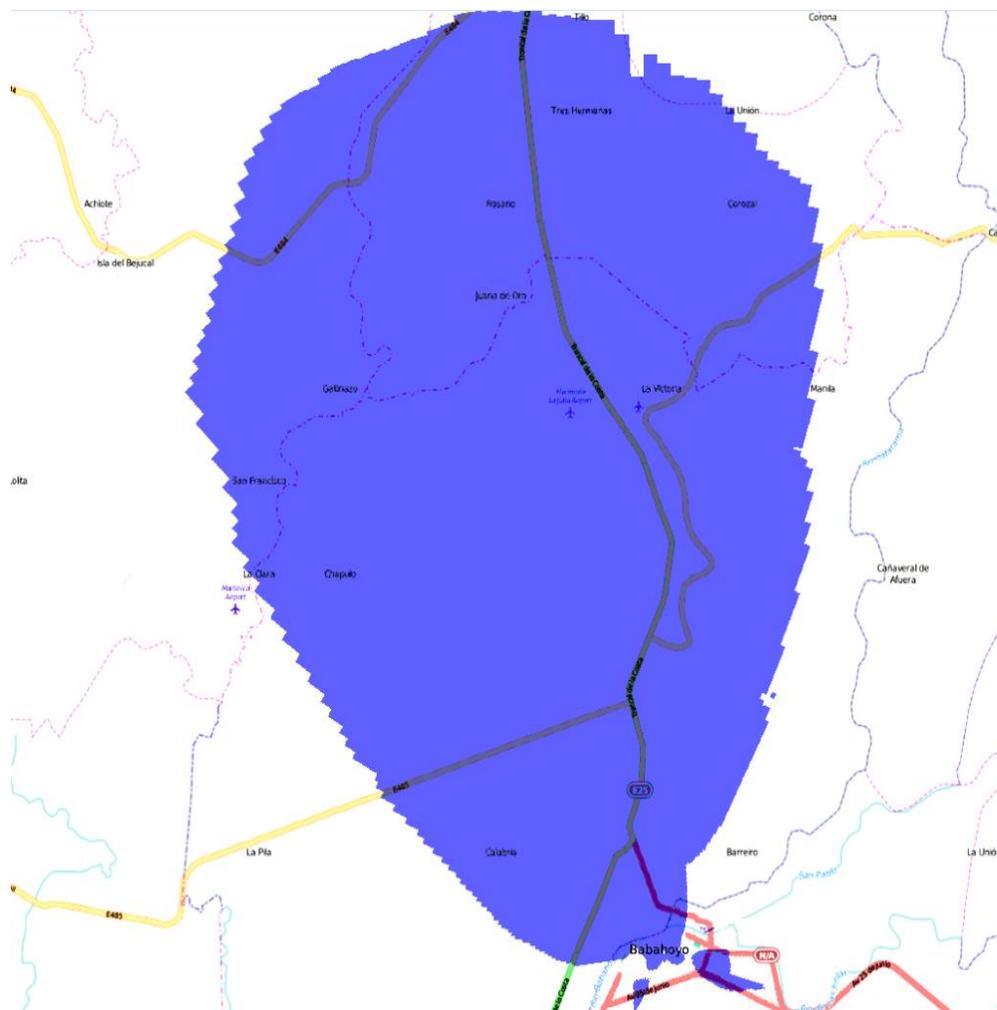


Figura 3.11: Cobertura Babahoyo-Bola de Oro con punto de la Provincia de Los Ríos.

3.4 Análisis de propagación para el radioenlace

El análisis de propagación para el radioenlace presentado en este estudio se basa en el modelo determinista de Friis el cual resulta óptimo para determinar

las pérdidas tanto en la señal recibida como en el trayecto, ver ecuación 3.1 y ecuación 3.2.

$$P_r(d) = \frac{P_t G_t G_r}{L} \left(\frac{\lambda}{4\pi d} \right)^2 \quad (3.1)$$

Donde:

P_t: Es la potencia transmitida.

P_r(d): Es la potencia recibida, en función a la separación entre transmisor y receptor.

G_t: Es la ganancia de la antena de transmisión en dB.

G_r: Es la ganancia de la antena de recepción en dB.

d: Es la separación la antena transmisora y receptora expresada en metros.

L: Son las pérdidas del sistema no relacionadas a la propagación (L ≥ 1) en dB.

λ: Es la longitud de onda de la señal electromagnética en metros.

La segunda ecuación planteada por el modelo antes mencionado refiere a las pérdidas en el trayecto la cual representa la atenuación de la señal en dB y se la define como la diferencia entre la potencia transmitida y recibida.

$$PL(dB) = -20 \log \left(\frac{\lambda}{4\pi d} \right) \quad (3.2)$$

Teniendo como parámetros los datos:

$$P_t = 1W$$

$$G_t = 31.86 \text{ dB}$$

$$G_r = 31.86 \text{ dB}$$

$$d = 16720 \text{ m}$$

$$L = 1$$

$$\lambda = 0.66 \text{ m}$$

Reemplazando en la ecuación (3.1) y (3.2) tenemos el valor de $P_r(d)$ de $0.01\mu W$ y el valor de $PL = 110.06 \text{ dB}$.

CAPÍTULO 4

4. COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN

En esta sección se muestra a detalle los equipos y materiales utilizados para la implementación del estudio llevado a cabo en la población de Bola de Oro en la provincia de Babahoyo. Esto comprende el análisis de los costos de la implementación del radioenlace y a su vez el servicio de distribución, considerando que se ha tomado una muestra base con un número específico de puntos a los que se le brindó acceso y en base a ello se estimó los costos generales de dicha implementación.

4.1 Análisis de costos

El análisis de costos aquí mostrado se divide en tres etapas para la parte del nodo, en las cuales se evalúa sus costos, siendo las siguientes: Costos del enlace punto a punto desde la radio base de Babahoyo hasta la antena receptora ubicada en Bola de Oro, Costos del punto de distribución del servicio en la antena de Bola de Oro hacia los habitantes de la antes mencionada población, en la Tabla 5 se indican los costos de equipos y materiales en cada una de las etapas de implementación del nodo, en la Tabla 6 se detallan los equipos de telefonía dentro del nodo, la Tabla 7 detalla las tarjetas y demás elementos necesarios para adecuar la infraestructura pre existente para adaptarla a las nuevas necesidades planteadas en este estudio, posterior detallamos en la Tabla 8 los costos de uso de las frecuencias y concesiones, y finalmente el costo total de la implementación con la que lograremos brindar los servicios de acceso universal a la población de Bola de Oro.

Cantidad	Descripción	Costo
Etapa1: Enlace Punto a Punto Babahoyo-Bola de Oro		
1	Torre Metálica de 20 metros de altura	\$ 2.600,00
2	Antena Ubiquiti RocketDish 5G-30 con acoplador	\$ 612,15
2	Rollos de Cable UTP Categoría 6A de 300 metros	\$ 400,00
2	Provisioner microtik QoS CCR-1016	\$ 1.460,15
Costo Total Etapa 1		\$ 5.072,30
Etapa2: Distribución desde la Antena de Bola de Oro		
9	Antena Sectorial Ubiquiti AirMax 5G19-120	\$ 1.490,25
Costo Total Etapa 2		\$ 1.490,25
Etapa3: Acceso de los Usuarios		
490	Terminal Huawei	\$ 27.930,00
490	Rejilla Ubiquiti AirMax M5	\$ 83.300,00
Costo Total Etapa 3		\$ 111.230,00
Costo Total de Implementación 1		\$ 117.792,55

Tabla 5: Costo de Implementación 1.

Cantidad	Descripción	Costo
2	Centrales Telefónicas Intelbras IMPACTA 220R	\$ 2.181,60
490	Teléfono Fijo con Conexión RJ11	\$ 8.820,00
Costo Total de Implementación 2		\$ 11.001,60

Tabla 6: Costo de Implementación 2.

Cantidad	Descripción	Costo
1	Tarjeta EVDO para BTS	\$ 23.450,00
1	Tarjeta EVDO para BSC	\$ 127.268,03
1	Tarjeta PDSN9660	\$ 61.991,70
1	Ampliación de Enlace de Radio	\$ 2.734,95
1	Ampliación AAA	\$ 15.000,00
Costo Total de Implementación 3		\$ 230.444,68

Tabla 7: Costo de Implementación 3.

Cantidad	Descripción	Costo
1	Costo de Frecuencia a utilizar	\$ 40.724,60
1	Costo de Derechos de Concesión de la Portadora	\$ 9.619,88
Costo Total de Implementación 4		\$ 50.344,48

Tabla 8: Costo de Implementación 4.

Costo Total del Radioenlace	Costo
Costo Total de Implementación 1	\$ 117.792,55
Costo Total de Implementación 2	\$ 11.001,60
Costo Total de Implementación 3	\$ 230.444,68
Costo Total de Implementación 4	\$ 50.344,48
Costo Total de Implementación de Radioenlace	\$ 409.583,31

Tabla 9: Costo de Implementación Total.

4.2 Ingresos de la red

En el cálculo de ingresos se asumió una cantidad promedio de 180 abonados por año, número que equivale a 15 nuevos abonados por mes aproximadamente. Para este número de abonados tomamos en consideración los siguientes costos de instalación y de mensualidad.

ITEM	VALOR
Instalación	\$40
Mensualidad	\$35

Tabla 10: Costo de plan de Internet.

A continuación en la Tabla11, Tabla12, Tabla13, Tabla14 y Tabla 15 se muestra el flujo de caja del primer, segundo, tercero, cuarto, quinto año respectivamente.

Mes	Abonados	Ingresos
1	8	600
2	16	880
3	24	1160
4	32	1440
5	40	1720
6	48	2000
7	56	2280
8	64	2560
9	72	2840
10	80	3120
11	88	3400
12	96	3680
	TOTAL	25680

Tabla 11: Flujo de caja primer año.

Mes	Abonados	Ingresos
13	104	3960
14	112	4240
15	120	4520
16	128	4800
17	136	5080
18	144	5360
19	152	5640
20	160	5920
21	168	6200
22	176	6480
23	184	6760
24	192	7040
	TOTAL	66000

Tabla 12: Flujo de caja segundo año.

Mes	Abonados	Ingresos
25	200	7320
26	208	7600
27	216	7880
28	224	8160
29	232	8440
30	240	8720
31	248	9000
32	256	9280
33	264	9560
34	272	9840
35	280	10120
36	288	10400
	TOTAL	106320

Tabla 13: Flujo de caja tercer año.

Mes	Abonados	Ingresos
37	296	10680
38	304	10960
39	312	11240
40	320	11520
41	328	11800
42	336	12080
43	344	12360
44	352	12640
45	360	12920
46	368	13200
47	376	13480
48	384	13760
	TOTAL	146640

Tabla 14: Flujo de caja cuarto año.

Mes	Abonados	Ingresos
49	392	14040
50	400	14320
51	408	14600
52	416	14880
53	424	15160
54	432	15440
55	440	15720
56	448	16000
57	456	16280
58	464	16560
59	472	16840
60	480	17120
	TOTAL	186960

Tabla 15: Flujo de caja quinto año.

Una vez obtenidos los flujos de caja de los 5 primeros años del proyecto se calculó el VAN y el TIR mediante fórmulas obtenidas en [10] para ver la factibilidad económica de llevar a cabo este proyecto.

1 Datos para el análisis

Inversión	importe	<input type="text" value="409.583"/>
	inversión	
Flujo de caja (neto anual)		
	AÑOS	
	1	2
	3	4
	5	
	-409.583	25.680
	66.000	106.320
	146.640	186.960

2 Cálculo del V.A.N. y la T.I.R.

Tasa de descuento	%	<input type="text" value="7,00%"/>	◀ Pon la tasa de descuento aquí
V.A.N a cinco años	4.023,45	Valor positivo, inversión (en principio) factible	
T.I.R a cinco años	7,29%	Valor superior a la tasa, inversión (en principio) factible	

Figura 4.1: Cálculo de VAN y TIR.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. A través de este estudio se pudo determinar que la tecnología CDMA-450 presenta grandes ventajas en la implementación de servicios de acceso universal en las zonas rurales, uno de los mejores ejemplos fue analizado en este documento el cual fue desarrollado en el país de Uzbekistán.

2. La población de Bola de Oro después de realizado este análisis se pudo determinar que este Recinto no cuenta con servicio alguno en cuanto a tecnología, por lo que prácticamente se determinó que para brindar los servicios de acceso universal en esta localidad se tuvo que realizar una implementación completa.

3. De acuerdo al estudio realizado podemos demostrar que este proyecto cuenta con una cobertura en todos los rincones de Bola de Oro con lo cual podemos dotar a cada uno de sus habitantes de los servicios de acceso universal, esto se detalló a través de la herramienta de software "Radio Mobile" donde se obtuvieron parámetros necesarios para realizar esta implementación.

4. De acuerdo al estudio realizado podemos demostrar que es un proyecto viable de acuerdo a los costos que dicha implementación conlleva para así brindar los servicios de acceso universal a la Población de Bola de Oro, teniendo en cuenta de acuerdo a la Tabla 5 el costo total al que asciende la inversión para poder llevar a cabo este proyecto, se estima que el proveedor podrá obtener ganancias a mediano plazo a partir del quinto año aproximadamente de acuerdo a los valores VAN y TIR obtenidos en la Figura 4.1.

5. Desde el punto de vista educativo y social se logrará proveer de los servicios de acceso universal a los habitantes de la población Bola de Oro, motivando el uso de nuevas tecnologías a niños, jóvenes y adultos, así como también en la escuela existente en la

antes mencionada población aumentando sus capacidades de aprendizaje por consiguiente mejorando su calidad de vida.

Recomendaciones

1. Se recomienda para este tipo de implementación realizar un análisis más detallado de la densidad poblacional por zonas dentro de la comunidad estudiada, para de esta forma poder distribuir de manera más eficiente el servicio y de esta forma poder optimizar la utilización de equipos y por ende reducir costos.

2. Se recomienda manejar sistemas y equipos que contengan un alto grado de compatibilidad entre ellos para este tipo de aplicaciones, debido a que con estos se puede reducir el tiempo y complejidad de implementación, descartando así la necesidad del uso de middleware puesto que no se necesitara solucionar problemas de convergencia entre equipos.

3. Se recomienda para el correcto diseño y simulación del radioenlace obtener ubicaciones exactas tanto de la radio base como de la antena receptora para así lograr un cálculo más preciso de los parámetros necesarios para llevar a cabo la implementación de este estudio.

ANEXOS

ANEXO A

DATASHEET ANTENA ROCKETDISH 5G-30

ANEXO B

DATASHEET ANTENA SECTORIAL UBIQUITI AIRMAX

5G19-120

ANEXO C

AIRGRID M5: REVOLUTIONARY 5GHZ CPE
TECHNOLOGY

ANEXO D

DATASHEET PROVISIONER MICROTIK QOS CCR-1016

ANEXO E

INFORMACION GENERAL DEL RECINTO BOLA DE ORO

BIBLIOGRAFÍA

[1] Telesemana – Qualcomm, CNT expande cobertura CDMA450, <http://www.telesemana.com>, fecha de consulta Mayo 2015.

[2] Explored, Gobierno destina \$90,3 millones para la estrategia Ecuador Digital 2.0, <http://www.explored.com.ec/>, fecha de consulta mayo 2015.

[3] Mrs. Svetlana Edislavovna Vinogradova, Upgrading and development of the rural communications networks by using CDMA technology, <http://www.kazembassy.cz/en/files/download/236>, fecha de consulta junio 2015.

[4] CDG, CDMA450 Advantages, <http://www.cdg.org/technology/cdma450/advantages.asp>, fecha de consulta junio 2015.

[5] CDG, CDMA2000 Evolution, <http://www.cdg.org/technology/cdma2000/evolution.asp>, fecha de consulta junio 2015.

[6] Scribd, Proyecto Sobre CDMA 450 Mhz completo, <http://es.scribd.com/doc/25336430/Proyecto-Sobre-CDMA-450-MHz-Completo#scribd>, fecha de consulta junio 2015.

[7] Temas Tecnológicos, ¿Qué elementos componen una red móvil?, <http://www.temastecnologicos.com/elementosmovil.html>, fecha de consulta junio 2015.

[8] Supertel, Revista Supertel, http://www.supertel.gob.ec/pdf/publicaciones/revista_supertel_16_final.pdf, fecha de consulta 2015.

[9] Arcotel, CDMA 450 Número mensual de radio bases por operador, <http://www.arcotel.gob.ec/estadisticas/>, fecha de consulta julio 2015.

[10] Salesianos, VAN, TIR y otros cálculos PE074 v5.1, www.salesianos.cl/index.php?option=com_phocadownload...5, fecha de consulta agosto 2015