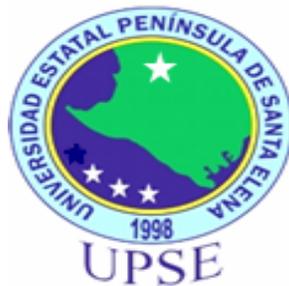


**UNIVERSIDAD ESTATAL
PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES
ESCUELA DE ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**



TEMA: "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 GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERA EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

AUTOR: JESSICA KARINA PAREDES TOMALA

TUTOR: ING. VICTOR FUENTES DUMES

LA LIBERTAD - ECUADOR

2013

La Libertad, 1 de noviembre del 2013

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del trabajo de investigación, **“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”** elaborado por la señorita Jessica Karina Paredes Tomalá egresada de la Carrera de Electrónica y Telecomunicaciones, Escuela de Electrónica y Telecomunicaciones, Facultad de Sistemas y Telecomunicaciones de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, previo a la obtención del Título de Ingeniera en Electrónica y Telecomunicaciones, me permito declarar que luego de haber orientado, estudiado y revisado, la Apruebo en todas sus partes.

Atentamente

.....

Ing. Víctor Fuentes Dumes

TUTOR

TRIBUNAL DE GRADO

Ing. Freddy Villao Santos, Msc.
Decano de la Facultad de
Sistemas y Telecomunicaciones

Ing. Washington Torres, MSc.
Director de Escuela
Electrónica y Telecomunicaciones

Ing. Víctor Fuentes Dumes
Profesor-Tutor

Ing. Daniel Gómez Alejandro
Profesor Área

Ab. Milton Zambrano Coronado, Msc.
Secretario General – Procurador

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a la memoria de mi madre, por acompañarme en todos mis años de estudios y aunque ya no esté para ver culminada una de mis metas, sé que estaría muy orgullosa de mí.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por ser el pilar fundamental en mi vida y darme la sabiduría e inteligencia, a mis padres por haber confiado en mí y apoyarme incondicionalmente, a mi familia y amigos que me supieron aconsejar para no declinar y seguir adelante. Especialmente a mi amor Pablo, que a más de ser mi novio, es mi amigo, confidente, compañero de clases desde el colegio, gracias a Dios por ponerlo a mi lado. A todas las personas que de alguna forma, me ayudaron a la culminación de este proyecto.

UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES
ESCUELA DE ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

**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"**

Autor: Jessica Karina Paredes Tomalá

Tutor: Ing. Víctor Fuentes Dumes

RESUMEN

El presente proyecto realiza el diseño de la red inalámbrica para proveer servicios de voz y datos en los centros educativos ubicados en la Parroquia Colonche y sus alrededores.

Las zonas rurales de la provincia de Santa Elena y del país se están integrando al desarrollo tecnológico que actualmente ejecuta el Estado, mediante proyectos para que todo el Ecuador tenga acceso a las telecomunicaciones como las grandes urbes, ya que en la actualidad se torna un servicio indispensable.

Las visitas y encuestas realizadas a los centros educativos revelan las necesidades en cuanto a las telecomunicaciones en la enseñanza de los niños del sector, información que sirve para dimensionar la capacidad de la red de telecomunicaciones a diseñar.

En el estudio técnico, se analiza la tecnología CDMA 1xEV-DO y sus requerimientos, convirtiéndola en la mejor opción para la implementación debido a su gran cobertura que abarca los 50 Km de diámetro y al reuso de infraestructura ya que actualmente se cuenta con tecnología CDMA 1x, para brindar el servicio de telefonía por parte de la CNT Santa Elena, por lo tanto la implementación de la tecnología CDMA 1x EV-DO implica añadir equipos y tarjetas electrónicas para actualizar la infraestructura existente aprovechando los equipos ya instalados como torres y cuartos de dispositivos.

Se utiliza el software de simulación Radio Mobile para los enlaces desde la estación base hacia los centros educativos. A continuación se presenta un resumen de cada uno de los capítulos.

El primer capítulo se enfoca en el estudio de la problemática, los objetivos, la justificación que es debido a la falta de redes de comunicaciones en los centros educativos, el estado actual del problema y la hipótesis a demostrar.

El segundo capítulo presenta un estudio de la tecnología CDMA y sus aplicaciones, conceptos teóricos más relevantes. Estudio a nivel mundial y nacional, los métodos de investigación y las variables de la hipótesis.

El tercer capítulo abarca el análisis de requerimientos, estudio de costo-beneficio para la implementación de la red en servicios sociales, características técnicas de los equipos a utilizar, procedimientos e instrumentación para el análisis.

El cuarto capítulo se presenta el diseño de la red mediante software de simulación radio Mobile, cálculos logarítmicos, cálculo de link Budget, capacidad, estudio de tráfico y direccionamiento IP, para la red de voz y datos en la parroquia Colonche.

El quinto capítulo presenta el resultado de la simulación, resultados de pruebas realizadas por CNT y HUAWEI de servicios de datos, como la comparación con WiMax, además las conclusiones y recomendaciones del proyecto.

ÍNDICE GENERAL	PAG.
CARÁTULA	I
APROBACIÓN DEL TUTOR	II
CERTIFICADO DE REVISIÓN DE LA REDACCIÓN Y ORTOGRAFÍA.....	III
TRIBUNAL DE GRADO	IV
DEDICATORIA	V
AGRADECIMIENTO	VI
RESUMEN.....	VII
ÍNDICE GENERAL.....	X
ÍNDICE DE FIGURAS	XIV
ÍNDICE DE TABLAS	XV
ÍNDICE DE ANEXOS.....	XVI
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1	2
MARCO REFERENCIAL.....	2
1. MARCO REFERENCIAL.....	2
1.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.2 SITUACIÓN ACTUAL DEL PROBLEMA.....	3
1.3 JUSTIFICACIÓN DEL TEMA.....	4
1.4 OBJETIVOS.....	5

1.4.1	OBJETIVO GENERAL.....	5
1.4.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	5
1.5	HIPÓTESIS	6
1.6	RESULTADOS ESPERADOS	6
 CAPÍTULO 2		7
2.	MARCO TEÓRICO	7
2.2	TÉCNICAS DE ACCESO MÚLTIPLE	8
2.3	ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN DE CÓDIGO (CDMA).....	9
2.3.1	FUNCIONAMIENTO CDMA.....	10
2.4	CDMA2000.....	11
2.5	SERVICIOS DE LA RED CDMA.....	12
2.6	ENSANCHAMIENTO Y MODULACIÓN	12
2.7	ACCESO ALEATORIO.....	13
2.8	CDMA EN LA BANDA DE 450 MHZ.....	14
2.9	CDMA2000 1X.....	16
2.10	CDMA200 1xEV-DO.....	16
2.10.1	CDMA 1XEV-DO RELEASE 0.....	17
2.10.2	1XEV-DO REVISIÓN A	17
2.11	DESPLIEGUE DE LA TECNOLOGÍA CDMA 450 A NIVEL MUNDIAL.....	20
2.12	CDMA 450 EN AMÉRICA LATINA	21
2.13	ESTADO ACTUAL DE LA TECNOLOGÍA CDMA EN EL ECUADOR.....	22
2.13.1	NÚMERO MENSUAL DE RADIO BASES A NIVEL NACIONAL DE TECNOLOGÍA CDMA450.....	23
2.13.2	NÚMERO DE RADIO BASES CDMA 450 POR PROVINCIAS DE LA CNT EP.....	23
2.14	REGULACIÓN DE LA BANDA DE FRECUENCIA DE LOS 450 MHZ EN EL ECUADOR	24
2.15	BENEFICIO SOCIAL POR PARTE DE LA CNT UTILIZANDO TECNOLOGÍA CDMA EN LA BANDA DE 450 MHZ.....	26
2.16	RENDIMIENTO DE LA RED DE DATOS	27
2.17	LAS SUB BANDAS PARA CDMA 450 MHZ	29
2.18	SERVICIOS DE CDMA450.....	30
2.19	SEGURIDAD EN LA TENOLOGÍA CDMA 450	31
2.20	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	32
2.21	OPERATIVIDAD DE LAS VARIABLES	33
2.22	TÉRMINOS BÁSICOS	33

CAPÍTULO 3	36
3. ANÁLISIS.....	36
3.1 CONECTIVIDAD Y TELECOMUNICACIONES EN LA PARROQUIA COLONCHE.....	37
3.2 LA TECNOLOGÍA CDMA 450 EN SANTA ELENA	38
3.3 DIAGRAMA DE BLOQUES DE LA RED CON TECNOLOGÍA CDMA 1XEV-DO.....	39
3.4 DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS DE LA RED CDMA.....	40
3.5 ANÁLISIS TÉCNICO PARA EL DISEÑO DE LA RED CON TECNOLOGÍA CDMA 450.....	45
3.6 ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA INSTALACIÓN DE LA RED CDMA 450	45
3.6.1 COSTOS DE LOS EQUIPOS DE LA RED CDMA 1X EV-DO	46
3.6.2 COSTOS DE DERECHOS DE CONCESIÓN DE LA PORTADORA CDMA450 PARA EVDO.....	48
3.7 ANÁLISIS OPERATIVO PARA CONOCER LOS BENEFICIOS DEL PROYECTO CDMA 450 A LA POBLACIÓN.	49
3.7.1 SELECCIÓN DE LOS CENTROS EDUCATIVOS.	49
3.7.2 CÁLCULO DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA	49
3.8 ENCUESTAS REALIZADAS PARA CONOCER EL ESTADO ACTUAL DE LOS SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES EN LA PARROQUIA COLONCHE.	51
3.8.1 NOMBRES DE LAS INSTITUCIONES Y CANTIDAD DE ESTUDIANTES. ..	52
3.8.2 ¿CÓMO SE PUEDE DISMINUIR LA BRECHA TECNOLÓGICA EN LOS CENTROS EDUCATIVOS?	53
3.8.3 ¿CREE UD. QUE ES SUFICIENTE EL NÚMERO DE COMPUTADORAS QUE TIENE SU INSTITUCIÓN, CON RELACIÓN AL NÚMERO DE ESTUDIANTES, PARA EL USO Y CORRECTO ENTENDIMIENTO DE LAS TIC's?.....	54
3.8.4 ¿CREE UD. IMPORTANTE EL USO DE INTERNET EN LAS ESCUELAS PARA UNA CORRECTA FORMACIÓN ACADÉMICA?.....	55
3.8.5 CONDICIONES ACTUALES DE LOS CENTROS EDUCATIVOS.....	56
CAPÍTULO 4	59
4. DISEÑO.....	59
4.1 ESTUDIO GEOGRÁFICO PARA DISEÑO DE LA RED CDMA 450.....	60
4.1.1 PARROQUIA COLONCHE.....	61
4.1.2 FUENTES DE INGRESO.	63
4.1.3 EDUCACIÓN.	63
4.1.4 TASA DE ANALFABETISMO.	64
4.1.5 ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DE LA RED DE TRANSPORTE.....	66
4.1.6 ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DE LA RED DE ACCESO.....	67

4.2	ANÁLISIS DE RADIO-PROPAGACIÓN PARA LOS ENLACES DE LA RED UTILIZANDO MÉTODOS LOGARÍTMICOS	69
4.2.1	CÁLCULO DE LINK BUDGET	74
4.3	DISEÑO DE LA RED CDMA EN LA BANDA DE LOS 450 MHZ EN LA PARROQUIA COLONCHE.....	77
	CÁLCULO DE TRÁFICO PARA EL ANCHO DE BANDA REQUERIDO	88
4.5	ASIGNACIÓN DE DIRECCIONES IP.....	90
 CAPÍTULO 5		91
5.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	91
5.1	RESULTADOS DEL DISEÑO DE LA RED DE VOZ Y DATOS.....	92
5.2	RESULTADOS DEL DISEÑO DE LA RED CDMA 450 PARA CENTROS EDUCATIVOS.	93
5.2.1	PRUEBAS DE VOZ REALIZADAS EN LA BTS CRUCITA.....	96
5.2.2	CONSIDERACIONES PARA PRUEBAS DE TRANSMISIÓN DE DATOS CON LA TECNOLOGÍA CDMA 450	98
5.3	COMPARACIÓN DE TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS	100
 CONCLUSIONES.....		106
 RECOMENDACIONES.....		107
 BIBLIOGRAFÍA.....		108
 ANEXOS.....		110

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1	Características de FDMA, TDMA, CDMA	9
Figura 2.2	Evolución de los sistemas CDMA	10
Figura 2.3	Diferencias entre un sistema de comunicación tradicional y ensanchado	13
Figura 2.4	Intento de acceso realizado por una estación móvil en CDMA	14
Figura 2.5	CDMA a nivel mundial	20
Figura 2.6	Contrato de concesión en el Ecuador	22
Figura 2.7	Número de radio bases con tecnología CDMA 450 en el país	23
Figura 2.8	Número de radio bases por provincia	24
Figura 3.1	Diagrama de bloques de la red CDMA	39
Figura 3.3	Conexiones de las antenas sectoriales con la BTS Crucita	44
Figura 3.3	Número de alumnos y nombres de las instituciones educativas ubicadas	52
Figura 3.4	Como se puede disminuir la brecha tecnológica en los centros educativos	53
Figura 3.5	Cantidad de PC's suficientes por número de estudiantes	54
Figura 3.6	Uso del Internet para una correcta formación académica	55
Figura 3.7	Centro educativo Jaime Nogales del Recinto Javita de San Marcos	57
Figura 3.8	Centro educativo 2 de Junio de la Comuna Las Balsas	57
Figura 3.9	Centro Educativo Manuela Cañizares de la Comuna la Bajada	58
Figura 3.10	Centro Educativo Ab. Jaime Roldós Aguilera del recinto Los Ceibitos	58
Figura 4.1	Mapa de la provincia de Santa Elena	61
Figura 4.2	Tasa de analfabetismo digital en la Parroquia Colonche	64
Figura 4.3	Diagrama de red de CDMA 2000 1xEv-DO	65
Figura 4.4	Red de transporte de la repetidora crucial	66
Figura 4.5	Red de acceso Conexión BTS -Terminales EV-DO	67
Figura 4.6	Enlace en centros educativos	68
Figura 4.7	Cobertura visual de la BTS Crucita	79
Figura 4.8	Ubicación de los centros educativos de la Parroquia Colonche	80
Figura 4.9	Cobertura de la primera antena sectorial	81
Figura 4.10	Cobertura de la segunda antena sectorial	82
Figura 4.11	Cobertura de la tercera antena sectorial	82
Figura 4.12	Cobertura total de la BTS crucial	83
Figura 4.13	Enlace desde la BTS Crucita y Los Ceibitos	84
Figura 4.14	Enlace desde la BTS Crucita y Clementina	84
Figura 4.15	Red de acceso	85
Figura 5.1	Nivel de pérdidas de propagación por distancia	94
Figura 5.2	Nivel de pérdidas de propagación en el centro educativo	94
Figura 5.3	Nivel de potencia de recepción por distancia	95
Figura 5.4	Comparación entre tecnologías inalámbricas	100

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla II.I	Atribución de frecuencias de la banda 450MHz	25
Tabla II.II	Beneficio social utilizando CDMA 450 en el Ecuador	26
Tabla II.III	Capacidades de transmisión teóricas en redes CDMA 450	29
Tabla II.IV	Sub-banda de frecuencias de operación del CDMA 450	29
Tabla II.V	Métodos e investigación científica	32
Tabla II.VI	Variables del proyecto	33
Tabla III.I	Ubicación de BTS con tecnología CDMA en Santa Elena	38
Tabla III.II	Parámetros de transmisión y recepción de la BTS 3606	41
Tabla III.III	Propiedades de la antena para CDMA	43
Tabla III.IV	Costo de transmisión por tecnología	46
Tabla III.V	Precios referenciales de la actualización de la red CDMA	47
Tabla III.VI	Precios para la red de acceso	47
Tabla III.VII	Costos derechos de concesión	48
Tabla III.VIII	Costo total de la actualización de la red CDMA	48
Tabla IV.I	Educación en Colonche	63
Tabla IV.II	Sostenimiento de centros educativos	64
Tabla IV.III	Valores de Constantes A y B	71
Tabla IV.IV	Comparación de métodos de propagación	73
Tabla IV.V	Especificaciones técnicas para la simulación	78
Tabla IV.VI	Lista de los resultados de la simulación	87
Tabla IV.VII	Ancho de banda requerido por el FODETEL	87
Tabla V.VIII	Requerimientos de centros educativos para calcular BW	89
Tabla V.I	Pruebas de voz realizadas en la BTS Crucita	96
Tabla V.II	Pruebas de liberación de llamadas	97
Tabla V.III	Comparación de tecnologías	101
Tabla V.IV	Aspectos Regulatorios	102
Tabla V.V	Tabla Comparación de Cobertura	104
Tabla V.VI	Características de la red CDMA450	105

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1	Características Técnicas Terminales de usuarios	110
Anexo 2	Encuestas realizadas a los directivos de los centros educativos	116
Anexo 3	Direccionamiento	117

INTRODUCCIÓN

El Estado ecuatoriano con el afán de unir a los pueblos mediante las telecomunicaciones ha resuelto adoptar la tecnología CDMA 450 como una solución para contribuir con desarrollo económico y social del país, mejorando la comunicación para que sea de óptimas condiciones, brindando el servicio de internet de banda ancha y telefonía inalámbrica específicamente en zonas rurales donde la implementación de redes cableadas no tendrían acceso.

En Santa Elena existen tres Radio Bases con tecnología CDMA 450MHz, el estudio será enfocado en la Parroquia Colonche, debido a que cuenta con la mayor cantidad de estudiantes de la zona norte de donde se beneficiarán 30 centros educativos del sector para brindarles un mejor uso de la Tecnología de la Información y Comunicación (TIC).

Con el presente proyecto se desea promover la instalación, prestación y explotación de las telecomunicaciones en áreas rurales, para cumplir con la norma de acceso universal, a fin de lograr una mayor cobertura y penetración de las telecomunicaciones, para brindar más oportunidades de desarrollo, mejorar la calidad de vida de los habitantes de esta zona.

CAPÍTULO 1

MARCO REFERENCIAL

1. MARCO REFERENCIAL.

En la actualidad la comunicación es parte importante del diario vivir, convirtiéndose en una necesidad no solo en grandes ciudades sino en zonas urbanas y rurales ya que podemos estar conectados y acceder a servicios básicos, es por ello que se utilizan todos los recursos necesarios para poder transmitir ideas y pensamientos. La comunicación está llegando a sectores

aislados y de difícil acceso, debido al desarrollo de las tecnologías que día a día sigue innovando con el propósito de que todos los pueblos estén comunicados.

Este proyecto propone el diseño de una red inalámbrica con tecnología CDMA450 para proveer servicios de voz y datos en centros educativos básicos de la parroquia Colonche y sus alrededores.

1.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.

Los centros educativos de la parroquia Colonche en su mayoría no cuentan con servicios tecnológicos de voz y datos y en algunos casos no disponen de un laboratorio de computación. En los libros que da el gobierno hay enlaces electrónicos para consulta de los alumnos, pero no todas las instituciones educativas tienen internet, retrasando el desarrollo tecnológico de los niños y jóvenes de este sector de la provincia, por lo tanto aún existe la brecha tecnológica que limita la calidad de formación y estudio de los alumnos, esto se ve reflejado en el desempeño académico que tienen los estudiantes de esta zona.

1.2 SITUACIÓN ACTUAL DEL PROBLEMA.

Los datos obtenidos por el Ministerio de Telecomunicaciones (MinTel) y el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) muestran que a nivel rural, el uso del internet se ha incrementado desde el 2010 y se da mayormente con propósitos educativos.

El Registro Oficial N° 495, emite el acuerdo 224 -11 al Ministerio de Educación.

“Institúyase la incorporación al proceso educativo de las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC’s), como contribución al mejoramiento de la calidad educativa y al fomento de la ciudadanía digital en la comunidad educativa.”

El FODETEL, es el encargado de promover la demanda del servicio de carácter social especialmente de internet, recibe solicitudes, sugerencias de proyectos por parte de gobiernos seccionales, solicitudes de grupos sociales e inversionistas que demuestren interés en proyectos sociales. Es el organismo que da el presupuesto para la implementación y para su operatividad en cinco años, para los proyectos que benefician a los centros educativos dotándolos de computadoras y acceso a servicios tecnológicos.

Este proyecto contará con todos los requerimientos necesarios, como el diseño de tráfico y capacidad de demanda que tiene los centros educativos de la parroquia Colonche, así aportar con el arduo trabajo que tiene el Estado ecuatoriano en unir pueblos a través de las tecnologías.

Con el uso de las TIC’s los estudiantes podrán explorar nuevas técnicas de aprendizaje adquiriendo oportunidades para prepararse para competencias transversales que ahora los mercados laborales exigen además de compartir experiencias con otros centros educativos, mejorando así su nivel de formación.

1.3 JUSTIFICACIÓN DEL TEMA.

Con el diseño de la red de acceso a servicios de voz y datos en los centros educativos, se contribuye al desarrollo social, económico y educativo elevando la calidad de educación de los alumnos, formando así personas capaces con un amplio interés sobre el mundo actual que tendrán la

oportunidad de conocerlo a través de los diferentes servicios a los cuales tendrán acceso, además de relacionarse con la tecnología, de esta misma forma los centros educativos podrán tener comunicación con otros establecimientos teniendo la oportunidad de intercambiar información como foros, investigaciones o proyectos logrando que estos tengan un mejor desempeño no solo académico sino también social.

1.4 OBJETIVOS.

Descripción de los objetivos del proyecto para diseñar una red inalámbrica con tecnología CDMA 450 para proveer servicios de voz y datos en los centros educativos fiscales de la parroquia Colonche y sus alrededores.

1.4.1 OBJETIVO GENERAL.

Diseñar una red inalámbrica con tecnología CDMA 450 para proveer servicio de voz y datos en los centros educativos fiscales ubicados en la parroquia Colonche y sus alrededores.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Analizar la tecnología inalámbrica CDMA450 y sus aplicaciones en zonas rurales.
- Determinar los parámetros geográficos para simulación de enlaces inalámbricos.
- Establecer los requerimientos para la implementación de la red de voz y datos con la tecnología CDMA 450.
- Evaluar centros educativos para conocer las necesidades tecnológicas.
- Diseñar la red CDMA450 para proveer servicios de voz y datos.

1.5 HIPÓTESIS.

Con el diseño de la red inalámbrica CDMA450 para los centros educativos de la parroquia Colonche y sus alrededores se fortalecerán los procesos educativos, mediante el mejoramiento del uso de las TIC's.

1.6 RESULTADOS ESPERADOS.

- Con el análisis de la tecnología CDMA se espera demostrar que es la mejor opción para su implementación en zonas rurales mediante cálculos logarítmicos de propagación y cálculos de tráfico y capacidad.
- Con datos obtenidos mediante visitas de campo y encuestas realizadas a los directivos de los planteles de la parroquia Colonche, se espera obtener información como coordenadas geográficas, nombres y representantes de las instituciones educativas, número de estudiantes, necesidades con respecto al uso de la tecnología en el proceso de enseñanza.
- Con la utilización del software de simulación radio Mobile, se espera comprobar la capacidad de cobertura que tiene la tecnología CDMA450, como datos de pérdidas en espacio libre, mostrando la cobertura que hay en cada sector como la distancia desde la BTS hacia los centros educativos.
- Con el diseño de la red inalámbrica CDMA 450 se realizará el estudio para beneficiar a los centros educativos de la parroquia Colonche.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

2. MARCO TEÓRICO.

Descripción de las técnicas de acceso múltiple. Definición, características, evolución y funcionamiento de la tecnología CDMA en la banda de 450 MHz, estudio de estándares 1x EV-DO reléase 0 y Rev. A

Regulaciones de la red CDMA 450, desplazamiento en el mundo, y estado actual en el Ecuador, métodos de investigación científica utilizados en el proyecto.

2.1 TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS.

Las tecnologías inalámbricas pueden transmitir sin necesidad de tener conectados ambos extremos de la transmisión por un medio físico, ya que utiliza modulación de ondas electromagnéticas, las cuales se propagan en el espacio por lo que permite que los dispositivos remotos se conecten sin dificultad.

2.2 TÉCNICAS DE ACCESO MÚLTIPLE.

En los sistemas de telefonía es fundamental compartir los recursos disponibles del canal y principalmente el ancho de banda, a partir de esta necesidad surgieron diversas técnicas de acceso múltiple.

Las técnicas de acceso múltiple se utilizan para permitir a múltiples usuarios compartir de manera simultánea y eficiente una cantidad limitada del espectro radioeléctrico. La frecuencia y el tiempo de separación, fueron elegidos como el comienzo de la generación de acceso múltiple. Ya que dividiendo el espectro de frecuencias se tienen un número de canales de frecuencia asignando un canal a cada usuario a esta técnica se le conoce como FDMA (Acceso Múltiple por División de Frecuencia), y con el mismo concepto se divide ahora el eje del tiempo en porciones o ranuras de tiempo a lo que se le conoce como TDMA (Acceso Múltiple por División de Tiempo).

FDMA y TDMA utilizan un número limitado de usuarios surge CDMA que en este caso; utilizará diferentes códigos no correlacionados por cada usuario, debido a esto es posible enviar información a varios usuarios sobre el mismo espectro de frecuencias sin mayor dificultad en la detección de la señal

deseada en el receptor, ya que el código de dispersión asignado es único y sólo es conocido por el receptor.

En la figura 2.1 se observa las principales técnicas de acceso múltiple que se usan para compartir el ancho de banda disponible en un sistema de comunicación inalámbrica. FDMA divide el ancho en frecuencias diferentes para poder transmitir a diferencia de TDMA, que trabaja con slots de tiempo dividiendo el ancho de banda en tiempos y CDMA ocupa todo el ancho de banda para transmitir mediante códigos ortogonales.

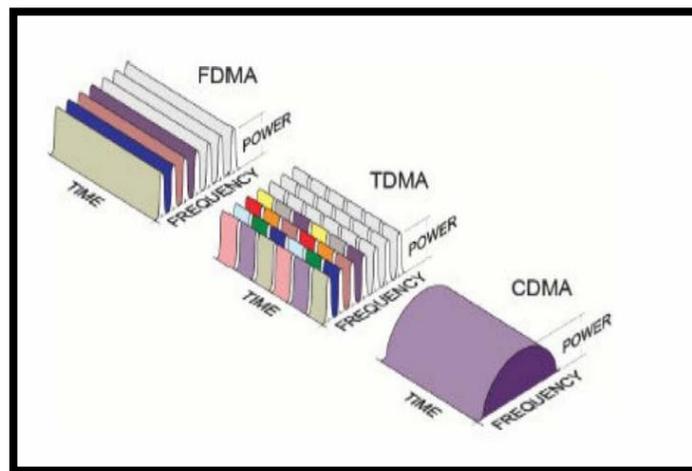


Figura 2.1: Características de FDMA, TDMA, CDMA

Fuente: Fornaresio Guillermo, Curso CDMA 450

2.3 ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN DE CÓDIGO (CDMA).

Algunos investigadores a mediados de los años 80 vieron el potencial de la tecnología conocida como espectro disperso que al principio fue utilizada para aplicaciones militares pero que podría ser usada para las telecomunicaciones en telefonía celular ya que la tecnología de espectro

disperso mejora las comunicaciones convirtiendo la información de banda angosta a una señal de banda amplia para la transmisión, mejorando las capacidades de envío a diferencia de TDMA que se limita a las ranuras de tiempo.

2.3.1 FUNCIONAMIENTO CDMA.¹

CDMA (Acceso Múltiple por División de Códigos) asigna códigos únicos para cada comunicación, para poder diferenciarla de otras en el mismo espectro, también recibe el nombre de Spread Spectrum Multiple Access (SSMA) ó Direct Sequence CDMA (DS-CDMA).

2.3.2 EVOLUCIÓN TECNOLÓGICA DE LOS SISTEMAS CDMA.

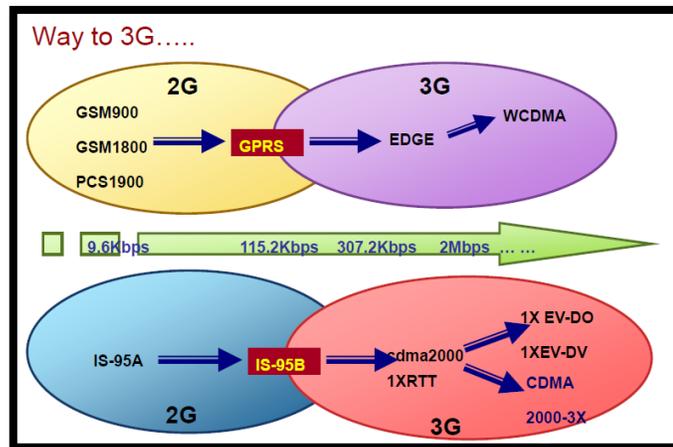


Figura 2.2 Evolución de los sistemas CDMA

Fuente: Huawei

Los sistemas de comunicaciones móviles han evolucionado desde el momento de su creación hasta nuestros días, cada vez más eficientes y óptimos, lo que ha dado lugar a generaciones marcadas por la velocidad de los sistemas como se muestra en la figura 2.2

El grupo de desarrollo de CDMA, o sus siglas en inglés CDG, vendedores y operadores del consorcio industrial de IS-95 impulsaron una propuesta para la evolución de CDMA2000 basándose en desarrollos del grupo 3GPP2. En junio del 2000, el CDG presentó al grupo 3GPP2 una propuesta para CDMA2000 que tomaría dos etapas:

- 1X-EV-DO (1x Evolution Data Only), evolución solo de datos, basado en la propuesta HDR.
- 1X-EV-DV (1X Evolution for Data and Voice), evolución de datos y voz, el cual mejoraría los servicios de datos manteniendo la compatibilidad.

2.4 CDMA2000.

CDMA2000 representa una familia de estándares IMT-2000 (3G) que proporcionan alta calidad de voz y servicios de datos de banda ancha a través de redes inalámbricas. CDMA2000 se basa en las ventajas inherentes de las tecnologías CDMA y presenta otras mejoras, como la Multiplexación Ortogonal por División de Frecuencia (OFDM), control avanzado, mecanismos de señalización, la mejora de las técnicas de gestión de la interferencia, calidad de extremo a extremo de servicio (QoS) y la nueva antenas técnicas tales como múltiples entradas múltiples salidas (MIMO), al tiempo que mejora significativamente la capacidad de la red y la reducción de los gastos de envío.

CDMA2000 1X se desplegó en 2000, como el primer estándar IMT-2000 estará disponible en el mercado.

Los sistemas CDMA2000 ofrecen un conjunto de servicios relacionados, incluyendo celulares, PCS, WLL y telefonía fija inalámbrica.

2.5 SERVICIOS DE LA RED CDMA.

Servicios de voz

El sistema es capaz de proporcionar servicios básicos: voz, llamadas a números de emergencia y telefonía pública, este último mediante un terminal de telefonía pública inalámbrico.

Servicios de Datos

El sistema CDMA, está en capacidad de proveer servicios de datos, tales como: Servicio de Fax Grupo3, Servicio de datos hasta 153 Kbps para CDMA 1X y Servicios de Datos a tasas superiores a 300 kbps para CDMA 1X EVDO, con un máximo de 2.4576 Mbps para dowlink y 153.5 Kbps para uplink.

2.6 ENSANCHAMIENTO Y MODULACIÓN.

CDMA se basa en la separación del espectro, en los medios de la transmisión digital es cuando la señal ocupa una banda de frecuencia que sea considerablemente más amplia que el mínimo requerido para la transmisión de datos por otras técnicas.

Los usuarios comparten la misma banda de frecuencia y cada señal es identificada por un código especial, que actúa como una clave reconocida por el transmisor y el receptor.

La señal recibida es la suma de todas las señales “combinadas” y cada receptor debe clasificar e identificar las señales que le corresponden de las demás señales. Para hacer esto, utiliza un código que corresponde con el código transmitido.

Figura 2.3 muestra un sistema tradicional de comunicaciones y el sistema con el espectro ensanchado.

El funcionamiento de CDMA se basa en la técnica de Espectro Ensanchado, técnica que se ha utilizado como medio para evitar interferencias o para la encriptación, esparce el espectro de frecuencias de una señal, camuflándola al llegar al receptor, la señal se reconstruye obteniendo finalmente la señal emitida por el receptor.

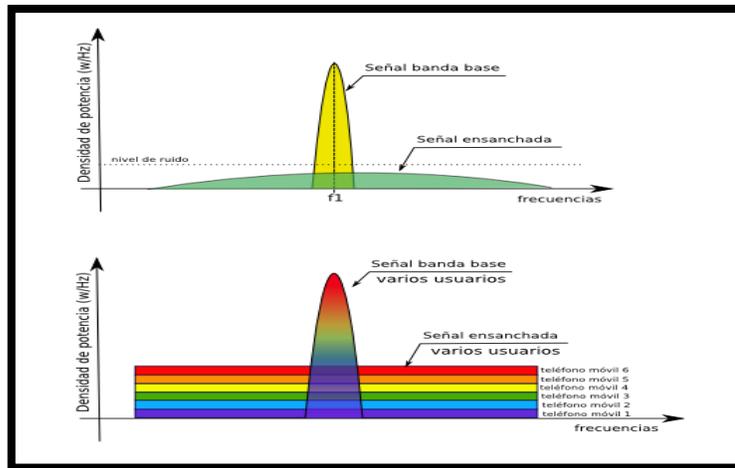


Figura 2.3: Diferencias entre un Sistema de Comunicación Tradicional y sistema Ensanchado

Fuente: <http://www.cossio.net>

2.7 ACCESO ALEATORIO.

La estación móvil inicia una petición de acceso a la red transmitiendo en varias ocasiones una presunta prueba de acceso hasta que un reconocimiento de la petición es recibida. Este proceso de enviar una petición es conocido como intento de acceso. Con un solo intento de acceso, la petición debe ser enviada a varias estaciones base.

En la figura 2.4 muestra un ejemplo de un intento de acceso. La transmisión de la prueba de acceso sigue el algoritmo de ALOHA ranurado.

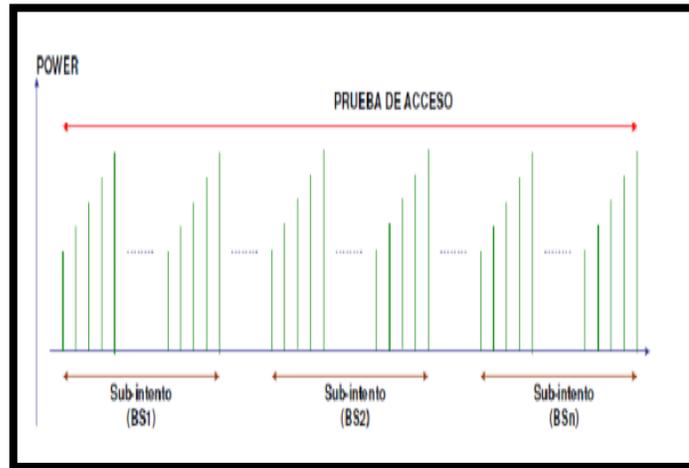


Figura 2.4: Intento de acceso realizado por una estación móvil en CDMA 2000

Fuente: www.cdg.org

Si un reconocimiento de la más reciente prueba transmitida no es recibido por la estación móvil después de un periodo de descanso, otra prueba es transmitida en otro intervalo aleatoriamente elegido, una secuencia de pruebas de acceso es transmitida hasta que un reconocimiento es recibido por la estación base.

2.8 CDMA EN LA BANDA DE 450 MHZ.

CDMA 450 representa una familia de tecnologías CDMA2000 que operan en el 410-470 MHz.

Los sistemas CDMA soportan todos los estándares CDMA2000 desarrollados por 3GPP2 y publicado por la TIA como TIA-EIA-IS-CDMA2000 (CDMA-MC), incluyendo: CDMA2000 1X, 1xEV-DO Release 0, Revisión A, y las futuras mejoras en estas tecnologías. Estas tecnologías son capaces de entregar

voz, acceso a internet y servicios de datos de banda ancha, tanto en entornos rurales y urbanos que utilizan, la movilidad limitada fija y redes de movilidad completas.

Una ventaja competitiva significativa de CDMA450 es que puede proporcionar servicios de telecomunicaciones avanzados sobre amplias áreas debido a las características de propagación mejoradas por la banda de baja frecuencia. Mediante la combinación de la gama más amplia de la banda de frecuencias de 450 MHz con los beneficios de la eficiencia de CDMA2000 líder en la industria del espectro, la capacidad de voz superior, mayores velocidades de datos de banda ancha, menor latencia y la calidad de servicios (QoS).

Los principales proveedores de infraestructura están desempeñando un papel activo en la implementación de servicios CDMA450 en todo el mundo. Hay una amplia gama de dispositivos disponibles en el mercado CDMA450 que incluye teléfonos fijos inalámbricos, módems de escritorio, módulos de máquina a máquina, teléfonos de muy bajo costo y módems USB.

Debido a su rendimiento y economía superior, hay un impulso significativo detrás del despliegue de CDMA450 en África, Asia, Europa y América Latina. Se está convirtiendo rápidamente en la tecnología preferida para proporcionar un acceso universal a los servicios que le ayudarán a aumentar la prosperidad social y económica.

Con la identificación de la banda de 450 MHz para IMT (Telecomunicaciones Móviles Internacionales) por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) en la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones 2007 (CMR-07), los reguladores de muchos países están en el proceso de asignación de la banda para los servicios de banda ancha 3G, creando nuevas oportunidades para CDMA450.

2.9 CDMA2000 1X.

CDMA2000 1X (IS-2000) es una tecnología IMT-2000 (3G), diseñada para ofrecer alta calidad de voz y datos de alta velocidad. Se trata de una tecnología inalámbrica eficiente para las comunicaciones de conmutación de circuitos de voz, compatible con velocidades de paquetes de datos de hasta 153,6 kbps en un solo canal de radio de 1,25 MHz.

CDMA2000 1X fue la primera tecnología 3G (IMT-2000) implementada en octubre de 2000.

Ventajas de CDMA2000 1x

- Aplicaciones: Soporta voz por conmutación de circuitos, servicio de mensajes cortos (SMS), descargas de timbres, servicio de mensajería multimedia (MMS), juegos, localización basada en GPS servicios, música y descargas de vídeo.
- Compatibilidad hacia atrás: CDMA2000 1X es compatible con los sistemas y los teléfonos 2G cdma One (IS-95A / B).

2.10 CDMA200 1xEV-DO.

CDMA2000-1xEVDO es la primera tecnología de banda ancha móvil de alta velocidad, proporciona a los operadores los medios para mejorar la capacidad de la red. La migración de ésta se ha dado por medio de las revisiones 0, A, B y C, comercialmente se ha logrado desplegar hasta la revisión A.

La especificación es también conocida como High Data Rate (HRD). El prefijo 1x significa que sólo toma una vez la velocidad de ensanchamiento 1,2288 Mbps y para su implementación se utiliza una portadora de 1,25MHz.

2.10.1 CDMA 1XEV-DO RELEASE 0.

CDMA2000 1xEV-DO Release 0 (Rel.0) está diseñado y optimizado para ofrecer servicios de red de banda ancha centrados en datos. Es compatible con la banda ancha de alta velocidad de datos de enlace descendente acelera a 2.4 Mbps en un canal de radio de 1.25 MHz. Comercialmente lanzada en 2002.

2.10.2 1XEV-DO REVISIÓN A

CDMA2000 1xEV-DO Revisión A (Rev. A) es una evolución de 1xEV-DO Rel. 0 que aumenta la velocidad de datos máxima en los enlaces inverso y directo para apoyar una amplia variedad de simetría, en tiempo real sensibles al retardo, la voz concurrente sobre IP (VoIP) y aplicaciones avanzadas de datos de banda ancha. También incorpora la tecnología de multiplexación por división de frecuencia ortogonal (OFDM) para habilitar la transmisión de multimedia y servicios de multidifusión (MBMS) o uno-a-muchos de entrega de contenido.

Velocidades simétricas de subida de Rev. A permite a los usuarios enviar archivos de gran tamaño, correo electrónico con archivos adjuntos, fotografías de alta resolución y videos personales desde sus dispositivos móviles. Con su red de baja latencia, el usuario y el servicio de conexión en cascada con calidad de servicio (QoS) y la arquitectura de banda ancha basada en IP.

Rev. A es capaz de soportar aplicaciones sensibles al tiempo, tales como Voz sobre IP (VoIP), Push-to-Talk (PTT) y la telefonía de vídeo. Rev. A fue lanzado en octubre de 2006.

Principales características de Rev. A son:

- **Avanzada red de datos de banda ancha:** Soporta velocidades de datos pico de hasta 3,1 Mbps en el enlace descendente y 1,8 Mbps en el enlace ascendente en un canal de radio. En las redes comerciales, Rev. A logra una transmisión de datos en redes de media carga de 600-1400 kbps en el enlace directo y 500-800 kbps en el enlace inverso. Estas tasas medias son más altas en las redes parcialmente cargados, con algunas compañías de informes de más de 2 Mbps de velocidad media del enlace directo. Usando SIMO con ecualizadores en el enlace directo y cancelación de interferencia total y la diversidad transceptor de 4 vías en el enlace inverso.
- **Mayor Capacidad:** Tanto en el enlace directo e inverso, Rev. A. permite a los operadores para apoyar a más usuarios y mejora el costo de la entrega de voz basada en IP, datos y servicios multimedia.
- **Simetría:** Aumentar las velocidades de enlace ascendente, Rev. A. La simetría es importante para aplicaciones en las que los usuarios envían paquetes de datos con la frecuencia que ellos, como la recepción y el envío de correo electrónico con archivos adjuntos.
- **Baja Latencia media:** Menos de 50 ms de ping nodo a nodo, RTT - por lo que es ideal para aplicaciones sensibles al retardo.
- **Advanced Quality of Service (QoS):** Apoya el establecimiento de prioridades y la entrega de paquetes individuales en función del tipo de aplicación o el perfil de usuario. Estos mecanismos aseguran una experiencia de usuario consistente y de alta calidad.

- **All-IP:** Protocolo de Internet (IP) es la base de todas las redes de acceso de radio CDMA2000. Al igual que EV-DO Rel. 0, todas las redes IP Rev. A ofrecen a los operadores la flexibilidad del servicio y una mayor eficiencia de ancho de banda, lo que se traduce en un mayor control y ahorro de costes.
- **Servicios avanzados:** Permite el mejor rendimiento de la banda ancha en tiempo real, de enlace de datos simétrica y retrasar los servicios sensibles como VoIP, push-to-talk (PTT), push-to-media (PTM), videoconferencia, multicasting, ver lo que veo (SWIS), y juegos en 3D con varios jugadores.
- **Compatibilidad con versiones anteriores:** Compatibilidad inherente preserva las inversiones en redes anteriores de un operador. Rev. A también es compatible con los sistemas CDMA2000 1X y cdma One.

Interfaz de 1xEV-DO Revisión A

Control de los datos de enlace ascendente, corto intervalo de tiempo de transmisión (TTI): para acelerar la transmisión de paquetes.

- Además de las técnicas de interfaz de aire utilizados en CDMA2000 1X y 1xEV-DO Release 0, las siguientes nuevas técnicas de enlace ascendente de paquetes conmutados de alta velocidad se incorporan en CDMA2000 1xEV-DO Revisión A:
- Rápido control de velocidad de enlace ascendente: para controlar eficientemente la transmisión de los dispositivos móviles.

- Fast ARQ híbrido de enlace ascendente: para reconocer la recepción correcta de los datos y retransmitir datos erróneos.
- Comentarios de redundancia incremental en el enlace ascendente: para aumentar la velocidad efectiva de datos en el enlace descendente mediante la terminación de la transmisión de un paquete antes de tiempo si se decodifica antes de lo esperado.

2.11 DESPLIEGUE DE LA TECNOLOGÍA CDMA 450 A NIVEL MUNDIAL.



Figura 2.5: CDMA 450 a nivel mundial²

Fuente: www.cdg.org

El artículo publicado por Telesemana con el título “Fortaleciendo CDMA450” en agosto del 2008, el Director de Latin America Programs CDMA Development Group (CDG) el Señor Celedonio Von Wuthensu indica:

“Tanto la Asociación Internacional 450 (IA450 por sus siglas en inglés), como el CDMA Development Group (CDG) han trabajado diligentemente para promover el uso de CDMA2000 en la banda de 450 MHz alrededor del mundo, apoyando la adopción de estándares industriales, la amplia disponibilidad de dispositivos y la armonización de espectro para avanzar en los despliegues de CDMA450. La aprobación del uso de la banda de 450-470 MHz para servicios de 3G IMT-2000, por parte de la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones 2007 de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), fue uno de los hitos más importantes en este proceso. Ahora, el foco está puesto en acelerar la adopción de CDMA450 para servicios accesibles de telefonía y banda ancha, tanto en mercados emergentes como en países desarrollados.”.

“En este contexto, América Latina ciertamente no es la excepción, ya que hay 6 países donde se prestan servicios utilizando CDMA450: Argentina, Ecuador, México, Perú, Surinam y Venezuela. Todas estas implementaciones comerciales son para servicios fijos inalámbricos (WLL), no obstante lo cual algunos de ellos ofrecen también movilidad restringida.”

2.12 CDMA 450 EN AMÉRICA LATINA.

En Latinoamérica hay amplias zonas de bajas densidad de población donde ni los celulares han llegado. CDMA 450, por su amplia cobertura, aproximadamente 50 kilómetros por antena, surge como la opción para cumplir con la obligación de conectar a todos los habitantes.

CDMA 450 no sólo proporciona telefonía fija e internet, también puede habilitarse como servicio móvil, especialmente en zonas rurales.

Y aún en zonas donde existen servicios fijos, frecuentemente quedan áreas sin cobertura. CDMA 450 es una alternativa de bajo costo para cubrir el 100

por ciento del territorio con comunicaciones, con el objetivo de universalizar los servicios.

Varios casos de negocios funcionan con éxito en Latinoamérica. Y las administraciones conceden frecuencias para un servicio que unos pocos aceptan prestar, pero ha demostrado su rentabilidad entre los operadores que lo implementaron.

Finalmente, por su velocidad de despliegue, CDMA 450 puede constituir una herramienta para la introducción de la competencia, con el fin de moderar los precios al usuario, en zonas donde la oferta hoy es una sola.

2.13 ESTADO ACTUAL DE LA TECNOLOGÍA CDMA EN EL ECUADOR.

La Corporación Nacional de Telecomunicaciones es la operadora que cuenta con tecnología CDMA 450, como se puede observar en la figura 2.6, las operadoras que actualmente existen en el País, la fecha de autorización, duración de la concesión, fecha de caducidad y tecnologías con las que trabajan.

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

Figura 2.6: Contrato de Concesión en el Ecuador³

Fuente: www.superte.gob.ec

2.13.1 NÚMERO MENSUAL DE RADIO BASES A NIVEL NACIONAL DE TECNOLOGÍA CDMA450.

Según Estadísticas de la SENATEL (Secretaría Nacional de Telecomunicaciones), a nivel nacional la Corporación Nacional de Telecomunicaciones hasta el mes de Mayo del 2013 tiene 167 BTS's con tecnología CDMA450 MHz, como podemos observar en la figura 2.7

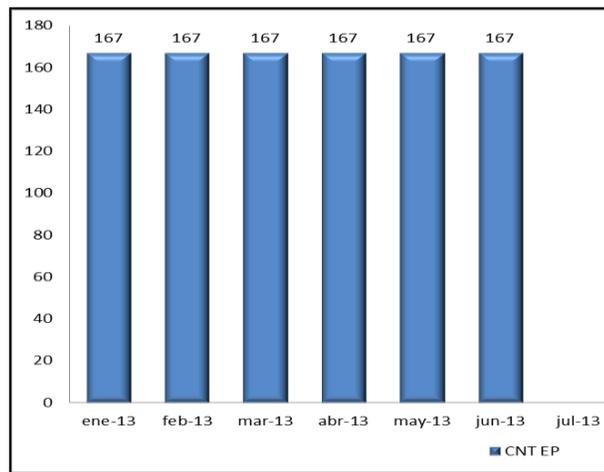


Figura 2.7: Número de radio Bases con tecnología CDMA 450 en el País
Fuente: Senatel

2.13.2 NÚMERO DE RADIO BASES CDMA 450 POR PROVINCIAS DE LA CNT EP.

En el transcurso de los 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, en la figura 2.8 podemos observar el mayor crecimiento de radio bases en la provincia de Manabí, Azuay, Loja y Zamora Chinchipe y las provincias que tienen la

menor cantidad de BTS's con tecnología CDMA 450 son la provincia de Los Ríos, Pastaza y Santa Elena.

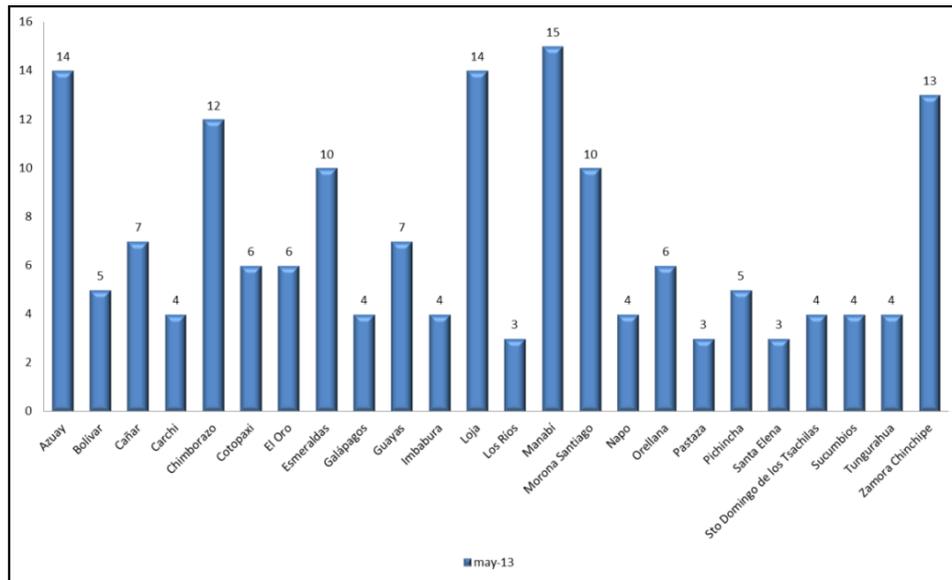


Figura 2.8: Número de radio bases por Provincia.
Fuente: Senatel

2.14 REGULACIÓN DE LA BANDA DE FRECUENCIA DE LOS 450 MHZ EN EL ECUADOR⁴.

El Conatel con el afán de promover los Servicios de Telecomunicaciones, sobre todo en áreas urbanas y rurales, aprobó la posibilidad de brindar “Servicios de Telecomunicaciones con cobertura en Áreas Rurales” utilizando la tecnología CDMA 450 como una de las mejores alternativas para implementar este proyecto.

La Secretaria Nacional de Telecomunicaciones emite el Plan Nacional de Frecuencias donde se establecen la normas para la atribución de las bandas, sub-bandas y canales radioeléctricos para los diferentes servicios de

radiocomunicaciones, cubre las demandas de los servicios de telefonía fija inalámbrica, telecomunicaciones móviles terrestres y vía satélite, servicios de comunicación personal, sistemas móviles internacionales de telecomunicaciones.

Atribuciones de la Banda 450 MHz

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 SATÉLITE (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 II.I: Atribución de frecuencias de la banda 450 MHz.

Fuente: Plan Nacional de Frecuencias ⁵

Mediante Resolución 331-C-CONATEL-2008 de 23 de junio de 2008, el Consejo Nacional de resolvió en su artículo único:

“Realizar las acciones necesarias para la liberación de una parte de la sub-banda A de CDMA 450, comprendida en los rangos 454.400 – 457.475 MHz y 464.400 – 467.47. En aquellas provincias en las cuales se tenga un número mayor a diez concesiones de frecuencias en dichos rangos, la SENATEL deberá verificar la disponibilidad de espectro para la reasignación de los concesionarios salientes y, además, el compromiso del operador entrante de indemnizar a dichos concesionarios. Todo esto con la finalidad de permitir la implementación de sistemas orientados a brindar servicios de telecomunicaciones fijos inalámbricos en áreas rurales.”

2.15 BENEFICIO SOCIAL POR PARTE DE LA CNT UTILIZANDO TECNOLOGÍA CDMA EN LA BANDA DE 450 MHZ.⁶

	PROVINCIA	CENTROS EDUCATIVOS	CENTROS DE SALUD	ALUMNOS BENEFICIADOS
1	MORONA SANTIAGO	137	35	15.048
2	AZUAY	379	53	52.451
3	MANABÍ	241	42	35.317
4	NAPO	44	7	9.606
5	LOJA	250	65	33.667
6	IMBABURA	138	23	26.585
7	BOLIVAR	117	24	17.169
8	CAÑAR	255	0	48.066
9	GALAPAGOS	14	0	3.458
10	CARCHI	80	27	10.144
11	CHIMBORAZO	573	76	55.650
12	PASTAZA	9	3	1.441
13	ORELLANA	4	1	617
14	SUCUMBIOS	31	3	3.526
15	ZAMORA CHINCHIPE	179	27	14.934
	TOTAL	2451	386	327.679

Tabla II.II: Beneficio Social utilizando la tecnología CDMA 450 en el Ecuador

Fuente: CNT E.P.

En la tabla II.III se describen las provincias, la cantidad de centros educativos y centros de salud, además la cantidad de estudiantes que fueron beneficiados por parte de la CNT, con la implementación de redes inalámbricas con tecnología CDMA 450.

2.16 RENDIMIENTO DE LA RED DE DATOS.⁷

El throughput es la tasa efectiva de transmisión de la información al receptor a través de un canal de comunicación. Este parámetro es medido en bits por segundo.

El enlace aéreo es espectralmente eficiente y proporciona un throughput pico en el enlace directo de 7,4 Mbps/celda (sectores) con una portadora de frecuencia (1.25MHz), importante contribución de esta tecnología para tener un alto throughput puede ser atribuido a la aproximación dinámica que este sistema toma para entender las actuales condiciones de radio y reaccionar a ellas. 1xEV-DO obtiene las condiciones de radio de todos los terminales móviles. Los datos recolectados son utilizados para organizar los paquetes que van a ser transmitidos de tal forma que se maximice el throughput del sistema. Otra razón para que CDMA2000 1xEV-DO proporcione un muy alto throughput es el uso de codificación adaptiva y modulación. Este sistema examina las actuales capacidades de recepción de datos de un terminal y adapta los parámetros de transmisión incluyendo la velocidad de codificación y la modulación para transmitir la información.

A diferencia de CDMA2001x, se asigna el uso de todo el ancho de banda en su canal de radio para un solo usuario a la vez en el enlace directo quiere decir que durante la transmisión de datos en paquetes de usuario, el sistema efectivamente asigna a todos los recursos a la transmisión de un solo

usuario. Esto posibilita que la red use la máxima potencia disponible para el cliente, lo cual ayuda a tener una alta velocidad de datos sobre el aire.

Una razón más para tener un alto throughput, es el esquema de conocimiento temprano usado a nivel de capa física. Cuando un usuario está transmitiendo sobre el aire, los datos son usualmente protegidos para ayudar con la recuperación de error en el receptor.

Por lo tanto, 1xEV-DO proporciona velocidades de datos asimétricos sobre los enlaces directo y reverso.

El enlace aéreo (enlace entre la MS y la BTS) usa eficientemente los recursos de red proporcionando un alto rendimiento del throughput promedio de datos con solo 1,25 MHz de espectro. Dado un sector completamente cargado, con un número de usuarios distribuido uniformemente a través del área de cobertura, el throughput promedio del enlace directo en una celda (3 sectores) es:

Enlace directo:

Ambiente Pedestre

3,1Mbps/celda (antena receptora sola)

4,0 Mbps/celda (antena receptora dual)

Baja velocidad de movimiento del usuario:

1,3 Mbps/celda (antena receptora sola)

2,5 Mbps/celda (antena receptora dual)

Alta velocidad de movimiento del usuario:

2,0 Mbps/celda (antena receptora sola)

3,1 Mbps/celda (antena receptora sola)

Capacidades de transmisión teóricas de redes CDMA450

Capacidad	CDMA2000 1X (Portadora 1.25 MHz)	CDMA 2000 1xEVDO rel.0 (Portadora 1.25 MHz)	CDMA2000 1xEVDO Rev. A (Portadora 1.25 MHz)
Máximo	153 Kbps (DL) 153 Kbps (UL)	2.4 Mbps (DL) 153 Kbps(UL)	3.1 Mbps (DL) 1.8 Kbps (UL)
Promedio usuario	60- 100 Kbps	300 – 700 Kbps(DL) 70 – 90 Kbps (UL)	600 – 1400 Kbps(DL) 500-800 Kbps (UL)

Tabla II.III: Capacidades de transmisión teóricas redes CDMA 450

Fuente: www.cdg.org

2.17 LAS SUB BANDAS PARA CDMA 450 MHZ.

La Asociación Internacional para uso de la banda 450⁸, pone a consideración, que la tecnología adecuada a emplear es CDMA 450 con portadoras de 1.25 MHz de ancho de banda.

Sub-clases de Bandas	Frecuencias(Mhz) estación móvil	Frecuencias(Mhz)est ación base
A	425.5-457.475	462.5-457.475
B	452-4546.475	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 II.IV: Sub-bandas de frecuencias de operación del CDMA450

Fuente: www.450world.org

En la tabla II.V se observa las sub-bandas de la tecnología CDMA 450, la frecuencia de la estación móvil, como las frecuencias de la estación base.

2.18 SERVICIOS DE CDMA450.

Utiliza la tecnología CDMA20001X y 1xEV-DO por lo que tiene los siguientes servicios.

Alta capacidad de voz de 26 a 29 Erlangs/sector/1.25 MHz (equivalente de 35 a 38 canales telefónicos /sector/1.25MHz)

Alta velocidad de transmisión de datos hasta 153 Kbps

CDMA 2000 1xEV-DO:

Muy altas velocidades de transmisión de datos: 2,4 Mbps (Rel. 0) y 3,1 Mbps (Rev. A).

CDMA 450 es ideal para:

- Telefonía rural
- Conectividad para acceso a internet
- Servicios fijos y móviles – WLL de baja movilidad
- Sociedad de la información
- Escuelas en red
- Hospitales en red
- Policía en red
- Comunidad en red

2.19 SEGURIDAD EN LA TENOLOGÍA CDMA 450.⁹

La seguridad en una red de telecomunicaciones en la actualidad es indispensable y de suma importancia.

Por lo que es recomendable cumplir con diferentes reglas para tener una comunicación segura de voz y datos en la trasmisión y recepción.

- Impedir que la información que se está transmitiendo sea interceptada por una tercera persona.
- Asegurar que los datos no tengan alteraciones en la trasmisión o recepción de la información.
- Considerar ciertos protocolos de seguridad de redes inalámbricas para que el enlace sea seguro.

A continuación se mencionan dos protocolos de seguridad en redes inalámbricas CDMA450.

Protocolo de seguridad IP (IPSec)

El protocolo IP Sec es aplicable para la conexión remota por las interfaces, provee la encriptación y la autenticación, que protege el tráfico de aplicaciones en la capa IP.

Protocolo SSL (Secure Socket Layer)

El protocolo SSL provee seguridad en la capa TCP/IP asegurando compatibilidad con el servicio de traducción de direcciones de red NAT, mediante la configuración del firewall y la ubicación del proxy.

2.20 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.

ETAPA DE INVESTIGACIÓN	MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS	RESULTADO
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	Analítico sintético deductivo-inductivo observación	Revisión bibliográfica por libros e internet	Bases teóricas de la investigación y observación
DIAGNÓSTICO	Recolección de información ,cálculos matemáticos	Revisión documental encuesta	Diagnóstico del estado actual del problema.
DISEÑO	Modelación	Enlaces a centros educativos Antenas	Propuesta
	Deductivo-Inductivo	Dispositivos de telecomunicaciones	

Tabla II.V: Métodos de investigación científica
Fuente: Diseño de tesis

Se utilizó algunos métodos de la investigación científica, para conocer las características técnicas de las tecnologías como sus aplicaciones. Para conocer información de los centros educativos, se realizaron encuestas y visitas de campo.

2.21 OPERATIVIDAD DE LAS VARIABLES.

VARIABLES INDEPENDIENTES	VARIABLES DEPENDIENTES
Diseñar una red inalámbrica con tecnología CDMA 450	Proveer servicio de voz y datos en los centros educativos de la parroquia Colonche y sus alrededores.
	Uso de las TIC's en el proceso de enseñanza

Tabla II.VI: Variables del Proyecto

Fuente: Diseño de tesis

2.22 TÉRMINOS BÁSICOS

AAA: Autorización, Autenticación y Cuentas

ABR: Velocidad de bits disponible

AMPS: Servicio Telefónico Móvil Avanzado

AN: Red de acceso

ARP: Protocolo de resolución de dirección

ARQ: Arquitectura de la Información

ATM: Modo de transferencia asíncrono.

BSC: Controlador de estaciones Base.

BTS: Estación Base Transceptora.

EMC: Compatibilidad electromagnética.

EVDO: Evolución de Datos Solos/Optimizado.

EVDV: Evolución de Voz y Datos.

FDD: División de Frecuencia Doble.

FDMA: Acceso Múltiple por División de Frecuencia.

IEEE: Instituto de Ingenieros en Electricidad y Electrónica.

IMA: Multiplexado inverso de ATM.

MS: Estación Móvil.

OTD: Diversidad Transmitida Ortogonal.

PCF: Función de control de paquetes.

PDSN: Nodo de servicio de paquetes de datos.

PDU: Unidad de paquetes de datos.

PN: Ruido Pseudoaleatorio.

QoS: Calidad de servicio.

QPSK: Modulación por Cuadratura de Fase.

RAC: Control de Acceso por Radio.

RC: Configuración de radio.

SDH: Jerarquía digital síncrona.

SIMO: Una entrada, múltiples salidas.

STM-1: Modo de transferencia síncrona 1.

TDD: División de Tiempo Doble.

TDMA: Acceso Múltiple por División de Frecuencia.

TDM: (Multiplexado por división de tiempo.

UMTS: Sistema Universal de Telecomunicaciones Móvil.

UNI: Interface de red del usuario.

VBR: Velocidad variable de bits.

VLAN: LAN Virtual.

3GPP: Proyecto Asociado de Tercera Generación.

3GPP2: Proyecto Asociado de Tercera Generación 2.

CAPÍTULO 3

ANÁLISIS DE LOS REQUERIMIENTOS DEL DISEÑO

3. ANÁLISIS

En el capítulo tres se mencionan los requerimientos necesarios para el diseño de la red. CNT cuenta con tecnología CDMA en la banda de los 450

MHz, en la actualidad se está dando servicio de voz, pero se pretende actualizar la red y dar servicios de datos.

Se realizó encuestas dirigidas a los directores de los centros educativos de la parroquia Colonche, para conocer las necesidades tecnológicas que presenta los centros educativos.

3.1 CONECTIVIDAD Y TELECOMUNICACIONES EN LA PARROQUIA COLONCHE.

En la parroquia Colonche según el Plan de Ordenamiento de Colonche 2011, aún existen limitaciones en las telecomunicaciones y conectividad, a continuación se detalla información al respecto.

Telefonía convencional pública

En la Parroquia, el servicio de telefonía convencional pública es muy limitado, casi inexistente, no hay cobertura y las pocas líneas que existen tienen problema del mal servicio generalizado, sin tono, interferencia o falta de mantenimiento.

Telefonía móvil

El servicio de telefonía móvil, tanto pública como privada es deficiente, no existe cobertura adecuada por parte de las operadoras, baja señal, insuficientes antenas repetidoras en la parroquia.

La señal adecuada para poder establecer comunicación se recibe solamente hasta Manantial de Guangala, que está ubicado al este de la parroquia Colonche. Para llegar a la cabecera cantonal de Santa Elena se debe ir por el carretero Colonche – Cruce de Palmar y ruta del Spondylus.

Acceso a internet

La señal para el programa de gratuidad en escuelas y colegios es irregular, no existe oferta por parte de los proveedores del servicio ni mayor demanda.

Pero se está mejorando el acceso mediante esfuerzos institucionales que impulsan la conectividad para el desarrollo de la comunidad, tales como:

1) Proyecto “Santa Elena Digital”, a cargo del Gobierno Provincial de Santa Elena, proyecto en ejecución para dotar de computadoras y acceso a internet en escuelas y sitios comunales del área rural de la provincia.

2) Proyecto CDMA 450, en ejecución por parte del Gobierno Nacional para dotar de Telefonía Móvil e internet en 21 comunas de la Provincia.

3.2 LA TECNOLOGÍA CDMA 450 EN SANTA ELENA.

Con la finalidad de mejorar las telecomunicaciones en la provincia de Santa Elena, la Corporación Nacional de Telecomunicaciones implementó tres radio bases con tecnología CDMA, las que permitirán dotar de 3.745 líneas telefónicas, para beneficiar a 44 comunidades de Santa Elena.

En la tabla III.I se observa la ubicación en coordenadas de las BTS CDMA en Santa Elena

Parroquia	Nombre de la BTS	Longitud Sur	Latitud Oeste
Colonche	Crucita	01°58'35.05	080°38'41.0
Manglaralto	Atamaris	01°41'29.00	080°48'10.0
Simón Bolívar	Bellavista	02°10'09.55	080°19'53.6

Tabla III.I: Ubicación de BTS con tecnología CDMA en Santa Elena.

Fuente: CNT Santa Elena

3.3 DIAGRAMA DE BLOQUES DE LA RED CON TECNOLOGÍA CDMA 1XEV-DO.

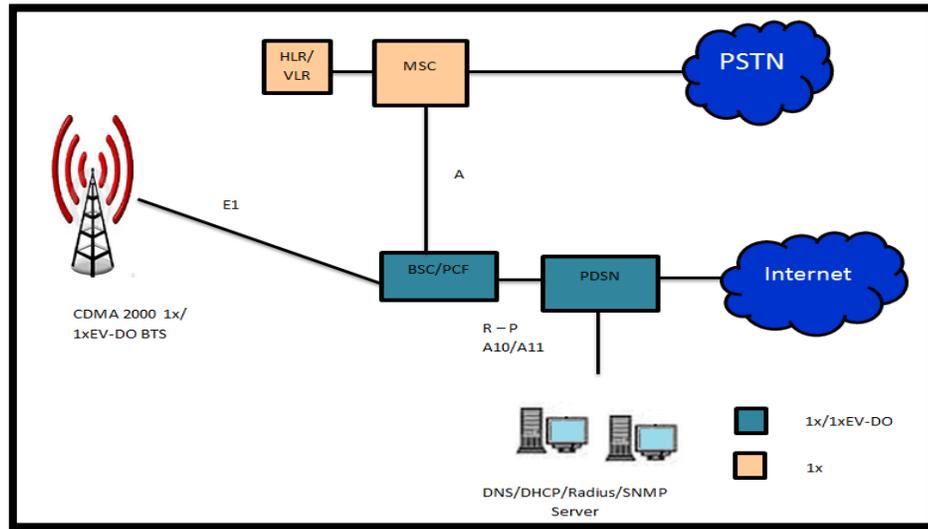


Figura 3.1: Diagrama de Bloques de la red CDMA

Fuente: Diseño de tesis

Para dar el servicio de datos con alta velocidad de transmisión en una red ya existente con tecnología CDMA 1x en la banda de los 450 MHz, se debe añadir una nueva tarjeta de canal ev-do en la estación base, y el aumento de la capacidad de datos del paquete nodo de servicios (PDSN).

Los elementos de la red con tecnología CDMA 1x EV-DO son los siguientes:

- BTS: Estación Base Transmisora.
- BSC: Estación Base Controladora.
- PCF: Función de Control de Paquetes.
- MSC: Centro de Conmutación Móviles.
- VLR: Registro de Ubicación de Visitante.
- HLR: Ubicación de Registro Local.
- PDSN: Nodo Servidor de Paquetes de Datos.

- M2000: IManager M2000, monitoreo y configuración de la red.

3.4 DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS DE LA RED CDMA.

Se describen los elementos que forman parte de la red con sus funciones principales.

BTS 3606 AC

- La BTS3606AC es una BTS outdoor soporta hasta 3 sectores por gabinete, fácil instalación, cobertura flexible, puede trabajar en entornos outdoor sin necesidad de cuartos de equipos.
- Soporta red híbrida CDMA2000 1X / 1xEV-DO. La asignación de canales CDMA 2000 1X y CDMA 1xEV-DO en una celda es flexible.
- Compatible con las bandas 450 MHz, 800 MHz, y 1900 MHz.
- la BTS3606 puede ser expandida al conocer los requerimientos de CDMA 1xEV-DV.
- En una red CDMA2000 1x o CDMA2000 1xEV-DO, cada puerto óptico puede conectarse hasta con tres niveles de ODU3601 para extender la cobertura.
- Soporta enlaces E1 o T1.
- Trasmisión IP basado en E1 y Fast Ethernet.
- Sistema de Posicionamiento Global.
- Cada portadora maneja un tráfico de 49 Erlangs.

Soporta varios modos de configuración, como S(1/1/1), S(2/2/2), S(1) o S(2), la nomenclatura S(1/1/1) significa que la celda está sectorizada cada 120°, y que cada sector posee una portadora, en cambio la configuración S(2/2/2)

significa que la celda esta sectorizada cada 120° y que cada sector posee 2 portadoras.

En la tabla III.II se describen los parámetros de transmisión y recepción de la BTS 3606 en la banda 5, para canales simples y canales múltiples, como lo que se desea es brindar una red con telefonía e internet en el estudio se utilizó la potencia de transmisión multicanal para las tres portadoras.

Banda Clase	Frecuencia BTS Tx Frecuencia BTS Rx	Potencia de transmisión (Single - Channel)	Potencia de transmisión (Multi-Channel)	Sensibilidad del Receptor
5	460MHz- 470MHz 450MHz-460MHz	20W	60W	-127dBm -126dBm (Multi-Channel)

Tabla III.II: Parámetros de transmisión y recepción de la BTS 3606
Fuente: Huawei

CONTROLADOR DE ACCESO DE RADIO RAC6610

El RAC 6610 es el encargado de controlar las BTS que están asociadas a la red, dependiendo de la configuración que tenga el sistema CDMA 450, estas funciones pueden venir incluidas en el MSC.

Las principales funciones del RAC 6610 con las siguientes:

- Manejo de recursos.
- Administración y Mantenimiento del sistema.
- Procesamiento de las llamadas.
- Traspaso del servicio o handoff.
- Codificación de la voz.

SHORT MESSAGE CENTER (SMC)

El SMC es usado para el almacenamiento y envío de mensajes cortos. También provee servicios suplementarios relacionados a mensajes cortos.

HOME AGENT (HA)

Es el interfaz entre la red móvil y el internet. Es un nodo auxiliar para los subscriptores móviles para acceder al internet.

UNA PDSN (PACKET DATA SUPPORT NODE)

La PDSN conecta el usuario final a una red IP, proporcionado servicio de datos al usuario, además actúa como gateway entre la red inalámbrica CDMA y la red de servicios IP. Tiene una interfaz A10/A11, sobre fastEthernet/GigabitEthernet para conexión con la BSC/PCF.

Posee Un Servidor AAA (Autenticación, Autorización, Contabilidad) y sus funciones son:

- Servidor de verificación remota para los suscriptores inalámbricos, provee autenticación, contaduría y servicio de valor agregado de datos, además de soportar tipos de bases de datos.
- Un sistema de alimentación y respaldo de energía en los lugares solicitados.
- Una plataforma de gestión y administración de elementos de la red, denominado Manager M2000.

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 trabaja con frecuencias de 450-470 MHz, ideal para CDMA.

PROPIEDADES ELÉCTRICAS	
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

Tabla III.III: Propiedades de la antena para CDMA

Fuente: Huawei

La figura 3.2 muestra la conexión de las tres antenas con la que cuenta la BTS Crucita, están clasificadas por sectores.

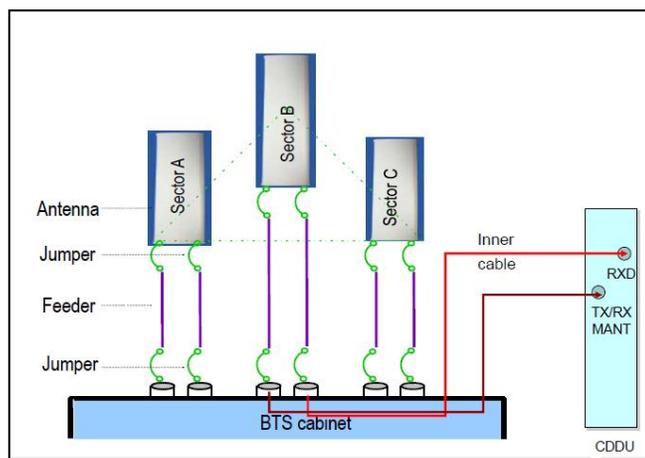


Figura 3.2: Conexiones de las antenas sectoriales con la BTS Crucita

Fuente: Huawei

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL EQUIPO TERMINAL

El terminal Huawei FT8090 es un terminal inalámbrico fijo basado en CDMA2000 1x RTT y CDMA2000 1xEV-DO Rev. El FT8090 Ofrece servicios de paquetes de datos de alta velocidad, soporte descarga inalámbrica a una velocidad de hasta 3,1 Mbps y la carga a una velocidad de hasta 1,8 Mbps. El FT8090 admite el servicio IEEE 802.11b / g WLAN.

En el anexo 1 se describe las especificaciones del equipo terminal para cada uno de los centros educativos, marca HUAWEI modelo FT8090 con servicio de voz, datos y conectividad inalámbrica.

3.5 ANÁLISIS TÉCNICO PARA EL DISEÑO DE LA RED CON TECNOLOGÍA CDMA 450.

Al igual que las tecnologías anteriores como CDMA 2001x, 1xEV-DO ocupa la misma cantidad del espectro de 1.25MHz.

La integración del 1xEV-DO a una red CDMA1x no es compleja, ya que utiliza los mismos equipos de radio frecuencia, reutilizando infraestructura como la torre, antenas y los equipos de transmisión y recepción como en las versiones anteriores de CDMA.

1xEV-DO opera en la banda de los 450Mhz, facilitando a las operadoras que ya poseen los permisos correspondientes y las licencias para la transmisión y recepción de información en esa frecuencia.

Así se reduce el tiempo de ejecución del proyecto a diferencia de implementar otra tecnología.

3.6 ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA INSTALACIÓN DE LA RED CDMA 450.

La CNT Santa Elena cuenta con tecnología CDMA para servicios de voz de alta calidad, para poder dar el servicio de banda ancha se deberá instalar tarjetas electrónicas a la BTS y actualizar software. Utilizando infraestructura existente, reduciendo costos de implementación.

Tomando en cuenta un estudio organizado por QUALCOM¹⁰ en donde diferentes tecnologías fueron comparadas en bases iguales, 1xEV-DO

mostró ser 20 veces más barato en el análisis de costo por Mbyte (ver tabla III.IV).

Con 1xEV-DO, las operadoras pueden cobrar menos por el volumen de tráfico, lo que estimula la adopción en masa de este servicio y aun alcanzando altas tasas de retorno financiero.

Tecnología	Costo de red por Mbyte	Costo 200 Mbytes
GPRS	\$0.415	\$83.00
WCDMA (UMTS)	\$0.069	\$13.80
CDMA2000 1X	\$0.059	\$11.80
CDMA20001xEV-DO	\$0.022	\$4.40

Tabla III.IV: Costo de Transmisión de Datos por Tecnología (US\$).

Fuente: www.qualcomm.com

3.6.1 COSTOS DE LOS EQUIPOS DE LA RED CDMA 1X EV-DO.

En la tabla III.V se muestran los valores referenciales de las tarjetas a utilizar para la actualización de la red.

ESPECTRO DE FRECUENCIA

La red CDMA 1xEV-DO para nuestro caso, opera en la banda A de 450 MHz, el espectro de frecuencia disponible es de 3 portadoras CDMA, las cuales soportan tráfico EVDO.

Precios referenciales de los equipos a utilizar en la red CDMA

Concepto	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Precio Total
Tarjeta EVDO para BTS	1	unidad	\$ 23,450.00	\$ 23,450.00
Tarjetas EVDO para BSC	1	unidad	\$ 127,268.03	\$ 127,268.03
Tarjeta PDSN9660	1	unidad	\$ 61,991.70	\$ 61,991.70
Ampliación enlaces de radio	1	unidad	\$ 2,734.95	\$ 2,734.95
Ampliación AAA	1	unidad	\$ 15,000.00	\$ 15,000.00
total				\$230,444.68

Tabla III.V: Precios referenciales de la actualización de la Red CDMA
Fuente: HUAWEI

Precios de computadores, Switch, y equipos terminales

Equipo	Marca	Incluye	cantidad	Costo unitario	Costo total(\$)
PC	HP	Computador completo	58	500	29,000.00
Switch/16 puertos	MRV	Switch más cable de poder	30	50	600.00
Terminales	Huawei	Dispositivo más cable de poder.	30	\$ 57.00	\$ 1,140.00
Teléfono fijo		Teléfono más cable para RJ11	30	\$18.00	\$540.00
total					\$31,280.00

Tabla III.VI: Precios para la red de Acceso
Fuente: Diseño de tesis

3.6.2 COSTOS DE DERECHOS DE CONCESIÓN DE LA PORTADORA CDMA450 PARA EVDO.

CONCEPTO	VALOR TOTAL
Costo de uso de frecuencia	\$40,274.64
Costos de derechos de concesión de la portadora	\$9,619.88
TOTAL	\$49,894.52

Tabla III.VII: Costos Derechos de Concesión
Fuente: Senatel

Costo total de la actualización de la Red CDMA	Valores
Precios referenciales de la actualización de la Red CDMA	\$230,444.68
Precios para la red de Acceso	\$31,280.00
Costos Derechos de Concesión	\$49,894.52
TOTAL	\$311,619.2

Tabla III.VIII: Costo total de la actualización de la Red CDMA
Fuente: Diseño de tesis

El FODETEL financia la implementación y el funcionamiento de una red de telecomunicaciones para centros educativos por cinco años, mantener la conectividad será de responsabilidad de la comunidad y de los organismos correspondientes.

3.7 ANÁLISIS OPERATIVO PARA CONOCER LOS BENEFICIOS DEL PROYECTO CDMA 450 A LA POBLACIÓN.

Para conocer el uso de las TIC'S en los centros educativos de la parroquia Colonche se realizó encuestas y visitas a las diferentes instituciones educativas.

3.7.1 SELECCIÓN DE LOS CENTROS EDUCATIVOS.

De acuerdo a la información brindada por la Junta Parroquial de Colonche, la parroquia Colonche cuenta con 37 centros de Educación Básica, pero no tomaremos en cuenta a los centros educativos que ya cuentan con sala de computación y servicio de internet, que fueron beneficiados por el programa "Santa Elena Digital" del Gobierno Provincial de Santa Elena, que son los siguientes: Ignacio Alvarado - Comuna Palmar, Miguel De Letamendi - Comuna Febres Cordero, San Marcos - Comuna San Marcos, Luis Rosales Santos - Comuna Manantial de Colonche, Medardo Ángel Silva - Comuna Rio Seco, Francisco Pizarro - Comuna Monteverde y Rafael Moran Valverde - Comuna Jambelí, quedando 30 establecimientos para nuestro estudio.

3.7.2 CÁLCULO DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA.

Para determinar la muestra probabilística se utilizará el muestreo simple por proporciones. Pero ya sabemos que solo vamos a trabajar con 30 centros educativos.

Sin embargo utilizamos las fórmulas correspondientes para hallar el tamaño de la muestra.

Tenemos la siguiente fórmula.¹¹

$$N_o = \frac{Z_{\alpha/2} P Q}{E^2} \quad (1)$$

Donde

N_o =tamaño muestra sin ajustar

Z_{α} = valores correspondientes al nivel de significancia

E = error de tolerancia de la estimación

PQ= varianza de la variable

Para el caso de estudio se tomó un nivel de error del 5% y un nivel de confianza del 95%, reemplazando los valores en la fórmula obtenemos los resultados siguientes:

$$N_o = [(1.96)^2 (0.5)^2]/0.05^2$$

$$N_o = 384.16(1)$$

Una vez que tenemos el valor de N_o vamos a calcular la muestra probabilística.

Donde N= número de la población

$$n = n_o/(1 + n_o/N) \quad (2)$$

$$n = 384.16 / (1 + 384.16/37)$$

$$n = 384.16 / (1 + 10.38)$$

$$n = 384.16 / (11.38)$$

$$n = 33.75 \sim 33$$

La muestra será de 33 encuesta que se deberían haber realizado pero ya se explica el motivo de solo realizar 30 encuestas, por la cantidad de centros educativos.

Requerimientos para las encuestas a los centros educativos.

Para realizar las encuestas se necesitaron los siguientes elementos:

- Cámara Fotográfica
- Dispositivo GPS
- Carta Topográfica de Colonche

3.8 ENCUESTAS REALIZADAS PARA CONOCER EL ESTADO ACTUAL DE LOS SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES EN LA PARROQUIA COLONCHE.

La educación Básica de Colonche comprende planteles públicos, privados y fiscomisionales, sin embargo el presente proyecto abarca los planteles fiscales.

El propósito de las encuestas y visitas es el reconocimiento del lugar, establecer las necesidades de conectividad de los centros educativos, para determinar si cuentan con sala de computación, número de alumnos, número de computadoras de las que disponen, posición geográfica, altura y el uso de las TIC's en el proceso de enseñanza. En el anexo 2 se muestra la encuesta.

3.8.1 NOMBRES DE LAS INSTITUCIONES Y CANTIDAD DE ESTUDIANTES.

En la figura 3.3 se muestra la cantidad de estudiantes y el nombre de los establecimientos educativos de la parroquia Colonche, se observa que el centro educativo Antonio Isa Yasbek de la comuna Manantial de Guangala, cuenta con la mayor cantidad de alumnado.

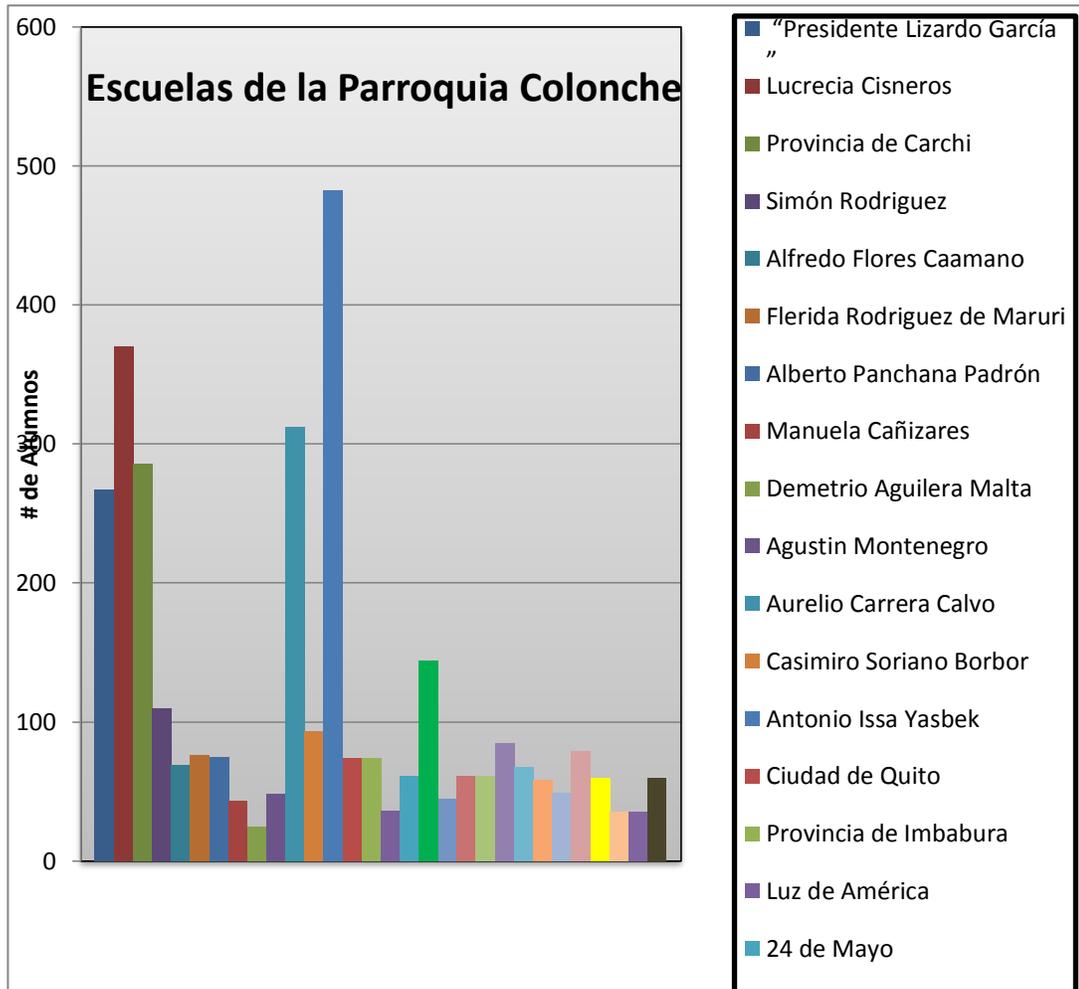


Figura 3.3: Número de alumnos y nombres de las instituciones educativas ubicadas en la parroquia Colonche

Fuente: Diseño de tesis

3.8.2 ¿CÓMO SE PUEDE DISMINUIR LA BRECHA TECNOLÓGICA EN LOS CENTROS EDUCATIVOS?

Se ha realizado la pregunta debido a que existen centros educativos que tienen PC's disponibles, pero no cuentan con internet, por ende se ha consultado a los directores si creen que es necesario el uso de internet para disminuir la brecha tecnológica.

Los resultados son claros el 93.3% equivalente a 28 directores de escuelas, respondieron que es importante que los laboratorios cuenten con internet, debido a que en estos tiempos ya no es suficiente solo explicar el uso de una PC, porque todo gira alrededor del internet.

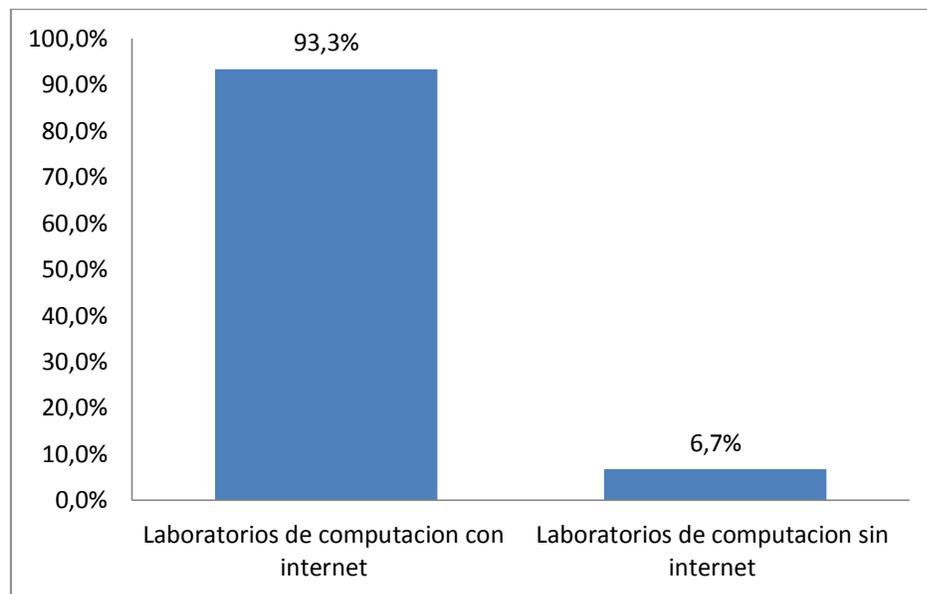


Figura 34: Cómo se puede disminuir la brecha tecnológica en los centros educativos
Fuente: Diseño de tesis

3.8.3 ¿CREE UD. QUE ES SUFICIENTE EL NÚMERO DE COMPUTADORAS QUE TIENE SU INSTITUCIÓN, CON RELACIÓN AL NÚMERO DE ESTUDIANTES, PARA EL USO Y CORRECTO ENTENDIMIENTO DE LAS TIC'S?

Se planteó la pregunta debido a que es importante conocer qué creen los directores de cada centro educativo, acerca de la cantidad de PC's con relación al número de alumnos, ya que en varias escuelas se palpó que poseen pocas PC's en relación a la gran cantidad de alumnos incluso en algunas no tienen PC's, en base a las pregunta se obtuvo que el 50% de los centros educativos no están conformes con la cantidad de pc's que tienen, por tal motivo el desarrollo de los estudiantes en el área tecnológica no va de acuerdo a su edad, ya que incluso se evidenció que habían alumnos que ni siquiera sabían encender un PC, debido al limitado acceso.

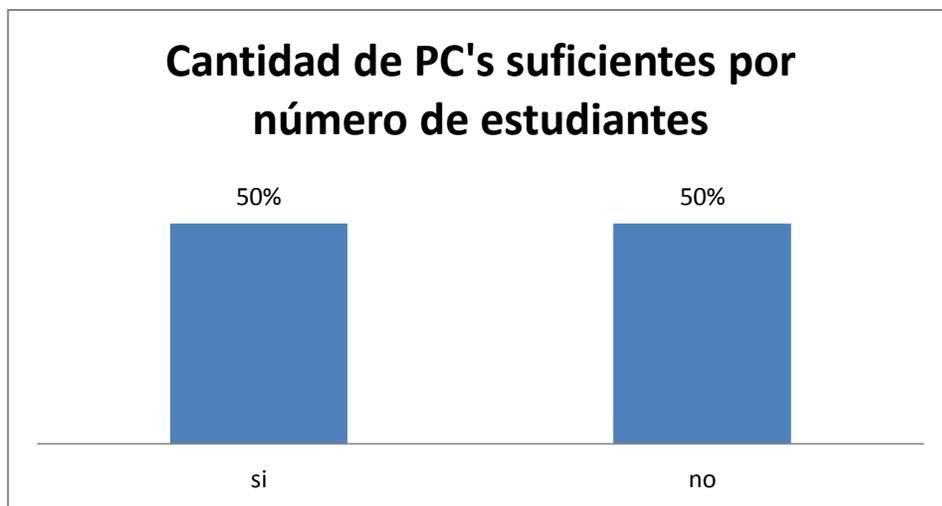


Figura 3.5: Cantidad de PC's suficientes por número de estudiantes
Fuente: Diseño de tesis

3.8.4 ¿CREE UD. IMPORTANTE EL USO DE INTERNET EN LAS ESCUELAS PARA UNA CORRECTA FORMACIÓN ACADÉMICA?

En la pregunta planteada se desea conocer porque creen importante el uso de internet en las escuelas. De los 30 centros educativos encuestadas el 100% respondió que es importante para una correcta formación académica, la información actualizada a la que se puede acceder por medio de internet y revisar los link (direcciones web), que vienen en los libros como material de apoyo, el 56.67% respondió que es importante revisar libros por internet para reforzar conocimientos, autoaprendizaje y autoevaluación de los alumnos, el 36.67% respondió que es importante revisar videos educativos para que el alumno abra su mente, ya que para aprender bien es necesario visualizar, escuchar y comprender.

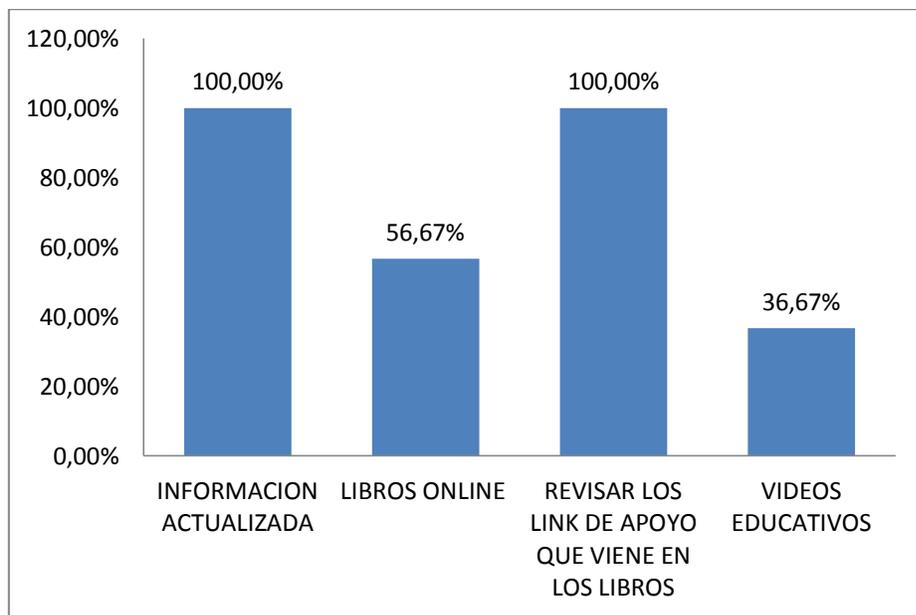


Figura 3.6: Uso del Internet para una correcta formación académica
Fuente: Diseño de tesis

La red a diseñar tiene como objetivo conectar a las instituciones educativas, mencionadas en tablas anteriores, de acuerdo a las necesidades expuestas por los directores de las instituciones. Con estos datos se estableció los requerimientos técnicos para el diseño de la red.

La red debe ser físicamente escalable, garantizando la prestación de servicio a un número mayor de usuarios en el futuro, debe ser rápida sin interrupciones en las aplicaciones interactivas de audio y video, tiene que soportar transmisión de datos y voz.

Con las encuestas realizadas a los centros educativos, se evidenció las necesidades en cuanto al uso de las TIC's en los procesos de enseñanza, la cantidad de PC's no va de acorde con lo establecido por el FODETEL, por lo que además del servicio de conectividad, también se realizará el diseño con las PC's necesarias y el cálculo del ancho de banda para cada institución. Todas las instituciones mencionadas no cuentan con telefonía fija, por lo que se incluirá a cada institución un teléfono convencional utilizando la tecnología CDMA.

3.8.5 CONDICIONES ACTUALES DE LOS CENTROS EDUCATIVOS.

Los establecimientos educativos se encuentran actualmente en condiciones aceptables, cuentan con energía eléctrica aunque no disponen de un sistema a tierra, posee cada institución el lugar adecuado para la instalación de una sala de computación.

A continuación se muestran algunas de las escuelas que forman parte de nuestro análisis.



Figura 3.7: Centro Educativo Jaime Nogales del Recinto Javita de San Marcos.
Fuente: Diseño de tesis

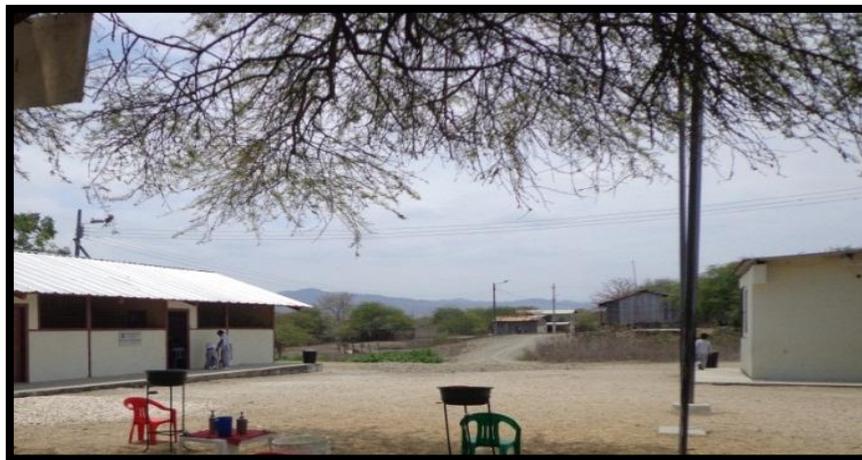


Figura 3.8: Centro Educativo 2 de Junio de la Comuna Las Balsas.
Fuente: Diseño de tesis



Figura 3.9: Centro Educativo Manuela Cañizares de la Comuna La Bajada.
Fuente: Diseño de tesis



Figura 3.10 Centro Educativo Ab. Jaime Roldós Aguilera del Recinto Los Ceibitos
Fuente: Diseño de tesis

CAPÍTULO 4

DISEÑO

4. DISEÑO

En el presente capítulo se realizó el diseño de la solución de la red CDMA 450 para proveer servicios de voz y datos en los centros educativos de la parroquia Colonche y sus alrededores, basada en la tecnología CDMA1x

EVDO Rev. A, ofreciendo el servicio de banda ancha inalámbrica. Primero, se realizó un estudio geográfico de la Parroquia Colonche, luego la simulación en software radio mobile y cálculos logarítmicos.

4.1 ESTUDIO GEOGRÁFICO PARA DISEÑO DE LA RED CDMA 450.

En el estudio de la zona a intervenir se describe brevemente la situación demográfica de la parroquia Colonche, esta información fue obtenida de la Junta Parroquial de Colonche, INEC 2010 y del Sistema Integrado de Indicadores Sociales (SIISE) Santa Elena.

Colonche es la parroquia más grande de la provincia y representa 30,45% de la misma. El mayor atractivo de esa localidad es una muestra de la excelente calidad de los trabajos de madera, pues su iglesia, Santa Catalina de Colonche es una verdadera joya de la arquitectura. Fue construida en 1700 a base de guayacán, bálsamo y laurel.

Se encuentra a menos de 32 Km. de la cabecera Cantonal de Santa Elena.

Datos demográficos censo 2010.

- **Población:** 31.322 habitantes
- **Superficie de la parroquia km² :** 1.149,33
- **Densidad poblacional:** 27,25 hab/km²

4.1.1 PARROQUIA COLONCHE.

La Figura 4.1 muestra la distribución de las parroquias de la provincia de Santa Elena.



Figura 4.1: Mapa de la Provincia de Santa Elena

Fuente: Junta Parroquial de Colonche

La parroquia Colonche, está ubicada al centro y norte de la provincia de Santa Elena.

Sus límites son:

Norte: parroquia Manglaralto y cantón Pedro Pablo Gómez de la provincia de Manabí.

Sur: parroquias de Simón Bolívar y Santa Elena.

Este: cantones Pedro Carbo de la provincia del Guayas y Cascol de Manabí.

Oeste: Océano Pacífico y parroquias de Manglaralto y Santa Elena.

Lista de las Comunas que pertenecen a la Parroquia Colonche.

- Comuna Palmar.
- Comuna Monteverde.
- Comuna Jambelí.
- Comuna Ayangue.
- Comuna Manantial de Colonche.
- Comuna Bambil Collao.
- Comuna Rio Seco.
- Comuna Febres Cordero.
- Comuna Loma Alta: La Ponga, La Unión, Loma Alta y El Suspiro.
- Comuna Bajadita de Colonche.
- Comuna de San Marco: Javita, San Marcos, Barbascal, Sevilla, Los Manguitos, Pueblo Nuevo.
- Comuna Manantial de Guangala.
- Comuna Cerezal de Bellavista.
- Comuna Calicanto.
- Comuna Las Balsas.
- Comuna Salanguillo: el Salado.
- Comuna Aguadita.

4.1.2 FUENTES DE INGRESO.

Los habitantes de la parroquia Colonche en su mayoría trabajan por su propia cuenta, siendo más representativo para las mujeres, que no tienen mucha participación en el empleo remunerado del sector público, mientras que igualan a los hombres en el empleo del sector privado y en ambos casos, como obreros asalariados de empresas ubicadas fuera del sector.

4.1.3 EDUCACIÓN.

La infraestructura educativa de Colonche de sostenimiento fiscal comprende: 8 centros de educación básica, 28 escuelas, 1 colegio; además, varias centros educativos particulares.

Según el último censo de población y vivienda indica que el 34,1% de la población de 5 años y más de edad asisten a un establecimiento de educación formal.

Asistencia	Personas	%
Si asiste	9.363	34,1
No asiste	18.056	65,9
Total	27.419	100,0

Tabla IV.I: Educación en Colonche
Fuente: INEC 2010

La mayor asistencia a un establecimiento de instrucción formal de acuerdo al tipo de sostenimiento, se registra en un gran porcentaje los establecimientos fiscales.

Sostenimiento	Asiste	%
Fiscal	8.227	87,9
Particular	936	10,0
Fiscomisional	105	1,1
Municipal	95	1,0
Total	9.363	100,0

Tabla IV.II: Sostenimiento de centros educativos
Fuente: INEC 2010

4.1.4 TASA DE ANALFABETISMO.

Según datos del CENSO 2010 en Colonche hay una tasa de analfabetismo del 8.1% en personas de 10 años en adelante, esto se debe a que desde niños tienen que trabajar, generalmente en la agricultura, por lo que no asisten a centros educativos.

TASA DE ANALFABETISMO DIGITAL EN LA PARROQUIA COLONCHE

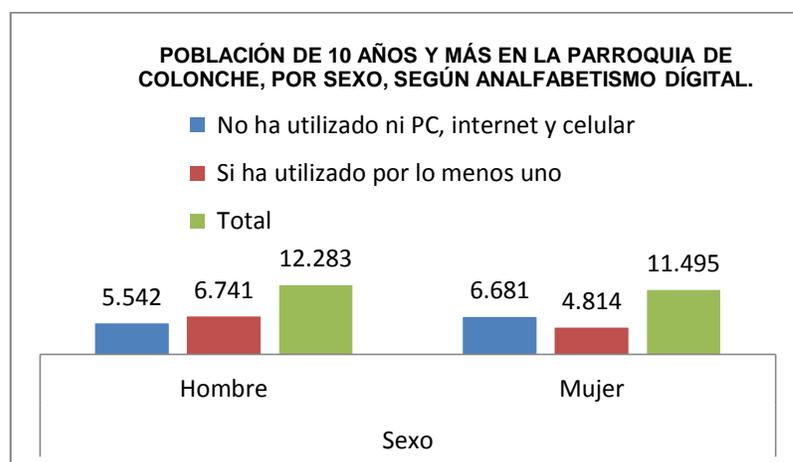


Figura 4.2: Tasa de analfabetismo digital en la parroquia Colonche

Fuente: INEC 2010

Los datos obtenidos del Censo 2010, revelan que en la población de Colonche con un total de encuestados de 23.778 un 51 % no ha utilizado ni PC, internet y celular frente a un 49 % que por lo menos ha utilizado uno.

Esto indica que se está mejorando el uso de las TIC's pero que aún hay un porcentaje muy elevado de personas en Colonche que no han hecho uso de las TIC's.

DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DE LA RED CDMA

La figura 4.3 se muestra de manera general la trayectoria desde una petición en la red de acceso hasta la BSC ubicada en Guayaquil.

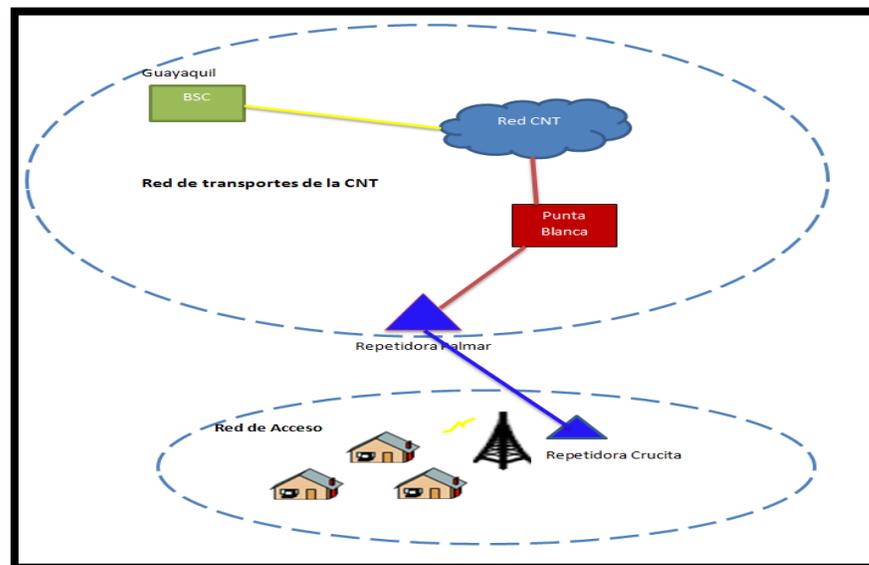


Figura 4.3: Diagrama de Red de CDMA2001xEV-DO

Fuente: Diseño de tesis

4.1.5 ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DE LA RED DE TRANSPORTE.

La red CDMA está compuesta por la red de acceso y la red de datos que se explican a continuación. En la figura 4.4

Red de trasporte – Puerta de Acceso a la Red CNT

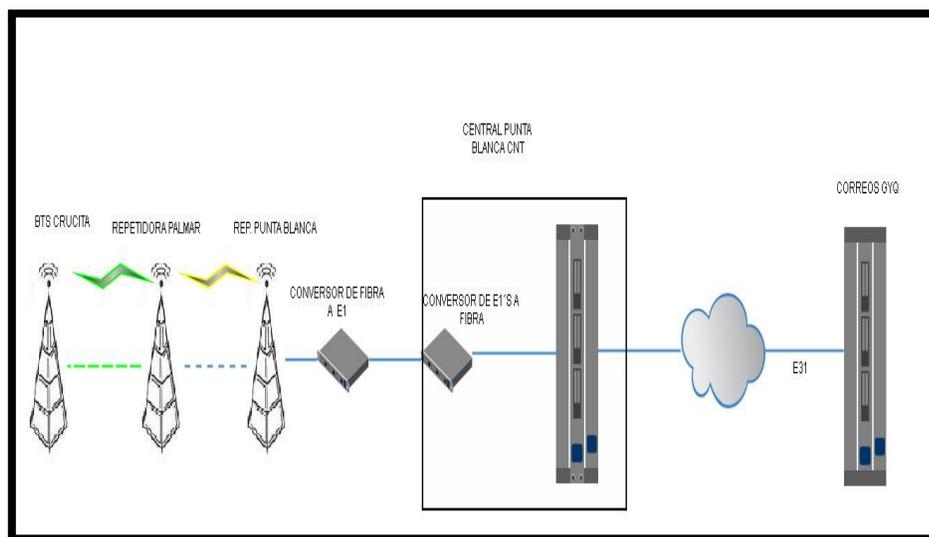


Figura 4.4: Red de transporte de la repetidora Crucita.

Fuente: Diseño de tesis

La red de transporte es la encargada de llevar la información de un usuario a otro. Toda la administración y configuración que se requiera en la BTS se realiza en la BSC porque en sitio sólo están los equipos de transmisión y recepción, la BSC es la encargada de todo lo relacionado al tráfico y la capacidad de transmisión, esta ubicada en la central de la CNT en Guayaquil, luego viaja al punto de concentración que está ubicada en las oficinas de Correos del Ecuador en la ciudad de Guayaquil, al RACK con nombre ZTE 390 ET, TRIB 11, 12, 13 que son la capacidad de los 3E1 que viajan por la red CNT que puede ser cualquier medio de comunicación como fibra óptica

o radio enlaces, hasta llegar a la central de Punta Blanca los 3E1 pasan por un convertidor de fibra para realizar el recorrido hasta la repetidora de Punta Blanca donde nuevamente se convierten en 3E1, para ser transmitidos por radio enlace hacia la repetidora Palmar en el RACK de radio Alcatel –MPRT 2, 3 y 4 y a la vez se comunica con la BTS Crucita por medio de un enlace microondas.

4.1.6 ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DE LA RED DE ACCESO.

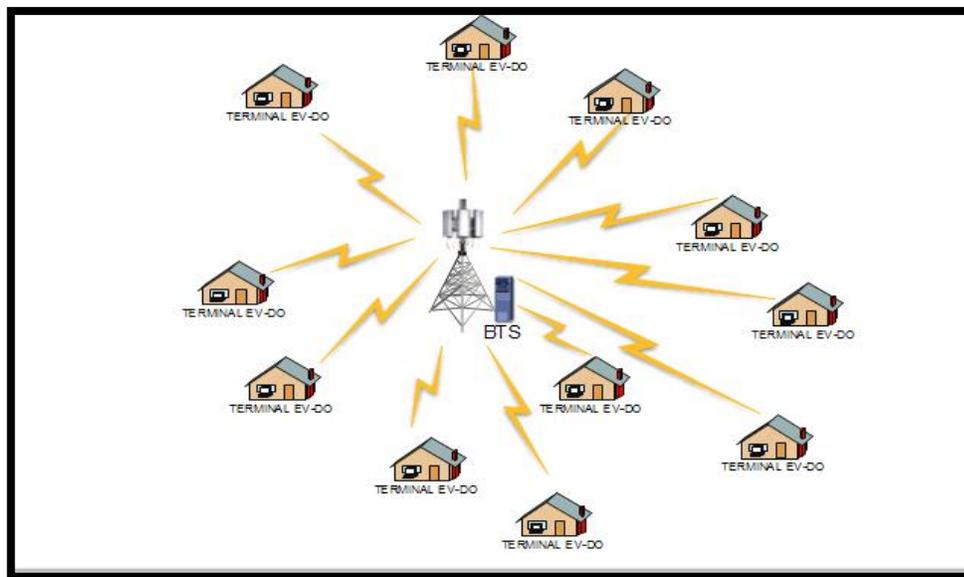


Figura 4.5:Red de acceso:Conexión BTS-Terminales EV-DO.

Fuente:Diseño de tesis

La Red de Acceso está compuesta por una BTS CDMA1xEV-DO, se encuentra ubicada en la parroquia Colonche con nombre Repetidora Crucita.

Con la BTS, aplicando enlaces punto-multipunto con cada uno de los terminales del sistema se cubrirá toda la zona de cobertura.

Los centros educativos, contarán cada uno, con equipos terminales CDMA 1xEV-DO, teléfono fijo, switch, y número de PC sugeridas por el FODETEL, si los maestros quieren conectarse con sus laptop será inalámbricamente al dispositivo EV-DO que incluye Wifi.

Los equipos EV-DO deberán estar a tres metros de altura, en la mejor ubicación elevada de la sala de computación, para la captación de la señal, para tener un adecuado porcentaje de recepción.

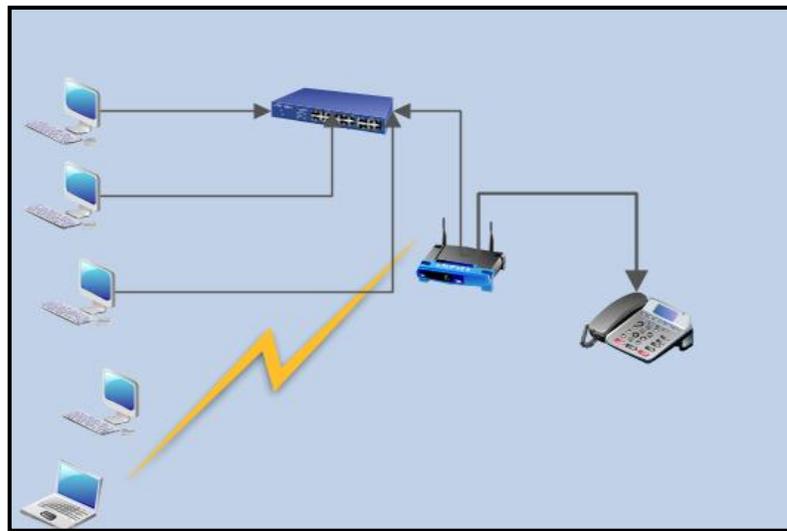


Figura 4.6: Enlaces en centros educativos

Fuente: Diseño de Tesis

En la figura 4.6 se observa la conectividad de las PC's y el equipo terminal EV-DO en cada centro educativo.

4.2 ANÁLISIS DE RADIO-PROPAGACIÓN PARA LOS ENLACES DE LA RED UTILIZANDO MÉTODOS LOGARÍTMICOS.

MODELOS DE PROPAGACIÓN¹²

Para calcular el radio de propagación de una señal RF existen varios métodos para ambientes abiertos, los cuales se los puede clasificar en métodos empíricos tales como: Lee, Okumura - Hata, Longley-Rice y los semi-empíricos como (BBC y Walfish Ikegami), y los determinísticos (Trazado de rayos).

MÉTODO DE OKUMURA- HATA.

Este método resulta muy óptimo para los cálculos de radio propagación en este proyecto debido a los siguientes aspectos.

- Es aplicable a las bandas de 150MHz, 450MHz y 900 MHz.
- La altura efectiva de la antena transmisora puede variar de 30 hasta 200 metros.
- La altura de la antena receptora puede variar desde 1 hasta 10 metros.
- La radio de cobertura puede ser desde 1 hasta 20 km.

Las variables a considerar son las siguientes:

Frecuencia, distancia aproximada entre emisor y receptor, altura de la estación base y altura de la estación móvil y la morfología del terreno.

Definición de la Morfología del terreno.

Densamente Urbano: Morfología de ciudad, típicamente centro o distrito de negocios, con edificios altos (ocho pisos o más) y una densa población de abonados.

Urbano: Fuertemente poblado, lleno de edificios y residencias o pueblos grandes con casas estrechamente entremezcladas y densa vegetación.

Suburbano: Aldeas o autopistas con casas dispersas, pequeños edificios y árboles, a menudo cerca de la estación móvil.

Rural: Pocos obstáculos como árboles altos o edificios en la trayectoria de propagación, con campos abiertos de 300 a 400m.

La fórmula básica de Okumura-Hata es:

$$L_o = A + B \log f - 13.82 \log h_{BTS} - \alpha(hms) + (44.9 - 6.55 \log h_{BTS}) \log d + C_m(1)$$

Cuando $\alpha(hms)$ se define como:

$$\alpha(hms) = (1.1 \log 10 f - 0.7) hms - (1.56 \log 10 f - 0.8) \quad (a)$$

$$\alpha(hms) = 3.2(\log 10 (11.75 hms))^2 - 4.97 \quad (b)$$

En la ecuación (1) la fórmula (a) se utiliza para pequeñas y medianas ciudades y la fórmula (b) para las ciudades grandes.

En la ecuación (1) y la ecuación (b) dichas definiciones son:

L= Pérdida de trayecto L (dB)

A = Una constante (véase la Tabla IV.VII)

B = constante (véase la Tabla IV.VII)

f = Frecuencia (MHz)

h_{bts} = Estación Base altura efectiva de la antena (m)

d = Distancia entre el móvil y la estación base (km)

C_m = Factor de corrección de texto de área.

El valor de C_m depende del medio ambiente. En las zonas urbanas C_m es por lo general por encima de 0 dB, pero en las zonas rurales el valor puede ser incluso inferior a -15 dB.

En la ecuación (1) las constantes A y B son dependientes de la frecuencia.

Los valores para estas constantes se dan en la Tabla IV.VII:

Los valores por defecto para las constantes A y B en el modelo de propagación Okumura- Hata

	150-1000MHz	1500-2000MHz
A	69.55	46.3
B	26.16	33.9

Tabla IV.VII: Valores de Constantes A y B

Fuente: Diseño de tesis

Debemos calcular considerando los siguientes datos

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

$$d = 5 \text{ Km}$$

$$h_{ms} = 3 \text{ metros}$$

$$h_{BTS} = 30 \text{ metros}$$

Factor de corrección de alturas:

$$\alpha(h_{ms}) = (1.1 \log 10 f - 0.7) h_{ms} - (1.56 \log 10 f - 0.8)$$

$$\alpha(h_{ms}) = ((1.1 * \text{LOG}10(450) - 0.7) * 3) - (1.56 * \text{LOG}10(450) - 0.8)$$

$$\alpha(h_{ms}) = 3.31658977$$

Luego aplicamos la fórmula de Okumura–Hata para calcular el radio de propagación.

Como ejemplo pondremos una distancia de 3 Km la antena receptora de la antena trasmisora.

$$L_o = A + B * \log f - 13.82 \log h_{BTS} - \alpha(h_{ms}) + (44.9 - 6.55 \log h_{BTS}) \log d + C_m$$

$$L_o = 69,55 + (26,16 * \text{LOG}10(450)) - (13,82 * \text{LOG}10(30)) - A_2 + 44,9 - (6,55 * \text{LOG}10(30)) * \text{LOG}10(5) + (-15)$$

$$L_o = 138,364998$$

Otra fórmula que utilizaremos es la del espacio libre

Para calcular el espacio libre, aplicamos la ecuación (3)

Utilizaremos los siguientes valores:

$f=450$ MHz

$d= 5$ km valor referencial.

$$LB (dB) = 32.44 + 20 \log_{10} fMHz + 20 \log_{10} dkm(3)$$

$$LB (dB) = 32,44 + (20 * LOG10(450)) + (20 * LOG10(5))$$

$$LB (dB) = 99.4836$$

Cálculo entre el enlace de la BTS y el dispositivo EV-DO

Utilizando el modelo de Okumura-Hata y de espacio libre

Distancia Km	Okumura-Hata	Espacio libre
1.99	112.71	91.6
4.32	126.77	98.4
6.97	135.45	102.6
8.32	138.66	104.1
10.83	143.44	106.0
16.55	151.14	110.1

Tabla IV.VIII: Comparación de métodos de propagación

Fuente: Diseño de tesis

En la comparación realizada en la tabla IV.VIII mediante el modelo de Okumura-Hata y espacio libre se observa que a mayor distancia aumentan las pérdidas de propagación y de espacio libre.

4.2.1 CÁLCULO DE LINK BUDGET.

CDMA utiliza este método para calcular de manera aproximada el radio de cobertura que una estación base puede tener bajo ciertos factores.

Cálculo de Link Budget

Se ha utilizado este cálculo para conocer de manera aproximada el radio de cobertura de la estación base Crucita, bajo ciertos factores de propagación, utilizando como modelo de propagación de pérdidas Okumura-Hata.

Requerimientos para cálculo de cobertura Link Budget

Zona: Parroquia Colonche (rural)

Frecuencia (f): 450 MHz

Altura BTS (h1): 30 metros

Altura estación móvil (h2): 3 metros

Ganancia antena BTS (G_{bts}): 23 dBi

Ganancia antena estación móvil (G_{em}): 15 dBi

Potencia de transmisión BTS (P_{bts}): 47.8 dBm

Potencia de transmisión estación móvil (P_{em}): 23 dBm

Pérdidas adicionales (edificaciones, vegetación)(L_a): 18 dB

Pérdidas cables estación base (L_c): 3.11 dB

Sensibilidad estación base (Sbts): -127 dBm

Sensibilidad estación móvil (Sem): -104

a) Cálculo de L_o

Aplicando la fórmula de Okumura Hata

$$L_o = 100.22 + 35.225 \times \log_{10}(d) \quad (4)$$

b) Cálculo de Link Budget ascendente

Formula:

$$\text{LINK BUDGET ASCENDENTE} = P_{em} + G_{em} - L_a - L_o + G_{bts} - L_c - S_{bts} \quad (5)$$

$$\text{LINK BUDGET ASCENDENTE} = 23\text{dBm} + 15\text{dBi} - 18\text{dB} - L_o + 23\text{dBi} - 3.11\text{dB} + 127\text{dBm}$$

$$\text{LINK BUDGET ASCENDENTE} = 166.89$$

- L_o

Se igualan los valores a 0

Entonces:

$$166.89 - L_o$$

$$166.89 - (100.22 + 35.225 \times \log_{10}(d)) = 0$$

$$100.22 + 35.225 \times \log_{10}(d) = 166.89$$

66.67

1.892689851

78.10698086

La BTS Crucita tiene 78.10 Km de cobertura en el enlace ascendente

c) Cálculo de link Budget descendente

Formula:

$$LINK\ BUDGET\ DESCENDENTE = P_{bts} + G_{bts} - L_a - L_o + G_{em} - L_c - S_{em}$$

(6)

$$LINK\ BUDGET\ DESCENDENTE = 47.8dBm + 23dBi - 18dBi - L_o + 15dBi - 3.11dBi + 104dBm$$

$$LINK\ BUDGET\ DESCENDENTE = 168.69$$

-Lo

Se igualan los valores a 0

Entonces:

$$168.69 - L_o$$

$$168.69 - (100.22 + 35.225 \times \log_{10}(d)) = 0$$

$$100.22 + 35.225 \times \log_{10}(d) = 168.69$$

68.47

1.943789922

87.85974166

La BTS Crucita tiene 87.85 Km de cobertura en el enlace descendente

4.3 DISEÑO DE LA RED CDMA EN LA BANDA DE LOS 450 MHZ EN LA PARROQUIA COLONCHE.

Para realizar el diseño de la red se utilizó el software de simulación de redes Radio Mobile, cálculos logarítmicos de propagación y cobertura que tiene la tecnología CDMA 1x EV-DO en la banda de 450 MHz.

SOFTWARE DE SIMULACIÓN RADIO MOBILE

Radio Mobile es un software de libre distribución para el cálculo de radio enlaces de larga distancia en terreno irregular. Para éllo utiliza perfiles geográficos combinados con la información de los equipos (potencia, sensibilidad del receptor, características de las antenas, pérdidas, etc).

Este software implementa el modelo Longley-Rice, modelo de predicción troposférica para transmisión radio sobre terreno irregular en enlaces de largo-medio alcance. Además de tener múltiples utilidades de apoyo al diseño y simulación de los enlaces y las redes de telecomunicaciones. Los parámetros a introducir para realizar las simulaciones permiten reflejar de

forma fiel los equipos reales que se piensa utilizar en la instalación para la que estarían destinados.

Consideraciones para la simulación

Con los datos obtenidos de los equipos de trasmisión y las antenas se creó el sistema con los perfiles requeridos para la simulación de la red.

En la tabla IV.III muestra las especificaciones técnicas para la configuración de los radio enlaces en el simulador Radio Mobile.

Descripción	Valores
Frecuencia Mínima	450 MHz
Frecuencia Máxima	470 MHz
Polarización	Vertical
Modo estadístico	difusión
Clima	Continental templado
Topología	Red de voz
Potencia del transmisor mx	47.8 dBm
Umbral del receptor min	-127 dBm
Perdida de línea	0.5 db
Tipo de antena	corner
Ganancia de antena	15 dBi
Altura de antena	30 m
Pérdida adicional del cable	3.11 db/m

Tabla IV.III: Especificaciones técnicas para la simulación

Fuente: Diseño de tesis

COBERTURA VISUAL DE LA ANTENA

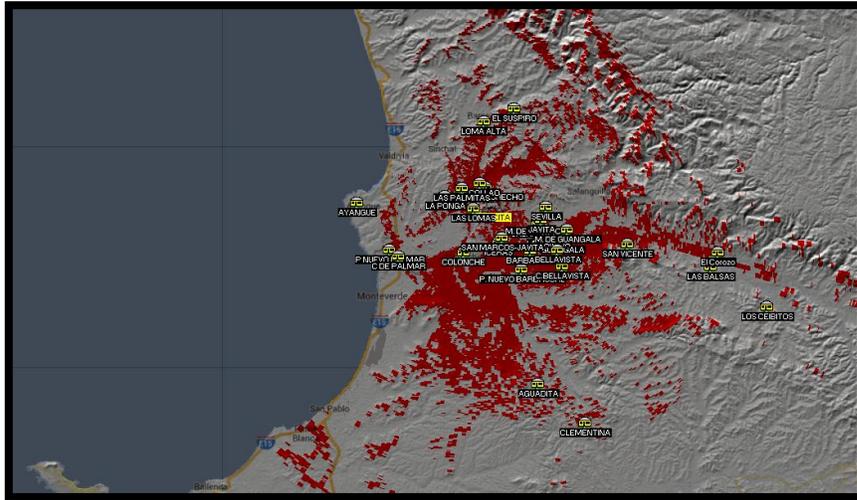


Figura 4.7: Cobertura visual de la BTS Crucita

Fuente: Diseño de Tesis

En la figura 4.7 se muestra la cobertura visual de la bts Crucita, es decir la mínima cobertura que posee la bts en base a la altura de la antena, como observamos según la cobertura visual la bts no sería capaz de brindar servicios de voz y datos por tal motivo se escoge la frecuencia 450 MHz, que permite obtener una cobertura más amplia logrando cumplir con el objetivo propuesto.

SIMULACIÓN DE LA RED DE VOZ Y DATOS

En la figura 4.8 se observa la ubicación que tienen los centros educativos y la BTS Crucita en el software de simulación Radio Mobile. Se sitúa el nombre de la comuna a donde pertenece el centro educativo.



Figura 4.8: Ubicación de los centros educativos de la Parroquia Colonche.

Fuente: Diseño de tesis

COBERTURA DE LAS ANTENAS SECTORIALES

La figura 4.9. Muestra la cobertura de la primera antena sectorial, con azimut 50° , el color rojizo indica las zonas donde la cobertura de la antena es excelente. Además se presenta la antena en 3D que indica a donde está dirigida.

Los centros educativos de esta zona están dentro de la cobertura de la primera antena sectorial.

COLOR	NVEL RX (-dBm)
ROJO	> -80
AMARILLO	-80 A -95,7
AMARILLO VERDE	-95,7 A -111,3
VERDE	-111,3 A -127
AZUL	< -127

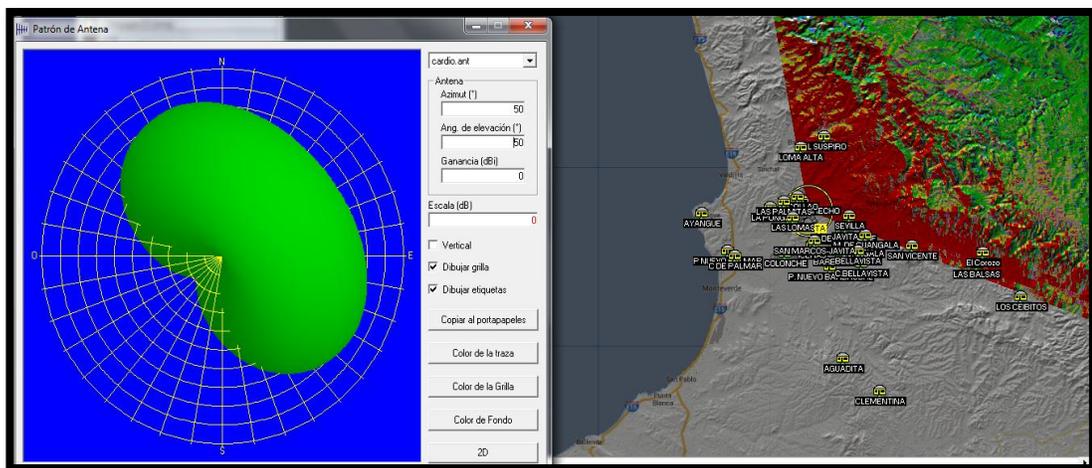


Figura 4.9: Cobertura de la primera antena sectorial
Fuente: Diseño de tesis

La figura 4.10 muestra la cobertura de la segunda antena sectorial con azimut de 186°.

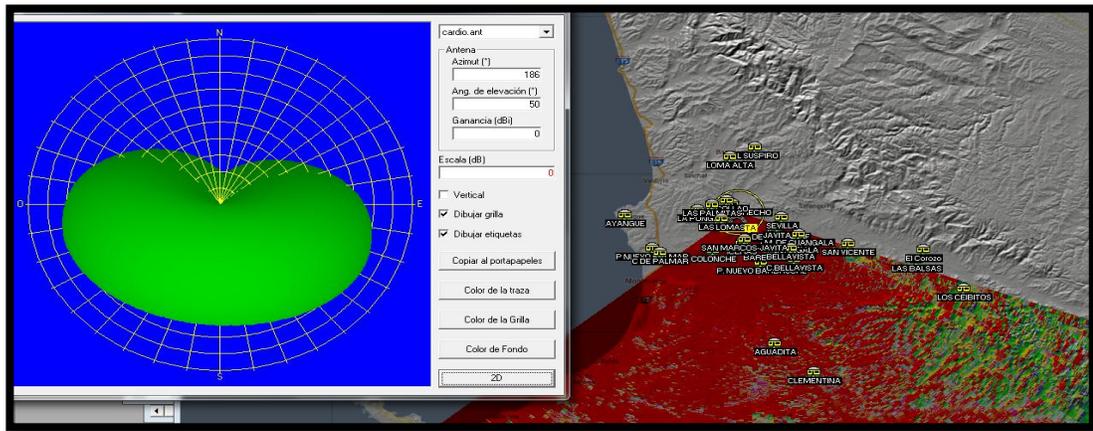


Figura 4.10: Cobertura de la segunda antena sectorial

Fuente: Diseño de tesis

Todos los centros educativos ubicados en están dentro de la cobertura, por lo cual no habrá ningún inconveniente en la trasmisión y recepción.

La figura 4.11 muestra la cobertura que tiene la tercera antena sectorial con azimut de 310°. La potencia del receptor en este sector no trabaja igual que los 2 sectores más, debido a que sería un desperdicio de la señal por lo que está apuntando hacia el mar.

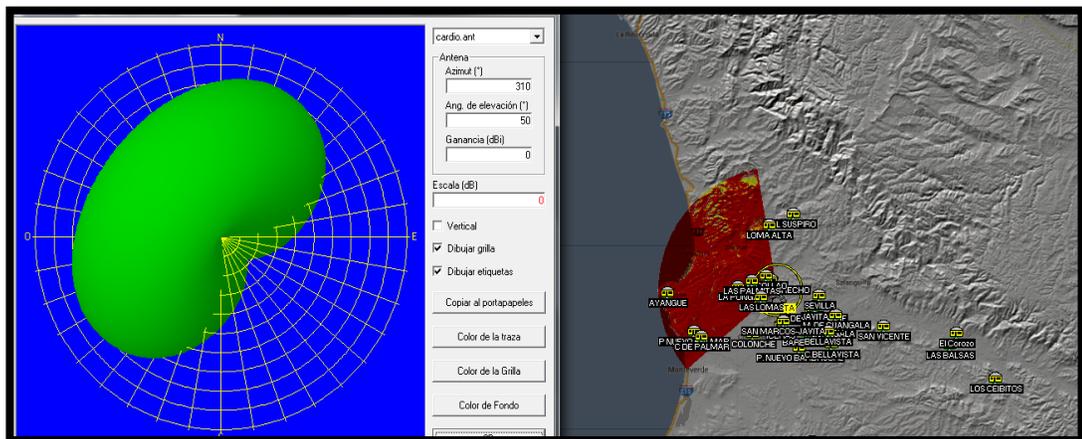


Figura 4.11: Cobertura de la tercera antena sectorial

Fuente: Diseño de tesis

Los centros educativos de este sector, están dentro de la cobertura de la red y poseen buen nivel de recepción.

Cobertura Total de la BTS Crucita

La figura 4.12 muestra la cobertura total de la BTS Crucita, los centros educativos están dentro de la cobertura de la red, además poseen buen nivel de recepción.

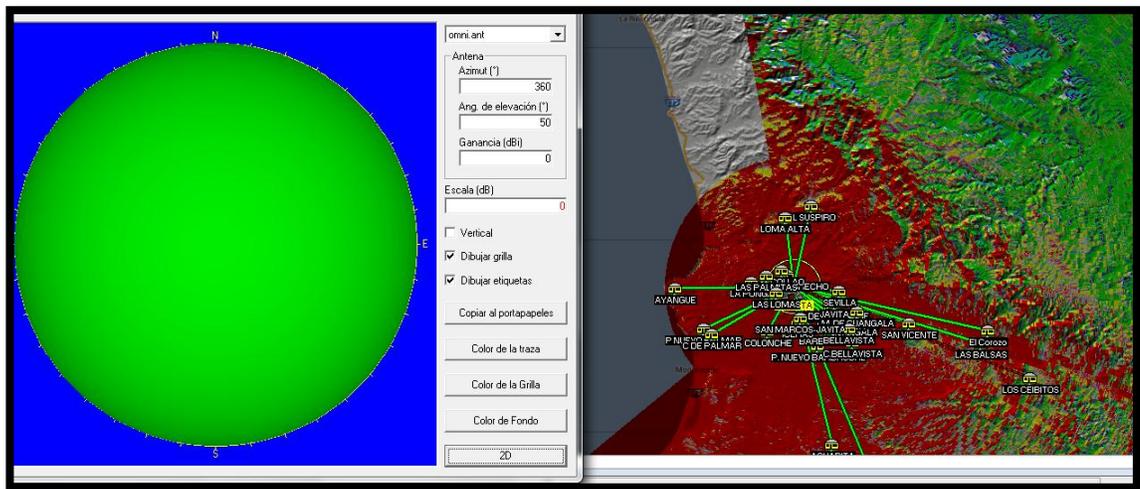


Figura 4.12: Cobertura Total de la BTS Crucita

Fuente: Diseño de tesis

Simulación entre la BTS Crucita y el centro educativo ubicado en el recinto Los Ceibitos

La figura 4.13 muestra la trayectoria que recorre la información a 25.83 Km desde la BTS hacia el equipo terminal EV-DO.

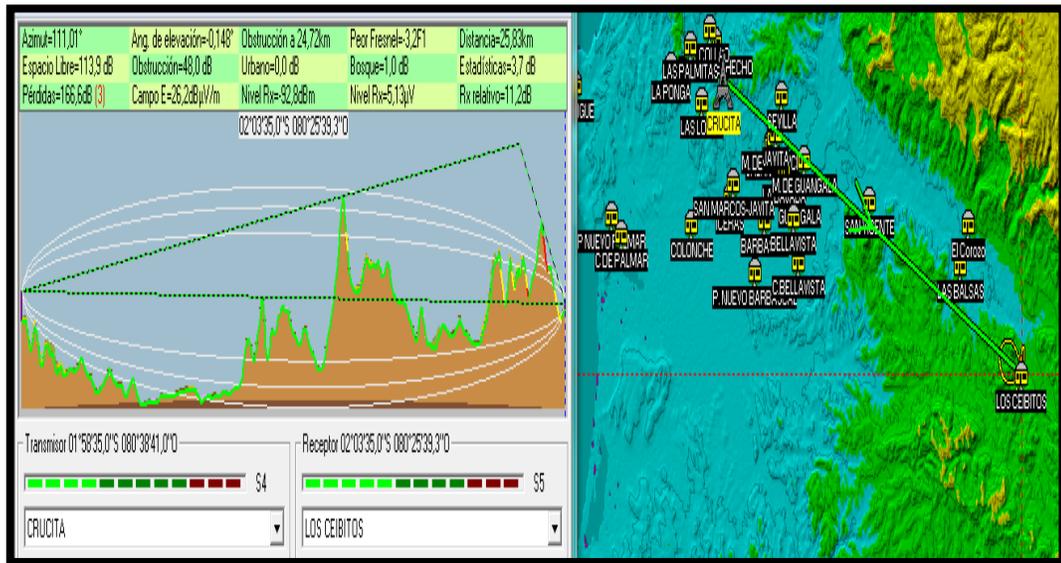


Figura 4.13: Enlace desde la BTS Crucita y Los Ceibitos
Fuente: Diseño de tesis

Simulación entre la BTS Crucita y el centro educativo ubicado en Clementina

La figura 4.14 muestra la trayectoria que recorre la información a 21.18 Km de distancia desde la BTS hacia el equipo terminal EV-DO.



Figura 4.14: Enlace desde la BTS Crucita y Clementina
Fuente: Diseño de tesis

Se tomó como referencias estos dos sitios por la mayor distancia a la que se encuentran de la BTS Crucita, como se observa la señal es transmitida sin inconvenientes, esto se da a la gran ventaja que tiene CDMA de trabajar con 450 MHz que es un frecuencia menor que por ende va a tener más alcance.

Resultados de la Simulación con Radio Mobile



Figura 4.15: Red de acceso

Fuente: Diseño de tesis

En la figura 4.15 Se observa la red de acceso de la bts Crucita y los centros educativos, los enlaces están de color rojo lo que indica que hay comunicación, pese a los obstáculos propios del lugar y la distancia de los enlaces.

Comunas	Pérdidas (dB)	Rx(dBm)	Distancia (km)
Colonche	115.0	-41.2	5.2
Ayangué	130.3	-56.5	11.99
Bambil Deshecho	87.8	-14.0	1.39
Salanguillo	97.4	-23.6	4.32
Manantial de Colonche	99.3	-25.5	4.41
El Suspiro	135.5	-61.7	8.41
Guangala	111.0	-37.2	7.07
La Bajada	123.9	-50.1	5.65
La Ponga	130.8	-57.0	4.27
Bambil Collao	102.5	-28.7	1.99
San Vicente	121.9	-48.1	12.4
Las Palmitas	94.1	-20.3	2.94
Manantial de Guangala	110.1	-36.3	6.97
Barbascal	99.8	-26.0	5.48
Las Lomas	95.9	-22.1	1.84
Cerezal de Bellavista	110.7	-36.9	8.32
Javita	119.0	-45.2	4.51
Sevilla	112.2	-38.4	4.69
Loma Alta	102.1	-28.3	7.09
P. Nuevo-Palmar	113.4	-39.6	10.02
Bellavista	110.4	-36.6	7.10
Clementina	120.2	-46.4	21.18
Cruce de Palmar	118.9	-45.1	9.61
Aguadita	147.5	-73.7	16.55
Las Balsas	132.2	-58.4	19.98

Iceras	109.7	-35.9	3.64
El Corozo	111.6	-37.8	20.32
P. Nuevo-Barbascal	104.2	-30.4	6.49
San Marcos-Javita	94.8	-21.0	3.3
Los Ceibitos	164.7	-90.9	25.83

Tabla IV.IV: Lista de los resultados de la simulación

Fuente: Diseño de tesis

La tabla IV.IV muestra la distancia a las que están los centros educativos de la BTS, las pérdidas de propagación y potencia de recepción que tiene cada enlace. Estos datos fueron obtenidos por el simulador de redes inalámbricas radio Mobile.

4.4 TRÁFICO.

Para el estudio de tráfico se considera los datos sugeridos por el FODETEL, que indica el número de computadoras de acuerdo al número de alumnos y el ancho de banda que se necesita para el diseño de la red.

Alumnos	Internet Requerido(Kbps)	PCs
10 a 30	128	2
31 a 100	128	3
101 a 300	128	10
301 a 600	256	15
601 a 1000	512	20
1001 a 3000	512	40
3001 o más	1.024	40

Tabla IV.V: Ancho de banda requerido por el FODETEL

Fuente: Diseño de tesis

CÁLCULO DE TRÁFICO PARA EL ANCHO DE BANDA REQUERIDO

En la tabla IV.VI se observa a las instituciones educativas, las coordenadas geográficas, el número de computadoras que tienen actualmente y cuál es su requerimiento de ancho de banda.

Institución	Latitud S	Longitud O	# Est.	PC's requerido	BW(Kbps)
Presidente Lizardo García	02°01'01.00	80°40'05.20	267	10	128
Lucrecia Cisneros	01°57'55.30	80°39'02.40	370	15	128
Provincia de Carchi	01°58'39.2"	80°45'09.5"	286	10	128
Simón Rodríguez	01°59'38.50	80°36'36.20	110	10	128
Alfredo Flores Caamaño	01°59'32.50	80°36'30.20	69	3	128
Flerida Rodríguez de Maruri	02°00'26.60	80°35'20.80	76	3	128
Alberto Panchana Padrón	02°00'41.70	80°37'42.80	75	3	128
Manuela Cañizares	02°00'06.10	80°36'02.10	43	3	128
Demetrio Aguilera Malta	01°53'41.80	80°39'42.90	25	2	128
Agustín Montenegro	02°00'36.40	80°32'17.90	48	3	128
Aurelio Carrera Calvo	01°57'41.90	80°39'17.60	312	15	256
Casimiro Soriano Borbor	01°59'24.50	80°36'22.20	93	3	128
Antonio Issa Yasbek	01°59'55.70	80°35'09.90	482	5	256
Ciudad de Quito	01°58'54.70	80°39'37.30	74	3	128
Provincia de Imbabura	02°00'55.90	80°36'53.00	86	3	128

Luz de América	02°01'38.80	80°35'23.70	36	3	128
24 de Mayo	01°59'26.50	80°36'24.20	61	3	128
Eugenio Espejo	01°54'46.90	80°39'06.80	144	10	128
Marcia Isabel Mora	01°58'49.3	80°36'09.6	45	3	128
Guillermo Chalen Asencio	01°59'55.60	80°17'20.43	61	3	128
Provincia del Pichincha	02°00'54.10	80°35'37.80	61	3	128
General Eloy Alfaro	02°01'11.50	80°43'10.20	85	3	128
Provincia Del Chimborazo	01°69'09.00	80°34'18.30	77	3	128
Carlos Julio Arosemena Monrroy	02°07'15.7	80°36'33.0	58	3	128
2 de Junio	02°01'41.9	80°27'80.9	49	3	128
24 de Mayo	01°59'00,3	080°33'38.2	79	3	128
José María Velasco Ibarra	02°00'31.80	80°38'24.10	60	3	128
Guillermo Chalen	01°59'55.60	80°43'17.20	40	3	128
Jaime Xavier Nogales Torres	02°00'18.70	80°38'15.40	35	3	128
Jaime Roldos Aguilera	02°02'95.0	80°25'39.3	60	3	128
total			3.273	143	4.096

Tabla IV.VI: Requerimientos de centros educativos para calcular ancho de banda
Fuente: Diseño de tesis

4.5.1 CÁLCULO DEL ANCHO DE BANDA TOTAL.

El ancho de banda requerido para los centros educativos de la parroquia Colonche se obtiene de la sumatoria de los anchos de bandas de cada uno de los centros educativos, es decir un total de 4.096 Kbps.

Pero, debido a lo establecido por el FODETEL, se puede compartir 4 a 1, se puede contratar el servicio de 1.024 Kbps pero como en el mercado dicho valor no está disponible, se prefiere adquirir un servicio con 1.5Mbps, por seguridad y por proyección podría optarse por un ancho de banda de 3 Mbps.

Con el ancho de banda reservado se podrán realizar servicios de VoIP, comunicándose en tiempo real con los demás centros educativos.

4.5 ASIGNACIÓN DE DIRECCIONES IP.

El sistema 1X EV-DO usa el protocolo de internet IP como transporte, por lo que soporta todas las aplicaciones y protocolos compatibles con IP.

Usa servidores comunes de internet, como los servidores Radius, DNS y DHCP combinados con los que utiliza el sistema 1x, La comunicación entre la BSC y la PDSN es por medio del servidor RADIUS para autenticar y autorizar el dispositivo y también recibir paquetes con información para la tarificación.

Al establecer una sesión de datos para un centro educativo, el PDSN solicita al servidor DHCP una nueva dirección IP para el terminal del centro educativo.

En el anexo 3 se encuentra el direccionamiento con la asignación de las direcciones IP para cada centro educativo.

CAPÍTULO 5

ANÁLISIS DE RESULTADOS

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

Este capítulo se realizó un estudio de resultados obtenidos por el simulador Radio Mobile con los parámetros establecidos en el capítulo cuatro, realizando las simulaciones se obtuvo el comportamiento de la red CDMA 450 y se determinó la factibilidad de la red de voz y datos para centros

educativos de Colonche y sus alrededores. Además se realizó una comparación con la tecnología WiMax que también es utilizada en zonas rurales.

5.1 RESULTADOS DEL DISEÑO DE LA RED DE VOZ Y DATOS.

CDMA 450 es una tecnología ideal para ambientes rurales, por la disponibilidad de espectro debido a la baja densidad poblacional y áreas extensas, la empresa de telecomunicaciones CNT la ha adoptado, para comunicar especialmente a zonas rurales. El reuso de infraestructura hace que sea la implementación menos costosa, reduciendo el número de BTS para cubrir una amplia área de cobertura y con la capacidad de brindar voz y datos a alta velocidad.

La parroquia Colonche, es una de las beneficiadas con este proyecto, ya que hace menos de un año no había cobertura de telefonía fija pero en la actualidad ya cuentan con servicio de telefonía inalámbrica con tecnología CDMA450.

Los sistemas CDMA 2000 1XEV-DO Rev. A en la banda de 450 ofrecen equipos con un gran desempeño garantizando una excelente calidad de voz, privacidad y rápido acceso a internet, por lo que los costos no son tan elevados e incluso son compatibles con sistemas CDMA 1x, 1x EV-DO rel. 0.

5.2 RESULTADOS DEL DISEÑO DE LA RED CDMA 450 PARA CENTROS EDUCATIVOS.

Los datos obtenidos mediante la simulación indican que la tecnología CDMA en la parroquia Colonche llega a todas sus comunas y recintos, convirtiéndola en una de las más usadas en zonas rurales, el cálculo realizado de link Budget utilizado por los proveedores de infraestructura CDMA muestra la cobertura del diámetro de la BTS en los enlaces de reversos e inversos. La BTS Crucita tiene aproximadamente 78.10 Km de cobertura en el enlace ascendente y 87.85 Km de cobertura en el enlace descendente, demostrando la gran ventaja en cobertura.

Para el diseño de la red basada en tecnología CDMA para comunicar un entorno rural con enlaces de larga distancia, se estudió el funcionamiento del estándar EV-DO y su aplicación en entornos rurales.

Para diseñar un radio enlace se debe considerar un gran número de parámetros: ubicación de los lugares de instalación, selección de equipos, fenómenos de atenuación, potencia de transmisión, frecuencia utilizada, altura de antenas, polaridad, ancho de banda, cantidad de usuarios, demanda, tráfico y cobertura.

Los datos obtenidos por el simulador Radio Mobile, en el capítulo cuatro muestran el nivel de pérdidas con relación a la distancia que están ubicadas los centros educativos, se observa en la figura 5.1 que a mayor distancia el nivel de pérdidas aumenta, aunque en algunos casos las pérdidas aumentan a distancias similares debido a la irregularidad del terreno en la zona de estudio.

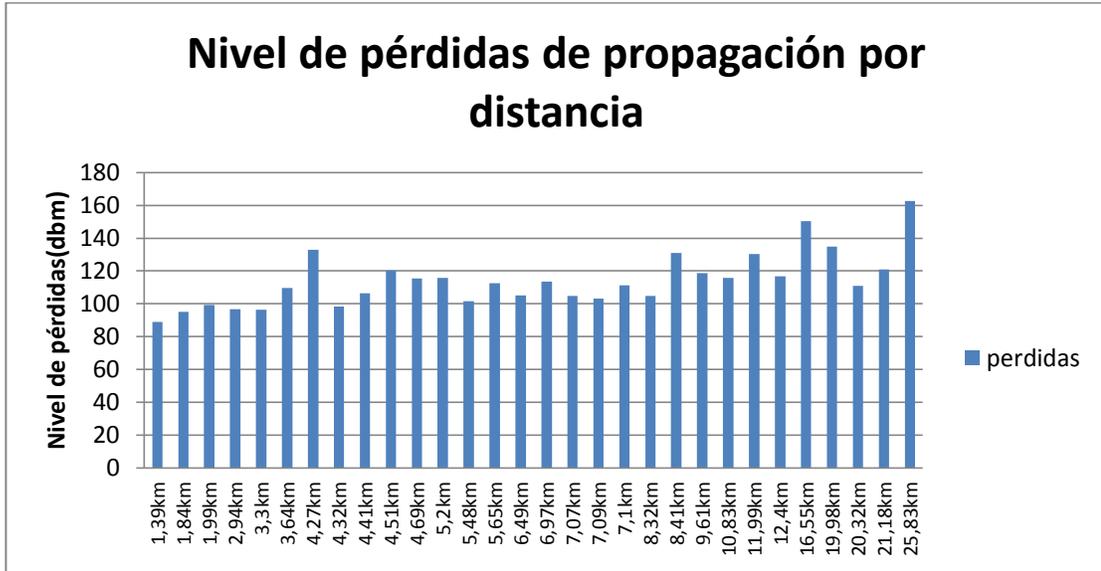


Figura 5.1: Nivel de pérdidas de propagación por distancia
Fuente: Diseño de tesis

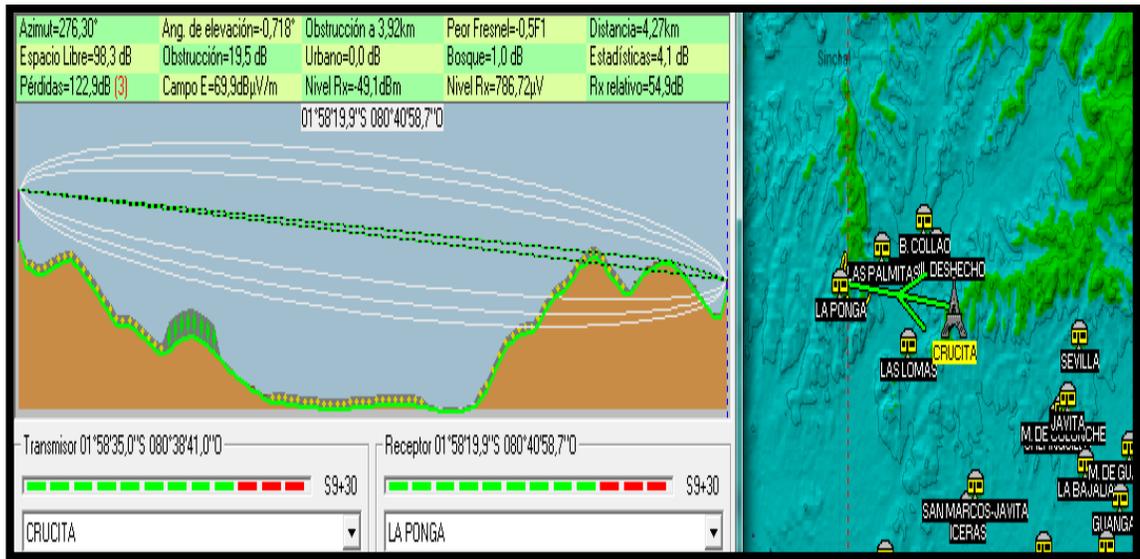


Figura 5.2: Nivel de pérdidas de propagación en el centro educativo Demetrio Aguilera
Fuente: Diseño de tesis

La zona montañosa encontrada en la parroquia Colonche simulada en el software radio mobile, evidencia que los niveles de pérdidas aumentan incluso en distancias cortas ya que en algunos casos se observó centros educativos detrás de zonas montañosas donde el nivel de pérdida aumentó como en el centro educativo Demetrio Aguilera Malta ubicada en la comuna la Ponga a una distancia de 4.27 Km.

En la figura 5.3 se observa el nivel de potencia de recepción de cada uno de los centros educativos los cuales se les piensa dar el servicio de voz y datos. Según la figura 5.2, de igual manera, como se tiene un nivel de pérdidas elevado, también se tiene un nivel bajo de recepción por la zona montañosa ya explicada anteriormente.

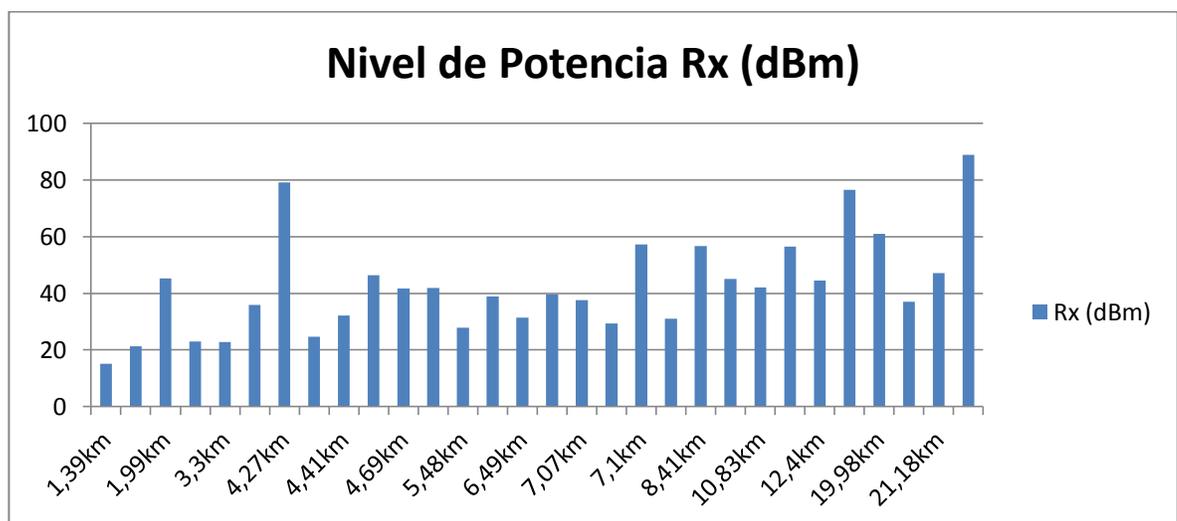


Figura 5.3: Nivel de potencia de recepción por distancia
Fuente: Diseño de tesis

5.2.1 PRUEBAS DE VOZ REALIZADAS EN LA BTS CRUCITA

Como resultados se presenta la tabla V.I de establecimiento de una llamada entre terminales realizada por la contratista HUAWEI para CNT.

Test de llamadas

Procedimientos	Resultado esperado
1. Realizar una llamada desde un terminal CDMA hacia otro terminal CDMA.	La llamada entre las estaciones inalámbricas fijas CDMA es establecida exitosamente
2. Mantener una conversación entre las estaciones fijas cerca de unos 3 minutos	La conversación entre los terminales inalámbricos fijos CDMA es normal con buena calidad de voz
3. Llamar a un terminal PSTN usando un terminal CDMA y mantener una conversación cerca de unos 3 minutos.	La llamada entre el terminal CDMA y el terminal PSTN es establecida exitosamente, la conversación es normal y la calidad de voz es Buena.
4. Llamar hacia un terminal inalámbrico PSTN y mantener una conversación cerca de unos 3 minutos	La llamada entre el terminal CDMA y el Terminal PSTN es establecida exitosamente y calidad de voz es buena
Resultado del test	Pasó

Tabla V.I: Pruebas de voz realizadas en la BTS Crucita.

Fuente: Diseño de tesis

Test de liberación de llamadas

Procedimientos	Resultado esperado
1. Hacer una llamada desde una terminal CDMA hacia otro terminal CDMA. Después de que la llamada es establecida, la parte que llama cuelga un terminal.	La llamada puede ser colgada exitosamente.
2. Realizar una llamada desde un terminal CDMA hacia otro terminal CDMA. Después de que la llamada es establecida, el terminal CDMA que fue llamado, cuelga la llamada	Llamada puede ser colgada exitosamente.
3. Realizar varias llamadas sobre cada portadora, registre el número de la portadora y las veces que se realizó la llamada sobre cada portadora.	Las Llamadas pueden ser descolgadas exitosamente.
Resultado del test	Pasó

Tabla V.II: Pruebas de liberación de llamadas
Fuente: Diseño de tesis

Al realizar la prueba de establecimiento de una llamada mediante CDMA 450 realizado por personal de HUAWEI con CNT se mantuvo una conversación exitosa de 3 minutos de terminal CDMA a CDMA.

También se realizó la llamada de una red PSTN (terminal fuera de la red CDMA) hacia un terminal CDMA en donde la llamada fue exitosa es decir, la red funciona con cualquier otra red existente, incluso con redes celulares.

También se realizó la llamada de un terminal CDMA hacia un terminal PSTN y la voz se escuchó perfectamente, es decir pasó las pruebas de rendimiento.

Las pruebas fueron desarrolladas y aprobadas por la CNT Santa Elena y la empresa contratista HUAWEI.

Además se realizó una prueba desde la central de CNT en La Libertad con un terminal CDMA configurado para que trabaje con la Red de Crucita, efectuando una llamada hacia un teléfono móvil de operadora Claro ubicado en el Cantón Santa Elena, como resultado se obtuvo una conversación de buena calidad a una distancia aproximada de más de 40 Km y no se presentó interferencia, considerando que el terminal trabaja desde la BTS hacia Santa Elena.

5.2.2 CONSIDERACIONES PARA PRUEBAS DE TRANSMISIÓN DE DATOS CON LA TECNOLOGÍA CDMA 450.

De acuerdo al estudio realizado, para la elaboración de pruebas de campo se deben considerar los siguientes parámetros para las pruebas de datos con la tecnología 1x EV-DO.

- En primer lugar se debe establecer comunicación con el terminal fijo dentro del radio de cobertura con un nivel de señal adecuado en terminal EV-DO de las escuelas.
- Segundo el RAC 6610 debe estar operativo.
- La portadora CDMA 2000 1XEV-DO debe estar disponible.
- El terminal de acceso debe estar conectado a una computadora a través del cable de conexión.

RECOMENDACIONES PARA LAS PRUEBAS:

Estas pruebas son recomendadas para la implementación del servicio de datos con terminales EVDO

- El terminal de acceso realiza una llamada (HRPD).
- Descargar un archivo de 10 Mbps de un servidor FTP después de establecer la llamada de datos.
- Finalizar la llamada de datos HRPD manualmente después de la descarga, y repetirlo al menos 3 veces para confirmar que la red funciona correctamente.
- Después subir un archivo de 10 Mbps a un servidor FTP y realizar la prueba al menos 3 veces para confirmar que funciona.

Además se deberá realizar pruebas de conexión a internet y navegar por las páginas WEB, de la misma forma se deberá establecer conexión y luego manualmente liberar la conexión.

5.3 COMPARACIÓN DE TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS.

WiMax es una tecnología inalámbrica que también es utilizada en zonas rurales, pero a diferencia de CDMA 450 necesita más radio bases para poder comunicar una misma zona debido a que utiliza una frecuencia alta. Por lo que implementar infraestructura WiMax se haría más costoso.

En la banda de operación de 450MHz las ondas son menos susceptibles al ruido, existen menos pérdidas por absorción, la regulación brinda comodidad ya que se puede transmitir en la banda A y C (en dos de sus sub-portadoras).

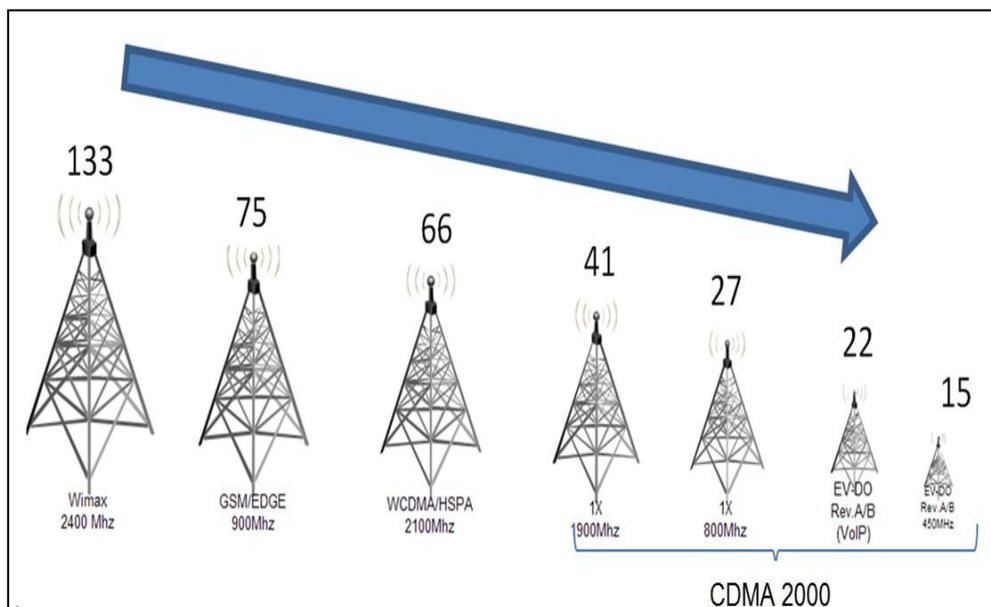


Figura 5.4: Comparación entre Tecnologías Inalámbricas

Fuente: www.cdg.com

En la figura 5.4 se observa la cantidad de BTS necesarias para cada una de las tecnologías inalámbricas, observando que CDMA en la banda de los 450 MHz es mucho más rentable en el uso de una sola celda.

Se realiza una comparación de las dos tecnologías como es WiMax y CDMA.

		TECNOLOGIA	
Características		CDMA2000 1X EV-DO	WIMAX
Máxima Tasa de Datos		3Mbps	54 Mbps
Cobertura		80 Km NLOS	50 Km en NLOS
Ventajas		Alcance	Velocidades
		Movilidad	Alcance
Técnicas de Radio		CDD/FDD	MIMO-SOFDMA
Enlaces en Mbps	Directo	0.144(telefonía)	70
		3.1(internet)	
	Reverso	0.144(telefonía)	70
		1.8(internet)	
Bandas de Operación		450 MHz , 800 MHz,	2.3GHz, 2.4 GHz
		1900 MHz	3.5GHz, 5.7GHz

Tabla V.III: Comparación de tecnologías

Fuente: Diseño de Tesis

Aspectos técnicos de las dos redes inalámbricas

La tabla V.III indica que CDMA tiene una cobertura de aproximadamente de 80 Km, con NLOS que quiere decir no línea de vista, a diferencia de WiMax solo se obtiene 50Km con NLOS, por lo cual necesitaremos menos estaciones en CDMA que en WiMax por lo que se reducirían costos en inversiones de los equipos, infraestructura de telecomunicaciones, mantenimiento, espacio físico de las antenas y equipos.

	Tecnología	
Características	CDMA2000 1X EV-DO	WIMAX
Bandas de Frecuencia	Banda A-A' de 450MHz Licenciada.	Bandas no licenciadas en 2.4 y 5.7 GHz. Bandas licenciadas en 3.4 GHz
Bandas Licenciadas	Disponibles	Disponibles
Bandas no Licenciadas	No existen	Saturadas

Tabla V.IV: Aspectos Regulatorios

Fuente: Diseño de tesis

En redes WiMax un enlace total desde la Estación Base puede ser máximo de 70 Mbps, independiente del número de usuarios enganchados a esta celda, esto quiere decir que conforme van aumentando los usuarios o las

exigencias de los diferentes servicios que se requieran, el throughput por usuario disminuye significativamente al igual que la calidad de servicio. Mientras que en CDMA al estar cada usuario utilizando toda la banda, éste tendrá mejor calidad de servicio que en WiMax porque su throughput no disminuye, aunque el número de usuarios en una red CDMA aumente, como se muestra en la tabla V.IV

Con respecto a las tecnologías inalámbricas un Boletín de OSIPTEL de Telesemana indica¹³.

Las tres tecnologías inalámbricas con expectativas para el desarrollo de las telecomunicaciones en áreas rurales son:

CDMA 450 se presenta como una tecnología robusta con una red operando en diversos lugares con una gran cobertura, lo que limita a CDMA 450 es que fue diseñada para cubrir grandes tráficos, por lo que se debe presentar en áreas extensas el proyecto.

La ventaja de WiMax es su ancho de banda y la buena cobertura, la red se dimensiona según el requerimiento del tráfico, se adapta a las exigencias de los usuarios, por lo que esta tecnología puede usarse tanto en lugares grandes como pequeños, como desventaja se presenta los terminales que emplea son aún más costosos que los terminales CDMA450.

La tecnología UMTS900 se encuentra en desarrollo, presenta una cobertura menor que CDMA450 pero posee un ancho de banda mayor, se beneficiará de las economías de escala propias del estándar GSM y UMTS.

La tecnología CDMA permite que mayor número de usuarios, compartan la misma frecuencia de radio, debido a la técnica de espectro disperso. Debido a que no se necesitan requerimientos tan estrictos para áreas rurales se puede utilizar CDMA 1X; en el caso de que se necesitara ampliar en ancho

de banda se puede acoplar una tarjeta EV-DO en la estación base y activar las funcionalidades en los equipos terminales.

Por las razones antes mencionadas escogemos la tecnología CDMA450 para los enlaces de última milla.

Coberturas de la red CDMA

COBERTURAS TEÓRICAS DE LAS CELDAS			
Frecuencia (MHz)	Radio de celda (Km)	Área de Celda (km ²)	Celdas necesarias para coberturas equivalentes
450	48.9	7521	1
850	29.4	2712	2.8
950	26.9	2269	3.3
1800	13.3	553	13.6
1900	13.3	553	13.6
2500	10	312	24.1

Tabla V.V: Tabla Comparación de Cobertura
Fuente: www.450wold.org

Se observa la cobertura de la tecnología CDMA es mayor comparándolas con otras tecnologías inalámbricas.

Características de la red CDMA 450 MHz

CARACTERISTICAS DE CDMA450 MHZ	
Ancho de banda de portadora	1.25 MHz
Espectro requerido (tres portadoras)	4.25 MHz
Número efectivo de portadoras por sector	3
Número de canales de voz por sector	(28x3) 84

Tabla V.VI: Características de la red CDMA450

Fuente: www.qualcomm.com

En la tabla V.VI se detallan las características principales de la red CDMA 450 MHz, la ventaja de utilizar un ancho de banda mínimo de 1.25 MHz en el espectro electromagnético, si se configura con tres portadoras la cantidad de canales de voz por sector será de 84, el espectro requerido para el uso de las tres portadoras es de 4.25 MHz.

CONCLUSIONES

Con el diseño de la red de telecomunicaciones se logrará brindar el servicio a los centros educativos fiscales de la Parroquia Colonche, incentivando el uso de las TIC's en los niños y jóvenes de este sector, así tendrán mayores posibilidades y capacidades para aprender y utilizar las tecnologías, mejorando su calidad de vida.

La tecnología CDMA 450 es apropiada para enlaces de larga distancia porque ocupa un pequeño ancho de banda de 1.25 MHz en el espectro electromagnético que hoy en día se encuentra saturado por diversos servicios y tecnologías. La frecuencia de operación de CDMA 450 es baja permitiendo mayor alcance llegando a cubrir zonas extensas, reduciendo costos de implementación lo que significa que más usuarios podrán acceder a servicios tecnológicos.

La red CDMA 1x EV-DO es escalable; podrá agregar más celdas (mayor cobertura) cuando la demanda aumente, y agregar más portadoras (mayor capacidad) cuando haya más requerimientos de tráfico, superando a WiMax que tendrá que instalar más torres y equipos para mejorar sus rendimiento en cobertura y capacidad.

RECOMENDACIONES

Se recomienda la implementación del servicio de datos, ya que cuenta con los equipos necesarios con los que dan telefonía móvil, se beneficiarán no solo los centros educativos sino toda la población que se encuentra bajo la cobertura de la tecnología CDMA en Santa Elena, el Gobierno incentiva al uso de las TIC's en los procesos de enseñanza como herramienta clave para un aprendizaje moderno, acorde a los nuevos desafíos y necesidades de la actual sociedad de la información, por lo que se recomienda que las entidades públicas, intervengan en la implementación del proyecto.

Se recomienda la implementación de la red, debido a la factibilidad técnica que presenta esto se da a la gran cobertura que posee por trabajar en la frecuencia de 450 MHz, generando un gran beneficio a la sociedad en general, además para el servicio de datos se deberá implementar tarjetas electrónicas y actualización de software ya que se hará sobre una infraestructura existente reduciendo costos de implementación.

En la tecnología CDMA 450 cada usuario usa toda la banda donde tendrán mejor calidad de servicio porque su rendimiento no se ve afectado, aunque el número de usuarios en la red aumente, a diferencia de WiMax que incluso con un gran ancho de banda, el método de acceso, como la poca flexibilidad de calidad de servicio, conlleva a la innecesaria utilización del espectro, debido a cómo va aumentando la cantidad de usuarios en una red WiMax se va disminuyendo el rendimiento.

BIBLIOGRAFÍA

¹Tecnología CDMA. (2012). [En línea]. Disponible en: <http://www.cdg.org/technology/cdma.asp>. [2013, 15 mayo]

² CDMA Development Group (2008). [En línea]. Disponible en: <http://www.cdg.org>. [2013, 8 enero].

³Superintendencia de Telecomunicaciones. (2012). Revista Institucional N°16. Revista mensual SUPERTEL. 16, 1-44.

⁴Consejo Nacional de Telecomunicaciones. (2013). [en línea]. Disponible en: <http://www.conatel.gob.ec>. [2013, 20 febrero]

⁵Superintendencia de telecomunicaciones. (2013). [en línea]. Disponible en: <http://www.supertel.gob.ec>. [2013, 25 julio]

⁶Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT. (2012). Simposio las TICs y el cambio Climático [diapositiva]. Ecuador: 13 diapositivas

⁷Diseño de un Sistema de videoconferencia CDMA2000

⁸Networks Solutions (2012). [En línea]. Disponible en: www.450world.org [2013, 28 julio]

⁹ Tapía, J, S. (2011) "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 Ascázubi, Otón, Guayllabamba, Lloa y Rumipamba de la provincia de Pichincha" Sangolqui.

¹⁰ QUALCOMM. (2012). [en línea]. Disponible en: <http://www.qualcomm.com/cdma/1xEV> [2013, 18 julio]

¹¹Nel Quezada Lucio. (2010). Estadística para ingenieros. Perú. Editora Macro E.I.R.L

¹²JukkaLempiäinen, Matti Manninen. (2002). Radio Interface System Planning for GSM/GPRS/UMTS. Estados Unidos. Kluwer academic Publishers

¹³ Revista de Telesemana. (2010). [en línea]. Disponible en:
<http://www.telesemana.com/>

Hernández, R, Fernández, C, Baptista, P, (2010). Metodología de la investigación científica. Perú. Editorial el Comercio S.A.

Zheng, Pei; Peterson, Larry L.; Davie, Bruce S.; Farrel, Adrian (2009). Wireless Networking Complete. Disponible en: <http://www.ebib.com>

¹Jacobsson, Martin; Niemegeers, Ignas; Heemstra de Groot, Sonia (2010). Personal Networks : Wireless Networking for Personal Devices. Disponible en: <http://www.ebib.com>