

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



**DESPLIEGUE DE UNA RED DE COMUNICACIONES PARA
BRINDAR SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES EN ZONAS
RURALES DE LA PROVINCIA DE PIURA**

**INFORME DE SUFICIENCIA
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO ELECTRONICO**

**PRESENTADO POR:
DREMLER ARIEL POLO NUÑEZ**

**PROMOCIÓN
2009 - I**

**LIMA – PERÚ
2013**

**DESPLIEGUE DE UNA RED DE COMUNICACIONES PARA BRINDAR
SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES EN ZONAS RURALES DE LA
PROVINCIA DE PIURA**

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mis padres, Alfredo y Esther
y a mis hermanos por su incondicional apoyo.

A Karen, por su gran amor y paciencia.

A mis amigos, porque siempre me dieron ánimos para seguir adelante.

Al Ing. Percy Fernández, por todas sus enseñanzas.

SUMARIO

El presente trabajo tiene como finalidad presentar las pautas y procedimientos que implican la planificación de una red de comunicaciones que brinde servicios de voz y datos basada en la tecnología inalámbrica CDMA 450, específicamente en zonas rurales. Dicha tecnología es utilizada de manera exitosa en diferentes países del mundo, y también ha sido implementada en nuestro país, para atender las necesidades de comunicaciones de los pobladores rurales. Para este trabajo se escogió específicamente poblados y zonas rurales del distrito de Huarmaca, en Piura. Cabe destacar que este proyecto trasciende al área de implementación definida en este informe y siguiendo los esquemas y conceptos mostrados, puede servir de base para la planificación de la red con las mismas prestaciones en cualquier provincia o departamento del país.

INDICE

INTRODUCCION.....	1
CAPITULO I	
DESCRIPCION DEL PROBLEMA	3
1.1. EL MERCADO DE LAS COMUNICACIONES EN EL PERÚ.....	3
1.1.1. La apertura del mercado de telecomunicaciones en el Perú.....	6
1.2. EL ACCESO UNIVERSAL Y LAS FALLAS DEL MERCADO.....	6
1.2.1. El Fondo de Inversión en Telecomunicaciones - FITEL.....	7
1.2.2. El mercado de las telecomunicaciones rurales en el Perú.....	8
1.3. LAS LOCALIDADES RURALES DE PIURA.....	9
1.4. LOS SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES EN LAS ZONAS RURALES DE PIURA	10
1.5. LAS TELECOMUNICACIONES EN EL DISTRITO DE HUARMACA.....	11
1.6. ÁRBOL DE PROBLEMAS.....	13
1.7. ÁRBOL DE OBJETIVOS.....	16
CAPITULO II	
MARCO TEORICO	19
2.1. CONCEPTO DE ACCESO AL MEDIO	19
2.2. TECNOLOGÍAS DE ACCESO	19
2.2.1. Método de Acceso por División de Frecuencia.....	19
2.2.2. Método de Acceso por División de Tiempo.....	20
2.2.3. Método de Acceso por División de Código	21
2.3. TECNOLOGÍA CDMA.....	21
2.3.1 CDMA: Acceso Múltiple por División de Código.....	22
2.3.2 Técnica de Espectro Ensanchado	23
2.3.4 Enlaces Directo e Inverso.....	26
2.3.5. Control de Potencia	27

2.3.6. Reúso de Frecuencia.....	29
2.4. FAMILIA DE TECNOLOGÍAS CDMA	29
2.4.1 CDMA IS-95 A.....	29
2.4.2 CDMA IS-95 B	30
2.4.3 CDMA2000 1X.....	30
2.4.4. CDMA2000 EVDO Release 0	30
2.4.5. CDMA2000 1xEV-DO Revision A	31
2.4.6. CDMA2000 1xEV-DO Revision B.....	31
2.5. ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN DE CÓDIGO EN LA BANDA DE 450 MHZ - CDMA 450	32
2.5.1. Características de la tecnología CDMA450	32
2.5.2. Ventajas de CDMA 450	32
2.5.3. Servicios que ofrece CDMA 450	34
2.6. LA BANDA DE 450 MHZ EN EL PERÚ.....	34
2.7. ESTUDIO SOCIOECONÓMICO DEL DISTRITO DE HUARMACA.....	36
2.7.1. Aspectos Demográficos.....	36
2.7.2. Análisis de la población y vivienda.....	37
2.7.3. Proyección de la Población	39
2.7.4. Análisis de la población económicamente activa – PEA	39
2.8. SERVICIOS DE COMUNICACIONES EN EL DISTRITO DE HUARMACA.....	40
2.9. DETERMINACIÓN DE LA POSIBLE DEMANDA DE LOS SERVICIOS	41
2.9.1. Servicio de telefonía fija.....	41
2.9.2. Servicio de Internet	42
 CAPITULO III	
INGENIERÍA DE LA SOLUCION PROYECTADA.....	44
3.1. ARQUITECTURA DE LAS REDES CDMA450.....	44
3.1.1. La red de acceso	44
3.1.2. La red de transporte.....	45
3.1.3. La red de Core	45
3.2. DISEÑO DE LA RED DE ACCESO.....	45
3.2.1. Cobertura de las estaciones base	45
3.2.2. Canalización de la frecuencia de 450 MHZ	49
3.2.3. Determinación de la capacidad de las BTS	49
3.2.4. Equipo Controlador de Estaciones Base (BSC)	51

3.3. DISEÑO DE LA RED DE TRANSPORTE	52
3.4. DISEÑO DE LA RED DE CORE	63
3.4.1. MSC – Mobile Switching Center	63
3.4.2. VLR – Visitor Location Register	63
3.4.3. HLR – Home Location Register.....	64
3.4.4. MGW – Media Gateway	64
3.4.5. SGW – Signaling Gateway.....	64
3.4.6. PDSN – Packet Data Serving Node	64
3.4.7. AAA Server – Authentication, Authorization, and Accounting Server	64
3.4.8. OMC - Centro de Operación y Mantenimiento.....	65
3.5. DETERMINACIÓN DEL EQUIPAMIENTO A UTILIZAR	65
3.5.1. Estación Base ZTE ZXC10	65
3.5.2. BSC ZTE ZXC10 BSCB.....	66
3.5.3. Subsistema de Conmutación de Circuitos ZTE ZXC10-3GCN.....	66
3.5.4. Subsistema de Conmutación de Paquetes ZTE ZXPDS	67
3.5.5. Equipo de Microondas.....	67
3.5.6. Terminales para usuarios.....	68
3.6. INFRAESTRUCTURA NECESARIA	69
3.6.1. Sistema Eléctrico.....	69
3.6.2. Sala de Equipos	70
3.6.3. Torre de Comunicaciones.....	70
3.6.4. Estación Repetidora.....	71
CAPITULO IV	
ANALISIS Y PRESENTACION DE RESULTADOS.....	72
4.1. EQUIPAMIENTO A UTILIZAR Y COSTOS REFERENCIALES	72
4.2. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	76
4.3. CRONOGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO	76
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	79
BIBLIOGRAFIA.....	82

INTRODUCCION

Las telecomunicaciones son una herramienta cuya principal función es la transmisión de información, y por lo tanto es primordial para cualquier proceso de desarrollo. Al proporcionar enlaces de información entre las zonas urbanas y rurales y entre los pobladores rurales, las telecomunicaciones pueden ayudar a superar las barreras de la distancia que obstaculizan su desarrollo. El acceso a la información es la clave para el desarrollo de muchas actividades, tales como la agricultura, industria, transporte, educación, salud y demás servicios sociales.

La necesidad de satisfacer los requerimientos de las poblaciones rurales de todo el mundo con servicios de telecomunicaciones, ha hecho que las empresas líderes en telecomunicaciones desarrollen nuevos sistemas con tecnologías avanzadas, que ofrecen diferentes servicios con mayor agilidad y flexibilidad. Los sistemas de comunicaciones de acceso inalámbricos precisamente, son un sistema que está teniendo gran auge en diferentes partes del mundo, y con buenos resultados, debido a que presenta una solución ideal para dar acceso e interconectar a la red a varios abonados que se encuentran dentro de una zona rural específica hasta los centros de operaciones (NOC) del operador. Dichas tecnologías tienen como característica una inversión inicial baja, son sistemas modulares, tienen bajos costos de operación, mantenimiento y administración, y cuyos principios básicos son los mismos de la telefonía móvil celular pero con ciertas diferencias.

En el Perú, según información del Banco Mundial, al 2010 casi 8.5 millones de habitantes viven en lo que estas denominadas zonas rurales. De estos, aproximadamente la mitad no cuenta con servicios de comunicaciones. A pesar de que la creciente competencia y la participación privada en el sector de las telecomunicaciones han extendido estos servicios a nuevas localidades y sectores con poco poder adquisitivo, muchas de estas zonas aún se encuentran excluidas.

Por estas razones, el desarrollo de este trabajo tiene la finalidad de presentar a la tecnología CDMA450 como una solución viable y eficaz para brindar servicios de comunicaciones de voz y datos especialmente en un entorno rural, mediante el acceso inalámbrico, a los sectores rurales del Perú y, específicamente para este proyecto, las zonas

de la provincia de Piura, el cual servirá como una herramienta de referencia para mejorar el sector de telecomunicaciones en estos sectores menos favorecidos.

En los capítulos presentados de este proyecto se expondrá la planificación y subsistemas a utilizar; así como también, el análisis de cobertura de las zonas a brindar estos servicios y el análisis económico de la operación.

CAPITULO I DESCRIPCION DEL PROBLEMA

1.1. El Mercado de las Comunicaciones en el Perú

El mercado de las telecomunicaciones en el Perú se liberalizó en 1999, y a partir de ese momento el país vive en medio de la libre competencia en la telefonía fija y móvil, Internet y servicios de valor agregado. La cantidad de suscriptores de telefonía móvil superó a los suscriptores de telefonía fija en el 2001 y este número sigue en aumento. Según se muestra en las Tablas 1.1 y 1.2, la densidad telefónica fija aumentó de 3,21% en el 1994 al 10,24% en el 2011 y de móvil de 0,22% en el 1994 a más del 100% en el 2011, por lo que se puede decir que hay una línea móvil por cada habitante.

Tabla 1.1. Indicadores de Telefónica Fija (1994 - 2011)

Período	Líneas Instaladas	Líneas en servicio	% de Líneas en Servicio	Densidad de Teléfonos ⁽¹⁾
1994	874,436	759,191	86.80%	3.21
1999	2,000,689	1,609,884	80.50%	6.26
2001 ⁽²⁾	2,027,355	1,570,956	77.50%	5.92
2004	2,396,246	2,049,915	85,1%	7.33
2011	3,559,736	2,949,816	82.86%	10.24

(1) Líneas en servicio por cada 100 habitantes. Considerando datos poblacional del INEI.

(2) A partir del año 2001 se incluye a los nuevos operadores de telefonía fija de abonado.

Fuente: OSIPTEL – Información de Empresas operadoras.

A pesar de esta liberalización, los servicios de telecomunicaciones siguen estando en gran parte en manos de una sola compañía, Telefónica del Perú, que todavía tiene una posición dominante tanto en el servicio de telefonía fija como en el móvil, según se muestra en las Tablas 1.3 y 1.4, seguido del operador América Móviles.

Tabla 1.2. Indicadores de Telefonía Móvil (1994 – 2011)

Período	Líneas en Servicio	Densidad de Telefonía Móvil ⁽¹⁾
1994	52,000	0,22
1999	1,045,710	4,06

2001	1,793,284	6,76
2004	4,092,558	14,74
2007	15,417,368	55,63
2011	32,305,455	112,13

(1) Líneas en servicio por cada 100 habitantes. Considerando datos poblacional del INEI.

Fuente: OSIPTEL – Información de Empresas operadoras.

Tabla 1.3. Líneas Telefónicas Fijas por Compañía (2001 - 2011)

Compañía	Diciembre 2001		Diciembre 2011	
	Líneas Instaladas	Líneas en Servicio	Líneas Instaladas	Líneas en Servicio
Telefónica del Perú S.A.A.	2,019,761	1,565,804	2,525,216	2,155,244
Telefónica Móviles S.A.	550	405	411,430	411,430
América Móvil Perú S.A.C.	-	-	245,063	245,063
Telmex Perú S.A.	7,044	4,747	337,526	137,277
Americatel Perú S.A.	-	-	36,222	34,235
Impsat Perú S.A.	-	-	5,787	5,787
Gilat To Home Perú S.A.	-	-	2,444	2,379
Convergía Perú S.A.	-	-	2,315	1,459
Nextel del Perú S.A.	-	-	n.d.	628
Infoductos y Telecomunicaciones	-	-	617	617
Valtron E.I.R.L.	-	-	271	180
Digital Way S.A.	-	-	1	1
TOTAL	2,027,355	1,570,956	3,566,893	2,994,301

Fuente: OSIPTEL - Información de Empresas operadoras.

Inicialmente, como resultado de la ausencia de la competencia, el Perú tuvo una tasa de teledensidad de línea fija del 7%, una de las más bajas de América del Sur. En la actualidad esto ha cambiando ya que empresas como Claro y otras operadoras de telefonía fija han aparecido para hacerle frente a este monopolio pero todavía con poca participación en el mercado. La interconexión es el factor determinante más importante del éxito de la transición del monopolio a la competencia en los mercados de telecomunicaciones. Mientras más barreras se imponen, menos competencia real existe.

Tabla 1.4. Índice de Líneas Móviles por Compañía (1994-2011)

Período	Telefónica	Comunicaciones Móviles del Perú ⁽¹⁾	Nextel del Perú	America Móviles S.A.C	TOTAL
1994	57,7%	42,3%	-	-	52,000
1999	68,1%	30,0%	1,9%	-	1,045,710
2001	60,4%	23,9%	6,1%	9,5%	1,793,284
2004	51,9%	16,6%	4,5%	26,9%	4,092,558

2007	61,2%	-	3%	37,7%	15,417,368
2011	61,5%	-	4,3%	34,2%	32,305,455

(1) BellSouth Perú S.A.

Fuente: Empresas operadoras.

En el lado positivo, la competencia en la prestación del servicio de larga distancia es muy fuerte y se ha traducido en una reducción significativa de las tasas. En este momento hay más de 5 operadores de larga distancia en competencia. Otro hecho positivo fue la reducción significativa de las tasas de terminación de llamadas de fijo a celular a partir del 2004. La Tabla 1.5 muestra esta evolución del tráfico de la telefonía de larga distancia.

Tabla 1.5. Tráfico de telefonía de Larga Distancia (1999-2011)

Tipo de Tráfico	1999 ⁽¹⁾	2001	2004	2007	2011
Larga Distancia Nacional	826,362	878,287	1,057,669	1,013,037	781,075
Larga Distancia Internacional					
- Saliente	107,616	109,788	218,255	438,066	302,336
- Entrante	293,835	792,685	2,067,271	2,479,705	2,256,038
- Relación Saliente/Entrante	2,73	7,22	9,47	5,66	7,46

(1) Los datos de tráfico correspondientes al año 1999 son estimados.

Fuente: OSIPTEL - Información de Empresas operadoras.

Podríamos resumir la evolución de las telecomunicaciones en el Perú, transcribiendo un extracto de una nota de Sandro Marcone, Director de Marketing de la Red Científica Peruana: "... el mercado de las telecomunicaciones en el Perú ha experimentado un crecimiento importante en ciertos servicios, tales como la telefonía móvil y de larga distancia nacional e internacional, las transformaciones han tenido lugar como consecuencia de la convergencia y el desarrollo de las nuevas tecnologías. Sin embargo, los niveles de densidad telefónica se mantienen por debajo de otros países de la región y existen disparidades persistentes entre los niveles socioeconómicos de las regiones - los sectores de menores recursos tienen un acceso limitado a los servicios de telecomunicaciones -, y se ha tenido una marcada desaceleración de la tasa de crecimiento de telefonía fija en los últimos años. La estructura de la industria presenta un alto nivel de concentración. Pocos servicios que se ofrecen responden a las necesidades y demandas de los consumidores de bajos ingresos, quienes se concentran en pueblos más pequeños y en la periferia urbana"¹.

¹ Internet Atlas - RCP. <http://www.yachay.com.pe/especiales/internet/>

1.1.1. La apertura del mercado de telecomunicaciones en el Perú

El gobierno del Perú inició el proceso de privatización de las telecomunicaciones en 1991, cuando se estableció la Comisión de Promoción de la Inversión Privada (COPRI) y los Comités Especiales de Privatización (CEPRI), a cargo de la privatización de una serie de gobiernos empresas, incluidas CEPRI Telecom.

Uno de los principales criterios establecidos por los CEPRI Telecom fue que la empresa que se adjudique el servicio de telefonía en el Perú sea un operador internacional con la tecnología adecuada y de mayor presencia en la zona. Para esto era importante, de acuerdo con CEPRI, ofrecer a los potenciales compradores un periodo limitado en el cual serían el operador monopolístico y un nivel arancelario que les permita la expansión de la red telefónica del Perú. Estas condiciones ofrecerían un incentivo a la inversión en la red y terminaría después de un período acordado, después los sectores estarían abiertos a la libre competencia y las tarifas se estructurarían para permitir la entrada de nuevas empresas. Tres consorcios presentaron ofertas en febrero de 1994, comprometiéndose a realizar inversiones durante los siguientes cinco años. Telefónica de España ganó la licitación con una oferta de 2,002 millones de dólares.

1.2. El acceso universal y las fallas del mercado

De acuerdo con los indicadores revisados anteriormente, el crecimiento del mercado se ha traducido en tasas de densidad telefónica del 10% para la línea fija y llega hasta el 112% para la telefonía móvil. Sin embargo, una gran parte de peruanos aún no tiene acceso fácil a los servicios de telecomunicaciones debido a la incapacidad o falta de voluntad de las empresas para prestar servicios en las zonas rurales, prefiriendo servir a las áreas urbanas donde las poblaciones más densas proporcionan economías de escala significativas. En el Perú, la demanda actual de servicios de comunicaciones es superior a la oferta. Las empresas operadoras han trabajado para cubrir la demanda en las grandes ciudades cuando se abrió el mercado. Luego, gracias en gran parte a los requisitos regulatorios, los mercados secundarios en las ciudades más pequeñas fueron beneficiados. Sin embargo, la demanda de las zonas rurales sigue siendo elevada y no satisfecha por la oferta.

Debido a que la retribución económica no ofrece incentivos suficientes para que el sector privado pueda atender la demanda de los usuarios en las zonas pobres y rurales, el gobierno ha desarrollado mecanismos para garantizar el acceso universal, ya sea a través de los planes de subvención, la asignación de los recursos existentes o mediante la creación de normas regulatorias que rige las infraestructuras de información en las zonas rurales.

1.2.1. El Fondo de Inversión en Telecomunicaciones - FITEL²

El gobierno del Perú creó un fondo especial denominado "Fondo de Inversión en Telecomunicaciones - FITEL", cuyo principal objetivo es financiar los servicios de telecomunicaciones en zonas rurales y pobres. De acuerdo con la legislación, OSIPTEL³ recauda el 1% de los ingresos brutos del sector de las telecomunicaciones a fondo FITEL. Desde mediados de 1994 hasta mediados de 1998, cuando FITEL comenzó su primer proyecto piloto, el fondo había recibido más de \$ 30 millones.

Los criterios para seleccionar las zonas que pueden acceder a los fondos se establecen en los reglamentos e incluyen:

- Pueblos y ciudades con poblaciones entre 400 y 3000 habitantes;
- Capitales de distrito, y
- Ciudades en áreas definidas por el Estado como de interés social.
- Además, estos proyectos deben demostrar que son nuevos y dignos de financiamiento.

De acuerdo con el reglamento, FITEL debe hacer una lista de los proyectos que cumplan con los requisitos para recibir subsidios y entregar esta lista al Ministerio de Transportes y Comunicaciones para su aprobación. Una vez que el Ministerio apruebe la lista, OSIPTEL prepara las especificaciones para la emisión de una licitación pública y seleccionar a los operadores que desarrollarán los proyectos.

El programa FITEL se inició con el proyecto piloto "Frontera Norte", seleccionado en mayo de 1998. Este fue un proyecto experimental y se utilizó para evaluar el programa. El proyecto abarcó 213 localidades en cuatro departamentos, que cubrió aproximadamente unos 59.000 habitantes, y previó la instalación de un teléfono público en cada pueblo.

FITEL también financia proyectos piloto de telecomunicaciones en las zonas rurales. Estos proyectos incluyen la participación del Estado, el sector privado y la sociedad civil, y fomentan la innovación y las nuevas formas de expandir las telecomunicaciones rurales. En palabras del FITEL: "Los proyectos piloto son pequeños ensayos a escala de servicios y tecnologías, donde el uso de las TIC puede generar impacto social de las poblaciones beneficiarias".

En la Figura 1.1 se muestra las consideraciones que debe presentar el perfil de un proyecto que apunte a beneficiar las zonas rurales.

² Mediante DS N° 013-93-TCC se crea el Fondo de Inversión en Telecomunicaciones.

³ Mediante DL N° 702 se crea el Organismo Supervisor de la Inversión Privada en Telecomunicaciones.

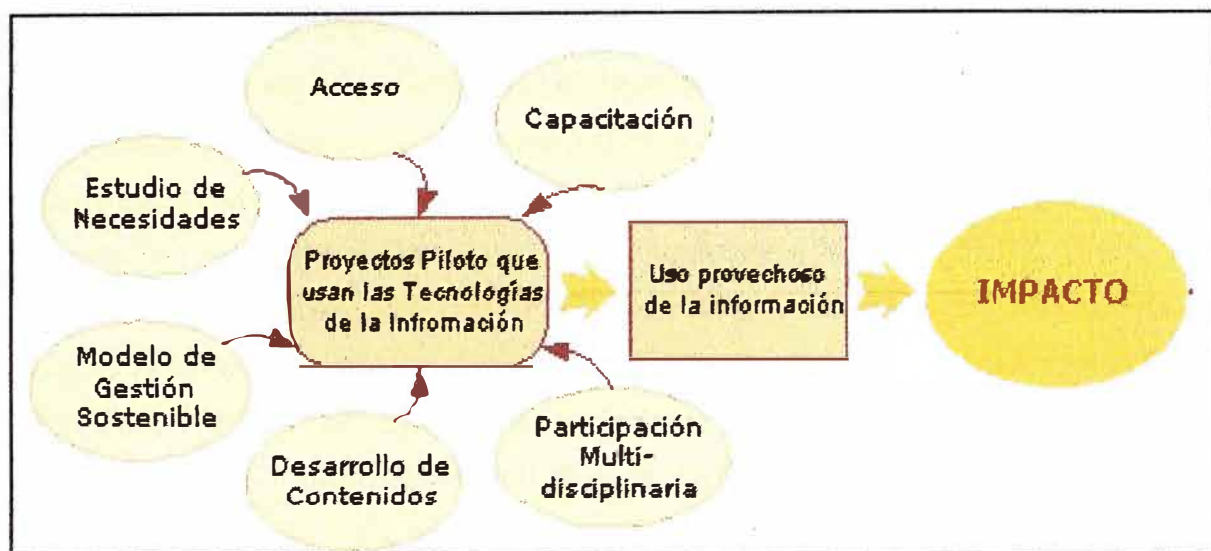


Figura 1.1. Diagrama de Bloques de perfil de un Proyecto.

Fuente: Curso Postgrado Comunicaciones Inalámbricas - INICTEL.

1.2.2. El mercado de las telecomunicaciones rurales en el Perú

Las empresas más representativas que operan en las zonas rurales son tres: Gilat Perú S.A., Rural Telecom y Telefónica del Perú. Estas operadoras brindan básicamente el servicio de telefonía para las comunicaciones de los pobladores de estas zonas. A continuación se detalla información de estas empresas:

- **Gilat Perú SA**, empresa Israelí con presencia en 19 países a nivel mundial y especialista en servicios de comunicación satelital en zonas rurales, inició operaciones en el Perú en 1998 cuando ganó la buena pro de la licitación del proyecto “FITEL 1”. Actualmente cuenta con una red de aproximadamente 6,000 teléfonos y con serie asignada por el MTC 81XXXX. Esta empresa utiliza sólo tecnología satelital y cuenta con 5,710 VSATs (Very Small Aperture Terminal o terminal de muy pequeña apertura) para cubrir la demanda de los usuarios que pertenecen a las zonas en que se licitaron los proyectos FITEL. Además de brindar servicios a entidades estatales, Gilat Perú también brinda servicios a usuarios privados. El 2011, El MTC firmó con la empresa Gilat Perú dos contratos que son “Banda ancha para el Desarrollo de los Valles de los Ríos Apurímac y Ene – VRAE” y “Banda Ancha para el Desarrollo de las comunidades de Camisea (Camisea – Lurín), para prestar servicios de acceso a Internet de banda ancha, telefonía fija y pública en zonas rurales. La financiación estatal es realizada por el FITEL.

- **Rural Telecom SA**, es una empresa de capitales nacionales. Esta compañía fue fundada oficialmente en 2001, después de haber adquirido una licitación de FITEL 1 para operar 1.000 teléfonos públicos con equipos VSAT y solar en el centro-norte del costo peruana y el altiplano. En los últimos años, Rural Telecom también adquirió otros clientes públicos y

privados en todas las zonas rurales del país. Rural Telecom tiene sus propias unidades logísticas, operacionales, comerciales y de ingeniería en varias provincias. En el proyecto Centro Norte que pertenece a una parte de la licitación de “FITEL 3”, brinda servicios a los departamentos de Ancash, la Libertad y Lambayeque, contando con una red de aproximadamente 1,000 teléfonos, con serie asignada por el MTC - 82XXXX. Para el caso de Rural Telecom, así como Gilat Perú, también han adquirido sus obligaciones de atención rural luego de ganar concursos de licitación por subsidio organizados por FITEL.

- **Telefónica del Perú SA**, empresa privada de capitales españoles, atiende aproximadamente a 3,000 localidades con serie asignada por el MTC - 83XXXX. En el caso de Telefónica del Perú, la mayor parte de su cobertura rural se dio en virtud de las obligaciones de expansión que tiene con el Estado Peruano en sus contratos de concesión. Actualmente aproximadamente el 50% de los teléfonos públicos de esta empresa emplean tecnología VSAT y cuenta con 3,853 teléfonos públicos internos (TPI) y 11 teléfonos públicos externos (TPE). El 27 de Febrero del 2009, Telefónica se adjudicó la buena pro del Proyecto Banda Ancha para Localidades Aisladas (BAS) para brindar los servicios de Internet, telefonía fija y telefonía pública de monedero además de comprometerse a ejecutar labores de difusión, sensibilización y capacitación a los pobladores. Este proyecto, en el cual se invirtieron 48.8 millones de dólares, fue financiado a través del FITEL y se estima, beneficiará a alrededor de 400 localidades rurales de los 24 departamentos del país. En mayo del 2010 se concluyó la instalación de este proyecto.

1.3. Las localidades rurales de Piura

La provincia de Piura, como todas las provincias del país, presenta poblaciones urbanas y rurales. La población urbana presenta una tasa de crecimiento estable debido al desarrollo económico. La tasa de crecimiento poblacional de las zonas rurales disminuye con el tiempo debido básicamente a la migración de sus pobladores hacia las ciudades.

Las principales actividades económicas desarrolladas en Piura son el comercio y las actividades de servicio que principalmente se desarrollan en las zonas urbanas. Las zonas rurales se caracterizan por tener un menor desarrollo productivo, existe una economía local sustentada en la producción de alimentos para consumo. En el aspecto económico estas zonas se muestran como las más deprimidas, la topografía del suelo orienta a los pobladores de la región a dedicarse a la agricultura y ganadería.

En la Tabla 1.6 se presenta los indicadores de población que habita las zonas rurales más grandes de Piura. En la tabla se observa que estos distritos rurales se caracterizan por tener una extensión de territorio bastante amplia y la densidad poblacional es en promedio

25 habitantes por kilómetro cuadrado. El término rural, lamentablemente, no sólo se extiende al tipo de población sino que también esta definición alcanza a los servicios básicos, como educación, salud, etc., que se tienen en estos distritos, lo que conlleva a un pobre desarrollo social y económico de su población.

Tabla 1.6. Indicadores de Distritos Rurales.

Distrito	Extensión (Km ²)	Población		Total	% Ruralidad
		Urbana	Rural		
Ayabaca	1,549.99	6047	32683	38730	84.39%
Lancones	2,189.35	346	12773	13119	97.36%
Huancabamba	447.25	8120	21996	30116	73.04%
Frias	568.81	2248	20757	23005	90.23%
Pacaipampa	981.5	1180	23580	24760	95.23%
Tambo Grande	1,442.81	35145	61306	96451	63.56%
Huarmaca	1,908.22	2186	37230	39416	94.45%

Fuente: INEI - Censo Nacional 2007. Elaboración Propia.

1.4. Los servicios de telecomunicaciones en las zonas rurales de Piura

Los servicios de telecomunicaciones que ofrecen actualmente las empresas operadoras están enfocados a dar cobertura principalmente a las grandes zonas urbanas. En provincia, a diferencia de Lima, las ciudades tienden a ser más pequeñas, por lo que el despliegue de los sistemas de comunicaciones es limitado. La provincia de Piura no es ajena a esta realidad. Sus localidades rurales presentan grandes deficiencias en cuanto a cobertura de estos servicios. Un análisis del alcance de estos servicios en los distritos con mayor cantidad de población rural de Piura se presenta en la Tabla 1.7.

Según los indicadores presentados, observamos que en estos distritos casi la totalidad de las viviendas rurales no cuentan con ningún servicios de telecomunicaciones y es a estas zonas donde deben apuntarse los esfuerzos por parte de las autoridades de esta región y del departamento en fomentar el desarrollo y participación de las empresas operadoras u otras entidades para lograr revertir esta realidad y poder acortar la brecha digital existente en esta parte del país.

De los distritos presentados, el distrito de Huarmaca es uno de los que posee mayor extensión territorial y sus habitantes se encuentran dispersos en casi toda su extensión, lo que dificulta poder dar cobertura de los servicios de telecomunicaciones a todas sus localidades. Por consiguiente, es el que presenta una problemática más crítica de aislamiento entre sus localidades.

Basándonos en estos criterios, El presente trabajo se enfocará en atender la problemática de los servicios de telecomunicaciones en el distrito de Huarmaca. El presente proyecto definirá la implementación de un sistema de telecomunicaciones inicialmente en este distrito, basándonos en un sistema modular el cual pueda luego expandirse o replicarse en los demás distritos de Huancabamba y demás provincias de Piura. Además de prestarse como base para su implementación en otras zonas rurales del país.

Tabla 1.7. Total de Viviendas sin Servicios en los Distritos Rurales de Piura

Provincia	Tipo de Vivienda	Total de Hogares	Hogares sin ningún tipo de Servicio⁽¹⁾	Hogares sin Servicios
Ayabaca	Urbana	1391	920	66.14%
	Rural	7081	6998	98.83%
Lancones	Urbana	93	7	7.53%
	Rural	3073	2676	87.08%
Huancabamba	Urbana	2110	1010	47.87%
	Rural	5113	4843	94.72%
Frias	Urbana	562	549	97.69%
	Rural	4418	4387	99.30%
Pacaipampa	Urbana	268	264	98.51%
	Rural	4906	4891	99.69%
Tambo Grande	Urbana	8192	4544	55.47%
	Rural	13670	10424	76.25%
Huarmaca	Urbana	616	363	58.93%
	Rural	8205	8079	98.46%

(1) Servicios considerados: Telefonía Fija, Móvil, Internet o TV por cable.

Fuente: INEI - Censo Nacional 2007.

1.5. Las telecomunicaciones en el distrito de Huarmaca

El distrito de Huarmaca se encuentra en la parte oriental del departamento de Piura, en la sierra andina, entre los 500 y 3413 m.s.n.m. Su territorio es muy accidentado debido a que se sitúa en la Cordillera de los Andes, presentando montañas, cerros, abismos, cañones, etc. que hacen difícil el acceso a los poblados rurales. Basándonos en el censo nacional del 2007, el número de habitantes se aproxima a los 40,000 y representa aproximadamente el 32% de la población de Huancabamba, haciendo de este distrito el más grande de la provincia.

En la actualidad, la ciudad de Piura y sus distritos presentan cobertura principalmente en sus capitales y localidades aledañas a estas. Sin embargo, no todos los poblados son

atendidos. Particularmente para el distrito de Huarmaca se tiene que aproximadamente el 75% del total de las localidades no tienen cobertura de ninguna de las operadoras de telefonía que operan en el país. La Tabla 1.8 muestra la cantidad de localidades que cuentan con cobertura móvil en este distrito.

Tabla 1.8. Localidades con cobertura móvil - Huarmaca

Con Cobertura	Claro	53
	Movistar	31
	Nextel	0
Sin Cobertura		145
Total de Localidades		201

Fuente: OSIPTEL – Información de Empresas Operadoras.

En la Figura 1.2 se puede observar la disposición de cobertura de las operadoras Claro (color rojo) y Telefónica (color verde) en el distrito de Huarmaca. Se observa que las localidades atendidas se concentran básicamente en la capital y en la parte norte del distrito, localidades próximas a la carretera Canchaque – Huancabamba. A su vez, las localidades desatendidas (puntos en blanco) se ubican en la parte sur y este del distrito. De esta figura se concluye, como se mencionó anteriormente, que un gran número de localidades de este distrito no cuentan con cobertura de servicios de telecomunicaciones y es muy probable que las localidades atendidas presenten servicios con fallas o degradación.

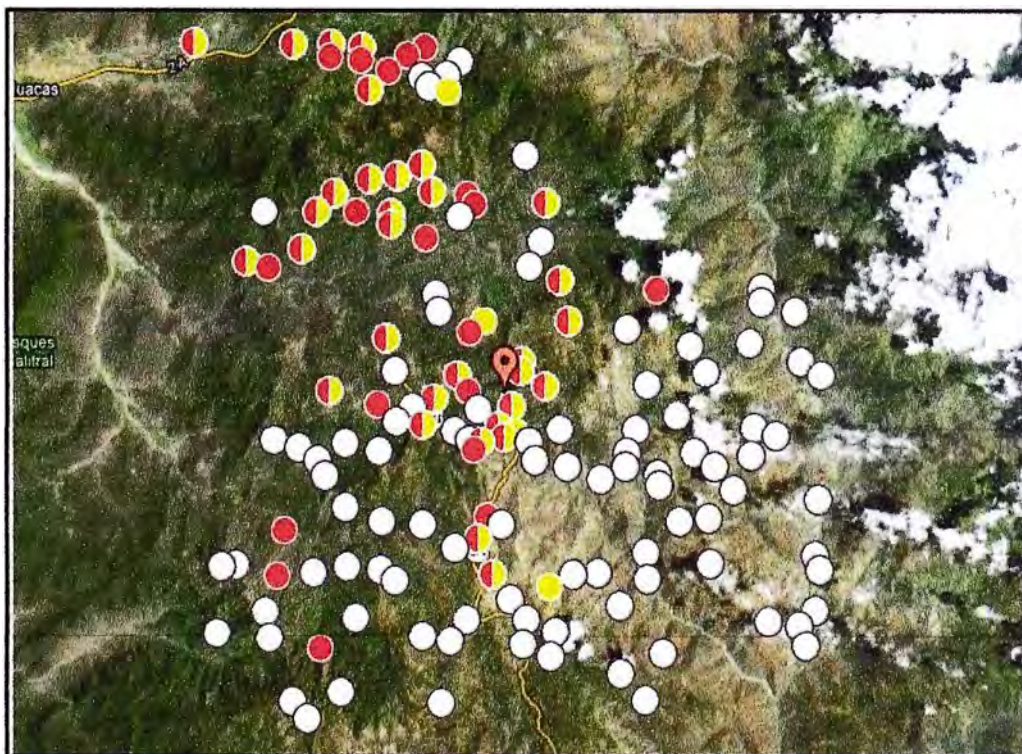


Figura 1.2. Cobertura de Operadores móviles en el distrito de Huarmaca.

Fuente: OSIPTEL – Sistema de Verificación de Cobertura Móvil.

Un análisis más cuantitativo de los servicios de comunicaciones en el distrito de Huarmaca se presenta en la Tabla 1.9. Según el Censo Nacional de población y vivienda del 2007, se observa que los hogares de zonas urbanas, aproximadamente el 50% cuenta con algún servicio de comunicación y los hogares de zonas rurales el porcentaje de hogares sin ningún tipo de servicio es abrumadoramente alto en comparación de los hogares que cuentan con algún tipo de servicio.

Como se ha mostrado en este punto, los servicios de comunicaciones en el distrito de Huarmaca no brindan cobertura al total de la población. Esta misma figura se repite en los demás distritos y provincias rurales de Piura. El estado de estos servicios en la región de Piura es de conocimiento e interés de las autoridades y prueba de ello son los proyectos que se tienen para esta región. Entre ellos:

- “Implementación de servicios integrados de telecomunicaciones Buenos Aires Canchaque, Región Piura”, cuyo objetivo es llevar servicios de telecomunicaciones a las provincias de Morropón, Huancabamba, Piura, Ayabaca y Sullana, con un backbone de fibra óptica de 220 Km desde Piura a Huancabamba. En Octubre del 2009, la empresa Winner Systems se adjudicó la Buena Pro de este proyecto.

- “Proyecto Integración de las Áreas Rurales y Lugares de Preferente Interés Social a la Red del Servicio Móvil”. Este proyecto está dividido en 3 partes: Centro Sur, Centro Norte y Selva. Este proyecto contempla proveer servicios de telecomunicaciones a 180 distritos a nivel nacional. La región Piura figura dentro del proyecto Centro Norte.

Tabla 1.9. Total de Hogares por variedad de Servicio que posee el hogar

Distrito Huarmaca	Total	SERVICIOS QUE POSEE EL HOGAR				
		Teléfono Fijo	Teléfono Celular	Internet	TV Cable	Ninguno
Hogares Urbanos	616	88	213	0	5	363
Hogares Rurales	8205	27	103	0	4	8079
Total	8821	115	316	0	9	8442

Fuente: INEI - Censo Nacional 2007.

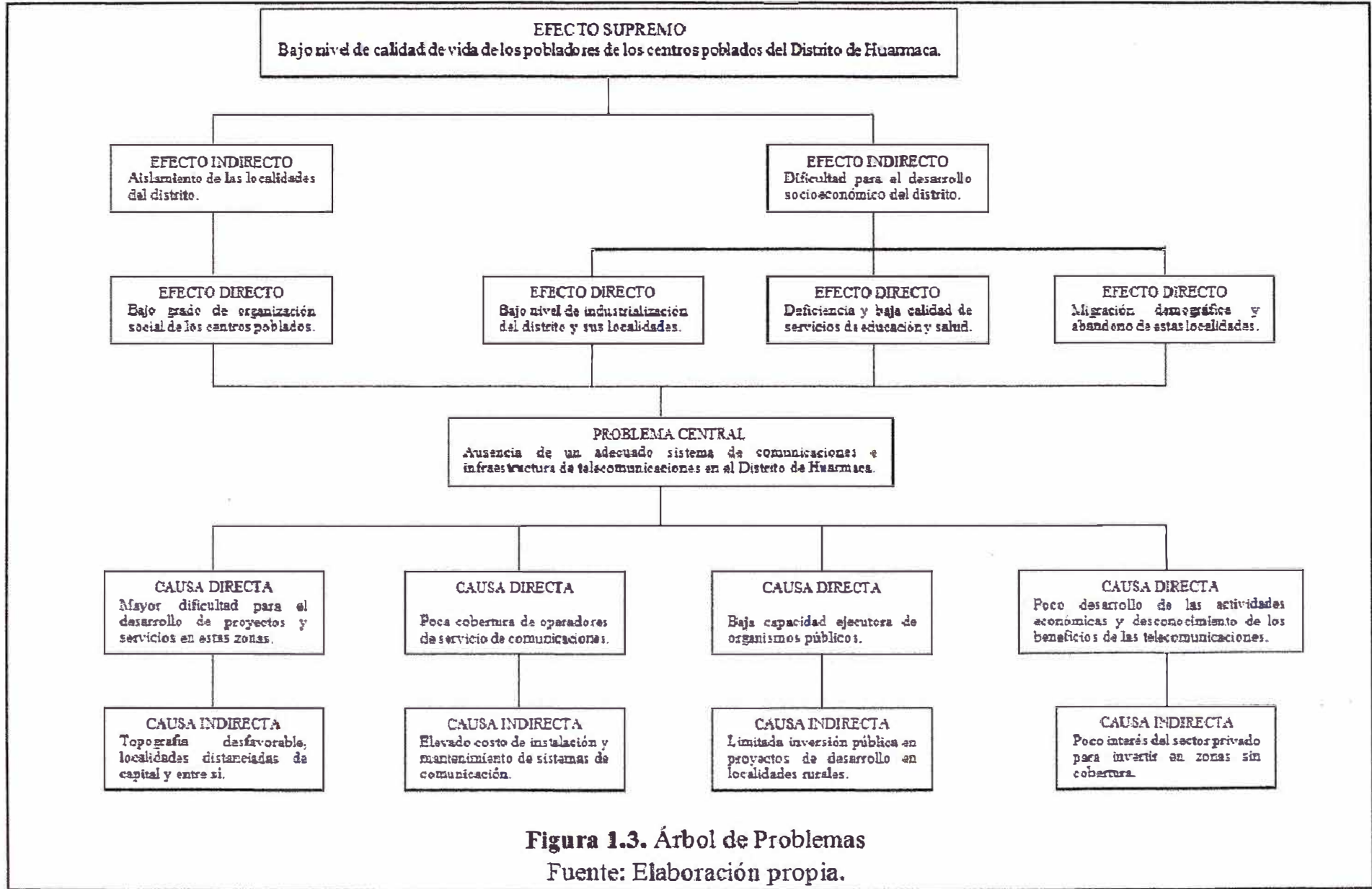
1.6. Árbol de Problemas

La problemática que se plantea para el distrito de Huarmaca es que sus localidades no se benefician de un sistema de comunicaciones que les permita estar interconectados y tener al alcance información para su desarrollo y mejora de sus actividades económicas. Entre los principales factores que afectan el desarrollo de las comunicaciones en estos sectores tenemos:

- Los altos costos de instalación y mantenimiento de los sistemas de servicios de comunicaciones. Sus localidades, por lo general no tienen la infraestructura disponible para albergar equipos de comunicaciones. La implementación de esta infraestructura incurre en un costo. Además, la severidad del clima en estas zonas conlleva también a tener un presupuesto para el mantenimiento del sistema.
- La limitada inversión pública destinada al desarrollo de sistemas de comunicaciones e interconexión de las localidades rurales, por el poco o nulo interés de las autoridades, lo que conlleva a una limitada preparación de proyectos en este rubro. Cabe mencionar también, la baja capacidad ejecutora de los organismos públicos de las provincias y distritos, que también contrarresta en el desarrollo de proyectos.
- La topografía desfavorable donde se ubican estos poblados. El distrito se caracteriza por estar en una zona bastante accidentada lo cual dificulta los esfuerzos para llevar cobertura a sus localidades. Además de que estos poblados se encuentran dispersos y alejados entre sí.
- El desinterés del sector privado para atender las necesidades de comunicaciones de estas zonas ya que no ven a estas localidades como un mercado atractivo.

Todos estos factores mencionados, si bien se originan por factores independientes, conllevan a diversos problemas de fondo que en su conjunto afectan al desarrollo global de estas comunidades. Entre las principales consecuencias derivadas del poco desarrollo de las comunicaciones en estas zonas podemos mencionar:

- El bajo grado de organización social de la población de estas comunidades. Los pobladores rurales, al encontrarse en su mayoría alejados de las zonas urbanas, dispersas entre sí y al estar incomunicados, desconocen sobre sus autoridades y políticas, llevando esto a una deficiencia en la coordinación institucional de ese distrito por la poca participación de los pobladores.
- El bajo grado de industrialización de esos distritos. Los inversionistas muchas veces frenan sus proyectos en estas zonas por el hecho de que están incomunicadas lo que podría llevar a retrasos y pérdidas en sus operaciones al tener sucursales aisladas.
- Una fuerte migración demográfica, en especial de la población joven que deciden dejar estas localidades en busca de una mejor calidad de vida.
- Insuficiencia y deficiencia en la dotación de servicios básicos de salud, saneamiento y educación. Los pobladores de estas zonas tienen que hacer grandes recorridos para tener acceso a servicios de hospitales y/o postas, así como también acceso a la información que les permita tener conocimiento de los diversos aspectos para su desarrollo, tanto en el plano educativo como en información que les permita mejorar sus actividades económicas.

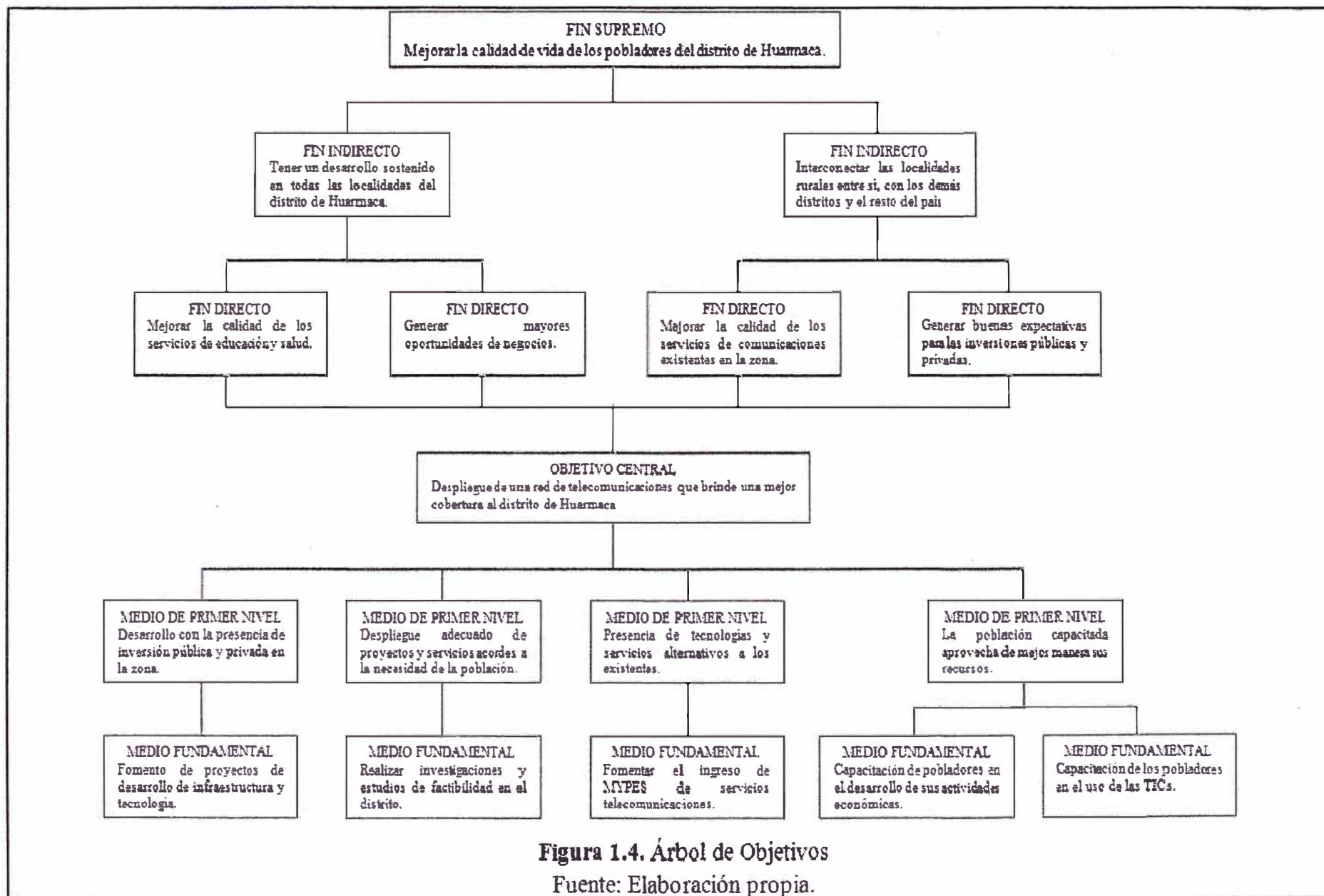


Como se ha mencionado, la falta de infraestructura de servicios de comunicaciones que permita a los pobladores comunicarse y tener acceso a toda la información que requieren para su desarrollo, merma en su calidad de vida, lo que provoca que haya grandes desigualdades, tanto sociales como económicas, entre los pobladores de una misma región. La Figura 1.3 nos muestra el árbol de problemas de este proyecto en el cual se describen las causas directas e indirectas, así como los efectos directos e indirectos y el efecto supremo.

1.7. Árbol de Objetivos

Ante la problemática planteada en el punto anterior y las consecuencias a las que conllevan, en este punto definiremos los medios fundamentales que se requiere para hacer frente a esta problemática y con ello llegar a nuestro objetivo final. Estos medios fundamentales deben ser lo más coherentes y cercanos a la realidad de los pobladores del distrito de Huarmaca para poder encaminar de la manera más precisa los métodos que nos llevarán a cumplir este objetivo. A continuación, presentamos nuestros medios fundamentales.

- Fomentar proyectos para el desarrollo de infraestructura y tecnología que permita a los pobladores mejorar las actividades económicas que desarrollan. Estos proyectos deben ser formulados teniendo en cuenta la realidad en la que viven los pobladores. Es esencial que se realice un análisis sobre las necesidades y actitudes de la población hacia estos nuevos proyectos.
- Fomentar el ingreso al mercado de pequeñas empresas de telecomunicaciones en zonas rurales y otros agentes como podrían ser las microtelcos desarrolladas sobre las comunidades campesinas, cooperativas, municipios, etc.
- Desarrollar diversas investigaciones sobre el tipo de servicios de comunicaciones que necesita la población. Esta investigación debe abarcar puntos como el tipo de servicio, el número de servicios necesarios, ubicación de los servicios, si son requeridos servicios de datos. Además, también deben incluir cuestiones tales como la renta disponible de la población, los puntos de vista políticos y disposición a pagar por la prestación de servicios.
- Aplicar políticas de capacitación de la población en métodos y tecnologías que les permitan desarrollar y mejorar sus actividades económicas
- Capacitar a la población en el uso de las TICs. Ya que de esta manera podrán explotar mejor los servicios que se están brindando y podrán darle mayor provecho para la educación y desarrollo. Sería contraproducente brindarles estas herramientas a los pobladores sin haberlos capacitado en su uso y aplicación.



El desarrollo e implementación de estos medios fundamentales, en su conjunto, nos llevarían a solucionar la problemática global que es mejorar la calidad de vida de los pobladores rurales. Todo esto se podría lograr de manera más ordenada y rápida, teniendo un sistema de comunicaciones que sea el puente para llevar información y facilitar el desarrollo hacia estas zonas.

Mejorar la calidad de vida de esta población abarca varios aspectos, y con estos medios fundamentales los fines que se quieren alcanzar son:

- Mejorar la calidad de los servicios de educación y salud. Apoyándose en un sistema de comunicaciones es viable la implementación de servicios como telemedicina y educación virtual en estas zonas donde no es viable la construcción de un hospital y donde las escuelas estén alejadas de los poblados.
- Generar mayores oportunidades de negocio dado que al tener estas zonas interconectadas y con una mejor capacitación de su población, estos pueden aprovechar y explotar de mejor manera sus recursos.
- Mejorar la calidad de los servicios de comunicación existentes. En algunas de estas zonas, las empresas operadoras no brindan un servicio adecuado por ser sectores de poco interés para ellas, por lo que la implementación de una nueva red destinada a dar cobertura a estas zonas contribuiría a la competencia y por ende a la mejora de los servicios prestados.
- Generar expectativas para la inversión pública y privada en estas zonas. Al contar con un sistema de comunicaciones esto es más factible y crea más confianza a posibles inversiones.

Alcanzando estos fines se podrá llegar al objetivo supremo el cual es mejorar la calidad de vida de los pobladores de las zonas rurales del distrito de Huarmaca. Objetivo que deben trazarse los gobiernos locales y regionales para poder llevar un desarrollo sostenido en todas las localidades rurales del país. La Figura 1.4 nos muestra el árbol de objetivos para este proyecto en el cual se detallan los medios fundamentales y de primer nivel, así como los fines directos, indirectos y fin supremo.

CAPITULO II MARCO TEORICO

2.1. Concepto de Acceso al Medio

Todos los sistemas de comunicación que soportan múltiples usuarios operan bajo un conjunto de protocolos los cuales permiten que estos usuarios compartan un medio de acceso común. Este único medio de acceso puede ser compartido en su amplitud o ser dividido en medios más pequeños, llamados canales, que también deben ser compartidas. Un canal lógico se puede definir como una fracción del medio de acceso disponible que se utiliza para un fin particular de transmisión/recepción. El sistema puede contener sólo un único canal o decenas de canales. Sin embargo, en cualquier caso, el número de canales requeridos para la transmisión/recepción típicamente es mucho mayor que el número de canales que están disponibles. Por lo tanto, los sistemas de comunicación deben tener algún mecanismo para compartir los canales disponibles entre la transmisión y recepción. Este mecanismo es llamado control de acceso múltiple o también medio de acceso. En este capítulo describiremos brevemente las principales técnicas de acceso y nos enfocaremos en la técnica de acceso múltiple por división de código denominado “CDMA”, que está intrínsecamente relacionado con las técnicas de comunicación de espectro ensanchado. Originalmente esta técnica se desarrolló para el uso militar, sin embargo, desde principios de 1990, comenzó su desarrollo para la implementación en sistemas comerciales

2.2. Tecnologías de acceso

Los recursos usados por los sistemas de comunicaciones, tales como el espectro electromagnético y el tiempo, son bastante limitados y tienen que compartirse eficientemente para todos los enlaces de comunicaciones.

Hay 3 esquemas básicos de acceso múltiple: FDMA - Método de Acceso por División de Frecuencia, TDMA - Método de Acceso por División de Tiempo y CDMA - Método de Acceso por División de Código.

2.2.1. Método de Acceso por División de Frecuencia

FDMA es históricamente el primer esquema de acceso múltiple. Inicialmente, se aplicó en la transmisión de telefonía analógica. Durante mucho tiempo, debido al nivel de

la tecnología de la comunicación, fue el único método conocido. FDMA ha sido aplicado en los sistemas celulares de primera generación, tales como el AMPS (Bell System Technical Journal 1979), NMT (Westin 1993) y otros.

En FDMA, las bandas de frecuencia individuales que definen los canales de transmisión se asignan a usuarios individuales (Figura 2.1). A excepción de los sistemas unidireccionales, tales como TV o radio, en la transmisión bidireccional cada usuario se le asigna un par de canales que se caracterizan por dos frecuencias portadoras diferentes.

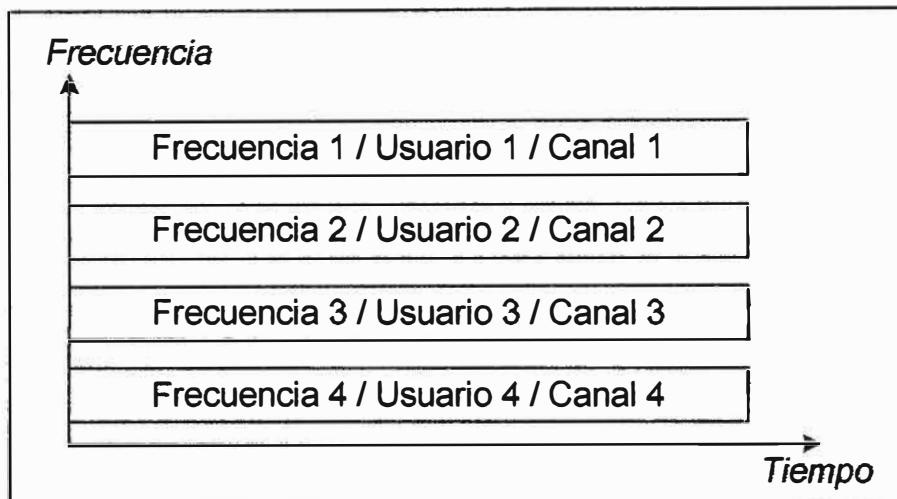


Figura 2.1. Método de Acceso por División de Frecuencia.

Fuente: UMTS Networks Architecture Mobility and Services, Wiley & Sons.

Las características más importantes de estos sistemas son:

- Cada canal FDMA proporciona sólo una conexión a la vez.
- FDMA requiere de filtros para separar las señales de los usuarios y minimizar la interferencia de canal adyacente. Los canales adyacentes están separados en el eje de la frecuencia por bandas de guarda, lo que disminuye su eficiencia espectral.
- Debido al funcionamiento simultáneo de los transmisores y receptores se requiere el uso de filtros duplexores en los terminales y las estaciones base, lo que aumenta el costo de todo el sistema.
- Los anchos de banda de los canales FDMA son relativamente estrechos, ya que cada canal es utilizado por una sola conexión a la vez.

En los sistemas celulares, la elección de FDMA como un esquema de acceso múltiple conlleva la necesidad de un sofisticado diseño de red y de planificación de frecuencias. El reúso de frecuencia es también un tema crítico en estos sistemas. Estos factores de diseño son una desventaja de este esquema de acceso múltiple.

2.2.2. Método de Acceso por División de Tiempo

TDMA es una tecnología de acceso que ha sido aplicado con éxito en muchos sistemas de transmisión digital cableados e inalámbricos. En TDMA, el eje de tiempo se divide en una secuencia de repetición periódica de intervalos de tiempo (Figura 2.2). En cada slot de tiempo, sólo un usuario puede transmitir o recibir. Un único usuario tiene acceso periódico al intervalo de tiempo asignado a él. Los slots de tiempo están organizados en tramas. La versión híbrida TDMA / FDMA / FDD se utiliza en la telefonía móvil GSM.

La aplicación de TDMA permite la asignación flexible de slots de tiempo, por lo que el número de slots se puede ajustar a las necesidades de usuarios particulares. En los sistemas de comunicaciones móviles celulares, se combina el uso de TDMA y FDMA.

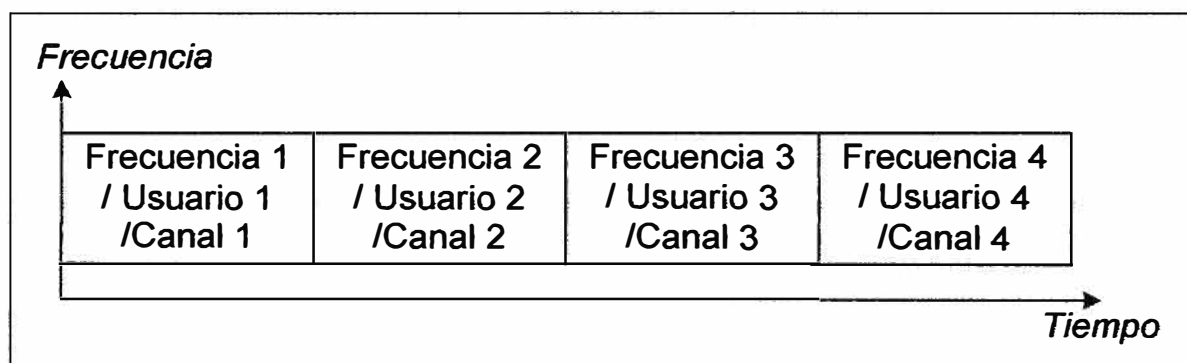


Figura 2.2. Método de Acceso por División de Tiempo.

Fuente: UMTS Networks Architecture Mobility and Services, Wiley & Sons.

Las principales características de los sistemas TDMA se describen a continuación:

- Una única portadora es compartido por un número de usuarios. Cada uno de ellos transmite o recibe una señal en intervalos de tiempo que no se solapan.
- La transmisión de datos tiene una naturaleza de ráfagas, por lo que la transmisión es exclusivamente digital.
- Debido a que la fracción de tiempo asignado a un único usuario es corto se necesita un mayor ancho de banda para transmitir la misma cantidad de datos, esto en comparación con FDMA.
- No se necesitan filtros duplexores en los terminales debido al hecho de que la transmisión y la recepción tienen lugar en diferentes slots de tiempo.

2.2.3. Método de Acceso por División de Código

CDMA es otro método de acceso y punto principal del presente capítulo. Sus características se describirán en el siguiente punto.

2.3. Tecnología CDMA

CDMA es una tecnología celular que fue adoptada por la Telecommunications Industry Association (TIA) en 1993. Esta tecnología fue originalmente conocida como IS-

95 y actualmente se le conoce como “CDMAOne”. El primer despliegue comercial de una red CDMA fue en el año 1995. Para 1998 ya existían 16 millones de usuarios y para el 2001 esta cantidad llegó a los 35 millones. En la actualidad hay más de 450 millones de usuarios CDMA en el mundo.

CDMAOne es un conjunto de tecnologías inalámbricas basadas en los estándares TIA/EIA-95 incluyendo IS-95A⁴ y IS-95B⁵ y los servicios afines tales como telefonía celular, telefonía fija inalámbrica (WLL), PCS, etc. El estándar IS-95A, que es la base de la segunda generación de sistemas CDMA comerciales, define la estructura de los canales CDMA de 1,25 MHz, control de potencia, hand-offs, procesamiento de llamadas, técnicas de registro, etc. IS-95B define las normas para sistemas CDMA PCS en la banda de 1.8-2.0 GHz. Mientras que los sistemas IS-95A proporcionan conexiones de datos por conmutación de circuitos a 14,4 kbps, IS-95B proporciona 64 kbps por conmutación de paquetes de datos, además de servicios de voz. A IS-95B se le conoce como tecnología 2.5G.

2.3.1 CDMA: Acceso Múltiple por División de Código

Como ya se mencionó, en la tecnología TDMA se divide el tiempo, manteniendo la frecuencia constante; mientras que en FDMA la división es por frecuencia en el mismo dominio del tiempo. Sin embargo, en el Acceso Múltiple por División de Código, la misma frecuencia está disponible para todos por todo el intervalo de tiempo. En esta técnica, los abonados están separados (o identificado) mediante el uso de códigos. La Figura 2.3 muestra esta característica de operación. CDMA es una forma de “espectro ensanchado”. Hay tres elementos clave en las comunicaciones de espectro ensanchado:

- La señal ocupa un ancho de banda mayor que la que se requiere para enviar la información, a fin de proteger la señal de interferencias.
- Este ancho de banda se transmite por medio de códigos aleatorios que son datos independientes entre sí.
- El receptor sincroniza el código para recuperar los datos.

La señal está protegida por un código llamado “código pseudo-aleatorio” o “pseudo-ruido”. El mismo “código pseudo-aleatorio” se genera tanto en el transmisor como en el receptor para que éste extraiga los datos de la señal recibida.

⁴ Interim Standard of the US Telecommunications Industry Association.

⁵ La Revisión IS-95B, combina los estándares TIA/EIA-95, ANSI-J-STD-008 y TSB-74.

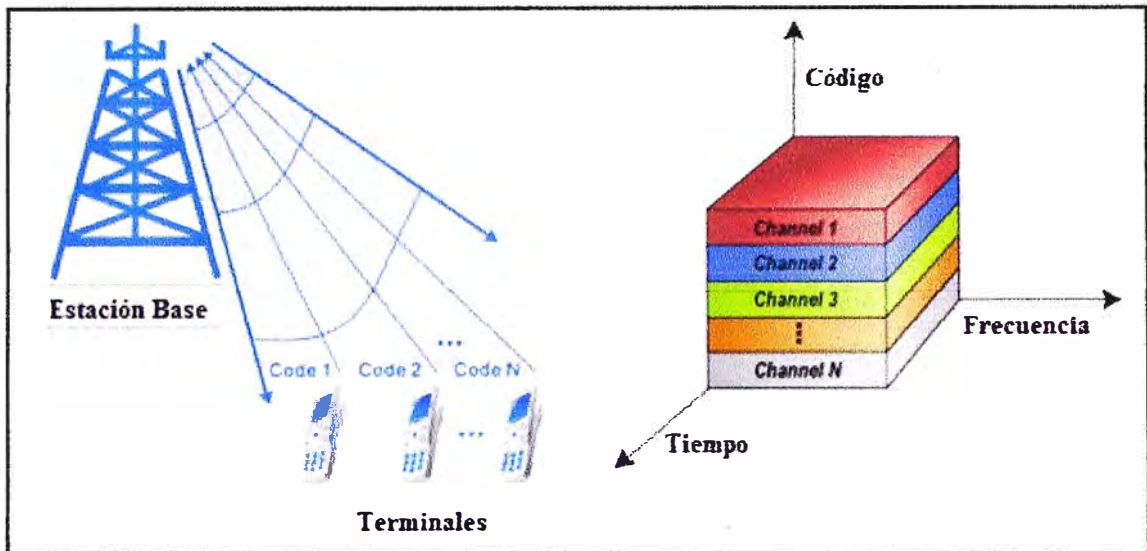


Figura 2.3. Método de Acceso por División de Código.

Fuente: NPR Polytechnic College, E-learning Material.⁶

2.3.2 Técnica de Espectro Ensanchado

La técnica de espectro ensanchado utiliza el ruido como señal el cual es difícil de detectar (por ser "similares al ruido"). Estas señales son mucho más amplias que la información que están llevando de modo que son como señales de ruido. Los códigos utilizados para la difusión son llamados 'códigos pseudo-aleatorios'. Como se muestra en la Figura 2.4, para cada canal, se genera un código pseudo-aleatorio el cual es modulado por los datos de información. Esto básicamente da por resultado en el ensanchamiento de los datos de información. La señal resultante modula una portadora que es amplificada y transmitida. En el lado de recepción, la señal portadora es recibida y amplificada. Luego se mezcla con una señal local para obtener los datos ensanchados digitales originales. Esto se mezcla entonces con los códigos de pseudo-aleatorios y se reciben los datos de información originales.

2.3.2. a) Secuencia Directa (DS-SS). En la técnica de espectro ensanchado por secuencia directa, la señal de datos modulada es modulada por segunda vez utilizando una señal de amplio ancho (secuencia pseudo aleatoria), como se muestra en la Figura 2.4. En comparación con las otras técnicas, esta es relativamente simple y no requiere una alta velocidad. Las modulaciones de ensanchamiento de DS pueden ser de amplitud, frecuencia o modulaciones BPSK. Como el ancho de banda de la señal de propagación es mucho mayor que los datos originales, la señal transmitida es dominada por la señal ensanchada. Cada bit de la secuencia ensanchada o código que se llama 'chip'.

⁶ <http://polytechnic.nprcolleges.org/econtent/cse/MC.pdf>

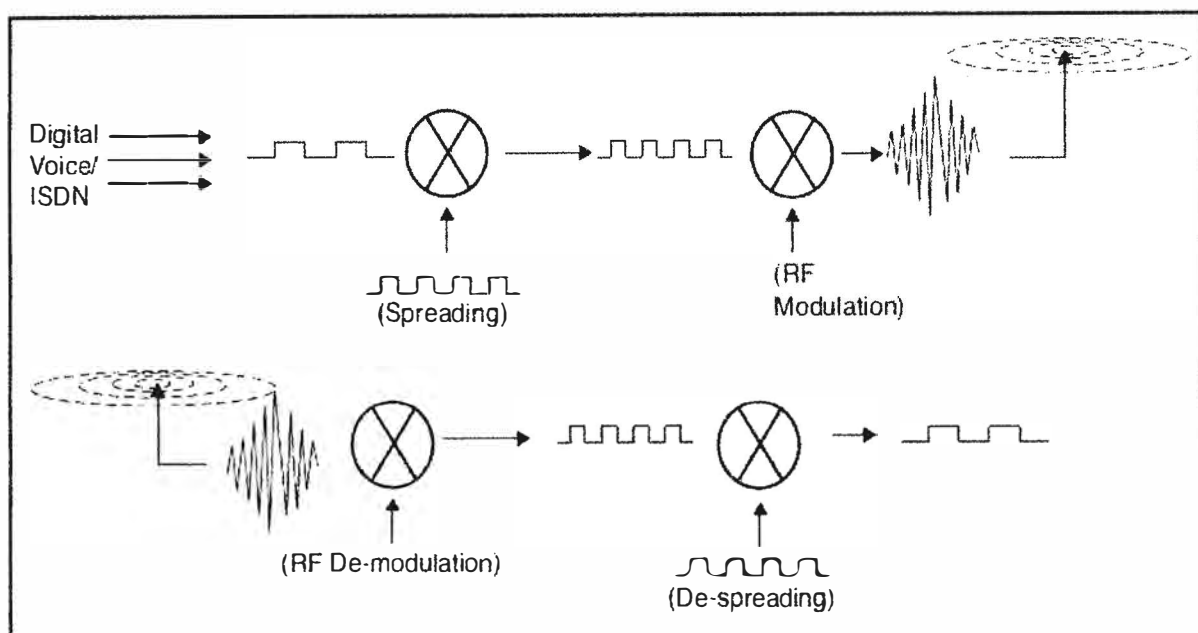


Figura 2.4. Proceso de ensanchado y recuperación de la señal.

Fuente: Cellular Technologies for Emerging Markets, Ajay R. Mishra.

2.3.2. b) Salto de Frecuencia (FH-CDMA). Para esta técnica, dentro del transmisor, la frecuencia portadora salta abruptamente con una secuencia pseudoaleatoria, donde el orden de las frecuencias seleccionadas, para la transmisión, es seleccionada de acuerdo a la secuencia de la codificación. Es decir es una técnica, donde se utiliza el campo de la frecuencia portadora del transmisor, para codificar la señal, la cual será transmitida. En el receptor, se rastrean y se analizan estos cambios o saltos de frecuencia, para así generar una señal de frecuencia intermedia constante.

2.3.2. c) Salto de Tiempo (TH-CDMA). Este método, dado que se necesita un generador de impulsos capaz de producir impulsos del orden de los nanosegundos y de alta precisión, no se ha desarrollado en sistemas CDMA.

2.3.3. Códigos de los Sistemas CDMA.

IS-95 es un sistema asimétrico, es decir, tanto los enlaces directos e inversos tienen diferentes estructuras de enlace y códigos diferentes para canalizar a los usuarios individuales; el enlace directo utiliza códigos Walsh y el enlace inverso utiliza códigos PN.

2.3.3. a) Códigos Walsh. Los códigos Walsh se utilizan en los sistemas de CDMA para separar los usuarios individuales que ocupan la misma banda de frecuencia. Estos son un conjunto de 64 secuencias binarias que son ortogonales entre sí. Estos códigos son generados por una "matriz Hadamar". En esta, matrices de orden superior matrices son generados por matrices de orden inferior utilizando la recursividad. En la primera matriz, H_{2N} :

$$H_{2N} = \begin{bmatrix} H_N & H_N \\ H_N & \overline{H_N} \end{bmatrix} \quad (2.1)$$

Donde H_N contiene los elementos invertidos de H_N y la matriz origen está dada por:

$$H_2 = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2.2)$$

Para generar cuatro códigos de Walsh w_0 , w_1 , w_2 y w_3 , debemos generar una matriz de Hadamard de orden 4:

$$H_4 = \begin{bmatrix} H_2 & H_2 \\ H_2 & \overline{H_2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad (2.3)$$

Los cuatro códigos Walsh de este arreglo de códigos Walsh son tomados de las filas de la matriz H_4 , y cada código Walsh tiene una longitud de 4.

$$w_0 = [0 \ 0 \ 0 \ 0] \quad (2.4)$$

$$w_1 = [0 \ 1 \ 0 \ 1] \quad (2.5)$$

$$w_2 = [0 \ 0 \ 1 \ 1] \quad (2.6)$$

$$w_3 = [0 \ 1 \ 1 \ 0] \quad (2.7)$$

En la secuencia ortogonal, la correlación debe ser muy pequeño o cero, la diferencia entre 1 y -1 debe ser 1 o cero y el producto escalar de cada código debe ser cero. El canal piloto en el enlace directo es identificado por la secuencia w_0 . Un ejemplo de un código Walsh se muestra en la Figura 2.5.

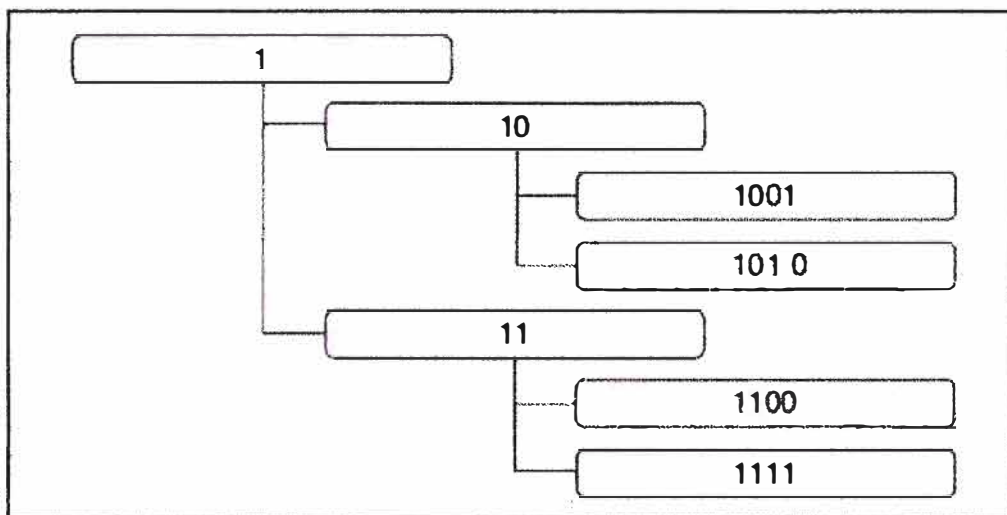


Figura 2.5. Códigos de Walsh

Fuente: Cellular Technologies for Emerging Markets, Ajay R. Mishra.

El enlace directo en IS-95 utiliza un conjunto de 64 secuencias de Walsh ortogonales. Además, como w_0 no se utiliza para transmitir la información en banda base, el número de canales en el enlace directo es 63. Los códigos Walsh también se utilizan para la

canalización. Si hay dos abonados y cada uno envía un mensaje independiente, un código Walsh separado es utilizado para cada uno. La tasa de chip de un código Walsh es cuatro veces la de la velocidad de bits del mensaje (es decir, se tiene una ganancia de procesamiento de cuatro). La ortogonalidad durante todas las etapas de la transmisión es la clave para la canalización de los códigos Walsh.

2.3.3. b) Códigos PN. IS-95 utiliza un código corto PN de 16-bit en el enlace ascendente (o enlace inverso). Esto se utiliza para identificar las diferentes estaciones base o las celdas donde se encuentran las diferentes estaciones base. Estos códigos son utilizados en el enlace ascendente por la robustez de las señales para las estaciones móviles.

2.3.4 Enlaces Directo e Inverso

Para los sistemas CDMA se tienen definidos dos enlaces:

2.3.4. a) Enlace Directo. Este enlace se establece en dirección estación base a terminal como se muestra en la Figura 2.6. Posee 4 canales lógicos que incluyen el canal piloto, de sincronización, de paging y de tráfico. El canal piloto define el tamaño de la celda y proporciona al terminal las fases y secuencias de tiempo. La BTS transmite constantemente el canal piloto. El terminal utiliza la señal piloto para detectar el sistema y luego utiliza esta señal para controlar y ajustar la potencia necesaria para transmitir de nuevo a la BTS. El canal de sincronización es responsable de la sincronización del terminal con la estación base. Una vez sincronizado el terminal pasa por alto el canal de sincronización. El canal de paging lleva información de banda base, tales como información de acceso, datos de celdas, etc. La tecnología CDMA utiliza hasta siete canales de paginación. El canal de paginación también envía comandos y asigna canales de tráfico durante el establecimiento de la llamada. El terminal pasa por alto el canal de paging, después de que un canal de tráfico se ha establecido. Los canales piloto, de sincronización y de paging se transmiten mediante broadcast, mientras que los canales de tráfico llevan el tráfico de los usuarios y canales de control. CDMA usa entre 55 y 61 canales de tráfico directo para enviar voz y datos. Los canales de tráfico admiten operaciones de velocidad de datos variables, dependiendo de la naturaleza de la información a transmitir, voz o datos. Una vez finalizada la llamada, el terminal se sincroniza de nuevo en el canal de paginación.

2.3.4. b) Enlace Inverso. Se establece en dirección terminal a estación base (Figura 2.6). El enlace inverso contiene 2 tipos de canales: de acceso y de tráfico. No existe un piloto en el enlace inverso, ya que no es posible para el terminal transferir su propia secuencia piloto. El canal de acceso es utilizado por el equipo del usuario para acceder a la red. Una

estación base soporta hasta 32 canales de acceso y el equipo de usuario se distribuye 'pseudo-aleatoriamente' en la celda de tal manera que estos recursos de canal de acceso se cargan igualmente. La velocidad de datos se fija en 4,8 kbps (96 bit marco presentado cada 20 ms). El mensaje de canal de acceso contiene 8 bits de longitud de mensaje, un cuerpo de mensaje de 8 a 842 bits y 30 bits de CRC. Estos mensajes son de dos tipos: mensajes de solicitud y respuesta. Los mensajes de respuesta son transmitidos en respuesta al mensaje de las estaciones base, mientras que el mensaje de solicitud es generada por el terminal. El canal de tráfico transporta datos del habla y de control entre el terminal y la estación base. El formato del canal de tráfico es similar a la del canal de acceso.

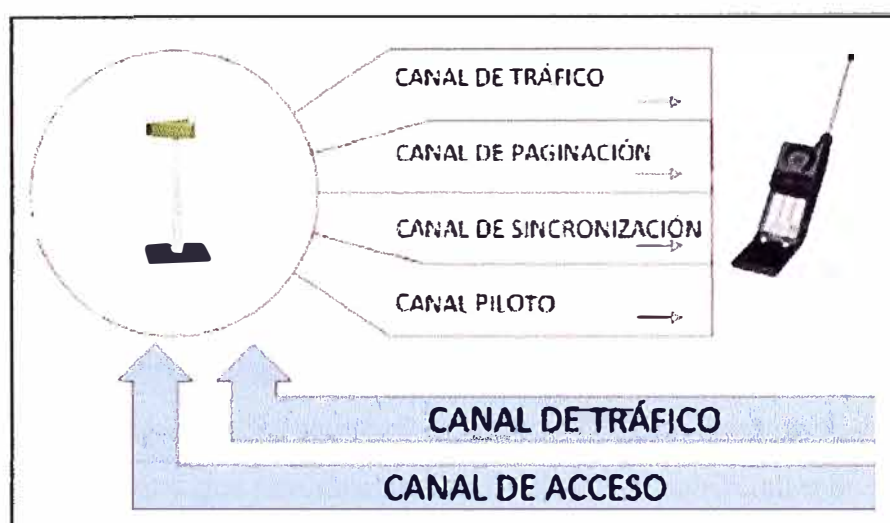


Figura 2.6. Canalización de enlace Directo e Inverso.

Fuente: Curso Postgrado Comunicaciones Inalámbricas - INICTEL.

2.3.5. Control de Potencia

El control de potencia es una característica esencial para la operación de los sistemas CDMA debido a que todos los usuarios comparten la misma porción del espectro de RF simultáneamente.

Como se mencionó anteriormente, cada usuario utiliza un canal de tráfico procesado con un código exclusivo. La elección de los códigos tiene características particulares y eso permite que para cada usuario la información correspondiente a los demás usuarios represente un ruido aleatorio. Sin embargo, sabemos que la relación entre señal y ruido es la clave para lograr una adecuada comunicación. Por tal motivo, el control de la potencia de cada usuario es un requisito clave para optimizar el funcionamiento del sistema.

La Figura 2.7 representa la situación que existe en una celda determinada, donde podemos encontrar usuarios más próximos a la antena y otros más alejados de ella. Si no existiera algún mecanismo de control de potencia todos los terminales transmitirían hacia

la estación base con la misma potencia. No obstante, debido a la diferencia en la distancia, la señal recibida en la antena desde los móviles cercanos a la estación será más grande que las que están alejadas, y dada que las señales se superponen existe la posibilidad que los usuarios cercanos enmascaren completamente la señal de los más alejados. Supongamos que hay dos abonados de la red, A y B, donde B es una fuente de interferencia para A, como se muestra en la Figura 2.7. Si B está más cerca de la estación base, en la ausencia de una característica de control de potencia, la potencia recibida sería mayor para B que para A. Esto daría lugar a una disparidad entre las relaciones SNR de los dos abonados y B sería más "clara" que el abonado A. Esto satura los sistemas y bloquea la entrada de un abonado C. Este tipo de problema es más frecuente en los sistemas de DS que en los sistemas FH.

Esta situación es conocida como el problema de proximidad y lejanía (near-far effect) de los sistemas CDMA. Para resolver este problema, la estación base envía información a los terminales respecto de la calidad y potencia con la que escucha a cada uno de ellos, de acuerdo a las características del medio en cada instante. Esto permite que los terminales más próximos a la estación base reduzcan considerablemente su potencia de transmisión y los más alejados puedan ser detectados sin mayores inconvenientes. Este proceso se realiza unas 800 veces por segundo, determinándose como la relación más adecuada para corregir las continuas alteraciones que experimenta la señal de RF en condiciones de movilidad.

El control de potencia tiene dos ventajas adicionales. En primer lugar permite el ahorro de energía de los terminales. Dado que cada usuario transmite a la potencia necesaria para ser recibido por la estación base. En segundo término, sabiendo que CDMA es un sistema limitado por el nivel de interferencia, el efectivo control de potencia permite que la capacidad del sistema se optimice. En otras palabras, manteniendo a todos los usuarios en el mínimo nivel de potencia se facilita el ingreso de nuevos usuarios al sistema.

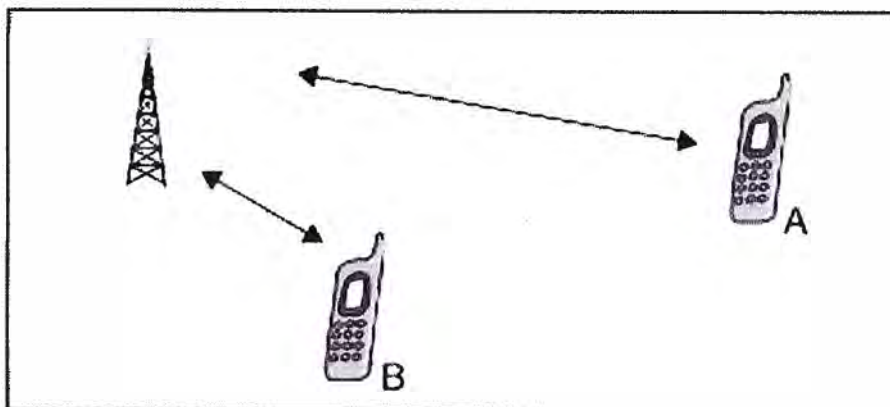


Figura 2.7. Efecto "Near-far".

Fuente: Cellular Technologies for Emerging Markets, Ajay R. Mishra

2.3.6. Reúso de Frecuencia

La arquitectura de los sistemas FDMA y TDMA permite la reutilización de la misma porción de espectro radioeléctrico, facilitando así que un mayor número de terminales puedan utilizar el servicio. Al mismo tiempo, el fraccionamiento del área en pequeñas celdas mantiene una relativamente baja potencia de comunicaciones y aumenta la autonomía de funcionamiento de los equipos móviles. Sin embargo, deben tenerse ciertas precauciones para asegurar que las celdas adyacentes no interfieran las comunicaciones.

En esos casos se define un cluster o "grupo de celdas" que repite un patrón de los canales de frecuencia utilizados, manteniendo las celdas que utilizan exactamente los mismo canales a una distancia tal que reduce las interferencias. Esta estructura de cluster se repite en toda la extensión de la red celular.

Los sistemas CDMA, por el uso de códigos para distinguir a los usuarios, ofrece una ventaja sobre los sistemas anteriores (Figura 2.8). En este sentido, en tanto el código no se repita no hará una interferencia directa en el canal, permitiendo que todo el espectro disponible se utilice para brindar el servicio. Asimismo, esto facilita el trabajo de despliegue y expansión de la red, dado que no es preciso reconfigurar los cluster en caso de colocar nuevas celdas (cell splitting).

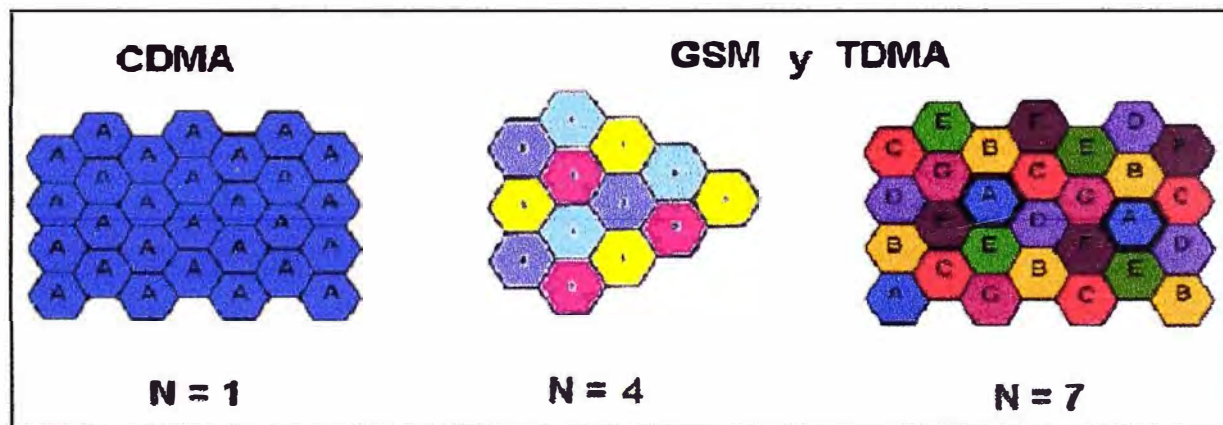


Figura 2.8. Patrón de Reúso de Frecuencias.

Fuente: Curso sobre sistemas CDMA450, Guillermo Fornaresio.

2.4. Familia de Tecnologías CDMA

La familia CDMA se origina en la descripción del sistema inalámbrico completo basado en el estándar TIA/EIA IS-95 CDMA, que incluye las revisiones IS-95 A e IS-95 B, el cual incluye las descripciones necesarias para realizar su operación.

2.4.1 CDMA IS-95 A

El primer estándar de CDMA lleva el nombre de TIA/EIA IS-95. Fue publicado por primera vez en Julio de 1993 y la primera revisión llamada IS-95 A se publicó en Mayo de

1995. Este estándar ha sido la base de los sistemas comerciales CDMA de 2da Generación. El estándar CDMA IS-95 A describe la estructura los canales CDMA de 1,25 MHz de ancho, el control de potencia, el procesamiento de llamadas, las transferencias entre celdas (Hand off) y las técnicas de registro para las operaciones del sistema. Además de servicios de voz, ofrecía también conexiones de datos de conmutación de circuitos a 14.4 Kbps.

2.4.2 CDMA IS-95 B

La revisión IS-95 B es una solución de datos introducida en el mercado para atender la creciente demanda por una mayor tasa de datos. En esta versión el sistema es capaz de ofrecer 64 Kbps de velocidad de datos conmutada por paquete además de los servicios de voz. Por este motivo, dentro de la clasificación de tecnologías inalámbricas, se suele incluir a IS 95 B como una tecnología de 2.5 G.

2.4.3 CDMA2000 1X

CDMA2000 1xRTT⁷ o IS-2000 es la base del estándar CDMA2000. Esta versión, al igual IS-95, utiliza canales de radio de un ancho de banda de 1.25 MHz e igualmente utiliza asignación de códigos sobre una misma portadora. A diferencia de su predecesora, IS-2000 incluye protocolos de control de acceso de enlace así como control de calidad de servicios (QoS) que no existían en IS-95. Otra diferencia es que IS-2000 utiliza DS-SS-SS, que como se ha dicho, mejora la eficiencia espectral del sistema, ofreciendo mayor capacidad de igual forma posee la capacidad de transmitir una alta velocidad de datos, la primer versión de CDMA2000 1X permite transmitir datos a una velocidad pico de 153 kbps de manera bidireccional, con una tasa promedio de 80 kbps en redes comerciales. La versión A permite el manejo de datos de hasta 307 kbps. La tecnología CDMA2000 1X fue reconocida como un estándar IMT-2000⁸ por la International Telecommunications Union (ITU) en Noviembre de 1999.

2.4.4. CDMA2000 EVDO Release 0

La norma asociada a esta solución es la IS-856, y el significado de DO (Data Only) definía que se trataba de una solución para datos. Posteriormente, las letras DO pasaron a significar optimizado para datos (Data Optimized). EV-DO ofrece velocidades muy por encima de las ofrecidas por otras soluciones tecnológicas, alcanzando tasas de datos de hasta 2.4 Mbps en un ancho de banda de 1.25 MHz, y velocidades promedio de 700 Kbps

⁷ 1 vez Radio Transmission Technology.

⁸ IMT-2000 es una iniciativa de la UIT para el desarrollo de la Tercera Generación de sistemas y servicios inalámbricos con el apoyo de operadores y fabricantes.

en enlace directo y 80 kbps en el inverso. Otra de sus características es que se basaba en IP y permitió experimentar aplicaciones de banda ancha como el acceso a Internet.

2.4.5. CDMA2000 1xEV-DO Revision A

CDMA2000 1xEV-DO Rev. A es una evolución de CDMA2000 1xEV-DO Rel 0 que incrementa la tasa de transmisión de datos en el enlace directo e inverso. Incorpora mejoras para reducir la latencia así como parámetros de Calidad de Servicio (QoS). Ofrece una tasa de datos de 3.1 Mbps en el enlace directo y de 1.8 Mbps en el enlace inverso sobre una portadora de 1.25 MHz. CDMA2000 1xEV-DO Revision A permite atender a mayor número de usuarios y mejorar la ecuación de costo para la oferta de servicios. Las redes CDMA2000 1xEV-DO Revision A soporta los dispositivos que utilizan EV-DO Rel 0.

2.4.6. CDMA2000 1xEV-DO Revision B

CDMA2000 1x EV - DO Revision B es un paso en la evolución de la familia consiste en concatenar múltiples canales CDMA2000 1xEV-DO Rev A para alcanzar un mayor desempeño en las transmisiones de datos bidireccionales. El estándar del CDMA2000 1xEV-DO Revision B fue publicado por el 3GPP2 (Third Generation Partnership Project 2). CDMA2000 1xEV-DO Revision B aprovecha las eficiencias logradas por Rev A para alcanzar mayores velocidades de transferencia de datos. Para hacer esto, el operador puede concatenar dinámicamente múltiples portadoras de 1,25 MHz, de acuerdo a los requerimientos instantáneos de los usuarios, manteniendo las condiciones de baja latencia en los enlaces directos e inversos. Alcanza hasta 4.9 Mbit/s en enlace directo por portadora de 1.25 MHz. Considerando un ancho de banda de 5 MHz, el operador puede instalar un sistema capaz de entregar una tasa pico de 14.7 Mbit/s.

La Tabla 2.1 muestra un resumen de la capacidad de las versiones de la tecnología CDMA2000. En la Figura 2.9 se presenta la evolución de la tecnología CDMA.

Tabla 2.1. Throughput por Tecnología

Tecnología	Throughput	
	Máximo	Promedio real
CDMA2000 1X Portadora 1.25 MHz	153 Kbps DL	60-100 Kbps
	153 Kbps UL	
CDMA2000 1xEV-DO Rel. 0 Portadora 1.25 MHz	2.4 Mbps DL	300-700 Kbps DL
	153 Kbps UL	70-90 Kbps UL
CDMA2000 1xEV-DO Rev. A Portadora 1.25 MHz	3.1 Mbps DL	600-1400 Kbps DL
	1.8 Mbps UL	500-800 Kbps UL

Fuente: "CDMA 450: Situación de Mercado". CDG - Enero 2009

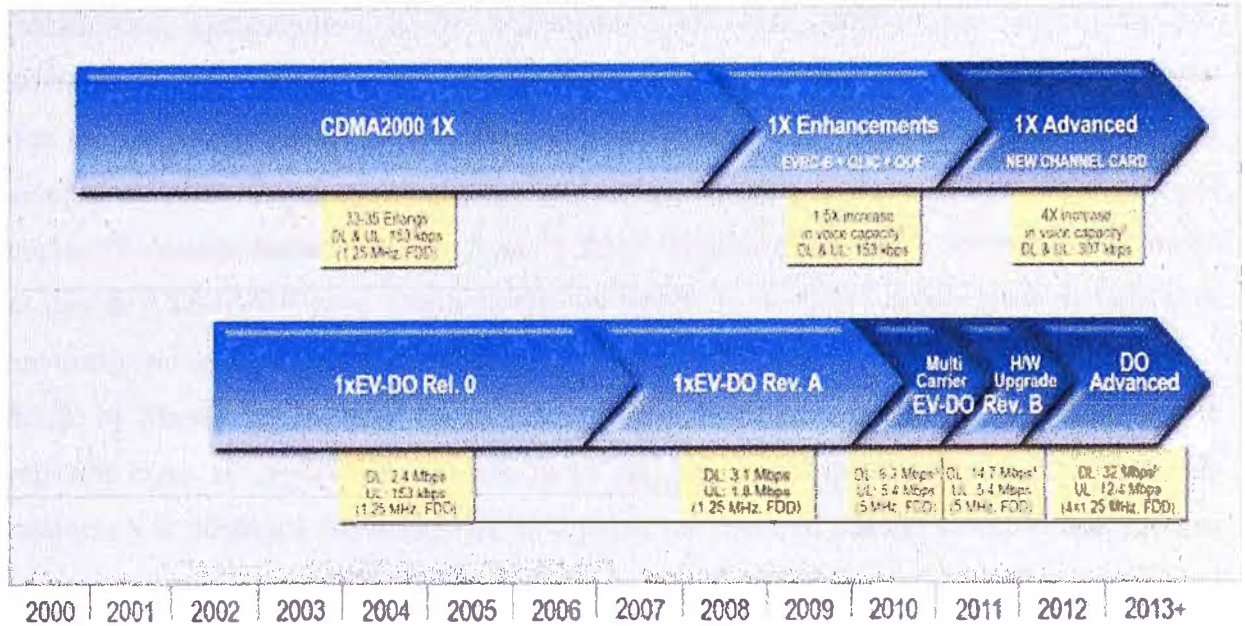


Figura 2.9. Evolución de la tecnología CDMA

Fuente: Web CDG (www.cdg.org)

2.5. Acceso múltiple por división de código en la banda de 450 MHz - CDMA 450

La tecnología CDMA 450 es una tecnología emergente para servicios de telecomunicaciones en poblaciones o sectores rurales por su gran cobertura, mayor tamaño de sus celdas, ahorro en equipos por la frecuencia de trabajo y el uso eficiente del espectro. CDMA 450 es una tecnología de tercera generación y por lo tanto puede ofrecer servicios de voz, SMS, MMS, tráfico de datos de banda ancha, TV móvil, servicios de emergencia, etc. con alta fidelidad en áreas de baja densidad poblacional como sectores rurales.

2.5.1. Características de la tecnología CDMA450

CDMA 450 aprovecha todas las ventajas y características de la versión de CDMA 1xEVDO como la tasa de transmisión de datos y de voz operando en la banda de 450 MHz lo que implica un sustancial ahorro en equipos por la frecuencia de trabajo, mejor propagación en espacio libre (outdoor), menores pérdidas por propagación y una cobertura de las celdas más grandes.

2.5.2. Ventajas de CDMA 450

Existen muchas razones para el uso de la tecnología CDMA 450, que además de su frecuencia de trabajo posee ventajas competitivas principalmente en economías emergentes de zonas rurales.

2.5.2. a) Mayor cobertura (tamaño de celdas). La principal razón para inclinarse por CDMA450 es sus características superiores de propagación y su alto porcentaje de penetración (in-building), donde se realiza el 70% de las conexiones de banda ancha

inalámbrica, comparado con las frecuencias (800, 900, 1800, 1900 MHz) con una diferencia considerable. Como resultado tenemos celdas de cobertura más grandes y con lo que se puede reducir el número de estaciones base (BTS) necesarias para cubrir una determinada área. Es razonable pensar que cuando se dobla la frecuencia, se cuadruplica el número de estaciones requeridas; y por lo tanto, resulta en términos económicos eficiente el uso de CDMA450 para zonas rurales en donde la densidad poblacional es baja y el territorio que se debe cubrir es extenso.

2.5.2. b) Mayor flexibilidad en el tamaño de celdas. La tecnología CDMA maneja la relación entre su capacidad y la cobertura por medio del control de su mecanismo de potencia y la dinámica del tamaño de sus celdas, por ejemplo cuando su capacidad máxima no sea utilizada es posible brindar servicio a más usuarios, o caso contrario entregar el máximo de capacidad cuando el rango máximo de cobertura no lo requiera. Este efecto dinámico de las celdas se lo cataloga como “cell breathing” y sucede cuando más usuarios se conectan a la estación base, se reduce el rango de efectividad de la celda. Este aparente problema por lo general no se presenta en escenarios rurales por su densidad poblacional y por las exigencias propias del lugar; en contraste a un escenario urbano en donde la cobertura y su capacidad es un factor primordial y por lo tanto sus celdas se reducen considerablemente. La Tabla 2.2 muestra un alcance de los radios de cobertura respecto a la frecuencia de operación observándose las ventajas de la frecuencia de 450MHz.

Tabla 2.2. Radio de celda con respecto a la frecuencia

Frecuencia (MHz)	Radio de la celda (Km)	Área de la celda (Km)	Número de celdas relativas
450	48.9	7521	1
850	29.4	2712	2.8
950	26.9	2269	3.3
1800	14	618	12.2
1900	13.3	553	13.6
2500	10	312	24.1

Fuente: Revista IEEE, Enero 2007.

2.5.2. c) Uso del espectro. En muchos países como Argentina, México, Ecuador, Surinam, Venezuela e incluyendo el Perú, el canal de los 450 MHz fue utilizado para la transmisión de portadoras de celular para comunicaciones analógicas y actualmente está reservada para la transmisión de portadoras para el servicio de telefonía fija inalámbrica.

2.5.2. d) Servicios y aplicaciones. CDMA450 como red de 3ra generación, posee las mismas aplicaciones de CDMA2000 como por ejemplo: servicios de voz, SMS, MMS,

datos de banda ancha, bajada de videos, bajada de música, push-to-talk (PTT), servicios de localización, TV móvil, servicios de emergencia, seguridad nacional, teleeducación y telemedicina.

2.5.2. e) Una tecnología comprobada y estable. La tecnología CDMA es una tecnología respaldada por empresas protagonistas en el campo de las telecomunicaciones como Qualcomm, Huawei, ZTE, Alcatel – Lucent y Nortel por mencionar algunas; además su implementación está enfocada en economías emergentes y en desarrollo. Actualmente existen más de 15 millones de suscriptores CDMA450 en 55 países en el mundo, utilizando servicios ofrecidos por 100 operadores, de los cuales 95 tienen redes comerciales CDMA2000 1x, 42 EV-DO Release 0 y 14 EV-DO Rev A.

2.5.3. Servicios que ofrece CDMA 450

La versión CDMA450 utiliza tecnologías CDMA2000-1x y 1xEV-DO, por lo que provee servicios como:

- Alta capacidad de voz: 26 a 29 Erlangs/sector/1.25MHz (equivalente de 35 a 38 canales telefónicos/sector/1.25MHz).
- Velocidades de transmisión de datos de 153 Kbps para CDMA2000-1x y de 2,4 Mbps (Release 0) y 3,1 Mbps (Release A) para 1xEV-DO.

Con estas capacidades, CDMA450 es ideal para:

- Telefonía rural.
- Conectividad para acceso a internet.
- Servicios de emergencia.
- Servicios fijos y móviles – WLL de baja movilidad, etc.
- Servicios de valor agregado.

2.6. La Banda de 450 MHz en el Perú

En nuestro país, el uso de la Banda de 450MHz está reservado para el acceso de servicios públicos de telecomunicaciones fijo y móvil y se atribuyen a título primario según se indica en el PNAF⁹.

A pesar de tener reservada esta banda para brindar servicios de telecomunicaciones, su aplicación en sistemas comerciales ha tenido poco desarrollo. Las empresas operadoras Telefónica y Telmex se han adjudicado la licencia de esta banda en diversas provincias del país las cuales se detallan en la Tabla 2.3.

⁹ Plan Nacional de Atribución de Frecuencias.

Tabla 2.3. Canalización de la Banda de 450 MHz en el Perú

Canal	Frecuencia BW = 1.25 MHz		Empresa	Área de asignación
	Ida	Retorno		
1	453.975	463.975	Telefónica	Provincia de Lima y Callao. Provincias de Chincha, Pisco, Huaraz, Morropón, Paita, Sullana, Canchis, Jaen, Bagua, Utcubamba, Puno, Huánuco, Huamanga, Ilo y Tumbes.
			América Móviles	Provincias de Huaura, Barranca, Huaral, Cañete, Trujillo, Chiclayo, Piura, Arequipa, Cusco, Cajamarca, Maynas, Coronel Portillo, San Román y Tacna.
			Valtron	Provincias de Huarochirí, Cajatambo, Canta, Oyon, Yauyos, Caylloma, Chanchamayo, Junín, Tarma, Yauri, Pasco Y Tayacaja.
2	455.225	465.225	Telefónica	Provincia de Lima y Callao. Provincias de Chincha, Pisco, Huaraz, Sullana, Puno, Huánuco y Tumbes.
			América Móviles	Provincias de Huaura, Barranca, Huaral, Cañete, Trujillo, Chiclayo, Piura, Arequipa, Cusco, Cajamarca, Maynas, Coronel Portillo, San Román y Tacna.
			Valtron	Provincias de Huarochirí, Cajatambo, Canta, Oyon, Yauyos, Caylloma, Chanchamayo, Junín, Tarma, Yauri, Pasco Y Tayacaja.
3	456.475	466.475	Telefónica	Provincias de Lima y Callao.
			América Móviles	Provincias de Huaura, Barranca, Huaral, Cañete, Trujillo, Chiclayo, Piura, Arequipa, Cusco, Cajamarca, Maynas, Coronel Portillo, San Román y Tacna.
			Valtron	Provincias de Cajatambo, Canta, Oyon, Yauyos, Caylloma, Chanchamayo, Junín, Tarma, Yauri, Pasco Y Tayacaja.

Fuente: MTC - Registro Nacional de Frecuencias

La empresa Valtron es propietaria de la única red rural basada en la tecnología CDMA450 desplegada hasta el momento en el país. Esta red se implementó en la provincia de Huarochirí y previó beneficiar a 126 localidades con los servicios de telefonía fija e internet. Fue inaugurada a mediados del 2006 y cuenta con una red basada en equipos y terminales ZTE.

A continuación se presentan las recomendaciones del PNAF para la banda de 450 MHz:

- P38. Las bandas comprendidas entre 152,35 -154,35 MHz, 454,8375 - 456,0125 MHz y 459,2375 -459,4875 MHz están atribuidas a título primario para servicios públicos de telecomunicaciones. Las frecuencias asignadas a los teleservicios privados dentro de estas bandas podrán ser utilizadas sólo hasta el término de su autorización, excepto las asignaciones realizadas a entidades del Gobierno.

- P48. Las bandas comprendidas entre 452,5 – 457,5 MHz y 462,5 – 467,5 MHz están atribuidas a título primario para la prestación de servicios públicos de telecomunicaciones utilizando sistemas de acceso fijo inalámbrico en todo el territorio de la república del Perú, con excepción de la provincia de Lima y la Provincia Constitucional del Callao.

2.7. Estudio Socioeconómico del distrito de Huarmaca

El estudio socioeconómico de este proyecto se basa en los análisis demográficos del distrito de Huarmaca, análisis de población y viviendas así como su proyección en mediano y largo plazo y un análisis de la población económicamente activa.

2.7.1. Aspectos Demográficos

El distrito de Huarmaca se encuentra ubicado en la ciudad de Huancabamba, departamento de Piura. El Distrito de Huarmaca limita por el Norte con el distrito de Sondorillo y San Miguel del Faique, por el este con los distritos de San Felipe y Sallique, provincia de Jaén, por el Oeste con el distrito de salitral, provincia de Morropón y Olmos y por el Sur con el Distrito de Olmos, Motee y Cañarís, Lambayeque según se muestra en la Figura 2.10.

Se encuentra a 2,194 msnm, a una distancia promedio de 146 Km de Huancabamba y a 298 Km de la ciudad de Piura¹⁰. El distrito de Huarmaca, según el Instituto Nacional de Estadística e Informática – INEI, posee una extensión territorial de 1,908.22 km², representando el 44.95% del territorio de la provincia, convirtiéndolo en el distrito de mayor extensión.

En cuanto a recursos hídricos, el distrito de Huarmaca cuenta con fuentes de agua dentro de su territorio, con potencialidad para desarrollar la actividad agropecuaria sin embargo el distrito tiene un bajo rendimiento y calidad en la producción agrícola debido al bajo nivel de tecnología utilizado para su desarrollo. Poseen condiciones para el desarrollo

¹⁰ Fuente: Plan Vial de la Provincia de Huancabamba.

frutícola pero estos cultivos son poco aprovechados por las familias en la generación de ingresos.

La comunicación interna y externa se realiza mediante trochas de regular estado de conservación, viéndose estas afectadas durante los meses de lluvia.

El clima del distrito de Huarmaca es variado por la presencia de diferentes pisos altitudinales: frío en la parte alta cuya temperatura oscila entre los 8° a 10°C, templado en la zona intermedia con una temperatura de 17° a 20°C y cálido en la parte baja, cuya temperatura oscila entre los 20° a 28°C, en verano alcanza los 30.2°C.



Figura 2.10. Mapa del Distrito de Huarmaca.

Fuente: Web Gobierno Región Piura.

2.7.2. Análisis de la población y vivienda

El distrito de Huarmaca cuenta con una población total de 39,416 habitantes. La población rural está representada por el 94.5% del total de la población y en lo que respecta a la distribución poblacional por sexo, es de 50.4% de hombres y el 49.6% de mujeres.

En la Tabla 2.4 se muestra la tasa de crecimiento intercensal (1940-2007) de este distrito. Esta tasa presenta ligeras variaciones en el tiempo pero se nota una disminución en relación a la tasa intercensal registrada en años anteriores. Siendo el pico más alto la tasa intercensal del período 1,940-1961, con un 2.5%.

La Tabla 2.5 presenta la estructura poblacional por grupos de edad. Podemos observar que esta estructura está constituida por una población que se puede calificar como joven y económicamente activa, ya que 20,495 habitantes (52% de la población), tiene entre 15 y 64 años de edad; los cuales demandan la ejecución de actividades que mejoren sus condiciones de vida así como actividades productivas, que generen puestos de trabajo, e incremento de los servicios en el corto y mediano plazo.

Tabla 2.4. Población censada y Tasa de crecimiento

Año	Total	Incremento Intercensal	Incremento Anual	Tasa de Crecimiento Promedio %
1940	13242			
1961	22316	9074	432	3.26%
1971	25394	3078	307	1.38%
1981	30781	5387	538	2.12%
1993	35265	4484	373	1.21%
2007	39416	4151	296	0.84%

Fuente: INEI 2012. Elaboración Propia.

Tabla 2.5. Población según grupos de edad - Huarmaca

Población	Total	Porcentaje
Población por grandes grupos de edad	39416	100%
0-14	16578	42.06%
15-64	20495	52.00%
65 a más	2343	5.94%
Población adulta mayor (60 años a más)	3354	8.51%
Edad Promedio	25	

Fuente: INEI - Censo Nacional 2007. Elaboración Propia.

La Tabla 2.6 muestra la distribución de viviendas del distrito de Huarmaca, tanto del área rural como urbana.

Tabla 2.6. Tipo de Vivienda - Huarmaca

Indicador	Total
Distrito de Huarmaca	8767
Casa independiente	8741
Choza o cabaña	26
Urbana	592
Casa independiente	590
Rural	8175
Casa independiente	8150
Choza o cabaña	25

Fuente: INEI - Censo Nacional 2007.

2.7.3. Proyección de la Población

La tasa de crecimiento general para la Región Piura es de 1.1% anual. Respecto a la ciudad de Huancabamba, esta registra un crecimiento del 1.0% anual hasta el 2013, y en adelante se estima que su crecimiento será del 0.9%, por ello para los cálculos de las proyecciones a mediano y largo plazo se tomará en cuenta el crecimiento de 1.0% y 0.9% anual según sea el caso. Estas proyecciones se realizarán con el objetivo de diseñar una red capaz de cubrir las necesidades de la población conforme se dé el crecimiento de ésta a lo largo del tiempo. En la Tabla 2.7 se muestra la proyección a mediano y largo plazo de la población donde se utilizó el método de crecimiento geométrico para este cálculo.

$$PP = PAx[(1 + TC)^n] \quad (3.1)$$

Donde:

- PP: Población proyectada
- PA: Población actual
- TC: Tasa de crecimiento
- n: Cantidad de años a proyectar

Tabla 2.7. Proyección de la población del distrito de Huarmaca

Población	Último Censo (2007)	Actualidad (2012)	Corto Plazo (2013)	Mediano Plazo (2015)	Largo Plazo (2020)
Total	39416	41427	41841	42682	44285
Urbana	2186	2298	2320	2367	2456
Rural	37230	39129	39521	40315	41829

Fuente: INEI - Censo Nacional 2007. Elaboración Propia.

Para el caso de la estimación de viviendas, nos basaremos en la información del Censo de Población y Vivienda de 1993, como valor inicial, el cual fue 6992 viviendas, para sacar un promedio de crecimiento por año, lo que nos lleva a una tasa de crecimiento de 126 viviendas por año. En la Tabla 2.8 se presentan estas proyecciones.

Tabla 2.8. Proyección de Viviendas del distrito de Huarmaca

Viviendas	Último Censo (2007)	Actualidad (2012)	Corto Plazo (2013)	Mediano Plazo (2015)	Largo Plazo (2020)
Total	8767	9397	9523	9775	10405
Urbana	592	634	676	725	935
Rural	8175	8763	8847	9050	9470

Fuente: INEI - Censo Nacional 2007. Elaboración Propia.

2.7.4. Análisis de la población económicamente activa – PEA

En el distrito de Huarmaca la PEA asciende a los 8,291 habitantes. La Tabla 2.9, según el Censo Nacional del 2007, muestra las estadísticas de la participación de la población en la actividad económica. La PEA ocupada es de 7,240 habitantes, representando el 87.3% de la PEA total. Diferenciando por sexo, el 85% corresponde a hombres con al menos un trabajo y sólo el 15% a mujeres que tienen un trabajo. En la Tabla 2.10 se muestra las actividades económicas que se desarrollan en este distrito. La principal actividad generadora de empleo para la PEA es la actividad agropecuaria, con el 57.69% de la PEA total ocupada, en este rubro se ubica la agricultura, trabajo calificado agropecuario y pesqueros. En segundo lugar se encuentra la actividad denominada trabajo no calificado, servicios, peón, vendedor ambulante y afines con el 20.39%; y el 8.47% de la PEA ocupada se dedica al rubro de profesores, científicos e intelectuales. Las demás actividades generan empleo para la PEA del distrito en un porcentaje menor al 5%.

Tabla 2.9. Participación de la población en la actividad económica

Participación en la actividad económica (14 y más años)	Total	Porcentaje
Población Económicamente Activa(PEA)	8291	100%
PEA ocupada	7240	87.32%
Hombres	6137	74.02%
Mujeres	1103	13.30%

Fuente: INEI - Censo Nacional 2007. Elaboración Propia.

Tabla 2.10. PEA distrital ocupada por actividad principal

Indicador	Total	Porcentaje
PEA ocupada según ocupación principal	7240	100%
Profes., científicos e intelectuales	613	8.47%
Técnicos de nivel medio y trab. asimilados	101	1.40%
Jefes y empleados de oficina	93	1.28%
Trab. deserv. pers. y vend. de comercio y mercado	241	3.33%
Agricult. trabaj. calif. agropecuarios y pesqueros	4177	57.69%
Obreros y oper. minas, cant. ind. manuf. y otros	142	1.96%
Obreros construc. conf. papel, fab., instr	198	2.73%
Trabaj. no calif. serv. peón, vend. amb., y afines	1476	20.39%
Otras ocupaciones	199	2.75%

Fuente: INEI - Censo Nacional 2007. Elaboración Propia.

2.8. Servicios de Comunicaciones en el Distrito de Huarmaca

Los servicios de comunicaciones del distrito de Huarmaca según el Censo de Población y Viviendas del 2007 se resumen en la Tabla 2.11. Según la información de esta tabla, vemos que el porcentaje de viviendas con el servicio de telefonía fija es bastante

bajo, alrededor del 1.3% cuenta con este servicio. Referente al servicio de telefonía móvil, de las 3 operadoras que trabajan en el país, en este distrito sólo se tiene cobertura de Telefónica del Perú y América Móviles¹¹. En el caso de Telefónica, esta operadora tiene instalada sólo una estación base mientras que América Móviles tiene sólo 2 estaciones brindando cobertura en la zona con el servicio móvil 2G GSM y EDGE.

Tabla 2.11. Total de Hogares por variedad de Servicio que posee el hogar

Distrito Huarmaca	Total	SERVICIOS QUE POSEE EL HOGAR				
		Teléfono Fijo	Teléfono Celular	Internet	TV Cable	Ninguno
Total	8821	115	316	0	9	8442

Fuente: INEI - Censo Nacional 2007.

En cuanto al servicio de Internet, vemos que no hay presencia de este servicio en el distrito. Esto debido a que por ser una zona rural, las tecnologías cableadas no son viables por la gran área a cubrir y por los costos de operación y mantenimiento que implican. Una solución sería el acceso inalámbrico, pero como se mostró en el párrafo anterior, este tipo de cobertura por parte de las operadoras es bastante pobre en la zona.

En el distrito de Huarmaca encontramos que en 83 de sus localidades se cuenta con un teléfono público. La instalación y operación de estos TUPs está a cargo de las empresas Gilat to Home y Telefónica del Perú gracias a los proyectos FITEL 3 y BAS apoyándose en la tecnología VSAT.

2.9. Determinación de la posible demanda de los servicios

El distrito de Huarmaca cuenta con servicios de telecomunicaciones que no ofrecen una buena cobertura. Teniendo esto en cuenta, la red de telecomunicaciones que se plantea implementar en el presente proyecto se enfocará en brindar los servicios de telefonía fija y el servicio de Internet en este distrito apoyándose en la tecnología CDMA 450 que ha ya sido utilizada en las zonas rurales de diversos países con muy buenos resultados. Otra ventaja de esta tecnología es que cuenta con una gran variedad de proveedores de reconocidas marcas.

2.9.1. Servicio de telefonía fija

Para el servicio de telefonía fija, nuestro universo será el total de viviendas según la información de la Tabla 2.11. De acuerdo con esa información tenemos:

- PEA ocupado: 7240 habitantes.

¹¹ <http://www.osiptel.gob.pe/CoberturaMovil/>

- Número de hogares: 8821.
- Número de hogares que no cuentan con telefonía fija: 8706.

A fin de poder estimar cálculos, se supondrá que el número de PEA ocupado es similar al número total de viviendas sin servicio de telefonía, de tal manera que hay como mínimo un poblador perteneciente a la PEA ocupada por vivienda. Además, como parte de nuestro análisis proyectaremos nuestro universo al total de viviendas estimadas hasta el 2020.

Según los datos de la Tabla 2.11, nuestro mercado a atender con cobertura del servicio de telefonía viene a ser todas las viviendas del distrito, ya que casi en su totalidad carecen de este servicio. Así, nuestro plan de expansión se presenta en la Tabla 2.12.

Tabla 2.12. Plan de Expansión

Periodo	Penetración	Abonados
Corto Plazo (2013)	25 %	2380
Mediano Plazo (2015)	40 %	3910
Largo Plazo (2020)	70 %	7283

Fuente: Elaboración Propia.

2.9.2. Servicio de Internet

Para el caso del servicio de Internet tenemos de que en el distrito de Huarmaca ningún hogar cuenta con este servicio (Tabla 2.11), por lo que brindar este servicio a los pobladores directamente tendría un impacto y acogida bastante bajo ya que no conocen los beneficios de este servicio. En ese sentido, para estimar la demanda del servicio a internet tomaremos como universo de potenciales abonados a las instituciones educativas, gubernamentales y centros de salud. En la Tabla 2.13 se presenta los principales establecimientos de salud del distrito, la Tabla 2.14 muestra las dependencias municipales y la Tabla 2.15 presenta las instituciones educativas a considerar.

Tabla 2.13. Establecimientos de Salud en el distrito de Huarmaca

Tipo de Establecimiento	Localidad	TOTAL
Centro de Salud	Huarmaca	1
Puesto de Salud	Chignia Bajo, Hualcas, Hualqui, La Loma, Rodeopampa, San Martín de Congoña, Limón de Porcuya, San Isidro, Succhirca, San Antonio, Savila, Tuna, El Palto, Tolingas, Callancas, Loma Grande, Santa Teresa, Jacapampa, Trigal, Hinton, Nuevo Hualapampa.	21

Fuente: Dirección Regional de Salud Piura - 2010.

Tabla 2.14. Establecimientos gubernamentales

Dependencias	Locales
Municipalidad	4
Comisaría	1
Total	5

Fuente: Web Municipalidad Huarmaca. Elaboración Propia.

Tabla 2.15. Instituciones educativas del distrito de Huarmaca

Etapas, Modalidad y Nivel Educativo	Gestión		Área		TOTAL
	Publica	Privada	Urbana	Rural	
Inicial	130	2	10	122	132
Primaria	166	2	4	164	168
Secundaria	39	1	3	37	40

Fuente: Ministerio de Educación - Padrón de Instituciones Educativas.

Finalmente tenemos que nuestro universo total sería de 367 instituciones, como se muestra en la Tabla 2.16, a quienes se les brindaría el servicio de Internet.

Tabla 2.16. Instituciones de Huarmaca

Institución	Locales
Centros Educativos	340
Centros de Salud y Postas	22
Municipalidad	4
Comisaria	1
TOTAL	367

Fuente: Elaboración Propia.

Estos a su vez deberán ser el motor de difusión de este servicio mediante cursos de capacitación y talleres que capaciten y enseñen a los pobladores el uso de esta herramienta, así como los beneficios de las TICs y como éstas los pueden ayudar a mejorar y desarrollar sus actividades económicas.

CAPITULO III INGENIERIA DE LA SOLUCION PROYECTADA

En el presente capítulo se detallará la ingeniería del proyecto. Los puntos que se abordarán serán la arquitectura de la red CDMA 450, diseño de la red de acceso, de transporte y de core y se determinarán los equipos a utilizar para el despliegue de la red.

3.1. Arquitectura de las redes CDMA450

La arquitectura general de una red CDMA450 que presta servicios de voz y datos se presenta en la Figura 3.1. La estructura de la red y sus componentes son similares a los componentes de las redes CDMA2000 con excepción de la interfaz aire de las estaciones base y de los terminales, los cuales operan en la frecuencia de 450 MHz.

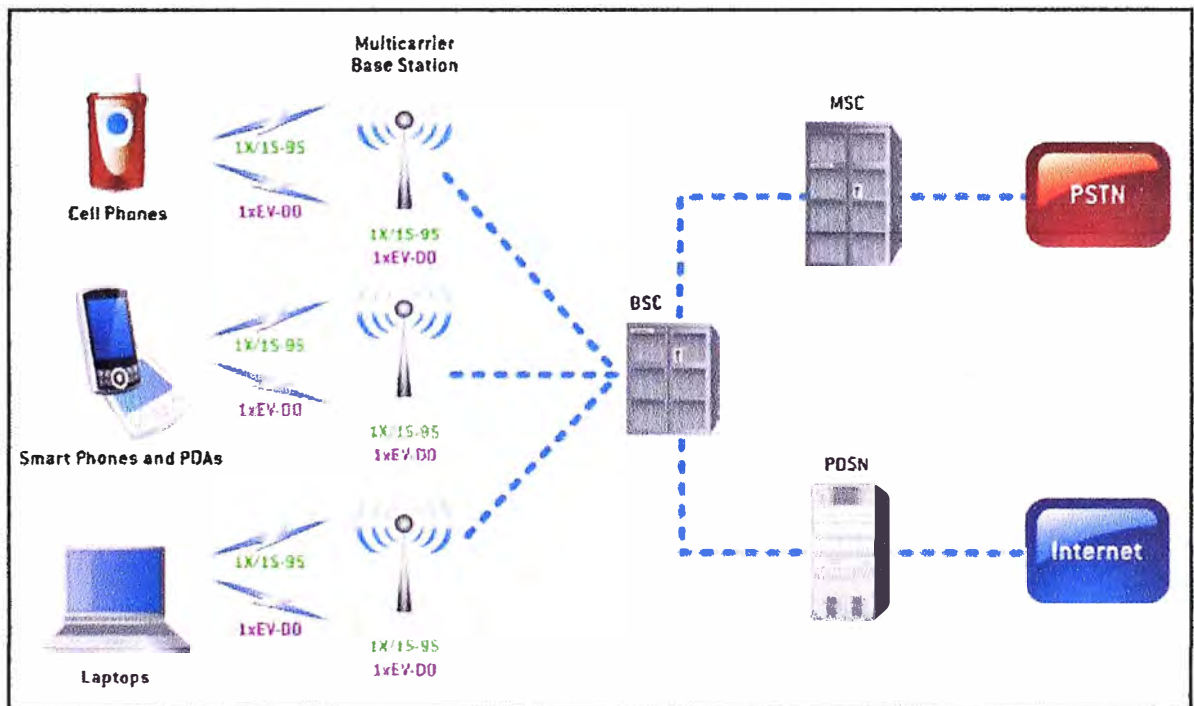


Figura 3.1. Arquitectura de la red CDMA2000.

Fuente: Web CDG (www.cdg.org)

Los principales componentes de estas redes son:

3.1.1. La red de acceso

La red de acceso está compuesta por todas las estaciones base (BTS) desplegadas en el campo. Estas son responsables de la comunicación de los terminales a través de la interfaz

aire. Las BTS disponen del hardware y software necesarios para procesar las señales, administrar la interfaz radio y comunicarse con los servicios de la red de Core. También administra las señales de RF que van desde y hacia los terminales.

3.1.2. La red de transporte

La red de transporte son las líneas de comunicación que conecta los diferentes componentes del sistema. Entre sus funciones están de servir de backbone de la red que conecta los nodos de circuitos (CS) y paquetes (PS) de la red y también transportar el tráfico de abonados desde las BTS de la red de acceso hacia los servicios de la red de Core.

3.1.3. La red de Core

La red de Core está formado por los equipos de conmutación de circuitos, de paquetes y gateways que conectan con otros operadores, así como también los servicios responsables de la administración de la red, monitoreo, servicios de valor agregado, etc. La red de Core consta de 2 partes principales:

- Los nodos de conmutación de circuitos (CSN), que permiten la conmutación de los circuitos de voz, son responsables de la señalización y asegurar la interconexión con otros operadores fijos y móviles así como con otros nodos de conmutación. Estos nodos solo administran tráfico de voz 1xRTT.
- Los nodos de conmutación de paquetes (PSN) son responsables de la conmutación de paquetes de la red y asegurar la conexión IP con la Internet. Estos nodos administran tráfico de datos de 1xRTT y 1xEV-DO.

3.2. Diseño de la red de Acceso

Para la parte de acceso se presentará un análisis de cobertura de las estaciones base a desplegar en el distrito de Huarmaca, la frecuencia a utilizar para la operación y se determinará la capacidad de tráfico que deberán asumir las BTS.

3.2.1. Cobertura de las estaciones base

Este proyecto contempla el despliegue de 8 estaciones base las cuales brindarán cobertura básicamente al territorio poblado del distrito de Huarmaca. Para la ubicación propuesta de las BTS se consideró brindar cobertura a las zonas donde se concentran mayor cantidad de localidades. Además, se consideró brindar cobertura a las zonas y localidades aledañas a la carretera hacia Huarmaca que atraviesa el distrito y también al tramo de la carretera Interoceánica, en la ruta Chiclayo – Chachapoyas, que atraviesa el lado sur de Huarmaca. Se buscó dar cobertura a estas zonas por la influencia de desarrollo que lleva una carretera a las ciudades que atraviesa.

En la Tabla 3.1 se presenta la ubicación en coordenadas de los puntos propuestos para la instalación de las BTS que darán el acceso a los abonados.

Tabla 3.1. Ubicación de Estación Base

Nombre	Ubicación	Latitud	Longitud	Altitud (m)
BTS 1	Huarmaca	-5.593425	-79.54118	2618.4
BTS 2	Higospampa	-5.599750	-79.44962	2522.2
BTS 3	Cruz de Piedra	-5.679782	-79.50976	2959.9
BTS 4	Paso Porculla	-5.786404	-79.44105	1374.2
BTS 5	Limon	-5.861891	-79.49633	2652.6
BTS 6	Cruz de Chalpon	-5.717650	-79.61671	2372.2
BTS 7	Hacienda San Martin	-5.652306	-79.64880	1816.0
BTS 8	Pueblo Nuevo	-5.524685	-79.61263	1077.3

Fuente: Elaboración Propia

La estación Huarmaca será el punto central de la topología de la red y está se interconectará con el centro de operaciones (NOC) de la red ubicado en la misma localidad.

Para determinar la cobertura de las estaciones base haremos los cálculos enlace, tanto para el enlace directo como el inverso, utilizando el modelo de propagación Okumura-Hata. El objetivo del cálculo de enlace es determinar las ganancias y pérdidas que se tienen en la interfaz inalámbrica con la finalidad de predecir la máxima pérdida por atenuación y así poder establecer de manera aproximada la cobertura efectiva de la estación base.

El modelo de Okumura-Hata es uno de los más utilizados para los cálculos de enlace. Para poder aplicar este modelo debemos considerar que la frecuencia de operación debe estar entre los 150MHz y 1500MHz, la altura de la antena de la estación transmisora debe tener entre 30m a 200m y la altura de la antena del terminal debe estar entre 1m y 10m. Además, esta ecuación presenta ciertos cambios de acuerdo al tipo de zona, urbana o rural, donde se aplica.

Así, este modelo está representado por las siguientes ecuaciones:

- Áreas Urbanas:

$$L_b = 69.55 + 26.16 \log f - 13.82 \log h_b - a(h_m) + (44.9 - 6.55 \log h_b) \log d \quad (4.1)$$

Donde $a(h_m)$ es un factor de corrección definido por:

$$a(h_m) = (1.1 \times \log f - 0.7)h_m - (1.56 \times \log f - 0.8) \quad (4.2)$$

- Áreas Rurales:

$$L_u = L_{b(URBANO)} - 4.78 \log(f)^2 + 18.33 \log f - 40.94 \quad (4.3)$$

Para estas ecuaciones debemos considerar:

- f es la frecuencia de operación del sistema expresada en MHz.
- h_b es la altura de la antena transmisora expresada en metros.
- h_m es la altura de la antena receptora expresada en metros.
- d es la distancia de la estación base al terminal expresada en kilómetros.

Para nuestros cálculos tendremos en cuenta los siguientes parámetros:

- Frecuencia de operación: 450 MHz
- Altura antena BTS: 30 m
- Altura antena terminal: 1.7 m
- Ganancia antena BTS: 14 dBi
- Ganancia antena terminal: 2 dBi
- Potencia de transmisión de BTS: 20 W
- Potencia de transmisión terminal: 1 W
- Pérdidas adicionales (fade margin, vegetación): 24 dB
- Pérdida en cables (BTS): 3 dB
- Pérdida en terminal: 0 dB
- Sensibilidad BTS: -110 dBm
- Sensibilidad terminal: -92 dBm

Con estos datos, procedemos a hallar las pérdidas por atenuación. Reemplazando los datos de $f = 450\text{MHz}$, $h_b = 30\text{m}$ y $h_m = 1.7\text{m}$ en las ecuaciones 4.1, 4.2 y 4.3, tenemos que:

$$a(h_m) = 0.43$$

$$L_b = 118.11 + 35.22 \log(d)$$

$$L_u = 92.15 + 35.22 \log(d)$$

A continuación, procedemos a calcular el link budget para los enlaces directo e inverso.

$$P_{Rx} = P_{Tx} + G_{Tx} - L_{Tx} - L_u - L_M + G_{Rx} \quad (4.4)$$

Con el fin de hallar el máximo radio de cobertura de la estación transmisora, tomamos el valor mínimo posible de P_{Rx} , para este caso, el valor de la sensibilidad del receptor. Así tenemos para cada enlace:

- Enlace directo

Reemplazando los valores en la ecuación 4.4:

$$P_{Rx(Terminal)} = -92 = 43 + 14 - 3 - 92.15 - 35.22 \log(d) - 24 + 2$$

$$d = 8.02 \text{ Km}$$

- Enlace Inverso

Reemplazando los valores en la ecuación 4.4:

$$P_{Rx(BTS)} = -110 = 30 + 2 - 0 - 92.15 - 35.22 \log(d) - 24 + 14$$

$$d = 13.48 \text{ Km}$$

Teniendo ambos radios de cobertura tanto para el enlace directo como el enlace inverso, escogemos el menor radio dado que así está garantizado cualquiera de los dos tipos de enlace. Este valor viene dado por el máximo alcance de la señal transmitida por la estación base, entonces:

$$\text{Radio de cobertura BTS} = 8.02 \text{ Km}$$

En la Figura 3.2 se presenta la ubicación en el mapa de cada una de las estaciones base de la red. Se puede notar que algunas de las estaciones están desplegadas a lo largo de las carreteras principales que atraviesan el distrito y donde se ubican varias localidades.



Figura 3.2. Ubicación de las Estaciones Base.

Fuente: Elaboración Propia.

3.2.2. Canalización de la frecuencia de 450 MHz

En el 2005, mediante la Resolución Viceministerial RVM 268-2005-MTC/03 el Perú dispuso la canalización de la Banda 450 MHz según se muestra en la Tabla 3.2.

Tabla 3.2. Canalización Banda 450 MHz

Canal N°	Rango de Frecuencias (MHz)	
	Ida	Retorno
1	453.975	463.975
2	455.225	465.225
3	456.475	466.475

Fuente: Registro Nacional de Frecuencias.

Según esta RVM, en esta banda, que tiene una amplitud de 5 MHz, se disponen de 3 canales de 1.25 Mhz de amplitud y bandas de guarda de 0.85 MHz como se observa en la Figura 3.3.

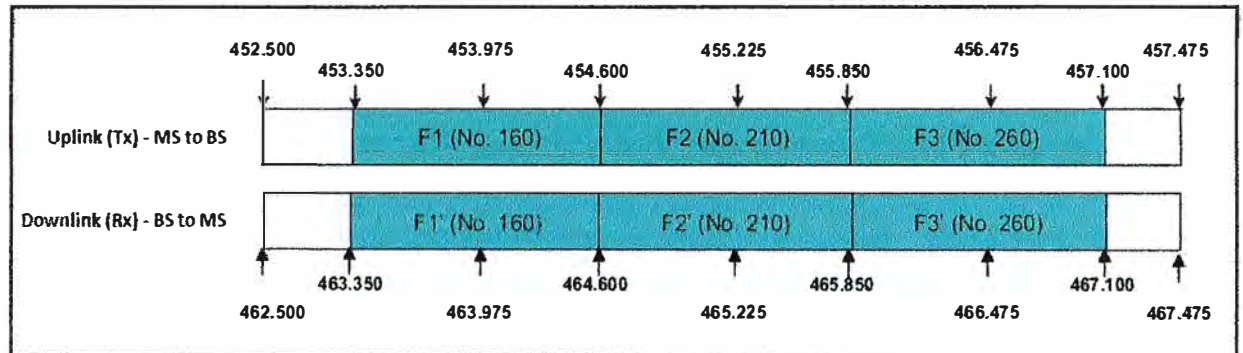


Figura 3.3. Canalización de la Banda 450MHz.

Fuente: Curso Postgrado Comunicaciones Inalámbricas - INICTEL.

Para este proyecto se ha considerado solicitar la concesión de los 3 canales de la banda de 450 MHz. Desde el punto de vista técnico no se tendrán inconvenientes ya que cada canal tiene un ancho de banda de 1.25MHz satisfaciendo los requerimientos técnicos de la tecnología CDMA 2000. Adquiriendo la concesión de los 3 canales se puede garantizar tener los recursos necesarios para el manejo de altos volúmenes de tráfico. Inicialmente, para el despliegue de la red, se planea la utilización del Canal 1 (453.975 MHz) como la portadora de acceso para los abonados. De acuerdo se vaya dando el crecimiento de los abonados y de la red misma se optará por el uso de los otros canales disponibles.

3.2.3. Determinación de la capacidad de las BTS

En base al análisis de la demanda tanto de telefonía fija e Internet presentado en el capítulo 2, se dimensionará la capacidad de las estaciones base.

3.2.3. a) Servicio de telefonía fija. Para estimar la capacidad de cada BTS se tendrán las siguientes consideraciones:

- Siendo cada una de las viviendas potenciales abonados del servicio de telefonía fija y que en cada vivienda se instalaría una sola línea telefónica, tendremos que nuestro universo a atender sería 8821 abonados.
- Asumimos que las localidades del distrito y sus viviendas están distribuidas de manera homogénea en el territorio a dar cobertura por lo que teniendo 8 estaciones base, cada estación asumiría el tráfico de un octavo del total de potenciales abonados, es decir, cada estación daría cobertura a aproximadamente 1200 usuarios.
- A corto plazo se estima una penetración del 25% del mercado, por lo que el universo a considerar por estación base sería 300 abonados.

De los indicadores de Servicios de Comunicaciones Rurales¹² presentados por OSIPTEL para el departamento de Piura, tomando la información de los indicadores de Cantidad de teléfonos públicos rurales por Departamento y de los indicadores de tráfico entrante y saliente de teléfonos públicos rurales por Departamento, se ha calculado que en promedio cada teléfono público de Piura tiene un tráfico de llamadas de 8 minutos por día. Este valor nos servirá como referencia para poder dimensionar el tráfico de los abonados en el distrito de Huarmaca.

Con esta información tenemos que cada estación BTS brindará servicio a unos 300 abonados los cuales demandarán un tráfico de 8 minutos por día.

Entonces, para determinar el tráfico soportado por cada BTS se harán los cálculos para la hora pico, considerando un 15% de ocupación y un sistema de llamadas a pérdida con una probabilidad de pérdida del 1%.

$$\text{Tráfico} = 300 \times 8 \times 0.15 = 360 \text{ minutos}$$

$$\text{Erlang} = \frac{360 \text{ minutos}}{60 \text{ min}} = 6 \text{ Erlang}$$

Haciendo uso de la calculadora Erlang-B (Figura 3.4), para un bloqueo de 1%, serán necesarios 13 circuitos, y teniendo en cuenta que 1 E1 está formado por 30 circuitos o canales, tendríamos que el tráfico para cada BTS lo que es equivalente a 1 E1 o 2 Mbps.

3.2.3. b) Servicio de Internet. Para dimensionar el tráfico del servicio de Internet, como se comentó en el Capítulo 2, nuestro universo a atender serán las instituciones públicas, cuya información se mostró en la Tabla 2.16. Se ofrecerá un servicio de 256/128 Kbps

¹²http://www.osiptel.gob.pe/WebsiteAjax/WebFormgeneral/sector/wfirm_Consulta_Informacion_Estadisticas.aspx?CodInfo=13473&CodSubCat=864&TituloInformacion=8.%20Indicadores%20de%20Servicios%20de%20Comunicaciones%20Rurales&DescripcionInformacion=

(downlink/uplink) de ancho de banda garantizando un overbooking del 20% para cada abonado.

Para estimar la capacidad de tráfico de datos se asumirá que las instituciones públicas, a las que se les brindará este servicio, están distribuidas de manera homogénea en el territorio a dar cobertura, por lo que desplegando 8 estaciones base, cada estación asumirá el tráfico de 45 abonados aproximadamente. En base a estas consideraciones, el tráfico de datos requerido se presenta en la Tabla 3.3.

Tabla 3.3. Demanda de tráfico de datos

Número de Abonados	Demanda Nominal (256/128 Kbps)	Ancho de Banda Garantizado (20%)
45	17280	3450 Kbps

Fuente: Elaboración Propia

De la Tabla 3.3 tenemos que el tráfico soportado por cada estación base sería de 3450 Kbps, con lo que se necesitaría proyectar 2 enlaces de 2048 Mbps (2 E1s) para cada estación.

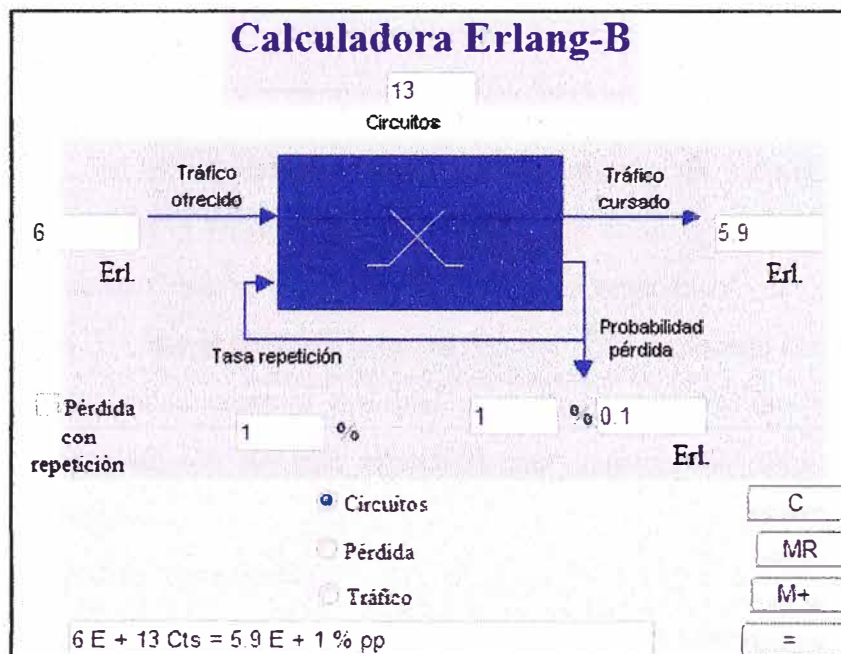


Figura 3.4. Calculadora Erlang-B.

Fuente: Web Telefónica¹³

3.2.4. Equipo Controlador de Estaciones Base (BSC)

La BSC es la interfaz entre las estaciones base y la red de Core. Está encargado de la administración y control de las estaciones base de la red. También es responsable del

¹³ Calculadora Erlang B: <http://personal.telefonica.terra.es/web/vr/erlang/erlangb.htm>

enrutamiento del tráfico de voz y datos hacia los equipos de conmutación de circuitos o paquetes según sea el caso direccionando las llamadas voz hacia la MSC y el tráfico de datos hacia el PCF.

De acuerdo a la demanda de tráfico de voz y datos calculados en el punto anterior, podemos dimensionar el tráfico total que deberá soportar la BSC del sistema durante la hora pico. Estos cálculos se presentan a continuación en la Tabla 3.4 y Tabla 3.5.

Tabla 3.4. Tráfico de Voz

Cantidad de abonados por Estación	Trafico de Voz por Estación (Erlang)	Cantidad de Estaciones	Total de Abonados	Tráfico Total
300	6	8	2400	48 Erlang

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3.5. Tráfico de Datos

Cantidad de abonados por Estación	Tráfico de datos por Estación (Mbps)	Cantidad de Estaciones	Tráfico Total (Mbps)
45	2	8	16

Fuente: Elaboración Propia

El nodo BSC de la red deberá soportar como mínimo 48 Erlang y 16 Mbps de capacidad para garantizar el servicio de voz y datos de los abonados.

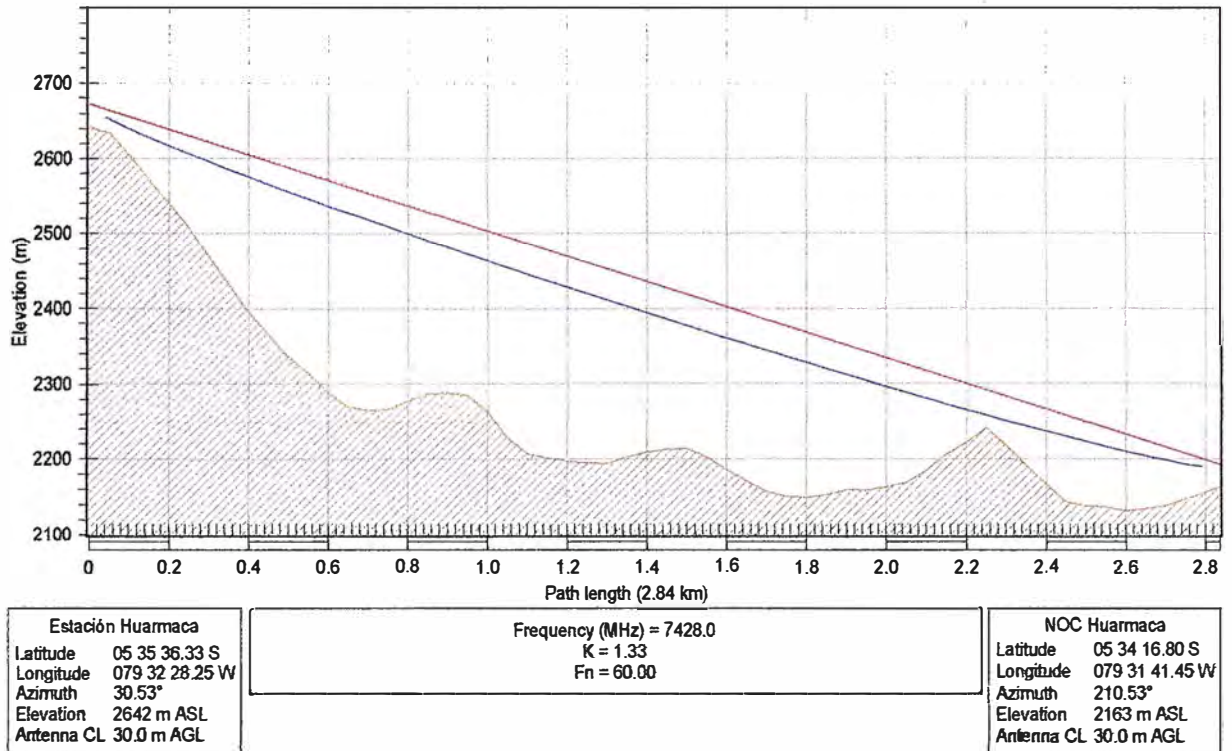
3.2.4. a) PCF - Packet Control Function. El PCF es el responsable del enrutamiento del tráfico de paquetes IP entre el terminal y la red de core. Este almacena paquetes cuando es necesario y los transmite entre el terminal y el Nodo servidor de Paquete de datos (PSDN). La implementación de este elemento está considerado sólo para redes que proveen servicio de datos.

3.3. Diseño de la red de Transporte

Para realizar los cálculos de enlace de la red transporte nos apoyaremos en el software de simulación Pathloss 5.0. Los cálculos se han tomado en base a las características del equipo de radio Alcatel-Lucent 9400 AWY y se ha considerado una configuración 1+1 Hot Stand By en los sistemas de transmisión para brindar mayor confiabilidad al sistema. Además, para tener una mejor ganancia en la transmisión y recepción de los enlaces microondas, se ha considerado el uso de antenas directivas marca Andrew VHLP2-7W.

A continuación se presentan la simulación de los perfiles y cálculos de enlace para cada enlace microondas:

- Enlace NOC Huarmaca – Estación Huarmaca



Datos del Enlace:

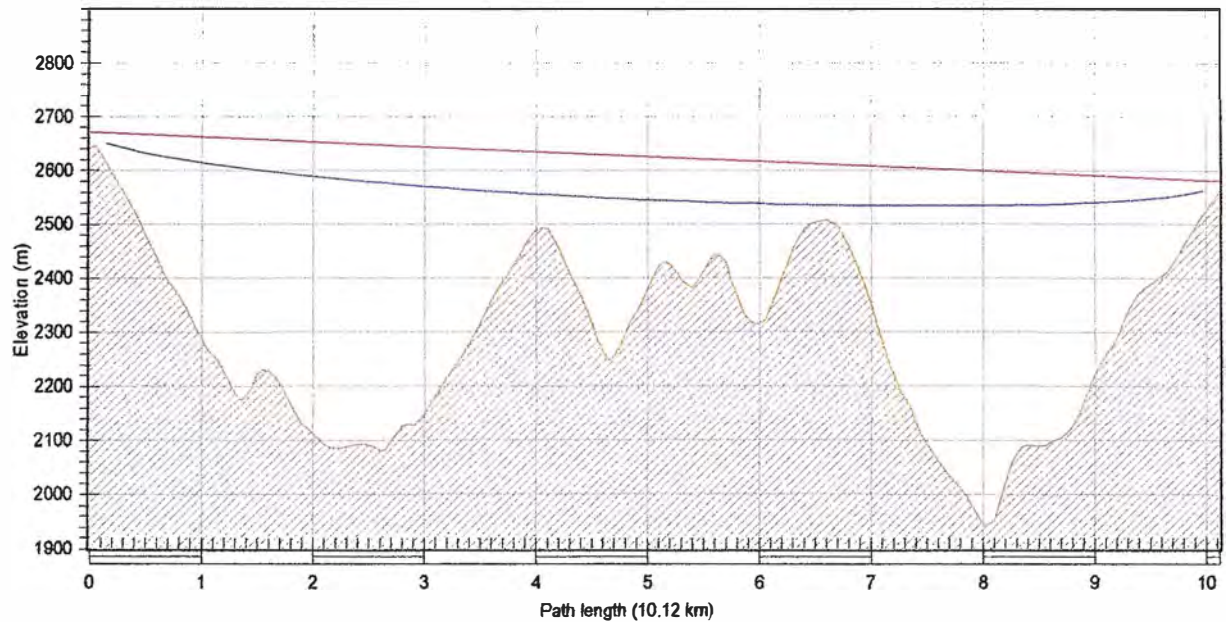
Frecuencia(MHz)	: 7428	Modelo de Radio	: 9400 AWY
Polarización	: Vertical	Potencia (dBm)	: 21
Longitud de Enlace (Km)	: 2.88	Modelo de Antena	: VHLPX2-71W
Ancho de Banda (MHz)	: 28	Diámetro (m)	: 0.6
Configuración	: 1+1	Ganancia (dBi)	: 30.9

	<u>Estación A</u>	<u>Estación B</u>
Potencia (dBm)	21 dBm	21 dBm
Ganancia (dBi)	30.9 dBi	30.9 dBi
Altura de antena (m)	30	30
Perdida de Línea (dB)	4.5 dBm	4.5 dBm
Pérdida de Espacio Libre (dB)		119.06
Pérdida por abs. atmosférica (dB)		0.03
EIRP (dBm)	47.4	48.3
Potencia de Recepción (dB)	-44.39	-44.39

Disponibilidad del enlace

Disponibilidad (%)	: 100
Indisponibilidad (seg)	: 0.02
Indisponibilidad peor mes (SERS) (%)	: 100
Margen de Desvanecimiento (dB)	: 41.61

- Enlace Estación Huarmaca – Estación Higospampa



Estación Huarmaca	
Latitude	05 35 36.33 S
Longitude	079 32 28.25 W
Azimuth	93.48°
Elevation	2642 m ASL
Antenna CL	30.0 m AGL

Frequency (MHz) = 7128.0
K = 1.33
Fn = 60.00

Estación Higospampa	
Latitude	05 35 56.29 S
Longitude	079 27 00.07 W
Azimuth	273.47°
Elevation	2560 m ASL
Antenna CL	21.0 m AGL

Datos del Enlace:

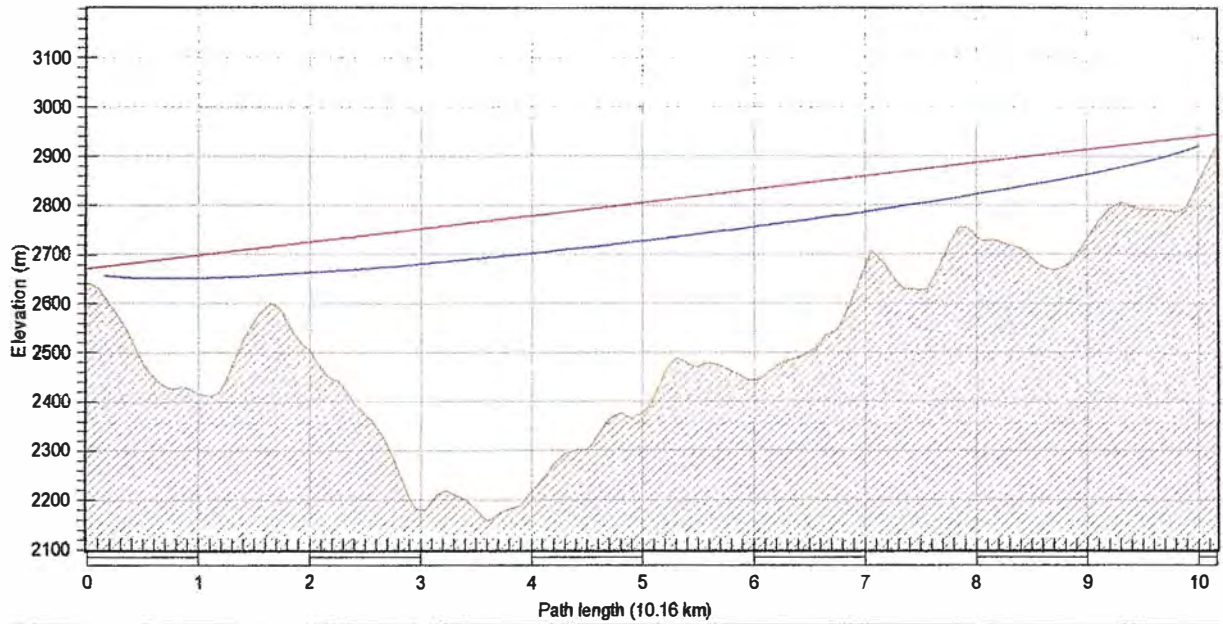
Frecuencia(MHz)	: 7128	Modelo de Radio	: 9400 AWY
Polarización	: Vertical	Potencia (dBm)	: 21
Longitud de Enlace (Km)	: 10.12	Modelo de Antena	: VHLPX2-71W
Ancho de Banda (MHz)	: 7	Diámetro (m)	: 0.6
Configuración	: 1+1	Ganancia (dBi)	: 30.9

	<u>Estación A</u>	<u>Estación B</u>
Potencia (dBm)	21 dBm	21 dBm
Ganancia (dBi)	30.9 dBi	30.9 dBi
Altura de antena (m)	30	21
Perdida de Línea (dB)	4.5	3.6
Pérdida de Espacio Libre (dB)		119.06
Pérdida por abs. atmosférica (dB)		0.03
EIRP (dBm)	47.4	48.3
Potencia de Recepción (dB)	-44.39	-44.39

Disponibilidad del enlace

Disponibilidad (%)	: 99.99996
Indisponibilidad (seg)	: 13.22
Indisponibilidad peor mes (SERS) (%)	: 99.99992
Margen de Desvanecimiento (dB)	: 31.42

- Enlace Estación Huarmaca – Estación Cruz de Piedra



Estación Huarmaca	
Latitude	05 35 36.33 S
Longitude	079 32 28.25 W
Azimuth	159.98°
Elevation	2642 m ASL
Antenna CL	30.0 m AGL

Frequency (MHz) = 7428.0
K = 1.33
Fr = 60.00

Estación Cruz de Piedra	
Latitude	05 40 47.22 S
Longitude	079 30 35.14 W
Azimuth	339.97°
Elevation	2921 m ASL
Antenna CL	24.0 m AGL

Datos del Enlace:

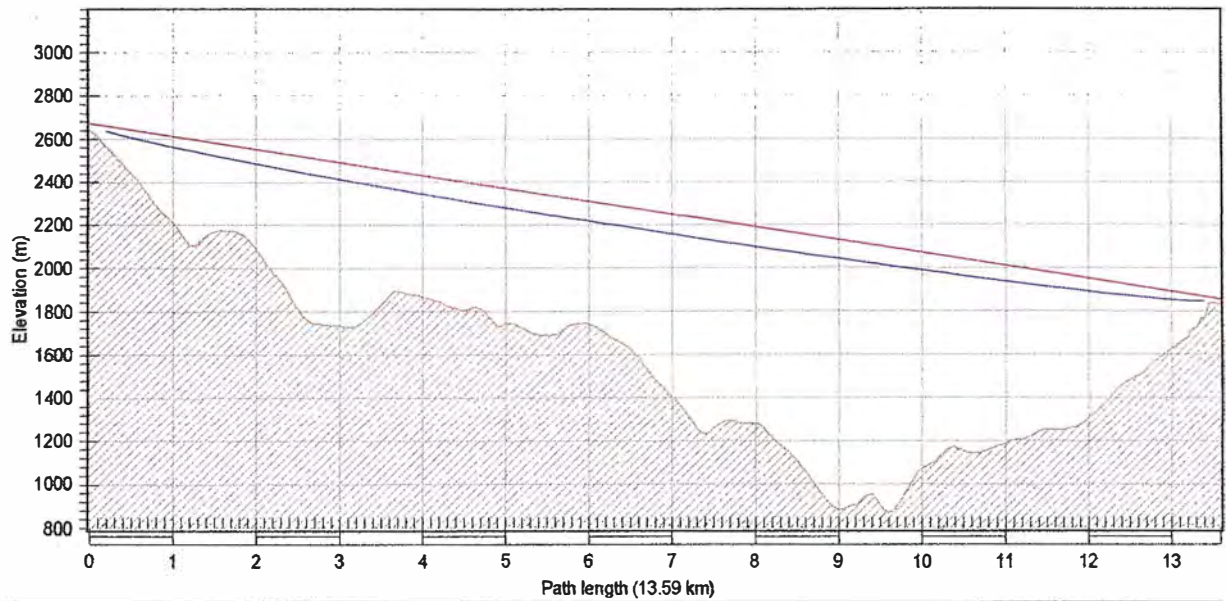
Frecuencia(MHz)	: 7428	Modelo de Radio	: 9400 AWY
Polarización	: Horizontal	Potencia (dBm)	: 21
Longitud de Enlace (Km)	: 10.17	Modelo de Antena	: VHLPX2-71W
Ancho de Banda (MHz)	: 28	Diámetro (m)	: 0.6
Configuración	: 1+1	Ganancia (dBi)	: 30.9

	<u>Estación A</u>	<u>Estación B</u>
Potencia (dBm)	21	21
Ganancia (dBi)	30.9	30.9
Altura de antena (m)	30	24
Perdida de Línea (dB)	4.5	3.6
Pérdida de Espacio Libre (dB)		130.03
Pérdida por abs. atmosférica (dB)		0.1
EIRP (dBm)	47.4	48.3
Potencia de Recepción (dB)	-55.43	-55.43

Disponibilidad del enlace

Disponibilidad (%)	: 99.99997
Indisponibilidad (seg)	: 8.51
Indisponibilidad peor mes (SERS) (%)	: 99.99989
Margen de Desvanecimiento (dB)	: 30.57

- Enlace Estación Huarmaca – Estación Hacienda San Martín



Estación Huarmaca	
Latitude	05 35 36.33 S
Longitude	079 32 28.25 W
Azimuth	241.33°
Elevation	2642 m ASL
Antenna CL	30.0 m AGL

Frequency (MHz) = 7128.0
K = 1.33
Fn = 60.00

Estación Hacienda San Martín	
Latitude	05 39 08.50 S
Longitude	079 38 55.68 W
Azimuth	61.34°
Elevation	1834 m ASL
Antenna CL	21.0 m AGL

Datos del Enlace:

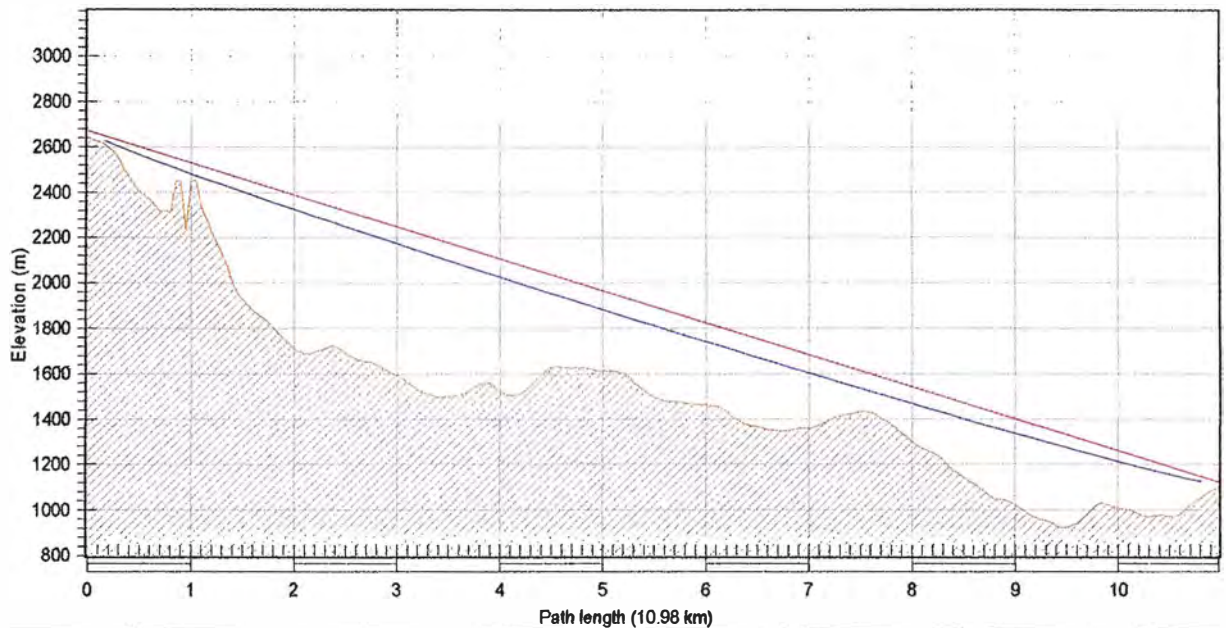
Frecuencia(MHz)	: 7128	Modelo de Radio	: 9400 AWY
Polarización	: Horizontal	Potencia (dBm)	: 21
Longitud de Enlace (Km)	: 13.62	Modelo de Antena	: VHLPX2-71W
Ancho de Banda (MHz)	: 7	Diámetro (m)	: 0.6
Configuración	: 1+1	Ganancia (dBi)	: 30.9

	<u>Estación A</u>	<u>Estación B</u>
Potencia (dBm)	21	21
Ganancia (dBi)	30.9	30.9
Altura de antena (m)	30	21
Perdida de Línea (dB)	4.5	3.15
Pérdida de Espacio Libre (dB)		132.21
Pérdida por abs. atmosférica (dB)		0.13
EIRP (dBm)	47.4	48.75
Potencia de Recepción (dB)	-57.19	-57.19

Disponibilidad del enlace

Disponibilidad (%)	: 99.99981
Indisponibilidad (seg)	: 58.67
Indisponibilidad peor mes (SERS) (%)	: 99.99963
Margen de Desvanecimiento (dB)	: 28.81

- Enlace Estación Huarmaca – Estación Pueblo Nuevo



Estación Huarmaca	
Latitude	05 35 36.33 S
Longitude	079 32 28.25 W
Azimuth	313.83°
Elevation	2642 m ASL
Antenna CL	30.0 m AGL

Frequency (MHz) = 7135.0
K = 1.33
Fn = 60.00

Estación Pueblo Nuevo	
Latitude	05 31 28.87 S
Longitude	079 36 45.47 W
Azimuth	133.84°
Elevation	1099 m ASL
Antenna CL	24.0 m AGL

Datos del Enlace:

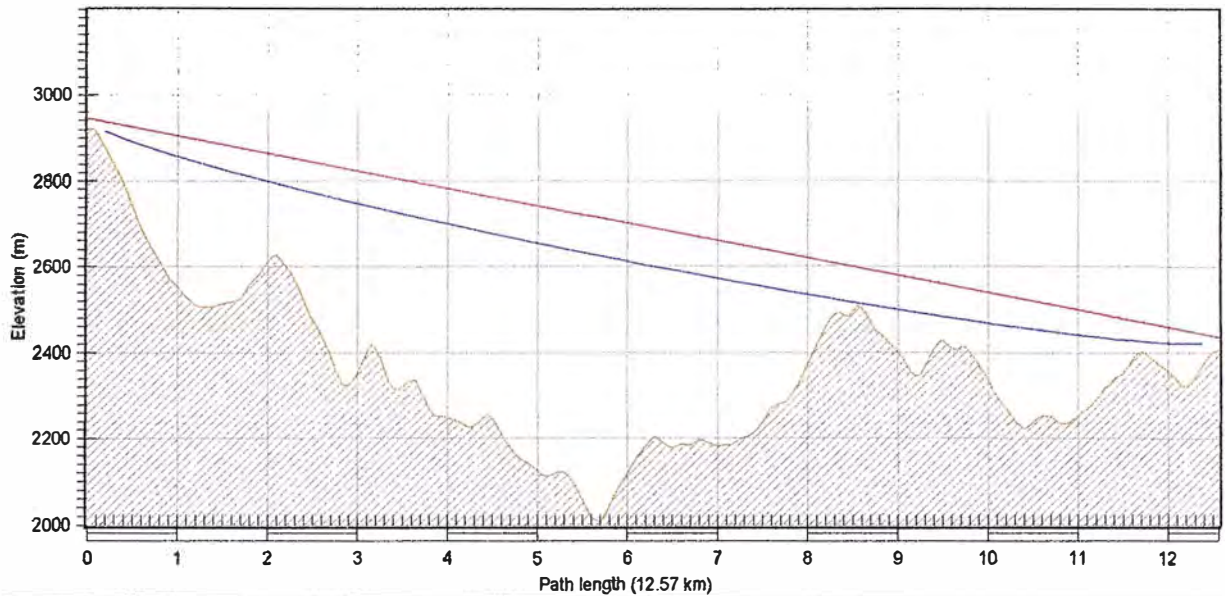
Frecuencia(MHz)	: 7135	Modelo de Radio	: 9400 AWY
Polarización	: Vertical	Potencia (dBm)	: 21
Longitud de Enlace (Km)	: 11.09	Modelo de Antena	: VHLPX2-71W
Ancho de Banda (MHz)	: 7	Diámetro (m)	: 0.6
Configuración	: 1+1	Ganancia (dBi)	: 30.9

	<u>Estación A</u>	<u>Estación B</u>
Potencia (dBm)	21	21
Ganancia (dBi)	30.9	30.9
Altura de antena (m)	30	24
Pérdida de Línea (dB)	4.5	3.6
Pérdida de Espacio Libre (dB)		130.43
Pérdida por abs. atmosférica (dB)		0.11
EIRP (dBm)	47.4	48.3
Potencia de Recepción (dB)	-57.19	-57.19

Disponibilidad del enlace

Disponibilidad (%)	: 99.99993
Indisponibilidad (seg)	: 23.22
Indisponibilidad peor mes (SERS) (%)	: 99.99985
Margen de Desvanecimiento (dB)	: 30.16

- Enlace Estación Cruz de Piedra – Estación Cruz de Chalpon



Estación Cruz de Piedra	
Latitude	05 40 47.22 S
Longitude	079 30 35.14 W
Azimuth	250.53°
Elevation	2921 m ASL
Antenna CL	24.0 m AGL

Frequency (MHz) = 7128.0
K = 1.33
Fn = 60.00

Estación Cruz de Chalpon	
Latitude	05 43 03.54 S
Longitude	079 37 00.16 W
Azimuth	70.54°
Elevation	2407 m ASL
Antenna CL	30.0 m AGL

Datos del Enlace:

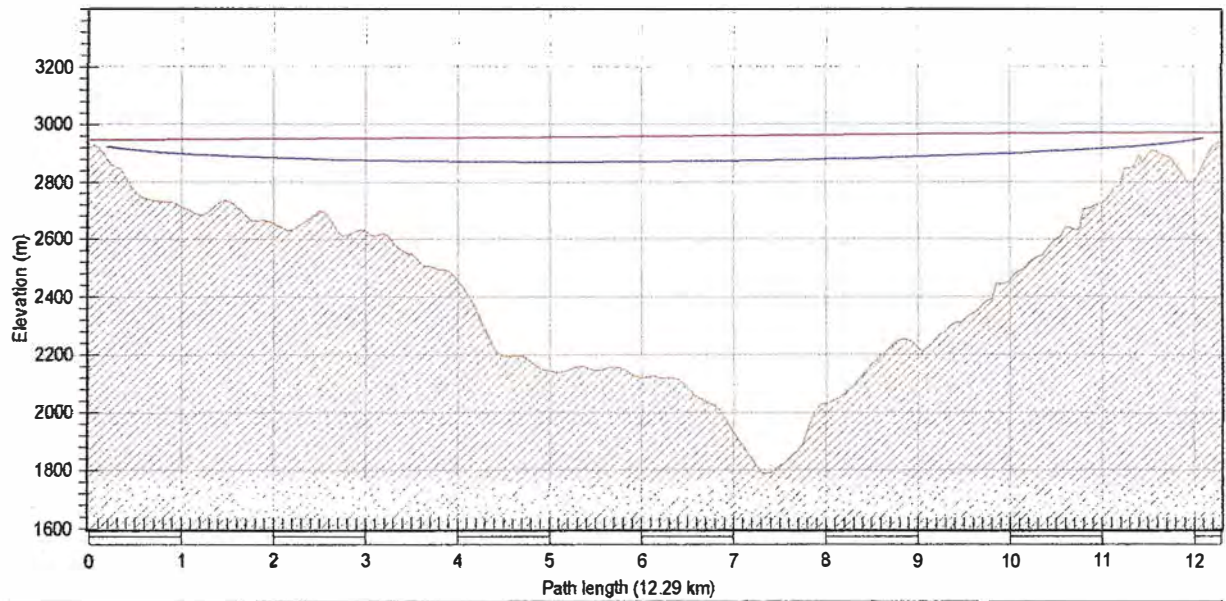
Frecuencia (MHz)	: 7128	Modelo de Radio	: 9400 AWY
Polarización	: Vertical	Potencia (dBm)	: 21
Longitud de Enlace (Km)	: 12.58	Modelo de Antena	: VHLPX2-71W
Ancho de Banda (MHz)	: 7	Diámetro (m)	: 0.6
Configuración	: 1+1	Ganancia (dBi)	: 30.9

	<u>Estación A</u>	<u>Estación B</u>
Potencia (dBm)	21	21
Ganancia (dBi)	30.9	30.9
Altura de antena (m)	24	30
Perdida de Línea (dB)	3.6	4.5
Pérdida de Espacio Libre (dB)		130.43
Pérdida por abs. atmosférica (dB)		0.11
EIRP (dBm)	48.3	48.75
Potencia de Recepción (dB)	-55.59	-55.59

Disponibilidad del enlace

Disponibilidad (%)	: 99.9999
Indisponibilidad (seg)	: 32.03
Indisponibilidad peor mes (SERS) (%)	: 99.9998
Margen de Desvanecimiento (dB)	: 30.41

- Enlace Estación Cruz de Piedra – Repetidor



Estación Cruz de Piedra	
Latitude	05 40 47.22 S
Longitude	079 30 35.14 W
Azimuth	211.94°
Elevation	2921 m ASL
Antenna CL	24.0 m AGL

Frequency (MHz) = 7128.0
K = 1.33
Fn = 60.00

Repetidor	
Latitude	05 46 26.70 S
Longitude	079 34 06.49 W
Azimuth	31.95°
Elevation	2945 m ASL
Antenna CL	30.0 m AGL

Datos del Enlace:

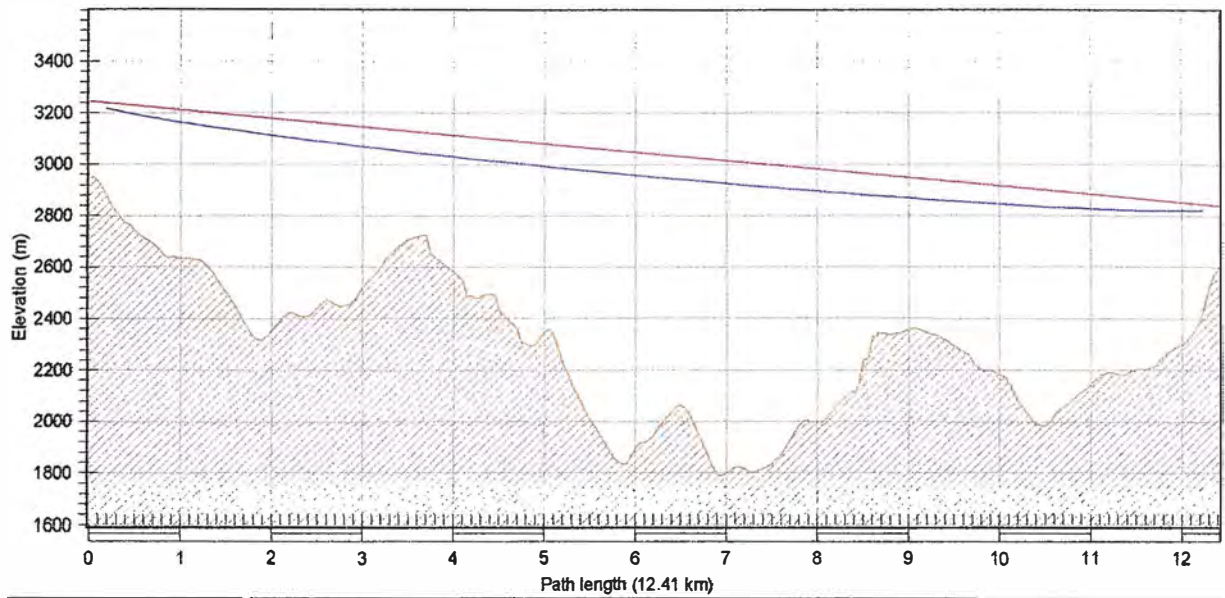
Frecuencia (MHz)	: 7128	Modelo de Radio	: 9400 AWY
Polarización	: Horizontal	Potencia (dBm)	: 21
Longitud de Enlace (Km)	: 12.29	Modelo de Antena	: VHLPX2-71W
Ancho de Banda (MHz)	: 7	Diámetro (m)	: 0.6
Configuración	: 1+1	Ganancia (dBi)	: 30.9

	<u>Estación A</u>	<u>Estación B</u>
Potencia (dBm)	21	21
Ganancia (dBi)	30.9	30.9
Altura de antena (m)	24	30
Perdida de Línea (dB)	3.6	4.5
Pérdida de Espacio Libre (dB)		131.32
Pérdida por abs. atmosférica (dB)		0.12
EIRP (dBm)	48.3	50.4
Potencia de Recepción (dB)	-53.74	-53.74

Disponibilidad del enlace

Disponibilidad (%)	: 99.99991
Indisponibilidad (seg)	: 29.27
Indisponibilidad peor mes (SERS) (%)	: 99.99981
Margen de Desvanecimiento (dB)	: 32.26

- Enlace Repetidor – Estación Limon



Repetidor	
Latitude	05 46 26.70 S
Longitude	079 34 06.49 W
Azimuth	139.93°
Elevation	2945 m ASL
Antenna CL	300.0 m AGL

Frequency (MHz) = 7128.0
K = 1.33
F _n = 60.00

Estación Limon	
Latitude	05 51 35.93 S
Longitude	079 29 46.72 W
Azimuth	319.92°
Elevation	2598 m ASL
Antenna CL	240.0 m AGL

Datos del Enlace:

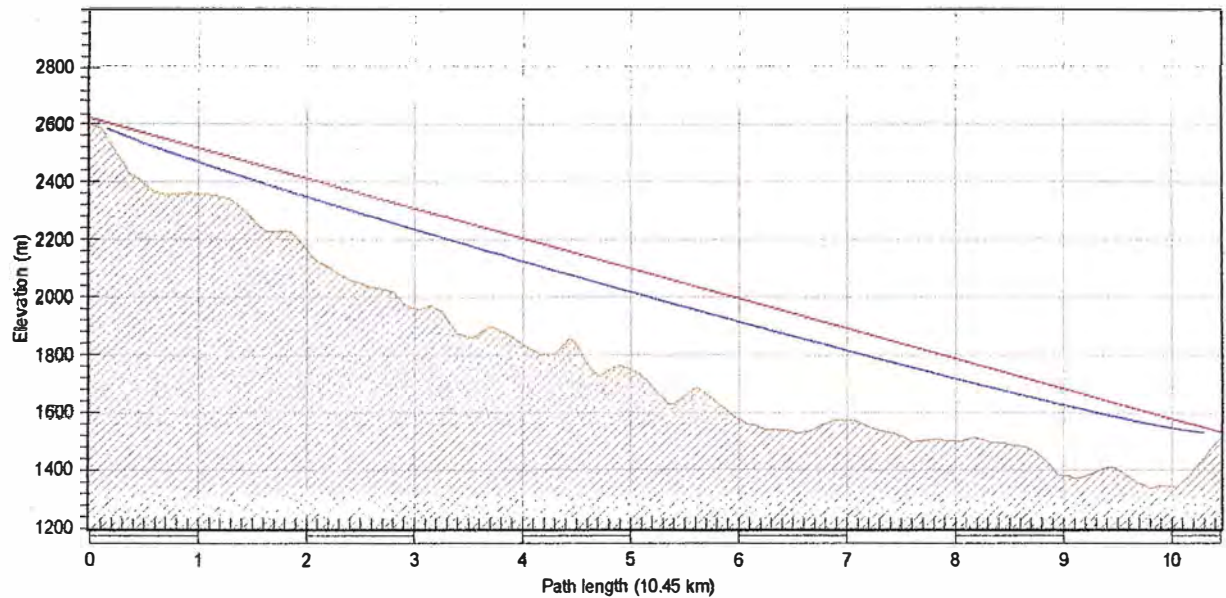
Frecuencia(MHz)	: 7128	Modelo de Radio	: 9400 AWY
Polarización	: Vertical	Potencia (dBm)	: 21
Longitud de Enlace (Km)	: 12.42	Modelo de Antena	: VHLPX2-71W
Ancho de Banda (MHz)	: 7	Diámetro (m)	: 0.6
Configuración	: 1+1	Ganancia (dBi)	: 30.9

	<u>Estación A</u>	<u>Estación B</u>
Potencia (dBm)	21	21
Ganancia (dBi)	30.9	30.9
Altura de antena (m)	30	24
Perdida de Línea (dB)	4.5	3.6
Pérdida de Espacio Libre (dB)		131.41
Pérdida por abs. atmosférica (dB)		0.12
EIRP (dBm)	50.4	48.3
Potencia de Recepción (dB)	-53.83	-53.83

Disponibilidad del enlace

Disponibilidad (%)	: 99.9999
Indisponibilidad (seg)	: 30.87
Indisponibilidad peor mes (SERS) (%)	: 99.9998
Margen de Desvanecimiento (dB)	: 32.17

- Enlace Estación Limon – Estación Paso Porcuya



Estación Limon	
Latitude	05 51 35.93 S
Longitude	079 29 46.72 W
Azimuth	37.86°
Elevation	2598 m ASL
Antenna CL	24.0 m AGL

Frequency (MHz) = 7128.0
K = 1.33
Fn = 60.00

Estación Paso Porcuya	
Latitude	05 47 07.34 S
Longitude	079 26 18.26 W
Azimuth	217.85°
Elevation	1510 m ASL
Antenna CL	21.0 m AGL

Datos del Enlace:

Frecuencia (MHz)	: 7128	Modelo de Radio	: 9400 AWY
Polarización	: Horizontal	Potencia (dBm)	: 21
Longitud de Enlace (Km)	: 10.51	Modelo de Antena	: VHLPX2-71W
Ancho de Banda (MHz)	: 7	Diámetro (m)	: 0.6
Configuración	: 1+1	Ganancia (dBi)	: 30.9

	<u>Estación A</u>	<u>Estación B</u>
Potencia (dBm)	21	21
Ganancia (dBi)	30.9	30.9
Altura de antena (m)	24	21
Perdida de Línea (dB)	3.6	3.15
Pérdida de Espacio Libre (dB)		129.96
Pérdida por abs. atmosférica (dB)		0.1
EIRP (dBm)	48.3	48.75
Potencia de Recepción (dB)	-54.01	-54.01

Disponibilidad del enlace

Disponibilidad (%)	: 99.99996
Indisponibilidad (seg)	: 12.97
Indisponibilidad peor mes (SERS) (%)	: 99.99992
Margen de Desvanecimiento (dB)	: 31.99

En el diseño de la red de Transporte, se ha contemplado el uso de la banda de 7 GHz para los enlaces microondas que interconectarán las estaciones base. Para esta planificación, de acuerdo a la topología propuesta (Figura 3.2), y teniendo en cuenta que se transportará tanto tráfico de voz como de datos, se ha considerado para enlaces de conexión entre las estaciones base, anchos de banda de 7 MHz y para los enlaces troncales, que transportarán el tráfico de varias estaciones, un ancho de 28 MHz.

En la Figura 3.5 se presenta el diagrama topológico de la red.

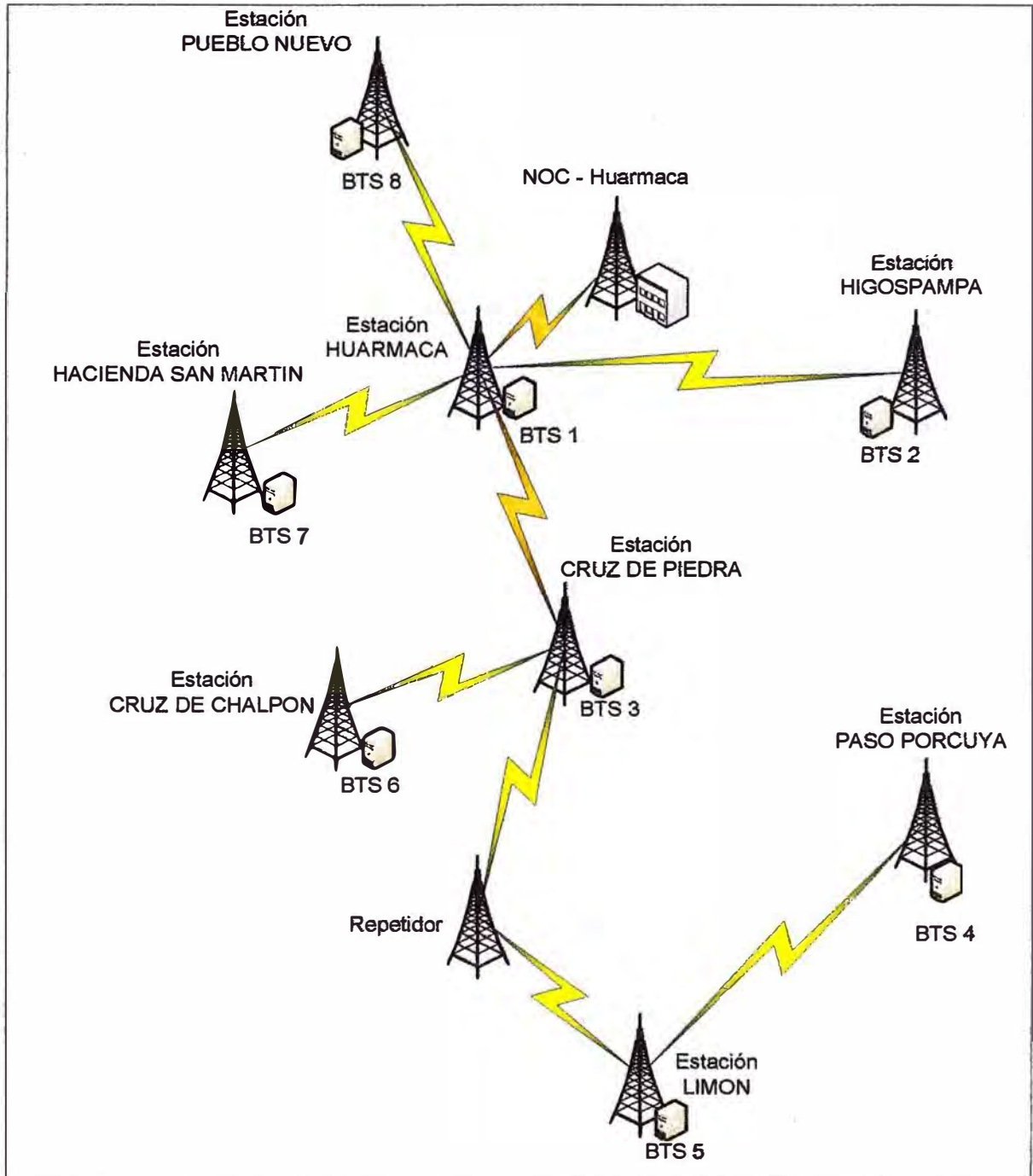


Figura 3.5. Topología de la red

Fuente: Elaboración Propia

Debido a lo accidentado del terreno y a la gran distancia que se encuentran alejadas las estaciones Limon y Paso Porcuya, se ha planteado el uso de una estación repetidora entre la estación Cruz de Piedra y la estación Limon.

3.4. Diseño de la red de Core

La topología de la red de Core se detalla en la Figura 3.6.

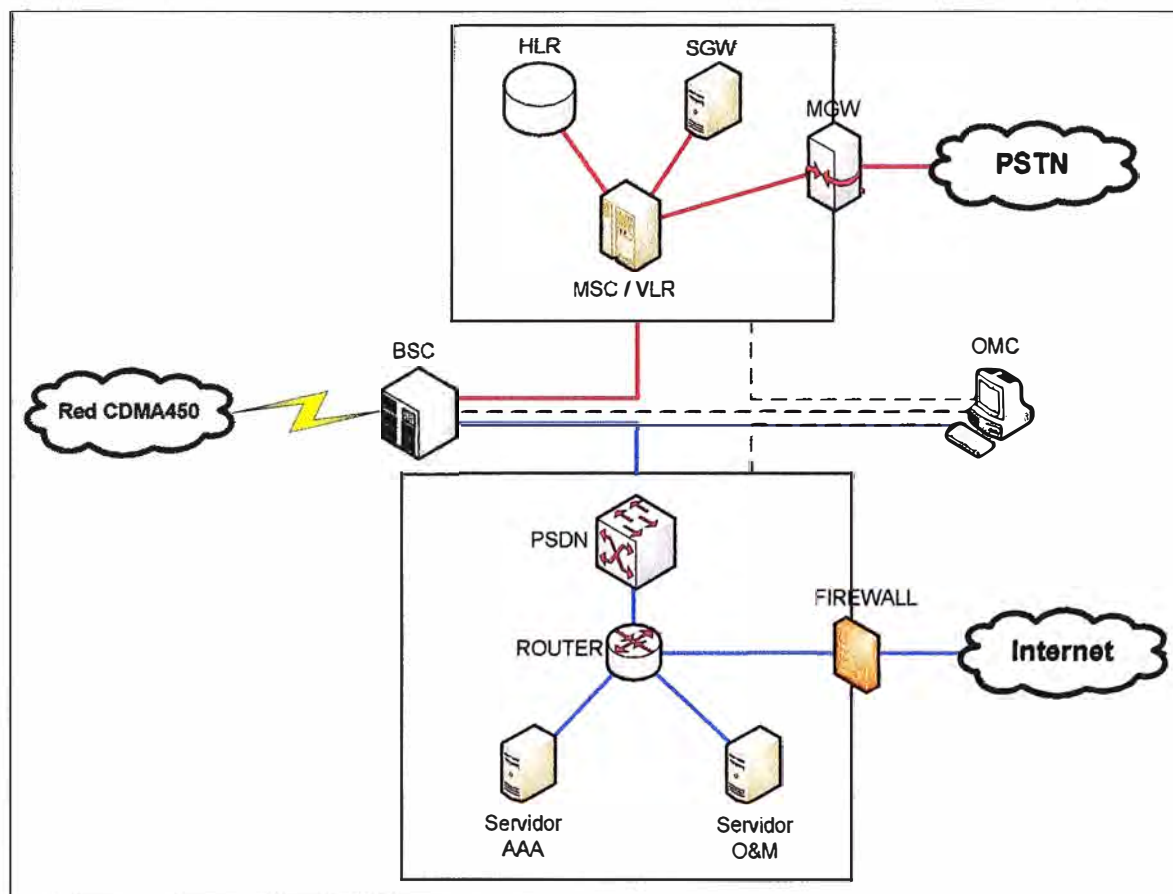


Figura 3.6. Topología de la red de Core

Fuente: Elaboración Propia.

Para esta parte de la red se considerará el despliegue de los siguientes elementos:

3.4.1. MSC – Mobile Switching Center

El MSC es el elemento de la red de Core encargado del establecimiento y desconexión de los servicios de voz para los terminales de CDMA que se establecen tanto dentro del área de servicio como las que se interconectan con la PSTN. Se encarga de asignar recursos de manera dinámica a los terminales. Tiene las funciones de monitoreo de la red. Recolecta los datos de contabilidad para su posterior facturación. Se encarga también del proceso de handover de los terminales, así como del roaming. El MSC trabaja en conjunto con bases de datos que son el HLR y el VLR.

3.4.2. VLR – Visitor Location Register

Contiene toda la información sobre un usuario necesaria para que dicho usuario acceda a los servicios de red. Forma parte del MSC con quien comparte funcionalidad.

3.4.3. HLR – Home Location Register

El HLR es una base de datos que contiene información sobre los usuarios conectados a un determinado MSC. Entre la información que almacena el HLR tenemos fundamentalmente los datos de suscripción del usuario, localización del terminal y los servicios a los que tiene acceso. Puede proporcionar servicio a varias MSCs. El HLR funciona en conjunto con en VLR.

3.4.4. MGW – Media Gateway

El MGW proporciona servicios transición del dominio de paquetes de la red de core al dominio de circuitos de la PSTN. Para eso cuenta con el soporte los codec de voz como vocoders, realiza funciones de modem/IWF (conversión mutua entre el audio de voz generado por los módems y el flujo digital de audio en bytes). También tiene la capacidad de terminar las conexiones PPP.

3.4.5. SGW – Signaling Gateway

El SGW está encargado de la conversión de la transmisión de señalización SS7 y la transmisión de señalización basada en IP, SIGTRAN. También garantiza la integración de los servicios entre redes diferentes.

3.4.6. PDSN – Packet Data Serving Node

El PDSN es el Gateway entre la red de acceso y la red de core. Este elemento realiza las siguientes funciones:

- Gestión de la interfaz radio de paquetes entre la red de acceso y la red IP mediante el establecimiento, mantenimiento y terminación de la capa de enlace con el terminal del abonado.
- Terminar las sesiones PPP iniciadas por los abonados.
- Proporcionar una dirección IP para el terminal del abonado.
- Gestionar activamente los servicios del abonado basado en la información de perfil recibida de los servidores AAA.
- Autenticación de usuarios a nivel local o reenviar solicitudes de autenticación al servidor AAA.
- Enrutar el tráfico de paquetes hacia redes externas o la Internet.
- Recoger y transmitir paquetes de datos de facturación.

3.4.7. AAA Server – Authentication, Authorization, and Accounting Server

El servidor AAA tiene la función de autenticar y autorizar a los usuarios el acceso a la red y de almacenar las estadísticas de uso de abonado para la facturación.

3.4.8. OMC - Centro de Operación y Mantenimiento

Es la interfaz encargada de la gestión, administración y configuración de la red. Este nodo está encargado de la gestión administrativa de los abonados y la gestión técnica de los equipos. También tiene entre sus funciones el monitoreo de la red.

3.5. Determinación del equipamiento a utilizar

A continuación se presenta el equipamiento a implementar en este proyecto.

3.5.1. Estación Base ZTE ZXC10

Las características técnicas de este equipo se presentan en la Tabla 3.6 y la Figura 3.7.

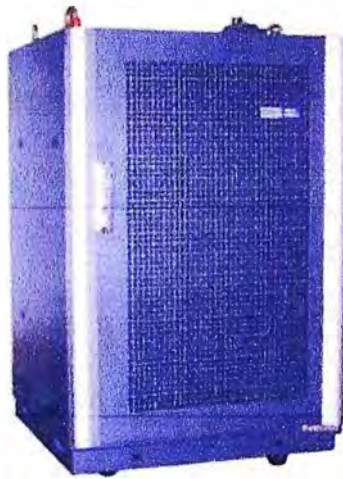


Figura 3.7. BTS ZTE ZXC10 CBTS O1

Fuente: Product Information – ZTE.

Tabla 3.6. Características Técnicas BTS ZTE-ZXC10 CBTS O1

Frecuencia de Operación	450 MHz / 800 MHz / 1900 MHz
Ancho de Banda de Canal	1.25 MHz
Modulación	QAM
Sensibilidad	Menos de -127 dBm
Máxima Recepción	Menos de -65 dBm / 1.23MHz
Potencia de Transmisión	40 W
Transmisión	E1/T1 (hasta 16) y FE
Configuración	3 sectores
Capacidad por sector	EV-DO: 24 Carriers/Sector 1x: 48 Carriers/Sector
Dimensiones (WxDxH)	600 mm x 600 mm x 850 mm
Alimentación	-48 VDC / 110 VAC / 220 VAC
Consumo de Potencia	1060 W
Temperatura de Trabajo	-5 °C a 45 °C

Fuente: Datasheet Fabricante ZTE

3.5.2. BSC ZTE ZXC10 BSCB

Este equipo cuenta con el modulo PCF integrado. Las características técnicas de este equipo se presentan en la Tabla 3.7 y la Figura 3.8.



Figura 3.8. BSC ZTE ZXC10 BSCB

Fuente: Product Information – ZTE.

Tabla 3.7. Características Técnicas BSC ZTE-ZXC10 BSCB

Capacidad hacia Interface A (MSC)	240 E1
Capacidad hacia Interface Abis (BTS)	380 E1
Carriers por Sector	15360
Busy Hour Call Attempt	4700k
Volumen de Tráfico de Voz	50K Erlangs
Capacidad de Subscriptores de voz	2500K (0.02Erl/sub)
Capacidad de sesiones PPP activas	120000
Total Throughput	6 Gbps
Capacidad de sesiones PPP	6 millones
Dimensiones (WxDxH)	600 mm x 800 mm x 2000 mm
Alimentación	-48 VDC
Consumo de Potencia	600 W
Temperatura de Trabajo	-5 °C a 45 °C
Disponibilidad	100.00%
MTBF	200000 Horas

Fuente: Datasheet Fabricante ZTE.

3.5.3. Subsistema de Conmutación de Circuitos ZTE ZXC10-3GCN

El fabricante ZTE ofrece una solución integral ZXC10-3GN para las redes CDMA2000. Esta solución provee el equipamiento necesario para la red de Core: MSC, MGW y HLR. Las características principales de cada nodo de esta solución se muestran en la Tabla 3.8.

Tabla 3.8. Características Técnicas ZTE ZXC10-3GCN

ZXC10-MSCe	
Capacidad del sistema	3600K subscriptores
Capacidad de tráfico	74k Erlang
Capacidad de procesamiento de llamadas	6400k BHCA
ZXC10-HLR	
Capacidad del sistema	6800k subscriptores
ZXC10-MGW	
Conmutación de Paquetes	320 Gbits/s
Conmutación de Circuitos	256 K x 256 K
Capacidad de procesamiento	3600K subscriptores
Capacidad de tráfico	74k Erlang

Fuente: Datasheet Fabricante ZTE.

3.5.4. Subsistema de Conmutación de Paquetes ZTE ZXPDS

Al igual que en subsistema de conmutación de circuitos, el fabricante ZTE ofrece una solución que integra los equipos de conmutación de paquetes. La solución ZXPDS puede integrar las funciones del PSDN, HA, AAA Server y OMC, dependiendo de las características y funciones de la red. Las principales características técnicas de los nodos a implementar se muestran en la Tabla 3.9.

Tabla 3.9. Características Técnicas ZTE ZXPDS

ZXPDS PSDN (por módulo)	
Total de subscriptores de datos on line	160000
Total de subscriptores activos	40000
Total de subscriptores soportados	1200000
Conexiones PPP procesadas por segundo	Mayor a 200
Throughput	800 Mbps
MTBF	100000 horas
AAA Server A100	
Total de subscriptores soportados	1000000
Número de solicitudes de autenticación procesadas simultáneamente	600
MTBF	100000 horas

Fuente: Datasheet Fabricante ZTE.

3.5.5. Equipo de Microondas

Este equipamiento será utilizado en la red de transporte. Como se indicó anteriormente, para el sistema de microondas se utilizarán equipos Alcatel-Lucent 9400 AWY y antenas Andrew VHLP2-7W. Las características de este equipamiento se presentan en la Tabla 3.10.

Tabla 3.10. Equipamiento de Radioenlaces

Radio Alcatel-Lucent 9400 AWY	
Rango de Frecuencia	7 GHz - 38 GHz
Modulación	4 QAM / 16 QAM
Ganancia del Sistema - BER 10-3 (dB)	98 (4 QAM) / 88 (16 QAM)
Potencia de Tx	21 dBm
Capacidad	Hasta 32 E1 / 64 Mb
Consumo de Potencia	48 W
Antena Andrew VHLP2-7W	
Frecuencia de Operación	7.1 - 8.5 GHz
Ganancia de Antena (dBi)	31.1
Diámetro	0.6 m
VSWR	1.3
Front to Back	57dB

Fuente: Datasheet Fabricante Alcatel-Lucent y Andrews.

3.5.6. Terminales para usuarios

Gracias a que la tecnología CDMA2000 ha sido implementada en varias redes a nivel mundial por varios operadores y la confianza y buenos resultados de las soluciones basadas en CDMA450 para entornos rurales, se tiene en el mercado diversas opciones de equipos terminales desarrolladas por varios fabricantes como por ejemplo Huawei, ZTE, Nortel, etc. Estos equipos terminales pueden operar en cualquier red CDMA450 independientemente de la marca del fabricante de los equipos de la red. En la Tabla 3.11 y la Tabla 3.12 se presentan las características técnicas de los equipos terminales, que se han optado para este proyecto, para el servicio de telefonía e Internet respectivamente. La Figura 3.9 y Figura 3.10 muestran estos equipos respectivamente.

- Terminal de Voz

Tabla 3.11. Equipos acceso de voz

Marca	Huawei
Modelo	ETS2051
Frecuencia de Operación	450 MHz
Antena	Indoor / Outdoor
Llamada de emergencia	Si
SMS	Si
Datos	153.6 kbps
Alimentación	90 - 264 V AC / 12V DC
Batería	72 hrs en espera 5 hrs en llamada

Fuente: Datasheet Fabricante HUAWEI.



- Terminal de datos

Tabla 3.12. Equipos acceso de datos

Marca	Axis
Modelo	MV410
Redes soportadas	CDMA2000 1xEV-DO Rev A CDMA2000 1xEV-DO Rev 0 CDMA2000 1x
Throughput	Hasta 3.1 Mbps
Interfaces	4 Puertos Ethernet Wi-Fi 802.11 b/g
Alimentación	110 - 220 AC / 12V DC
Batería	Hasta 2.5 horas

Fuente: Datasheet Fabricante Axis.

3.6. Infraestructura necesaria

El despliegue de la red presentada en este proyecto implica la construcción de infraestructura civil que albergue los equipos de comunicaciones. Entre las principales instalaciones que se deben considerar tenemos:

3.6.1. Sistema Eléctrico

Para garantizar el correcto funcionamiento de los equipos de las estaciones, la caseta de comunicaciones debe contemplar los siguientes sistemas:

- Tablero eléctrico de distribución, el cual debe contar con breakers para radio bases, para equipo de microondas, rectificador, iluminación de caseta, etc.
- Sistema de Tierra de la acometida, caseta y torre. El valor de la resistividad del sistema de puesta a tierra deberá ser menor a 5 ohms.
- Rectificador.
- Sistema de Pararrayos.

- Sistema de UPS y arreglo de Baterías.

3.6.2. Sala de Equipos

Para este proyecto se considera la construcción de sala de equipos de telecomunicaciones donde se ubiquen las estaciones base y equipos de radio y las torres donde se instalarán las antenas de la red de acceso y de transporte, según se muestra en la Figura 3.11. Cada caseta tendrá un tamaño de 49 m² (7m x 7m), espacio suficiente para adecuar y operar el rack y/o gabinete de comunicaciones, la torre de comunicaciones y el sistema eléctrico.

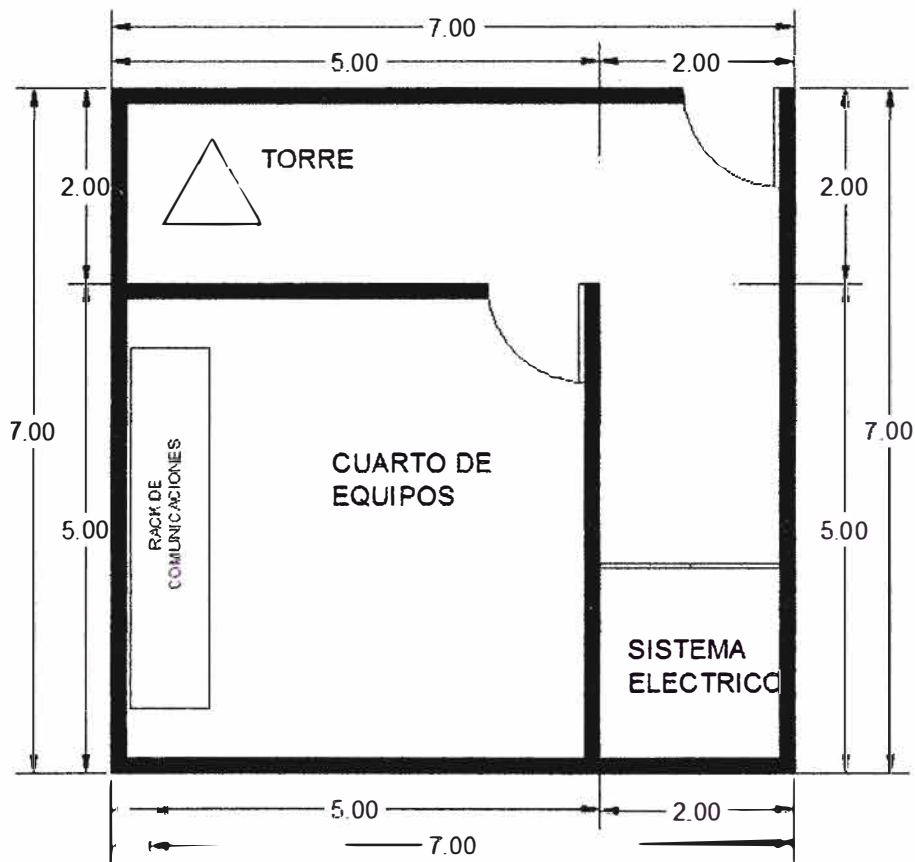


Figura 3.11. Plano Caseta de Estación.

Fuente: Elaboración Propia.

3.6.3. Torre de Comunicaciones

Para la instalación del sistema radiante de la BTS y de los equipo microondas, se hará uso de torres metálicas. La infraestructura de estas torres de comunicaciones proyectada para las estaciones base, repetidor y centro de operaciones se presenta en la Tabla 3.13.

Tabla 3.13. Torres de Comunicaciones

Estación	Altura Torre (m)	Tipo de Torre
NOC Huarmaca	30	Autosoportada
Estación Huarmaca	30	Autosoportada

Estación Higospampa	21	Ventada
Estación Cruz de Piedra	24	Autosoportada
Estación Paso Porcuya	21	Ventada
Estación Limon	24	Ventada
Estación Cruz de Chalpon	30	Autosoportada
Estación Hacienda San Martin	21	Ventada
Estación Pueblo Nuevo	24	Ventada
Repetidor	30	Autosoportada

Fuente: Elaboración Propia.

3.6.4. Estación Repetidora

Dado la ubicación de la estación repetidora, el suministro de energía eléctrica no es factible. Por lo que se ha considerado el uso de paneles solares y baterías para la alimentación de los equipo de esta estación. A continuación se detallan los suministros a implementar:

- Paneles solares.
- Regulador solar.
- Baterías solares selladas.
- Inversor 24VDC – 230VAC.

CAPITULO IV ANALISIS Y PRESENTACION DE RESULTADOS

4.1. Equipamiento a utilizar y costos referenciales

En este capítulo se presentará el análisis económico del proyecto. Para este análisis se tomará en cuenta los costos referenciales de los equipos en cada estación, instalación y los costos de obra civil para el despliegue de la red. También se presentará un análisis de los gastos de mantenimiento y operación del sistema.

En la Tabla 4.1 y la Tabla 4.2 se presentan los costos y características del equipamiento a implementar. En este proyecto se plantea la adquisición de equipos ZTE, empresa que ha desplegado diversas redes de comunicaciones basadas en CDMA 2000 a nivel mundial. Cabe destacar que es factible el uso de equipos de cualquier marca en cualquier de los nodos por ser la tecnología CDMA una tecnología estandarizada. En la Tabla 4.3 se presenta el costo de total de equipamiento e instalación. Los precios descritos a continuación son precios referenciales y expresados en dólares americanos.

Tabla 4.1. Detalle y Costo de Equipamiento CDMA

Equipos Estaciones Base ZTE				
Modelo	Descripción	Cant.	Precio Unit. (\$)	Total (\$)
ZXC10 CBTS 01	BTS Compact Base Transceiver Station, TRx Module (450M, Band AB), RF Management Module, Radio Power Supply Module(+27V), High Power Amplifier 450M, Macro BTS Duplexer, Macro BTS Diversity, GPS Receiver y Antenna feeder, Site Alarm Module.	8	65,000	520,000
	Digital Trunk Cable 75 Ohm 1 core/15m, -48V Feeder Cable 15m, GND Feeder Cable 15m, 3 Sectors 7/8" Feeder Cable			
	Antena: Frequency range:450-470MHz, Gain:15±1dbi, VSWR <1.5, Dual Polarized, Horizontal 3dB, Beamwidth:65°, Vertical 3dB Beamwidth:17°, Connecor:DIN-F			
Equipo Estación Controladora				
Modelo	Descripción	Cant.	Precio Unit (\$)	Total (\$)

ZXC10-BSCB	Digital Trunk Cable 75Ω 30m, 48V Power Cable BV-25/30m, GND Power Cable BV-35/30m	1	90,000	90,000
	CDMA2000 Base Station Controller, GPS Control Module, Universal Interface Module, Operation Main Process and Route Main Process Board, Call Control Main Processor Subcard, Resource Management Main Process Subcard, Dedicated Signaling Main Process Subcard, No7 Signaling Process Board, BSC Rack No 1.	1		
	Modulo PCF: PCF Signaling Process Subcard-SPCF, Interface Board of PCF, PCF User Plane	1		
Subsistema de Conmutación de Circuitos				
Modelo	Descripción	Cant.	Precio Unit. (\$)	Total (\$)
ZXC10-MSCe	MSC-60K(including SORM) CDMA Mobile Switching System, Signaling Processing Board (SPB), Multi-service Network Interface Card, Signal Main Processor (SMP), Operation Main Processor (OMP), Rack Power Distributor double Power, Alarm System, Analog signaling board 3, Universal Interface Module.	1	160,000	160,000
ZXC10-HLR	HLR-60K CDMA Mobile Switching System, Backboard for control unit, Communication Board (MPMP, MPPP, No. 7), Digital Trunk Interface, Monitor Board, Peripheral Environment Parameter Detection, Rack Power Distributor double Power, Alarm System.	1	70,000	70,000
ZXC10-MGW	BCTC, BCSN and BUSN Modules, Power Distribution unit, Digital Trunk Board, Digital Trunk Echo Canceler, Interworking Function Board, 3G universal Rack No.1, Digital Trunk Cable 120Q, DB44	1	85,000	85,000
	Telecomm.Module(CECOMM), Cisco2611//CISCO2611 XM: Dual 10/100 Ethernet Router w/ Cisco IOS IP, TD-56000II: 56k/data/fax/voice/external/ITU V.90&K56FLEX/pull out model	1	2,000	2,000
Subsistema de Conmutación de Paquetes				
Modelo	Descripción	Cant.	Precio Unit. (\$)	Total (\$)
ZXPDS S PDSN	PDSN-20K CDMA2000 Packet Data Switching System, Interface Ge of Pdss, Packet Forwarding Unit, User RP and PI interface processing unit of PDSN, Management Process Unit, Control and Storage Unit.	1	60,000	60,000

ZXPDS S AAA Server A100	AAA-20K CDMA2000 Packet Data Switching System, HP D248MT/2*512M/80G/Intel 865GV, 17"LCD, DI Raid Card INTEL, Redundancy Hot-Plug Power Supply, SO SUSE Linux10, DB Oracle 10gEE, Dual port 1000T Gb network	1	20,000	20,000
	Telecomm.Module Cisco2611//CISCO2611 XM: Ethernet Router w/ Cisco IOS-IP.	1	2,000	2,000
Modulo de Operación y Mantenimiento NetNumen™ M3				
Modelo	Descripción	Cant.	Precio Unit. (\$)	Total (\$)
EMS/ NMC Server	Rack server: Dell R710, HP DL380G7, ZTE R700. Rack disk array: Dell MD3000, HP MSA2000sa G2, ZTE S200.	1	20,000	20,000
Work station	CGS Linux V3.02.00_P03/64bit, Oracle 10.2.0.4 EE 64bit for Linux	1		
Alarm box	Alarm box (V5.0 and later versions)	1		
Switch	ZXR10 RS-2928-DC (AC) 24-port 10/100M autosensing switch with DC/AC power supplies.	1		
SUBTOTAL Equipamiento CDMA			\$1,029,000.00	

Fuente: Viettel Perú 2012. Elaboración Propia.

Tabla 4.2. Detalle y Costo de Equipamiento e Infraestructura del Proyecto

Sistema de Microondas				
Modelo	Descripción	Cant.	Precio Unit. (\$)	Total (\$)
9400 AWY	Alcatel-Lucent 9400 AWY Digital Microwave Radio Links IDU+ODU / 1+0 HSB	18	10,000	180,000
VHLP2- 7W	ValuLine® High Performance Low Profile Antenna, single polarized, 7.1–8.5 GHz, 0.6 m	18	1,400	25,200
	Accesorios de Montaje	18	200	3,600
Subtotal Equipos de Microondas			\$208,800	
Casetas y Torres de Telecomunicaciones				
Modelo	Descripción	Cant.	Precio Unit. (\$)	Total (\$)
-	Caseta de Comunicaciones	8	5,500	44,000
-	Rack/Gabinete 19" 1.80m de altura	8	200	1,600
-	Tablero de Control	8	150	1,200
-	Sistema de Pararrayos	8	350	2,800
-	Torre Autosoportada Triangular - Montaje	4	8,000	32,000
-	Torre Ventada Triangular - Montaje	5	1,500	7,500
-	Sistema de Puesta a Tierra	9	1,500	13,500
-	Cableado, Accesorios de Instalación	9	200	1,800

Subtotal Infraestructura de Estaciones CDMA				\$104,400
Equipamiento de Networking				
Modelo	Descripción	Cant.	Precio Unit. (\$)	TOTAL (\$)
Cisco Catalyst 3750	Cisco Catalyst 3750-48PS-48 Ethernet 10/100 ports with IEEE 802.3af and PoE, four SFP uplinks, RIPv1, OSPF, IEEE 802.1d Spanning Tree Protocol	1	6,000	6,000
Cisco Router ASR 1001	Cisco ASR 1000 Series ESP, 4 GB of DRAM, 2-Port Gigabit Ethernet, IP Security (IPsec), Firewall, Network Address Translation (NAT), L2TP Tunnel Switch (L2TS, Dual AC/DC power supplies.	1	12,000	12,000
Cisco ASA 5510	Cisco® ASA 5500 Series Adaptive Security Appliances, Firewall, IPsec VPN, Virtual Interfaces (VLANs), IPS services, Routing services, 8GB memory, 1 GB Flash memory.	1	10,000	10,000
Subtotal Equipamiento de Networking			\$28,000	
Equipamiento Estación Repetidora				
Modelo	Descripción	Cant.	Precio Unit. (\$)	TOTAL (\$)
-	Caseta de Comunicaciones	1	4,000	4,000
-	Rack/Gabinete 19" 1.80m de altura	1	200	200
-	Tablero de Control	1	150	150
-	Sistema de Pararrayos	1	350	350
-	Modulo Solar 50V 275Wc 72 celdas, inc. Caja de conexión, soporte metálico y cableado	2	1,500	3,000
-	Regulador Solar 48VDC - 20A	1	140	140
-	Baterías Solares selladas OPZV solar power 310	1	2,500	2,500
-	Torre Autosoportada Triangular - Montaje	1	8,000	8,000
-	Inversor 300W - 48VDC/230VAC - Montaje en Pared	1	450	450
-	Sistema de Puesta a Tierra	1	1,500	1,500
-	Cableado, Accesorios de Instalación	1	200	200
Subtotal Equipamiento Estación Repetidora			\$20,490	
SUBTOTAL Equipamiento e Infraestructura			\$361,690.00	

Fuente: OSC Telecomunicaciones EIRL. Elaboración Propia.

Tabla 4.3. Costo de Implementación y Despliegue del Proyecto

SUBTOTAL	\$1,390,690.00
IGV	\$250,324.20
TOTAL (inc. IGV)	\$1,641,014.20

4.2. Operación y Mantenimiento

Para la operación y mantenimiento de la red se considerarán los gastos incurridos en contratación de personal técnico, mantenimiento de las estaciones, consumo de energía de las estaciones entre otros según se detalla en la Tabla 4.4.

El personal encargado del funcionamiento de la red estará compuesto por un Ingeniero Supervisor, 3 Ingenieros y 3 técnicos. El Mantenimiento de las Estaciones implica revisión de los sistemas radiantes, mantenimiento de las torres de comunicación, pruebas en campo de niveles de cobertura y señal, etc.

Tabla 4.4. Gastos de Operación y Mantenimiento

Gastos Operativos			
Personal	Cant.	Sueldo	Total Mensual
Ingeniero Supervisor	1	\$1,300	\$1,300
Ingeniero	3	\$900	\$2,700
Técnico	3	\$650	\$1,950
Gastos de Mantenimiento			
Fijos			Costo Mensual
Mantenimiento de Estaciones			\$1,600
Energía Sites			\$800
Gastos Varios			\$250
Total Egresos (Mensual)			\$8,600
Total Anual			\$103,200

Fuente: Elaboración Propia.

4.3. Cronograma de Implementación del Proyecto

En este punto se presentará el cronograma para la implementación de la red. El tiempo de implementación del proyecto se estima en 4 meses (95 días útiles) y contempla los trabajos a realizar desde la tramitación de licencias ante el MTC y la Municipalidad de Huarmaca, la importación y prueba de equipos, capacitación de personal, instalación y configuración de los equipos, pruebas en campo y mediciones de señal hasta el inicio de operaciones.

De acuerdo a este cronograma y considerando el inicio de actividades el 01 de Marzo del 2013, el inicio de operaciones estaría contemplado para el 01 de Julio del presente año. En la Figura 4.1 se muestra el cronograma de implementación del proyecto representado en un diagrama de Gantt en el que se define la implementación para cada estación y el NOC y en la Tabla 4.5 se detalla en fechas este cronograma de implementación.

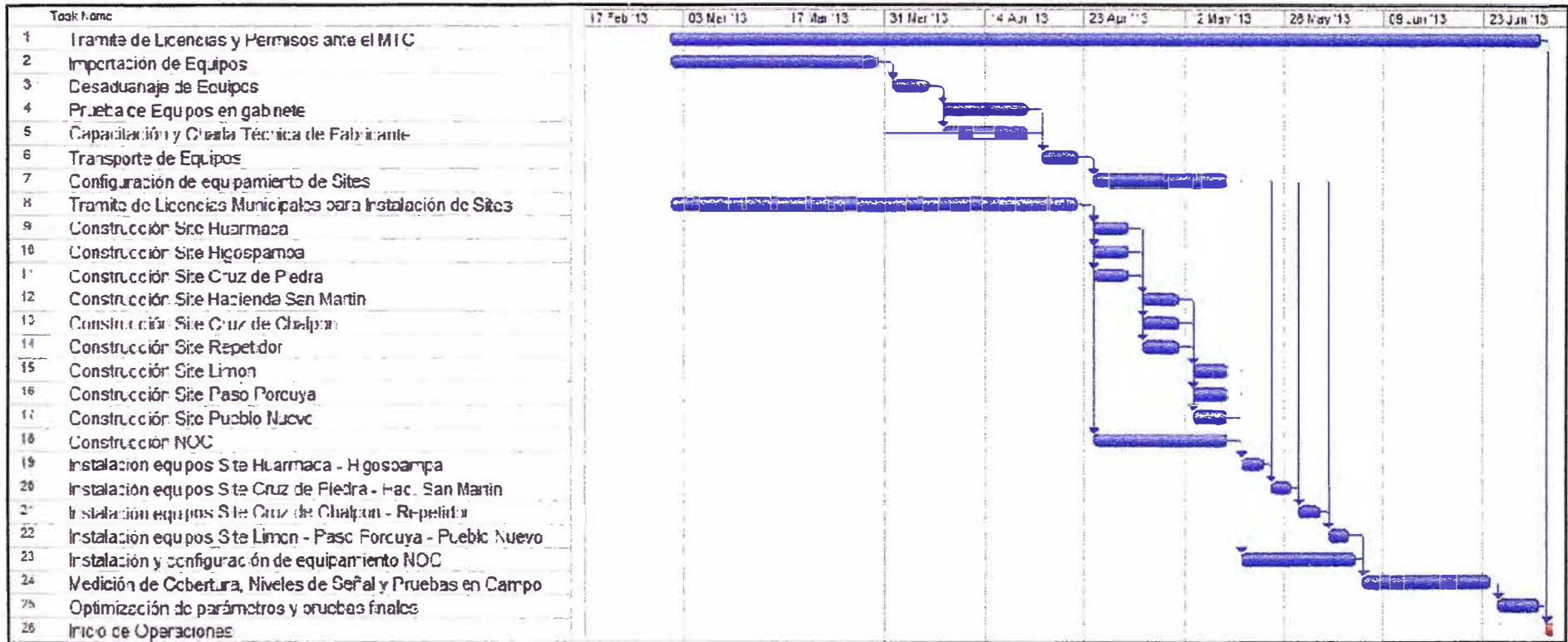


Figura 4.1. Cronograma de Implementación del Proyecto.

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 4.5. Cronograma de Implementación del Proyecto

	Task	Duración	Inicio	Fin
1	Trámite de Licencias y Permisos ante el MTC	95 días	01/03/2013	30/06/2013
2	Importación de Equipos	21 días	01/03/2013	31/03/2013
3	Desaduanaje de Equipos	5 días	01/04/2013	07/04/2013
4	Prueba de Equipos en gabinete	10 días	08/04/2013	21/04/2013
5	Capacitación y Charla Técnica de Fabricante	10 días	08/04/2013	21/04/2013
6	Transporte de Equipos	5 días	22/04/2013	28/04/2013
7	Configuración de equipamiento de Sites	17 días	29/04/2013	19/05/2013
8	Tramite de Licencias Municipales para Instalación de Sites	43 días	01/03/2013	28/04/2013
9	Construcción Site Huarmaca	5 días	29/04/2013	05/05/2013
10	Construcción Site Higospampa	5 días	29/04/2013	05/05/2013
11	Construcción Site Cruz de Piedra	5 días	29/04/2013	05/05/2013
12	Construcción Site Hacienda San Martin	5 días	06/05/2013	12/05/2013
13	Construcción Site Cruz de Chalpon	5 días	06/05/2013	12/05/2013
14	Construcción Site Repetidor	5 días	06/05/2013	12/05/2013
15	Construcción Site Limon	5 días	13/05/2013	19/05/2013
16	Construcción Site Paso Porcuya	5 días	13/05/2013	19/05/2013
17	Construcción Site Pueblo Nuevo	5 días	13/05/2013	19/05/2013
18	Construcción NOC	17 días	29/04/2013	19/05/2013
19	Instalación equipos Site Huarmaca, Higospampa	4 días	20/05/2013	24/05/2013
20	Instalación equipos Site Cruz Piedra, Hac Sn Martin	4 días	24/05/2013	28/05/2013
21	Instalación equipos Site Cruz Chalpon, Repetidor	4 días	28/05/2013	01/06/2013
22	Instalación equipos Site Limon, Porcuya, Pueblo Nuevo	4 días	01/06/2013	05/06/2013
23	Instalación y configuración de equipamiento NOC	14 días	20/05/2013	05/06/2013
24	Pruebas en campo y mediciones de calidad de señal	13 días	06/06/2013	23/06/2013
25	Optimización de Parámetros y Pruebas Finales	5 días	24/06/2013	30/06/2013
26	Inicio de Operaciones		01/07/2013	

Fuente: Elaboración Propia.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Habiendo presentado los diversos capítulos de este proyecto podemos resaltar diversas conclusiones referentes al mercado de las telecomunicaciones en el país, la situación de las poblaciones rurales, la tecnología CDMA como una tecnología con mucho potencial para zonas de difícil acceso y además resaltar conclusiones respecto al proyecto en sí.

- El mercado de las comunicaciones en el Perú ha estado en auge desde la privatización, en 1994, de las empresas públicas encargadas de estos servicios y continúa en crecimiento gracias a la inversión privada, a la libre competencia y al desarrollo de nuevas tecnologías que permiten abaratar costos y prestar mejores servicios. Sin embargo este crecimiento no es alcanzado por todos los pobladores de las diversas provincias del país y en especial en las zonas rurales, a las cuales las empresas operadoras no ven como un mercado atractivo donde invertir, quedándose así ajenos de los beneficios que conllevan los servicios de comunicaciones.
- Con el diseño propuesto concluimos que con pocas estaciones CDMA450 podemos dar cobertura a una gran extensión de territorio gracias a las ventajas que ofrece la banda de 450MHz como su buena propagación y alcance radioeléctrico. Además de brindar un servicio de 3ra generación, ofreciendo un mejor servicio que la tecnología 2.5G brindado actualmente por Movistar y Claro.
- Gracias a iniciativas del estado, como los proyectos FITEL, y a diversos requerimientos regulatorios, se ha conseguido atender a la necesidad de servicios de comunicaciones de diversas localidades y zonas rurales del país.
- En el Perú, la banda de 450 MHz actualmente está reservada para los servicios de acceso de telefonía inalámbrica y la canalización dispuesta para esta banda va acorde a los requisitos de operación de la tecnología CDMA450 (ancho de banda de 1.25 MHz) con lo que se garantiza la compatibilidad de la tecnología con las disposiciones técnicas establecidas por el MTC.

- La tecnología CDMA 2000 se presenta como una alternativa confiable para brindar acceso a los servicios de comunicaciones. Ha sido implementado por diversos operadores en varios países a nivel mundial y su variante CDMA450 se proyecta como una solución bastante viable para brindar y soportar el acceso de abonados en zonas rurales.
- Finalmente, podemos concluir diciendo que el acceso a los servicios de telecomunicaciones facilita el acceso a la información y permite la comunicación por lo que se le considera un derecho, y por lo que es un deber del Estado asegurar que esto sea extensivo a todos los pobladores del territorio. Además, es bastante aceptada la tesis de que el desarrollo de las redes de telecomunicaciones genera mejoras y desarrollo de la sociedad en su conjunto.

5.2. Recomendaciones

Entre las recomendaciones a proponer podemos citar:

- Para llevar a cabo proyectos de gran envergadura en zonas rurales, como lo es el despliegue de una red de telecomunicaciones, es recomendable realizar análisis y estudios que permitan definir de manera más precisa las necesidades y actitudes de la población hacia los servicios de comunicaciones. Además, se debe considerar que estas necesidades van a evolucionar y que los servicios de comunicaciones ofrecidos deben adaptarse a estas nuevas necesidades.
- Dado que en el presente proyecto se contempla brindar servicio a una localidad donde los sistemas de comunicaciones no son tan difundidos, es recomendable informar a la población a partir de cursos de capacitación y charlas, además de los beneficios y ventajas sobre el uso de esta herramienta, sobre la implicancia que tiene en el desarrollo de su comunidad. Esto con el fin de generar en la población conciencia sobre la conservación y cuidado de la infraestructura de la red, lo cual se verá reflejado en un mejor uso y en la seguridad de los mismos.
- En el sistema presentado, para el servicio de telefonía (CDMA450 WLL), dado que no se ha considerado la movilidad del usuario, es recomendable colocar una antena directiva en los equipos de los abonados para garantizar un mejor nivel de señal.
- Dado que la red presentada en este trabajo es de alcance local al distrito de Huarmaca únicamente, la ubicación del centro de operaciones de la red (NOC) se ha considerado dentro del mismo. Sin embargo, ante una eventual implementación y considerando el crecimiento de la red, así como de su área de cobertura, se recomienda ubicar el NOC en zonas urbanas y accesibles, ya sea la capital de la provincia o del departamento donde se

proyecta su implementación, con la finalidad de garantizar tiempos de respuesta cortos para cualquier tipo de soporte logístico y técnico, por parte de los proveedores, ante cualquier contingencia que se tenga en la red.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Humberto Campodónico Sánchez, “La inversión en el sector de telecomunicaciones del Perú en el período 1994-2000”, 1999.
- [2] Eduardo Alejandro Suárez Rosales, “Modelo de propagación para la tecnología CDMA 450 en enlaces rurales”. Paper Universidad Técnica Particular de Loja.
- [3] Ajay R. Mishra, “Cellular technologies for emerging markets 2g, 3g, and beyond”. John Wiley & Sons, Ltd, 2010.
- [4] Página web del Organismo Supervisor de Inversión Privada en Telecomunicaciones.
<http://www.osiptel.gob.pe>
- [5] Página web del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
<http://www.mtc.gob.pe>
- [6] Página web del Fondo de Inversión en Telecomunicaciones.
<http://www.fitel.gob.pe/>
- [7] Página web del Instituto Nacionales de Estadística e Informática.
<http://www.inei.gob.pe/>
- [8] Geoffrey R Daniell, “Rural Communications”.
Paper IEEE, 1992.
- [9] Separatas Curso Postgrado Comunicaciones Inalámbricas, INICTEL - 2009.
- [10] Krzysztof Wesołowski, “Introduction to digital communication systems”.
John Wiley & Sons, Ltd, 2009.
- [11] Consejo Municipal Distrito de Huarmaca, “Proceso de planificación concertada para la zonificación ecológica económica del distrito de Huarmaca – Informe Final”.
Marzo 2012.
- [12] Página web del CDMA Development Group (CDG).
<http://www.cdg.org/>
- [13] Guillermo Fornaresio, “Curso sobre sistemas CDMA450”.
Centro de Excelencia, ITU - 2008.
- [14] Plan Nacional de Atribución de Frecuencias, 2005.

- [15] Diego Mauricio Uribe Nogales, “Uso de la banda 450 MHz con la tecnología de acceso múltiple por división de código CDMA, en el ecuador para la ampliación del acceso universal”.
- Tesis de Maestría, 2009.
- [16] Página web ZTE.
- <http://www.zte.com.cn>, <http://ensupport.zte.com.cn>
- [17] José Carlos Romani Ojeda, “Proyecto para la implementación de una plataforma de comunicación multimedia para interconsultas médicas en el hospital de Huarmaca”.
- Tesis PUCP, 2012.
- [18] Poloka Rasclio and Thomas J. Afullo, “CDMA performance for Rural Telecommunication Access”.
- Paper IEEE, 2004.