

Design of a Rural Telecommunications Network, CDMA 450MHz, for Populations in the Basins of the Rivers Paruro, Apurimac and Acomayo

Matumay Barut
200211413@urp.edu.pe
Omar Caycho
200211413@urp.edu.pe
Pilar Ligarda
200211413@urp.edu.pe
Jose Sanz
200211413@urp.edu.pe
Profesor: Rubén Cotera
rcotera@mail.urp.edu.pe

**Curso: CE1009 Comunicaciones Rurales
2011-01**

Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica
Universidad Ricardo Palma

RESUMEN: *El presente trabajo se ocupa del diseño de una Red de Telecomunicaciones Rurales para las poblaciones ubicadas en las cuencas de los ríos Paruro, Apurímac y Acomayo dentro de las provincias de Paruro y Acomayo, en la Región Cusco, haciendo uso de la tecnología CDMA en la frecuencia de 450 MHz (CDMA 450 en adelante) incluyendo todas las capacidades, ventajas y servicios de una tecnología de tercera generación.*

El primer capítulo está centrado en brindar un panorama general sobre la tecnología CDMA, poniendo especial atención en el uso de la frecuencia de 450 MHz para el desarrollo de sistemas de telecomunicaciones rurales tanto en el Perú como en el mundo.

El segundo capítulo estudia panorámicamente las condiciones socioeconómicas y técnicas de las comunidades a intervenir.

El tercer capítulo presenta el diseño de la red, en base a los requerimientos de la población y adaptándose a la geografía de esta zona, mediante el empleo de mapas y software especializado.

El cuarto capítulo describe los aspectos económicos a tomar en cuenta, es decir, los costos de diseño, implementación, operación y mantenimiento de la red.

ABSTRACT: This paper deals with the design of a Rural Telecommunications Network for populations in the basins of the rivers Paruro, Apurimac and Acomayo within Paruro and Acomayo provinces in the Cusco region, using CDMA, technology frequency of 450 MHz (CDMA 450 and above) including all the capabilities, benefits and services of third generation technology.

The first chapter is focused on providing an overview of CDMA technology, with special emphasis on the use of the frequency of 450 MHz for the development of rural telecommunications systems in both Peru and the world.

The second chapter examines panoramically socioeconomic conditions and technical community to intervene.

The third chapter presents the design of the network, based on the requirements of the population and adapted to the geography of this area, using maps and specialized software.

The fourth chapter describes the economic aspects to take into account, i.e., the costs of design, implementation, operation and maintenance of the network.

INTRODUCCIÓN

El hombre en su necesidad de comunicarse ha ido superando las barreras que se han presentado, desarrollando sistemas cada vez mejores y de mayor alcance para satisfacerla. Es así que ahora podemos observar y disfrutar de una gran cantidad de opciones para comunicarnos, además de contar con servicios cada vez más especializados los cuales nos permiten acceder a otro universo de posibilidades, el internet, las video llamadas, etc., pero a pesar de todo ese cambio constante y rápido del que somos conscientes al formar parte de una urbe, nos es imposible creer que aún hayan personas y comunidades íntegras que desconozcan de la existencia estos medios y en otros casos no puedan tener acceso a ellos debido a las limitaciones económicas propias de las zonas en las cuales viven. El presente trabajo pretende sugerir una alternativa tecnológica para cubrir las necesidades de comunicación del área a intervenir, haciendo uso del Acceso múltiple por división de código en la banda de 450 MHz "CDMA 450", por ser una de las mejores opciones para cubrir los requerimientos de las

telecomunicaciones rurales, como cobertura, calidad y rentabilidad. Implementa CDMA2000 1X EV-DO Rev. A, en la banda de 450 MHz, incluyendo todas las capacidades, ventajas y servicios de una tecnología de tercera generación. El lugar a intervenir abarca parte de las provincias de Paruro y Acomayo en la Región del Cusco.

CARACTERÍSTICAS GENERALES

Capítulo 1

Estudio de la Tecnología CDMA en la Frecuencia de 450MHz

1.1 DESCRIPCIÓN DE LA TECNOLOGÍA CDMA.

1.1.1 ¿Qué es CDMA?

Acceso Múltiple por División de Código, es una técnica de Acceso Múltiple que utiliza modulación de espectro ensanchado entre cada usuario, que es propietario de un único código expandido, con todos los usuarios compartiendo el mismo espectro, proporcionando una mejor relación costo beneficio, calidad de voz cristalina, privacidad, escalabilidad y flexibilidad en comparación con otras tecnologías, así como también es capaz de proporcionar servicios de valor agregado como mensajes de texto, correo electrónico y acceso a internet.

¿Cómo funciona?

La tecnología CDMA utiliza códigos para realizar la conversión entre las señales de voz analógica y digital así como también emplea códigos para “separar” la voz de la información de control dentro de flujos de datos denominados canales.

1.2.1 ¿Por qué CDMA 450?

La utilización de frecuencias bajas tiene como consecuencia una mayor propagación lo cual se traduce en un mayor área de cobertura permitiendo el empleo de menos estaciones base. Esta característica del uso de la frecuencia de 450 MHz sumada a las características ya descritas de la tecnología CDMA hacen de esta una muy buena solución para su empleo en telecomunicaciones rurales. Además, posibilita una gran variedad de servicios de tercera generación (3G), tales como:

- A. Telefonía
- B. VoIP
- C. Acceso a internet de Banda Ancha
- D. PTT (push-to-talk)
- E. Localización
- F. MMS
- G. Televisión
- H. Tele - Medicina
- I. Tele – Educación
- J. Seguridad Pública
- K. Productividad Empresarial
- L. Y muchos otros servicios de valor agregado

1.2.3 Requerimientos de las Telecomunicaciones Rurales

A. *Cobertura.*- Constituye el requerimiento más importante debido a las limitaciones económicas y geográficas principalmente. Cada estación base tiene la capacidad de abastecer áreas muy grandes (40 – 60 Km) y la baja frecuencia de operación asegura una menor pérdida de propagación y en consecuencia una mejor cobertura.

B. *Requerimiento moderado de capacidad de voz y datos.*- Debido a la menor densidad de la población rural así como a la menor sofisticación de este sector.

C. *Rentabilidad.*- Debido a las limitaciones económicas de las zonas rurales, la solución deberá ser la que brinde una mejor relación costo beneficio, siendo CDMA 450 la solución ideal para ofrecer internet y otras aplicaciones centralizadas de datos en paralelo con la voz. Servicios especiales 3G como PTT, VoIP pueden ser ofrecidos inmediatamente.

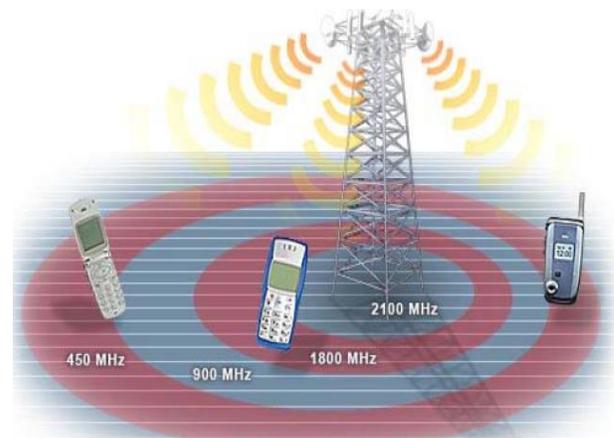


FIG 1-1 CDMA 450 “Comparación de coberturas”

1.2.4 ¿Cómo puede CDMA 450 superar estos requerimientos?

- A. *Cobertura.*- Gracias a que se hace uso de una frecuencia baja (450 MHz) se tiene mayor propagación, es decir mayor área de cobertura.

TABLA 1-1 Comparación de Cobertura

Frecuencia MHz	Radio de celda Km	Área de celda Km ²	Número de celdas relativo a una celda CDMA 450
2500	10	312	24.1
1900	13.3	553	13.6
1800	14	618	12.2
950	26.9	2269	3.3
850	29.4	2712	2.8
450	48.9	7521	1

B. *Capacidad de voz y datos.*- CDMA 450 ofrece servicios IMT-2000, es decir alta calidad de voz y alta velocidad de acceso. CDMA2000 1X permite una capacidad de voz de hasta 20 erlangs por sector/portadora. Y una velocidad de hasta 153 Kbps, mientras que CDMA2000 1xEV-DO permite un acceso de banda ancha de hasta 2.4 Mbps.

C. *Rentabilidad.*- Al tener un mayor área de cobertura, el costo de la infraestructura de transporte y distribución será menor, lo cual sumado al bajo costo de los equipos terminales, harán de este un servicio de bajo costo, pero de gran calidad.

1.3.1 Despliegue tecnológico CDMA 450 en el mundo.



FIG. 2-2 CDMA 450 “Situación de Mercado”

En la TABLA 1-2, se detalla el despliegue de la tecnología CDMA 450 a nivel mundial, así como también se muestran las perspectivas de crecimiento las cuales se observan como “redes a ser implementadas”.

TABLA 1-2 CDMA 450 “Situación de Mercado” (Mundial)

REGIÓN	CARACTERÍSTICAS
América Latina - El Caribe	<p>10 operaciones comerciales en 5 países. 4 operaciones a ser implementadas en 4 países. 10 redes comerciales 1X. 4 redes 1X a ser implementada. 1 red 1xEV-DO Rel 0 a ser implementada. 4 redes 1xEV-DO Rev. A a ser implementadas.</p>

En la TABLA 1.3 se muestran las variaciones tecnológicas que soporta CDMA 450, acompañadas de la información sobre velocidades de conexión.

TABLA 1-3 Tecnologías y velocidades de conexión

TECNOLOGÍA	VELOCIDAD DE CONEXIÓN	
	Máximo	Promedio para el usuario
CDMA2000 1X <i>Portadora 1.25 MHz</i>	153 Kbps DL 153 Kbps UL	60-100 Kbps
CDMA2000 1xEV-DO Rel. 0 <i>Portadora 1.25 MHz</i>	2.4 Mbps DL 153 Kbps UL	300-700 Kbps DL 70-90 Kbps UL
CDMA2000 1xEV-DO Rev. A <i>Portadora 1.25 MHz</i>	3.1 Mbps DL 1.8 Mbps UL	600-1400 Kbps DL 500-800 Kbps UL

DL: Download (Tasa de bajada)

UL: Upload (Tasa de subida)

Despliegue tecnológico CDMA 450 en el Perú.

En nuestro país el empleo de esta tecnología es aún muy limitado, a pesar de que la banda de 450 – 470 MHz ya fue asignada y distribuida entre las dos grandes empresas que manejan la mayor parte del mercado de las telecomunicaciones en nuestro país como son Telefónica y Telmex, y una iniciativa particular llamada Valtron.

TABLA 1-4 Distribución de la frecuencia de 450 MHz en el Perú

Canal	Frecuencia (MHz) BW:1.25 MHz		Empresa	Área de asignación
	Ida	Retorno		
1	453.975	463.975	VALTRON E.I.R.L.	Provincia Huarochiri (Departamento de Lima)
			TELMEX PERU S.A.	Provincias de Trujillo, Chiclayo, Piura, Arequipa, Cusco, Cajamarca, Maynas, Coronel Portillo, San Roman, Huaura, Barranca, Cafete y Huaral
			TELEFONICA MOVILES S.A.	Provincia de Lima, Provincia Constitucional del Callao
2	455.225	465.225	VALTRON E.I.R.L.	Provincia Huarochiri (Departamento de Lima)
			TELMEX PERU S.A.	Provincias de Trujillo, Chiclayo, Piura, Arequipa, Cusco, Cajamarca, Maynas, Coronel Portillo, San Roman, Huaura, Barranca, Cafete y Huaral
			TELEFONICA MOVILES S.A.	Provincia de Lima, Provincia Constitucional del Callao
3	456.475	466.475	TELMEX PERU S.A.	Provincias de Trujillo, Chiclayo, Piura, Arequipa, Cusco, Cajamarca, Maynas, Coronel Portillo, San Roman, Huaura, Barranca, Cafete y Huaral
			TELEFONICA MOVILES S.A.	Provincia de Lima, Provincia Constitucional del Callao

Valtron es la empresa peruana propietaria de la única red rural con tecnología CDMA 450 hasta el momento, la red se ubica en la provincia de Huarochirí departamento de Lima, fue inaugurada a mediados del 2006 y ofrece una solución de telefonía fija e internet a lo largo y ancho de la provincia de Huarochirí, bajo la administración de

Televías del Perú. Cuenta con una red basada en equipos y terminales ZTE.

- Tomas fotográficas de las instalaciones de esta empresa.



Área exterior del centro de operaciones.



Sala de equipos – Los alumnos de la URP con su profesor Ing. Rubén Cotera



Conexión de la BTS hacia las antenas de Tx y Rx



Repetidor de 20dBm para cubrir las zonas oscuras (lugar donde no se tiene buen nivel de recepción)



Controlador de Estación Base



MSC (Centro de Conmutación Móvil) es el corazón del sistema.



Control de conexiones (según planes tarifarios: Prepago-Postpago).



Banco de baterías: Proporciona 6 horas de energía en caso de corte de energía.



Vista panorámica de la comunidad de Callahuanca (provincia de Huarochiri)



Plaza de armas de Callahuanca



Vista panorámica para tener una idea de la ubicación geográfica del lugar (al fondo debajo de las nubes se encuentra Chosica, provincia de Lima).

Capítulo 2

Estudio de Mercado

Descripción Geográfica de la zona a intervenir.

Las localidades a intervenir se encuentran ubicadas al sur de la Ciudad del Cusco, a orillas de los ríos Paruro, Apurímac y Acomayo, comprendiendo parte de las provincias de Acomayo y Paruro, cuyas altitudes se encuentran entre los 2600 y 3800 m.s.n.m. entre los pisos ecológicos Quechua y Puna, presenta valles, quebradas, bosques nativos y pampas, debido a estas características presentan una gran diversidad de microclimas, los cuales hacen de estas zonas propicias para la ganadería y agricultura.

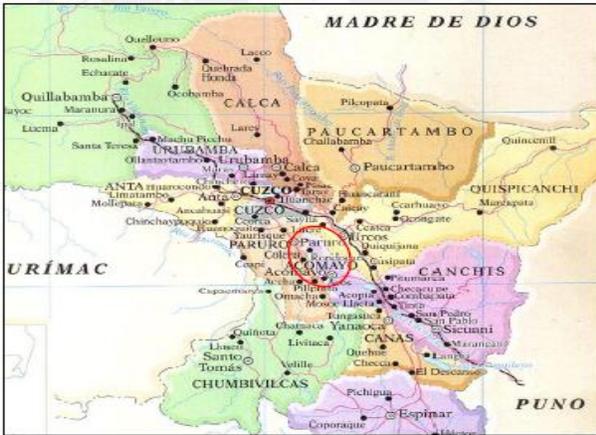


FIG 2-1 Ubicación geográfica de la zona a intervenir
2.2 Evaluación socio-económica de las poblaciones a intervenir.

2.2.1 Características poblacionales

La población total en los distritos a intervenir asciende a 17 950 habitantes, la cual está concentrada en las capitales de distrito (Paruro y Acomayo), cabe destacar la importancia del distrito de Accha el cual concentra a la mayoría de la población de la provincia de Paruro.

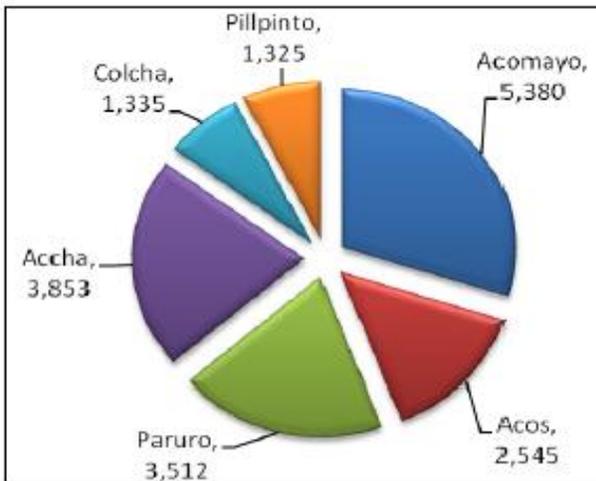


FIGURA 2-2 Población por distrito

La población está dividida prácticamente a medias de acuerdo al tipo de área habitada según el INEI, es decir se tiene un similar número de pobladores en las áreas urbanas (Capital de Distrito) y las áreas rurales (caseríos, anexos, etc.).

2.2.2 Características económicas

Las actividades económicas de los pobladores en su mayoría son la agricultura y la ganadería, abarcando alrededor del 60% de la población.

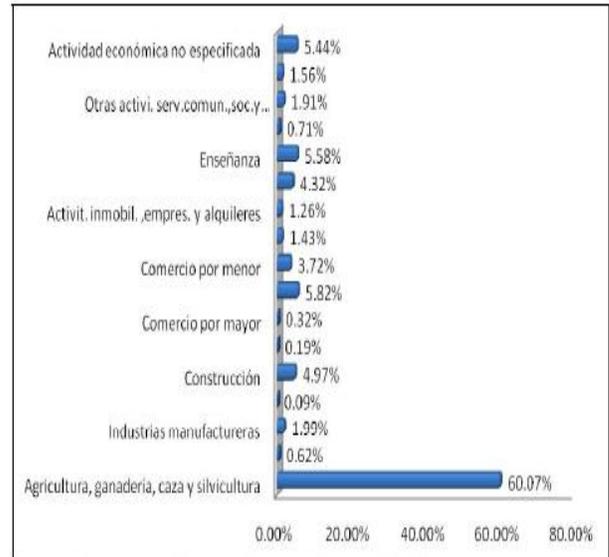


FIG 2-3 Actividades económicas a las que se dedican los Pobladores.

Otra de las informaciones útiles que podemos obtener del Censo Nacional del 2007, es el número de viviendas que cuentan con suministro de energía eléctrica por cada distrito y en total, estos datos nos servirán para hacer la estimación de la demanda de servicios, ya que es un indicador de la capacidad adquisitiva de un poblador además de constituir una variable de tipo excluyente para acceder a alguno de los servicios de voz y/o datos que se piensan ofrecer en la zona, debido a que se necesita de energía eléctrica para su funcionamiento. En la siguiente figura se aprecia la cantidad de hogares que cuentan con suministro de energía eléctrica por cada distrito, observándose que para los Distritos de Accha y Colcha, el número de hogares que cuentan con este servicio es menos de la mitad del total de hogares.

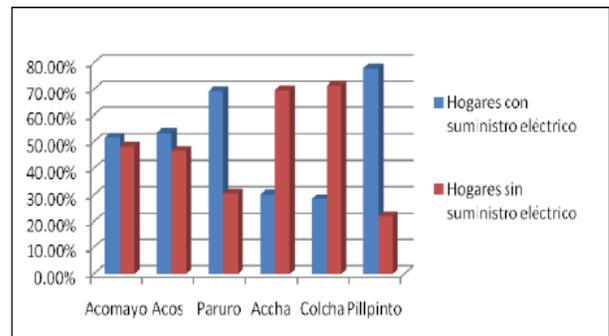


FIG 2-4 Porcentaje de hogares con suministro eléctrico por Distrito.

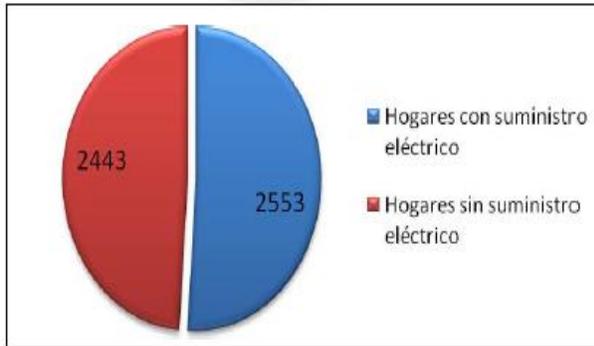


FIGURA 2-5 Número de hogares con suministro eléctrico en total

2.3 Evaluación de la infraestructura de telecomunicaciones existente

2.3.1 Distrito de Paruro

A. Cuenta con servicio celular tanto de América Móvil (Claro) como de Telefónica Móviles (Movistar), cada una con su propia estación base.

B. La torre de Claro se ubica frente a la puerta del Templo Mayor, sobre el cerro Kuntur Pawachina aproximadamente a 500 m de la Plaza de Armas en dirección Nor Este.

C. La torre de Movistar se ubica en la parte posterior del Templo Mayor, sobre el cerro Custero aproximadamente a 450 m de la Plaza de Armas en dirección Sur Oeste.

D. Telefonía pública satelital: 5 estaciones de Telefónica en la localidad de Paruro y 5 estaciones de Gilat en las localidades de Cusibamba Bajo, Maska, Mayubamba, Misca y Paruro.

E. Cuenta con una sola cabina pública de internet de 12 computadoras, la cual usa un sistema VSAT.



FIG 2-6 Torres celulares de Claro (izquierda) y Movistar (derecha), en el distrito de Paruro.

2.3.2 Distrito de Colcha

A. Telefonía pública satelital: 2 estaciones de Telefónica en las localidades de Colcha y Cochirihuay, y 2 estaciones de Gilat en las localidades de Araypallpa y San Lorenzo.

B. Movistar está levantando una torre para brindar servicio a esta zona, estará ubicada en el cerro Kankallpata al Nor Oeste del distrito de Colcha.



FIGURA 2-7 Infraestructura de Telecomunicaciones en el distrito de Colcha

2.3.3 Distrito de Accha

A. Telefonía pública satelital: 3 estaciones de Telefónica en la localidad de Accha, y 4 estaciones de Gilat en las localidades de Accha (2), Huyayno y Misanapata.

B. El internet es ofrecido por la municipalidad en su biblioteca, también usa sistemas VSAT.

C. En la zona sur del pueblo es posible captar señal celular de Claro, la cual proviene del repetidor de Acomayo.

2.3.4 Distrito de Pillpinto

A. Telefonía pública satelital: 2 estaciones de Telefónica en la localidad de Pillpinto, y 2 estaciones de Gilat en las localidades de Capa y Taucabamba.

2.3.5 Distrito de Acomayo

A. Cuenta con servicio celular de Claro, con la torre ubicada en el cerro Huaynapata.

B. Cuenta con una cabina de internet municipal, basada en VSAT.

C. Telefonía pública satelital: 6 estaciones de Telefónica en las localidades de Acomayo (5) y Huáscar (1), y 5 estaciones de Gilat en las localidades de Acomayo, Lampamarpa, Llactapampa, Pitumarca y Puica.

2.4 Determinación de la demanda y de los posibles servicios a prestar

Para la determinación de la demanda, es necesario conocer los niveles de penetración actual de los servicios de comunicaciones, en la FIGURA 2-17 observamos que la carencia de servicios está ampliamente marcada, especialmente en cuanto a servicios de telefonía fija e internet.

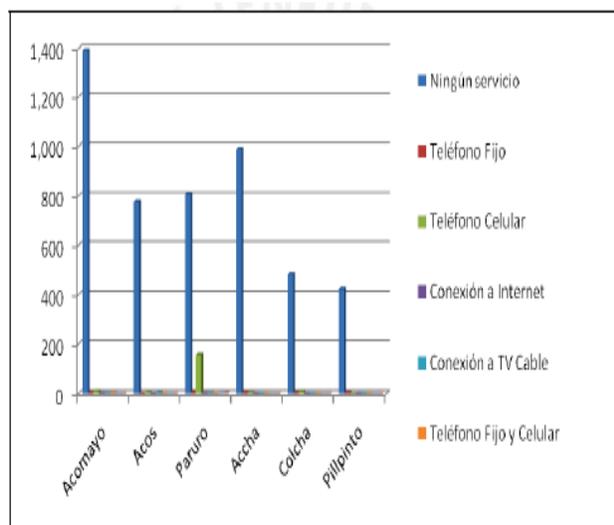


FIG 2-8 Servicios no básicos con los que cuentan los hogares.

TABLA 2-1 Servicios requeridos y promedio de inversión por parte de los pobladores.

Nombre de distrito	Servicios requeridos		Promedio de inversión mensual S/.	
	Telf. Fijo	Internet	Telf. Fijo	Internet
Acomayo	60.0%	40.0%	32.2	42.7
Acos	92.0%	92.0%	27.3	33.6
Paruro	69.2%	92.3%	32.1	39.1
Accha	60.0%	40.0%	31.7	41.8
Colcha	60.0%	40.0%	28.3	42.5
Pillpinto	100.0%	100.0%	30	36.3

2.4.1 Demanda del servicio de telefonía fija, modalidad abonado

Este estudio fue realizado sobre un universo de 106 Capitales de Distrito y tiene las siguientes consideraciones para su aplicación:

- Se cuenta con una central telefónica, en nuestro caso se considera la existencia de cobertura.
- Menos de 6000 habitantes.
- Se considera 5 miembros por familia.
- No se consideran penetraciones mayores al 80%.

TABLA 2-3 Demanda de telefonía por distrito

Nombre de distrito	Total de Hogares	Suministro eléctrico	Demanda (al 42.4%)
Acomayo	1 368	51.68%	300
Acos	780	53.33%	176
Paruro	959	69.45%	282
Accha	976	30.23%	125
Colcha	491	28.51%	59
Pillpinto	422	77.96%	139
Total			1 082

Para el cálculo de la intensidad de tráfico, consideraremos un consumo promedio por usuario de 25mE en la hora cargada (en telefonía fija de abonado el tráfico varía entre 10mE y 40mE por lo cual consideramos el promedio), con esta información obtenemos la intensidad de tráfico por distrito y total.

TABLA 2-4 Intensidad de tráfico por distrito

Nombre de distrito	Demanda	Intensidad de tráfico: Erlang
Acomayo	300	7.49
Acos	176	4.41
Paruro	282	7.06
Accha	125	3.13
Colcha	59	1.48
Pillpinto	139	3.49
TOTAL	1082	27.06

2.4.2 Demanda del servicio de telefonía pública

Para el cálculo de la demanda de telefonía pública, tendremos en cuenta la densidad de líneas telefónicas públicas para el departamento de Cusco, dato obtenido de la web de OSIPTEL, en la cual se indica que se cuenta con 4.9 teléfonos públicos por cada 1000 habitantes al mes de setiembre del 2008.

Cálculo de la demanda de teléfonos públicos:

$TUPs = (4.9/1000 \text{ hab}) * \text{número de habitantes} - TUPs \text{ existentes}^1$.

TABLA 2-5 Demanda de TUPs

Nombre de distrito	Número de Habitantes	Demanda con factor : 4.9/1000	TUPs Existentes	Demanda Real TUPs
Acomayo	5380	26.36	11	15
Acos	2545	12.47	4	8
Paruro	3512	17.21	10	7
Accha	3853	18.88	7	12
Colcha	1335	6.54	4	3
Pillpinto	1325	6.49	4	2
Total				47

Para el cálculo de la intensidad de tráfico demandada por el sistema de telefonía pública, tomaremos como

referencia el utilizado por la empresa Gilat to Home Perú (GTH Perú) para el dimensionamiento de su red de telefonía pública rural, la cual utiliza el tráfico en la hora pico de la red ya que el tráfico por teléfono público es muy variado, considerando una concentración en hora pico del 13%; además, de acuerdo a las bases de los proyectos Fitel, tenemos que la cantidad de minutos por línea al día es de 27, entonces tenemos:

$$27 \text{ min} \times 0.13 / 60 \text{ min} = 0.0585 \text{ Erlangs}$$

TABLA 2-6 Intensidad de tráfico por distrito

Nombre de distrito	Demanda Real TUPs	Intensidad de tráfico: Erlang
Acomayo	15	0.90
Acos	8	0.50
Paruro	7	0.42
Accha	12	0.69
Colcha	3	0.15
Pillpinto	2	0.15
Total		2.81

El tráfico total de voz será:

$$27.06 \text{ (T. Fija de abonado)} + 2.81 \text{ (TUP)} = 29.87 \text{ Erlangs}$$

Teniendo en cuenta un factor de bloqueo de llamadas en hora pico del 1% y aplicando la fórmula de Erlang B, por medio de la cual se obtiene como resultado que un E1 puede manejar 20,3 Erlangs, calculamos el número de E1s necesarios para el funcionamiento del sistema de telefonía fija; para una intensidad de tráfico total de **29.87 Erlangs**, serán necesarios **2 E1s**.

2.4.3 Demanda del servicio de internet

Para los cálculos de demanda de velocidad, observaremos primero el estado actual del servicio, brindado en localidades similares por la empresa Gilat mediante enlaces satelitales con tecnología VSAT:

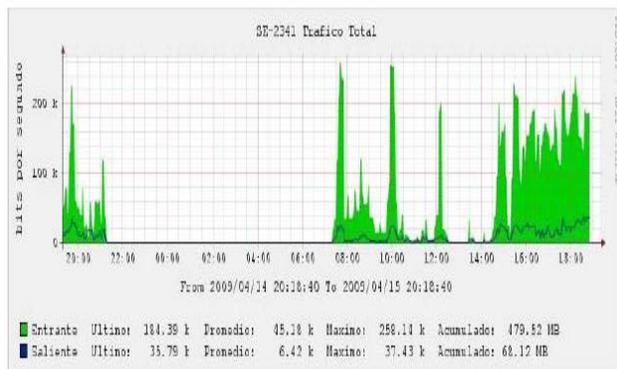


FIGURA 2-9 Tráfico diario de una estación VSAT con QoS 256/128 Kbps

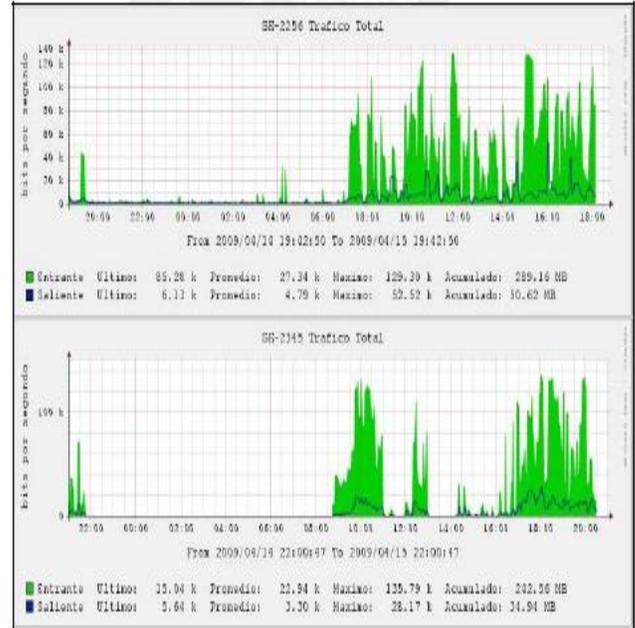


FIGURA 2-10 Tráfico diario de dos estaciones VSAT con QoS 128/64 Kbps

En la **FIGURA 2-18** observamos el tráfico diario de una estación VSAT un QoS de 256/128 Kbps con un 12.5% garantizado en la hora pico, mientras que en la **FIGURA 2-19** se observa el tráfico de dos estaciones con un QoS de 128/64 Kbps con el 20% garantizado en la hora pico; en los tres casos se observa que el comportamiento del tráfico es irregular durante gran parte del día, pero que existe un periodo en el cual la utilización del servicio es mayor, esto se da en las tardes a partir de las 4pm hasta alrededor de las 8pm periodo que consideraremos como el de mayor congestión u "hora pico".

En base a lo observado del estado actual del servicio de internet en localidades similares a las que hemos de intervenir y dado que usaremos una tecnología que nos permite manejar velocidades mayores a un costo mucho menor que el de un enlace satelital, tendremos las siguientes consideraciones:

Para el cálculo de la demanda del servicio de internet tomaremos en cuenta la proporción existente entre la cantidad de líneas fijas de abonado (53 651 líneas) y el número de conexiones a internet (11 360 conexiones) en la ciudad del Cusco. Obtenemos que el **21.7%** de los hogares con línea telefónica, cuenta con acceso a internet. Este porcentaje variará de acuerdo a otros factores como la diferencia entre el gasto mensual, pero lo usaremos de referencia para el cálculo de la cantidad de conexiones a tener por distrito en un primer momento.

Ofreceremos una velocidad nominal: 512/128 Kbps, cuya velocidad garantizada en la hora pico será el 10% de la velocidad nominal (se considera un reuso de 1:10). De las consideraciones anteriores obtenemos la siguiente tabla:

TABLA 2-7 Demanda de conexiones a internet

Nombre de distrito	Nº de líneas telefónicas	Demanda de conexiones a internet	Demanda de velocidad 51.2/12.8 Kbps
Acomayo	433	94	6016
Acos	255	55	3520
Paruro	408	88	5632
Accha	181	39	2496
Colcha	86	19	1216
Pillpinto	201	44	2816
Requerimiento TOTAL de Mbps:			21696
Número de enlaces de 2.048 Mbps			11

Capítulo 3

Diseño de Ingeniería

3.1 Estructura del proyecto

Inicialmente y con el objetivo de cubrir las necesidades de comunicación en los distritos de Paruro, Colcha, Accha, Pillpinto, Acos y Acomayo, la red a desplegarse consistirá en 2 estaciones base (BTS) ubicadas una en el cerro Huayruro (Distrito de Colcha, Provincia de Paruro) y la otra en el cerro Laykatuyoc (Distrito de Sangarará, Provincia de Acomayo), las cuales se interconectarán con el centro de operaciones ubicado en la ciudad del Cusco mediante un sistema de microondas, facilitándose de esta manera la interconexión con la red pública de telefonía, redes de telefonía celular así como también con el internet.

TABLA 3-1 Puntos Referenciales.

Lugar	Descripción	Latitud S	Longitud O
PARURO	Pza. de Armas	13° 45' 40,7"	71° 50' 50,9"
CUSIBAMBA	Pie de carretera	13° 48' 50"	71° 48' 58"
COLCHA	Municipalidad	13° 51' 6,8"	71° 48' 11,6"
Cº Kankallpata	Futura torre (Telefónica Móviles)	13° 50' 24"	71° 50' 30"
ARAYPALLPA	Pie de carretera	13° 49' 59,3"	71° 50' 8,1"
COCHIRIHUAY	Pie de carretera	13° 54' 33,4"	71° 50' 49,3"
ACCHA	Pza. de Armas	13° 58' 16,6"	71° 49' 53,5"
PILLPINTO	Pza. de Armas	13° 56' 56,3"	71° 45' 38,8"
ACOS	Pza. de Armas	13° 57' 5"	71° 44' 17,9"
ACOMAYO	Pza. de Armas	13° 55' 8,2"	71° 41' 0,5"
Lorochayoc	Pie de carretera	13° 56' 43,3"	71° 38' 306,9"
Kollaculka	Pie de carretera	13° 56' 38,4"	71° 37' 38,8"
SANGARARÁ	Pie de carretera	13° 56' 58,3"	71° 38' 18,3"
Cº Laykatuyoc	Rep. Ehas	13° 55' 38,9"	71° 37' 36,3"

3.1.2 Estructura general de la red

En el siguiente diagrama se muestra la estructura de la red, basada en la solución brindada por la compañía ZTE para la red CDMA 450 en Huarochiri.

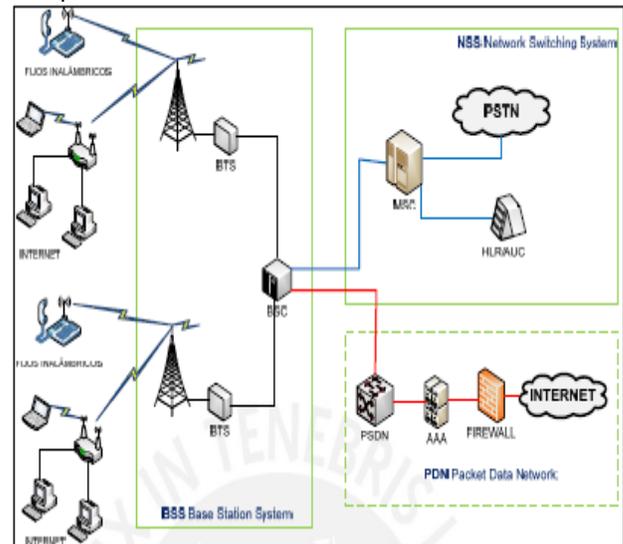


FIGURA 3-1 Diagrama básico de la red

3.2 Red de transporte

La red de transporte es la encargada de permitir la comunicación entre la Red de Acceso (sistema de estaciones base) y los sistemas de conmutación de voz y datos, a través de repetidores, esta red consistirá en un sistema de microondas desde la Ciudad del Cusco hasta las estaciones base ubicadas en los cerros

Huayruro y Laykatuyoc y que tomará como referencia la infraestructura desplegada para la Red de Salud Cusco-Sur, implementada hace algunos años dentro del marco del proyecto EHAS y aprovechando la ley de reutilización de infraestructura promulgada y aprobada por el Estado Peruano a principios del año 2008.

TABLA 3-2 Ubicación de los repetidores en la red de transporte.

Lugar	Latitud S	Longitud O	Altura m.s.n.m.
CUSCO	13° 31' 52.1"	71° 55' 48.8"	3285.7
QOSQOHAUARINA	13° 39' 0.6"	71° 35' 17.9"	4256.3
DON JUAN	14° 00' 37.1"	71° 29' 26.5"	4444.2
LAYKATUYOC	13° 55' 38.9"	71° 37' 36.3"	4171
PISCO ORJO	13° 51' 29.7"	71° 43' 6.6"	4604.6
HUAYRURO	13° 50' 46.1"	71° 49' 35.7"	3707.4

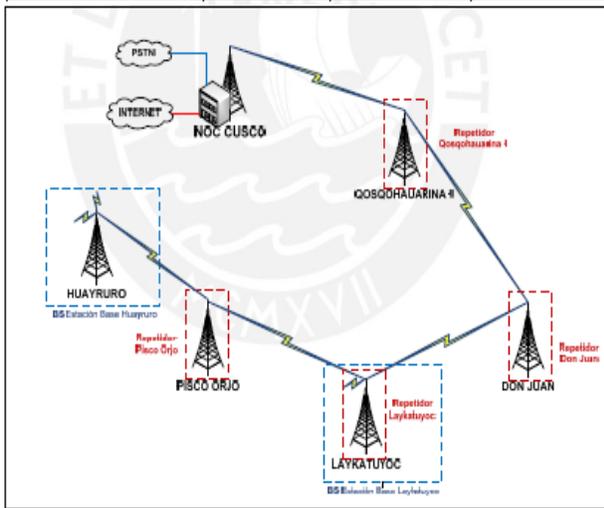


FIGURA 3-2 Diagrama de la red de transporte

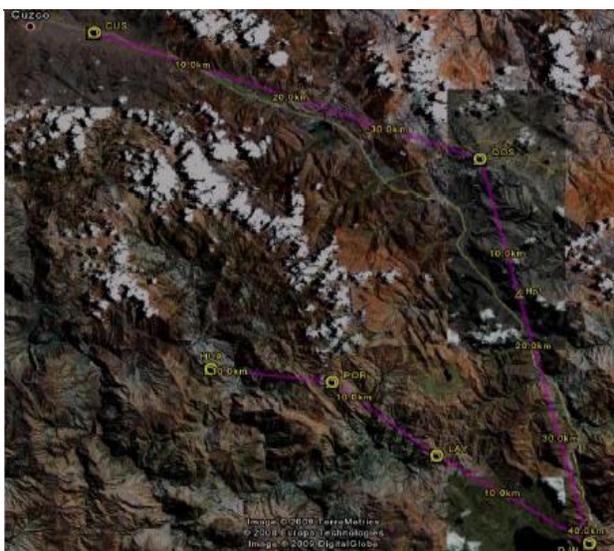


FIGURA 3-3 RED DE TRANSPORTE



FIGURA 3-4 Infraestructura en Qosqohuarina



FIGURA 3-5 Infraestructura en Laykatuyoc

3.2.1 Análisis de radio-propagación para los enlaces de la red de transporte

Deberemos tener en cuenta los valores de pérdidas por propagación en el espacio libre, así como también el valor de la potencia recibida, la cual deberá ser mayor que el valor de la sensibilidad del receptor:

Pérdidas por espacio libre:

$$LP = 92.45 + 20 \log f + 20 \log d \text{ dBm}$$

Donde: f : frecuencia en GHz d : distancia en Km.

Potencia recibida o potencia en el receptor:

$$PRx = PTx - LTx + GTx - LP + GRx - LRx$$

Consideraremos también una confiabilidad del sistema de 99.99%.

A continuación se muestran los perfiles y los valores obtenidos de pérdida en el espacio libre y potencia recibida:

TABLA 3-3 Enlace Cusco – Qosqohuarina

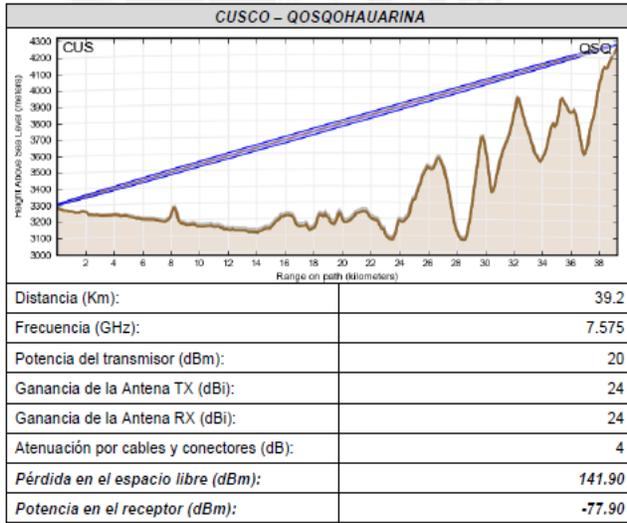


TABLA 3-4 Enlace Qosqohuarina - Don Juan

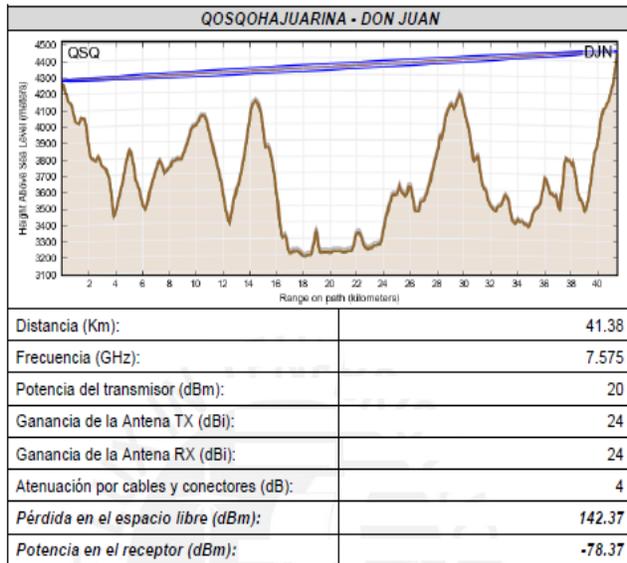


TABLA 3-5 Enlace Don Juan – Laykatuyoc

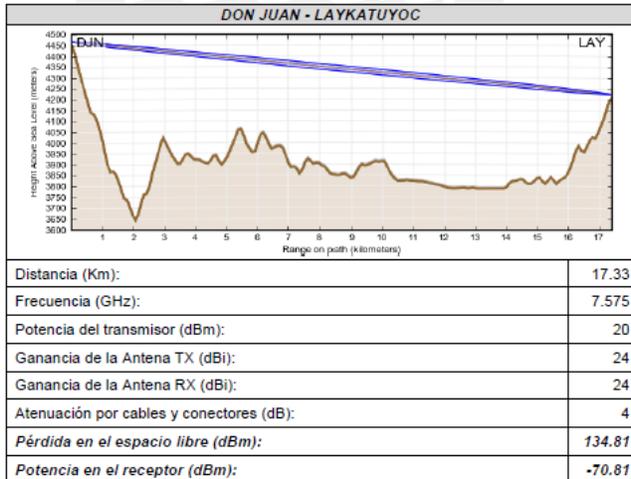


TABLA 3-6 Enlace Laykatuyoc - Pisco Orjo

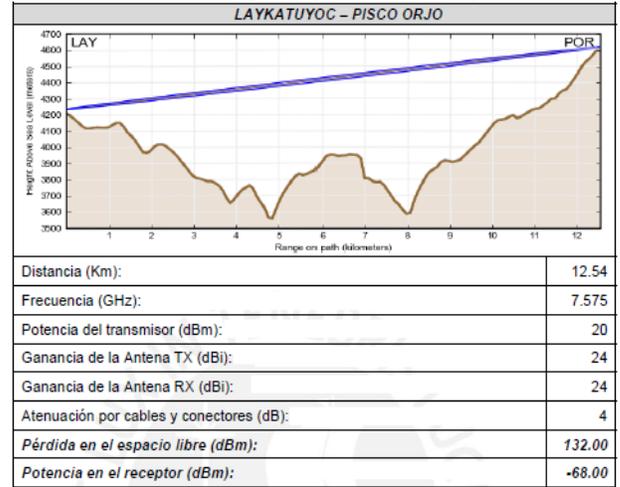
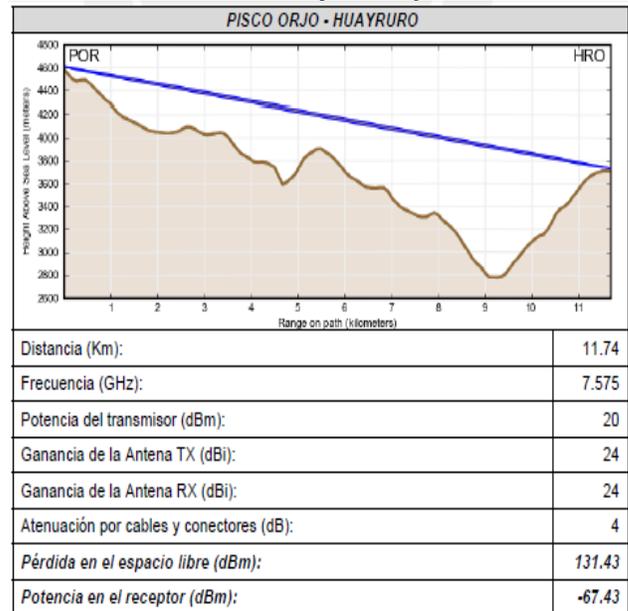


TABLA 3-7 Enlace Pisco Orjo – Huayruro



3.2.2 Análisis de radio-propagación para los enlaces de la red de transporte utilizando software especializado

El empleo de software especializado para el diseño de radio enlaces es de gran ayuda, si bien no son 100% exactos pueden ser muy aproximados a la realidad ya que combinan información de relieve, clima, y las características de los sistemas a ser implementados, a continuación presentamos los datos calculados con el programa **Radio Mobile**.

Se trata de software libre, por tal motivo nos permite hacer cálculos con valores de frecuencia tanto libres como licenciadas así como también manipular las diferentes funcionalidades de acuerdo a las características propias de nuestra red. A continuación se presenta el análisis de cada uno de los enlaces considerando una frecuencia entre 7 y 8 GHz (Banda Licenciada).

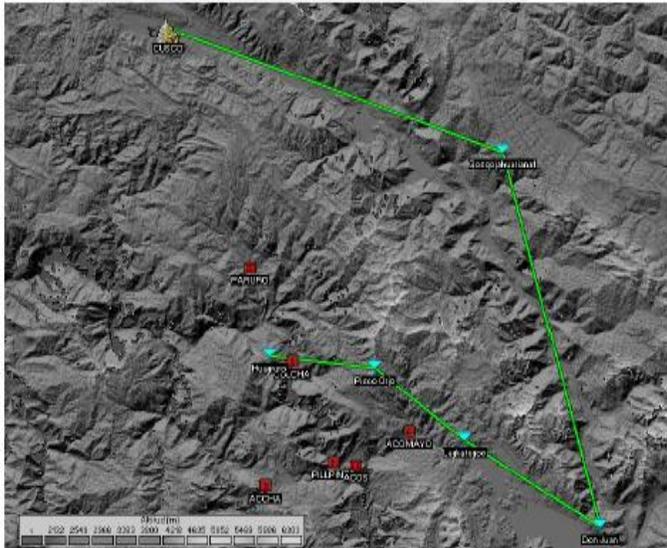


FIG 3-6 RED DE TRANSPORTE 7-8GHz

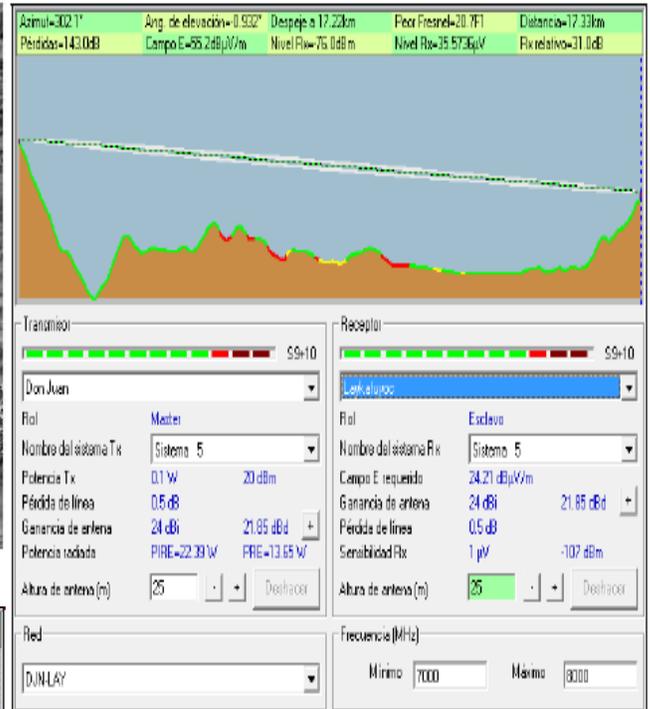


FIGURA 3-9 Enlace Don Juan – Laykatuyoc

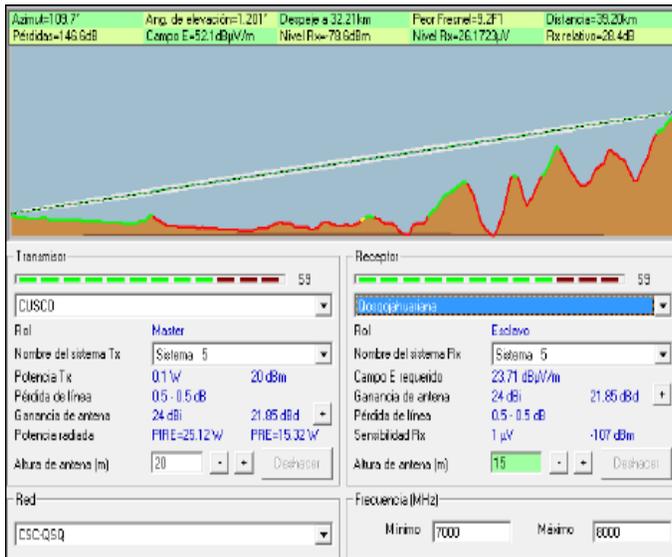


Fig A 3-7 Enlace CUSCO – Qosqohuarina

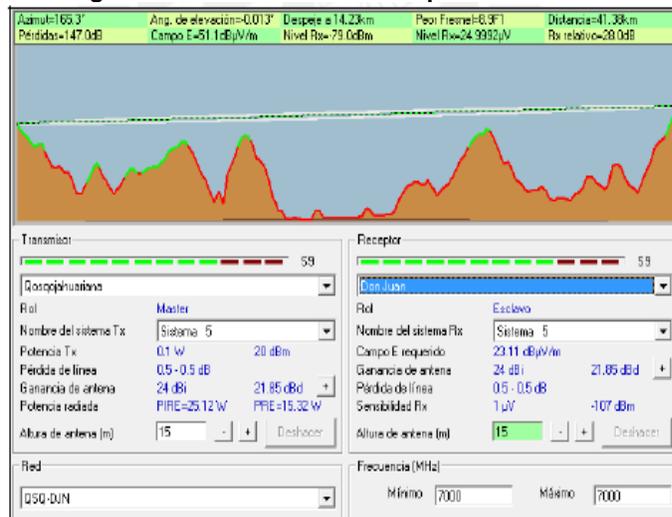


FIGURA 3-8 Enlace Qosqohuarina – Don Juan

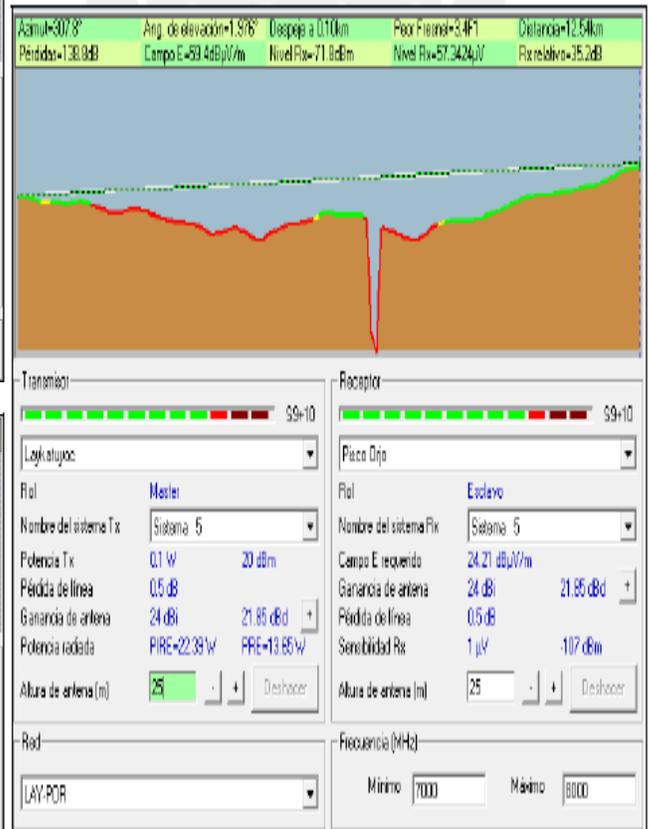


FIGURA 3-10 Enlace Laykatuyoc – Pisco Orjo

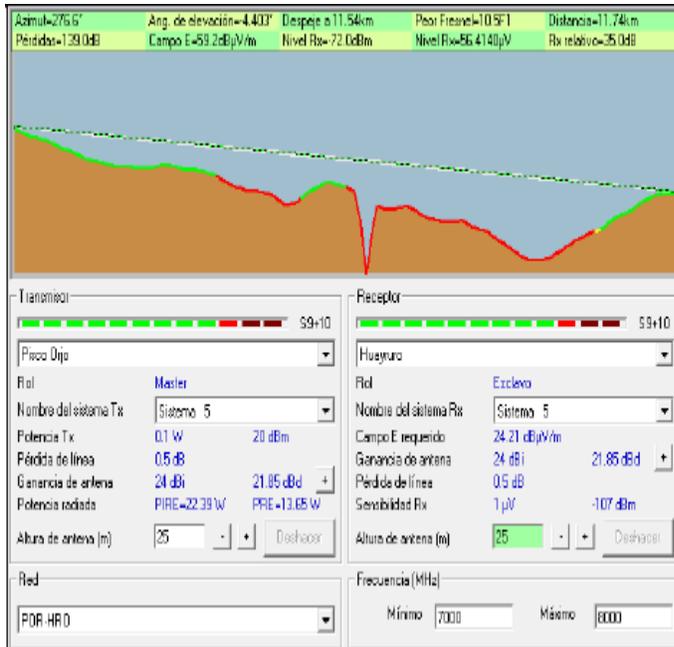


FIGURA 3-11 Enlace Picco Orjo – Huayruro

3.3 Red de acceso

La red de acceso está constituida básicamente por las estaciones base y la cobertura que estas tendrán sobre las poblaciones a ser beneficiadas, en el siguiente diagrama se muestran solo como ejemplos las capitales de distrito, por su importancia, pero vale resaltar que el servicio abarcará también a las poblaciones que se encuentren dentro del área de cobertura de cada una de las estaciones base y que no son necesariamente capitales distritales.

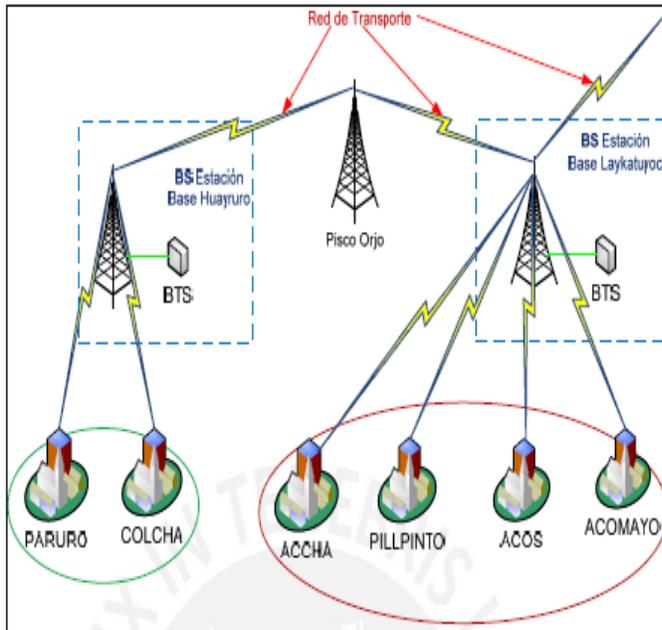


FIGURA 3-12 Esquema de la red de acceso

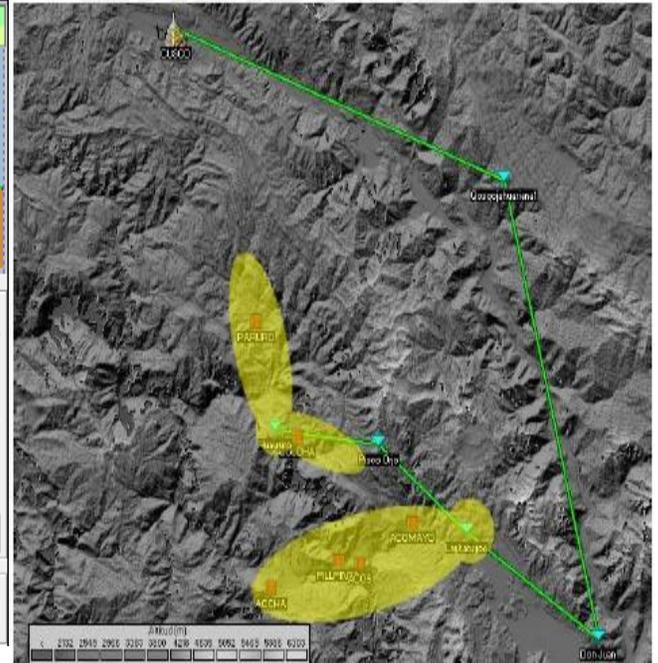


FIGURA 3-13 Cobertura estimada de la red de acceso

Para determinar las pérdidas de propagación entre las estaciones base y los terminales de usuario o estaciones fijas, utilizaremos el modelo de propagación **Okumura - Hata**, debido a que este es válido para frecuencias desde los 150MHz hasta los 1500MHz, rango en el cual está contenido nuestra frecuencia de operación (450MHz), las fórmulas propuestas son:

A. Para zonas urbanas:

$$L50(urbano) = 69.55 + 26.16 \log fc - 13.82 \log hb - a + (44.9 - 6.55 \log hb) \log d \text{ dB}$$

Donde: **fc**: frecuencia en MHz

hb: altura de la antena de la BTS.

ht: altura de la antena del terminal en metros.

a: factor de corrección para la altura efectiva de la antena del terminal, en función del tipo de área de servicio.

d: distancia en Km.

Para el cálculo de **a**, tenemos los siguientes escenarios:

Para ciudades pequeñas y medianas:

$$a = (1.1 \log fc - 0.7) ht - (1.56 \log fc - 0.8) \text{ dB}$$

Para ciudades grandes:

$$a = 8.29 (\log 1.54 ht)^2 - 1.1 \text{ dB para } fc < 300 \text{ MHz}$$

$$a = 3.2 (\log 11.75 ht)^2 - 4.97 \text{ dB para } fc > 300 \text{ MHz}$$

B. Para zonas rurales

Consideraremos el valor de **a** obtenido con la fórmula para ciudades pequeñas y medianas:

$$L50(rural) = L50(urbano) - 4.78 (\log fc)^2 + 18.33 \log fc - 40.94 \text{ dB}$$

En base a estas fórmulas y al uso de una hoja de cálculo, podemos obtener la distancia máxima entre la

BTS y el terminal del usuario, teniendo en cuenta la sensibilidad de este último:

TABLA 3-8 Análisis de radio-propagación desde la BTS hacia la estación fija (terminal de usuario)

BTS – Terminal de usuario	
Frecuencia (GHz):	450
Potencia del transmisor (dBm):	40
Ganancia de la Antena TX (dBd):	13.1
Ganancia de la Antena RX (dBd):	0
Atenuación por cables y conectores (dB):	3
Sensibilidad del receptor (dBm) ³ :	-104.00
Potencia en el receptor (dBm):	-104.00
Distancia máxima al terminal (Km):	37.36

TABLA 3-9 Análisis de radio-propagación desde la estación fija (terminal de usuario) hacia la BTS

Terminal de usuario - BTS	
Frecuencia (GHz):	450
Potencia del transmisor ³ (dBm):	23
Ganancia de la Antena TX (dBd):	0
Ganancia de la Antena RX (dBd):	13.1
Atenuación por cables y conectores (dB):	3
Sensibilidad del receptor (dBm):	-110.00
Potencia en el receptor (dBm):	-109.99
Distancia máxima al terminal (Km):	25.4

TABLA 3-10 Distancias entre las BTS y las Capitales de Distrito

BTS	Terminal	Distancia Km.
HUAYRURU	PARURO	9.69
	COLCHA	2.6
LAYKATUYOC	ACCHA	22.63
	PILLPINTO	14.66
	ACOS	12.33
	ACOMAYO	6.19

3.4 Determinación del equipamiento y la infraestructura necesaria

3.4.1 Determinación del equipamiento.

A. Equipamiento de red

a. A continuación describiremos cada uno de los bloques de equipos necesarios para la implementación de nuestra red, así como también mencionaremos brevemente las funciones de cada uno de sus componentes:

- **NSS Network Switching System** o Sistema de conmutación de red, el cual se encarga de realizar la conmutación con la red de telefonía pública o PSTN. Contiene al **MSC Mobile Switching Centre** o Centro de conmutación móvil.

- **PDN Packet Data Network** o Red de paquetes de datos, encargada de brindar la conexión con la internet, incluye un **servidor AAA Authenticated, Authorization and Accounting** el cual se encarga de brindar al Protocolo de Internet IP, la funcionalidad de soportar autenticación, autorización y registro; además de conectarse a la **PSDN Public Switched Data Network**.

- **BSS Base Station System** o Sistema de estaciones base, el cual es el encargado de interactuar directamente con los terminales de los clientes, incluye el **BSC Base Station Control** o Controlador de la estación base, el cual permite la interconexión con la MSC y la PSDN, además de incluir también la **BTS Base Transceiver Station**, es la interfaz de RF, la cual posibilita la comunicación entre los equipos de usuario (teléfonos fijos inalámbricos, routers inalámbricos, etc.) y la red.

b. A continuación presentamos las soluciones en cuanto a equipamiento de red ofrecidos por dos de los principales fabricantes inmersos en el desarrollo de la tecnología CDMA450:

- HUAWEI

En la Tabla 3.11 describimos las principales características de los equipos HUAWEI:

TABLA 3-11 Equipos HUAWEI para la infraestructura de red.

	<p>Macro CDMA BTS3606C Entre las principales características se tiene:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Soporta 3 celdas, 9 portadoras / sector. - Banda de operación: 450/800 MHz - Dimensiones 700 x 480 x 600 mm. - Peso: <85kg(S3/3/3) - CE Pooling: 768 Ces. - Potencia de transmisión: 60W (TOC). - Eficiencia de PA: 33% DHT. - Sensibilidad: -128 dBm - Transmisión: E1/T1/FE - Alimentación -48VDC/+24VDC. - Consumo de potencia: <630W(S1/1/1), <850W(S2/2/2), <1050W(S3/3/3).
--	--

	<p>Super BSC</p> <p>Básicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gabinete: N68-22: 2200mm x 600mm x 800mm. - Peso: Un gabinete < 350 Kg. - Configuración completa: 2 gabinetes/5 subracks. - Alimentación: -48V DC (-40V ~ -57V). - Consumo de potencia total: < 8.5 KW. <p>IP Network 1x</p> <ul style="list-style-type: none"> - BHCA: 3100K. - 50K Erlang de capacidad de tráfico. - TRX: 4300. - 1X throughput: 100Mbps. <p>IP Network DO:</p> <ul style="list-style-type: none"> - TRX: 6000. - DO throughput: 3Gbps. - Sesiones EVDO activas: 2000. - Conexiones PPP: 600K. <p>TDM/ATM Network (1x):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Erl: 25K. - BHCA: 1500K. - TRX: 2500 <p>Confiabilidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Disponibilidad: 0.999995 - MTBF: 105967.24 horas. - MTTR: 0.5 horas.
---	--

- ZTE

En la Tabla 3.12 describimos las principales características de los equipos ZTE:

TABLA 3-12 Equipos ZTE para la infraestructura de red.

	<p>Micro BTS</p> <p>Entre las principales características se tiene:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Soporta 1 puerto / 3 sectores. - Banda de frecuencia 450/800/1900MHz. - Máxima potencia de transmisión 40W (800MHZ), 20W (450/1900MHz). - Sensibilidad: -110 dBm - Alimentación 220 Vac o 48 Vdc. - Consumo de potencia: Hasta 150W. - Dimensiones 800 mm x 400 mm x250 mm.
	<p>BSC</p> <p>Entre las principales características se tiene:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 240 enlaces E1 hacia el MSC. - 380 enlaces hacia las BTS's. - 7200 selector/vocoder. - Vocoder: 8K, 13K, EVRC. - 5,040 Erlang de capacidad de tráfico. - BSC/PCF soporta hasta 2400 sesiones activas y 40000sesiones PPP tipo "dormant". - MTBF>20años. - Dimensiones: 2000 mm x 810 mm x 600 mm (AltoXAnchoXProfundidad).

	<p>MSS (MSC/VLR-HLR/AUC)</p> <p>Capacidad del sistema MSC:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Máx. (10 módulos): aprox. 600K Abonados (0.03 Erlang/Abonado). - Módulo simple: 60K Abonados. - Procesamiento de llamadas por módulo: 500K BHCA. - Máx. Erlang: 20 000 Erl. - Máx. N° / link: 640 Links. <p>Capacidad del sistema HLR: 1 200K</p> <p>Capacidad del sistema VLR: 800K</p> <p>Capacidad del sistema AUC:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Soporta HLR a plena carga y procesa datos de seguridad de usuario. <p>Dimensiones: 2000mm x 810mm x 600mm.</p> <p>Peso: ≤ 250Kg.</p> <p>Energía: -48VDC.</p>
--	---

B. Equipamiento de usuario

A continuación presentamos algunas opciones de terminales de usuario, tanto para los servicios de voz como de datos, propuestas por 3 de los principales fabricantes. Cabe mencionar que estos equipos pueden trabajar tanto sobre sistemas propios como sobre redes basadas en tecnología de otros fabricantes.

a. HUAWEI

- Telefonía En la Tabla 3.13 describimos algunas opciones de equipos de telefonía fija inalámbrica, así como sus principales características:

TABLA 3-13 Equipos Huawei para telefonía fija inalámbrica.

	<p>ETS CDMA 1 Series</p> <p>Entre las principales características se tiene:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Opera en la frecuencia de 450 MHz - Alta calidad de señal. - Alto volumen. - Manos libres. - Soporta servicios suplementarios.
  	<p>ETS CDMA 2 / ETS CDMA 8 / ETS CDMA 9 Series</p> <p>Entre las principales características se tiene:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Opera en la frecuencia de 450 MHz - Alta calidad de voz y SMS. - Servicio de transferencia de datos con a una tasa máxima de 153.6 Kbit/s. - Llamadas de emergencia. - 11 tipos de timbrado. - Soporta servicios suplementarios.
	<p>CDMA T Series</p> <p>Entre las principales características se tiene:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Opera en las frecuencia de 450 MHz - Alta calidad de voz y SMS. - Servicio de transferencia de datos con a una tasa máxima de 153.6 Kbit/s. - Soporta teléfonos públicos. - Puerto para control de carga. - Transferencia de llamadas, llamada en espera, llamadas tripartitas.

- Internet

En la Tabla 3.14 describimos algunas opciones de equipos de abonado para la interconexión con la red de datos, así como sus principales características:

TABLA 3-14 Equipos Huawei para acceso a la red de datos.

	<p>EC506 Entre las principales características se tiene:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Opera en la frecuencia de 450 MHz para EV-DO y a 2.4 GHz en WLAN. - Soporta: CDMA2000 1xEV-DO / CDMA2000 1xRTT / IS-95. - Comparte una tasa de 2.4 Mbps con múltiples usuarios. - 4 interfaces Ethernet 10/100 Mbps - Configuración y administración vía WEB. - Soporta DHCP, NAT y DNS relay. - Soporta alta calidad de servicios de voz y WLAN (servicios opcionales).
---	--

b. AXESSTEL:

- Telefonía

En la Tabla 3.15 mostramos las principales características de estos terminales:

TABLA 3-15 Equipos Axesstel para telefonía fija inalámbrica.

	<p>PX110 Opera en la frecuencia de 450 MHz, ofrece alta calidad de voz y mensajes cortos. Entre las principales características se tiene:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Altavoz incorporado. - Iluminación de pantalla y teclado. - Pantalla LCD a matriz de puntos de 3 líneas. - Hora mundial y calculadora. - SMS. - Correo de voz. - Sonidos polifónicos. - Llamada en espera, transferencia de llamadas y llamadas tripartitas. - RUIIM (Removable User Identity Module) opcional. - PCO (Public Calling Office Function) opcional. - Radio FM opcional.
	<p>PX310 Opera en la frecuencia de 450 MHz, ofrece alta calidad de voz, mensajes cortos y transmisión de datos a alta velocidad. Entre las principales características se tiene:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 1x Packet Data Capability (153.6Kbps max). - Altavoz incorporado. - Iluminación de pantalla y teclado. - Pantalla LCD gráfica de 3 líneas. - Interface de datos para RS232 y USB - Hora mundial y calculadora. - SMS. - Correo de voz. - Sonidos polifónicos. - Llamada en espera, transferencia de llamadas y llamadas tripartitas. - RUIIM (Removable User Identity Module) opcional. - PCO (Public Calling Office Function) opcional. - Radio FM opcional.

- Internet

En la Tabla 3.16 describimos algunas opciones de equipos de abonado para la interconexión con la red de datos, así como sus principales características:

TABLA 3-16 Equipos Axesstel para telefonía fija inalámbrica.

	<p>MV410 CDMA2000 1xEV-DO Gateways Combina perfectamente una Wireless-WAN con una red local WiFi (WLAN) y 4 puertos Ethernet. Entre las principales características se tiene:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 6 LEDs indicadores multicolor. - Diversidad de antenas en el receptor. - Capacidad de datos de acuerdo a: 1x EV-DO/IS-99/IS707A (3.1Mbps FL/1.8Mbps RL max) - Interfaces de datos: 1 RS232, 1 USB y 4 Ethernet - Certificación Wi-Fi - Opción de DHCP - Herramienta de administración por PC y WEB. - Soporta OTA (Over the Air) (IS-683/IS-683A) - RUIIM (Removable User Identity Module) opcional.
	<p>MV410i CDMA2000 1xEV-DO Gateways Opera en la frecuencia de 450 MHz, combina perfectamente una Wireless-WAN con una red local Ethernet. Entre las principales características se tiene:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 6 LEDs indicadores multicolor. - Diversidad de antenas en el receptor. - Capacidad de datos de acuerdo a: 1x EV-DO/IS-99/IS707A (3.1Mbps FL/1.8Mbps RL max) - Interfaces de datos: 1 RS232, 1 USB y 4 Ethernet - Opción de DHCP - Herramienta de administración por PC y WEB. - Soporta OTA (Over the Air) (IS-683/IS-683A). - RUIIM (Removable User Identity Module) opcional.

C. Equipamiento de microondas

El equipamiento de microondas será empleado en la red de transporte, estos equipos permitiendo la interconexión punto a punto entre la central en el Cusco con las estaciones base a través de nuestros 4 repetidores; consideraremos el siguiente equipo:

NEC: Pasolink NEO4

Entre las principales características de este equipo tenemos:

- Plataforma común (módulos intercambiables).

- Capacidad escalable por software:

5E1 a 16E1 ó 40E1 a 48E1

1/2E3

16E1 a STM1 (intercambio de tarjeta de interface).

- Modulación seleccionable por software desde QPSK hasta 128 QAM.
- Configuración flexible (1+0, 1+1, HS/SD/FD, XPIC).
- APS (Automatic Protection Switch) para STM-1
- Diseño compacto: 1+0, 1+1 y configuración de repetidor en 1 IDU.
- Fácil administración gracias al PNMSj (PASOLINK Network Management System Java Version).
- Operación en Polarización cruzada para 2 x STM-1
- Implementación de VLAN.
- Modulación seleccionable por software desde QPSK hasta 128 QAM.
- Configuración flexible (1+0, 1+1, HS/SD/FD, XPIC).
- APS (Automatic Protection Switch) para STM-1
- Diseño compacto: 1+0, 1+1 y configuración de repetidor en 1 IDU.
- Fácil administración gracias al PNMSj (PASOLINK Network Management System Java Version).
- Operación en Polarización cruzada para 2 x STM-1
- Implementación de VLAN. funcionamiento de los equipos eléctricos y electrónicos ante cualquier agente natural como humano, además deberá cumplir también con los estándares establecidos para la implementación de las mismas.

Dentro de esta consideraremos lo siguiente:

- *Obras Preliminares*, abarca la preparación del terreno para la instalación de la estación.
- *Cimentación de la torre*, para la cual habrá que considerar la excavación y el tipo de concreto adecuado para la cimentación.
- *Construcción de la sala de equipos*, cuyas características deben incluir los estándares de seguridad necesarios.
- *Construcción de los muros externos*, comprenderá mampostería de ladrillo macizo, la instalación de alambres de púas y concertinas como medios disuasorios.
- *Construcción de las lozas armadas y pisos*, dentro de la sala de equipos y en la parte exterior a esta mediante el tendido de grava.
- *Instalaciones eléctricas*, en las cuales se considera la interconexión con la red eléctrica, los sistemas de protección eléctrica, la instalación de los tableros de control así como el sistema de tomacorrientes e interruptores.
- *Estructuras metálicas menores*, entre las cuales se incluirán los perfiles de acero, las puertas, la bandeja para cables tipo escalerilla y las anclas para la torre.
- *Estructuras metálicas mayores*, en este ítem consideramos principalmente la torre que soportará el sistema de radiocomunicación, se trata de una torre autosoportada triangular, así como todos los aditamentos necesarios para la instalación de las antenas de RF.

A. CONSTRUCCIÓN DE LA SALA DE EQUIPOS

Esta comprende desde el procedimiento de limpieza y adecuación de los terrenos, hasta la instalación de los mecanismos de de seguridad. A continuación se muestra el diagrama de la estación base que tendremos en cuenta para la implementación de nuestra red:

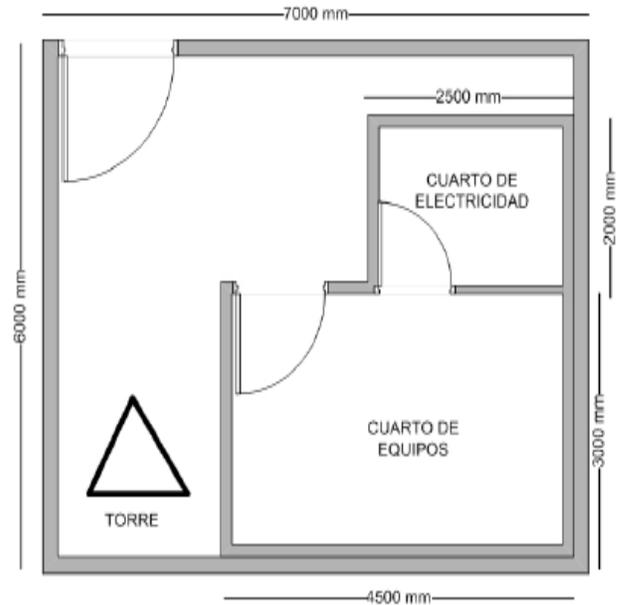


FIGURA 3-8 Diagrama de la infraestructura para una estación base

B. SISTEMAS DE PROTECCIÓN ELÉCTRICA

En las zonas rurales hay gran diversidad de fenómenos eléctricos de origen atmosférico que pueden afectar a la salud de las personas y al buen funcionamiento de los equipos electrónicos. Por ello, es necesaria la implementación de un sistema de protección eléctrica que garantice la seguridad de las personas y la funcionalidad de los equipos.

El sistema de protección eléctrica debe cumplir los siguientes objetivos:

- Protección y seguridad para la vida humana.
- Protección y seguridad en la operación electrónica.
- Continuidad de operación.
- Compatibilidad electromagnética (mínimos niveles de interferencia y contaminación entre equipos, aparatos, componentes, accesorios y seres humanos).

El principal problema que se presenta en zonas de alta montaña es la caída de rayos. La descarga de rayos directos, los mismos que impactan en las cercanías o que caen sobre las líneas de suministro de energía que alimentan a los establecimientos, pueden producir efectos transitorios de alto voltaje y alta corriente. Las estaciones de radio son particularmente vulnerables a las descargas de rayos y transitorios, pues están situadas en lugares elevados para la mejor propagación de la señal.

No hay ninguna tecnología que por sí sola pueda eliminar el riesgo de los rayos y sus transitorios. Es necesario un sistema integral, que se encargue de:

- Capturar la descarga atmosférica.
- Derivar el rayo hacia tierra en forma segura.
- Disipar la energía a tierra.
- Proteger los equipos contra los efectos transitorios (sobrevoltajes y sobrecorrientes).

Capítulo 4 Aspectos Económicos

4.1 Costo de equipos

Para el equipamiento de red necesario, optaremos por la opción ZTE, debido a que sus equipos cubren las necesidades de la red, presentan una buena oferta de precios así como también por tener un precedente en su uso como es la red de Valtron en Huarochiri.

En cuanto a equipamiento de usuario tenemos una gran variedad de terminales con diferentes características y funciones, cuyos costos varían de acuerdo a las características del equipo, teniendo terminales de solo telefonía desde \$ 35, hasta terminales híbridos de telefonía + datos de hasta \$ 150, la selección de estos dependerá del usuario, tomaremos en cuenta una cantidad de 1000 equipos a un precio promedio de \$ 100 cada uno.

TABLA 4-1 Costos de equipamiento

Ítem	DESCRIPCION	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	SUB TOTAL
1	MSC + HLR/AUC	400 000	1	400 000
2	BSC	250 000	1	250 000
3	BTS (Inc. antenas)	40 000	2	80 000
4	PDSN + AAA	100 000	1	100 000
5	PASOLINK NEO 1+0 (Inc. antenas e instalacion)	6 850	10	68 500
6	Terminales de usuario	100	1000	100 000
7	Sub Total			998 500
8	Costo de aduanas (43%)			429 355
COSTO EN DOLARES AMERICANOS SIN I.G.V.				1 427 855

4.2 Costo de infraestructura

El costo de la infraestructura lo dividiremos en dos aspectos bien diferenciados. El primero, la Infraestructura Civil que será aquella que abarque la construcción de las cimentaciones, ambientes y sistemas de seguridad eléctrica y anti intrusiones; y el segundo aspecto que abarcará lo concerniente al costo de la torre y su instalación; tenemos:

TABLA 4-2 Estación Base – Infraestructura Civil.

Ítem	DESCRIPCION	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	SUB TOTAL
1	Obras preliminares	311	2	622
2	Cimentación de torre	4 907.56	2	9 815.12
3	Muros de ladrillo	9 510.02	2	19 020.04
4	Losas armadas y pisos	2 856.04	2	5 712.08
5	Sistema de tierras	4 070.19	2	8 140.38
6	Instalaciones eléctricas	1 089.71	2	2 179.42
7	Estructuras metálicas menores	1 940.54	2	3 881.08
8	Otros	8 215.24	2	16 430.48
COSTO EN DOLARES AMERICANOS SIN I.G.V.				65 800.6

TABLA 4-3 Estructuras Metálicas

Ítem	DESCRIPCION	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	SUB TOTAL
1	Suministro torre autosoportada triangular de 30m.	8 822.24	4	35 289
2	Instalacion de torre	1 560	4	6 240
3	Suministro de escalerilla de 30 para recorrido de cables	1 012.5	4	4 050
4	Instalación de soporte con doble anillo tubular para antenas de RF	163.8	2	327.6
5	Instalación de soporte tipo ménsula fija para antenas de TX	20.48	7	143.36
COSTO EN DOLARES AMERICANOS SIN I.G.V. USD				46049.96

TABLA 4-4 Resumen de costos por infraestructura

Ítem	DESCRIPCION	TOTALES
1	INFRAESTRUCTURA CIVIL	65 800.6
2	ESTRUCTURAS METALICAS	46 049.96
COSTO EN DOLARES AMERICANOS SIN I.G.V. USD		111 850.56

4.3 Costos de interconexión

En primer lugar consideraremos los costos de interconexión para los sistemas de telefonía, en base al número de E1s calculados en el Capítulo 2 y a los precios de adecuación referenciales provistos por Telefónica. Para el caso del tráfico de datos, tomaremos en cuenta el mismo cargo de adecuación de red, por ser válido para una velocidad de 2.048 Mbps

TABLA 4-5 Costos de adecuación de red para interconexión

Ítem	DESCRIPCION	CARGO UNITARIO POR ADECUACIÓN DE RED	CANTIDAD	SUBTOTAL
1	Total Telefonía	7650	2 E1s	15 300
3	Internet	7650	11 E1s	84 150
COSTO EN DOLARES AMERICANOS SIN I.G.V.				99 450
COSTO EN DOLARES AMERICANOS INC I.G.V.				11 834.55

4.4 Costo de operación y mantenimiento

Los costos de operación y mantenimiento deberán cubrir todos aquellos gastos relacionados con el buen desempeño de la red, entre estos e tiene el pago al personal operador, la reparación, cambio de equipos, pagos por transporte hacia otros operadores, alquiler, pago de servicios, etc.

TABLA 4-7 Costos de operación y mantenimiento

Ítem	DESCRIPCION	PRECIO UNITARIO	CNTD	SUB TOTAL
1	Costo mensual por enlace de interconexión (E1s)	81	2	162
2	Costo mensual por enlace de interconexión de datos por MHz (consideramos 1MHz ≈ 1Mbps)	2200	11	24 200
3	Alquiler del local	800	1	800
4	Pago al personal	3000	1	3 000
COSTO EN DOLARES AMERICANOS SIN I.G.V. USD				28 162
COSTO EN DOLARES AMERICANOS INC. I.G.V. USD				33 512.78

Conclusiones y Recomendaciones

- Las necesidades de comunicación presentes en las localidades rurales de nuestro país hacen necesaria la búsqueda y elección de la tecnología adecuada para satisfacerlas, de tal manera que esta cubra los requerimientos básicos de las telecomunicaciones rurales como son la cobertura, la capacidad y la rentabilidad del sistema.
- La tecnología CDMA 450 se presenta como una de las más completas alternativas para este tipo de entornos, debido a sus principales características como son el uso de *espectro expandido* y la *gran área de cobertura* que permite la utilización de una frecuencia baja como son los 450 MHz.
- El empleo de la tecnología CDMA 450 permitirá brindar servicios de mejor calidad y a un menor costo que los servicios con los que actualmente cuentan, generalmente basados en soluciones VSAT, caracterizadas principalmente por ser bastante costosas y muy sensibles a las condiciones atmosféricas.
- La implementación de este diseño, tendrá como consecuencia una mejora en la calidad de vida de los pobladores, permitiendo el acceso de alrededor del 22% de los hogares al servicio de telefonía fija de abonado, duplicará el número de teléfonos públicos y finalmente brindará acceso a internet alrededor del 7% de hogares. Además de contar con un futuro mercado compuesto por las poblaciones ubicadas a lo largo de la red de transporte.

Bibliografía

CDMA DEVELOPMENT GROUP. "CDMA 450".

URL: <http://www.cdg.org/technology/3g/cdma450.asp>

Última consulta: Enero 2009

CDMA DEVELOPMENT GROUP. "CDMA 450: Situación de Mercado". Enero 2009.

URL:

<http://www.cdg.org/technology/3g/resource/CDMA450%20Mar>

[ket%20Facts_Spanish.pdf](#)

Última consulta: Enero 2009

INTERNATIONAL 450 ASSOCIATION. "Seminario sobre espectro terrestre para las IMT, El Salvador, 2007.

URL: <http://www.450world.org>