

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**



**DISEÑO DE UNA RED MÓVIL DE TECNOLOGÍAS DE LA  
INFORMACIÓN EN EL CALLEJÓN DE HUAYLAS**

**TESIS**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE**

**INGENIERO ELECTRONICO**

**PRESENTADO POR:**

**EVELIN MELINA POMIANO RIVERA**

**PROMOCIÓN**

**2009- I**

**LIMA - PERU**

**2010**

# **DISEÑO DE UNA RED MÓVIL DE TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN EN EL CALLEJÓN DE HUAYLAS**

**Esta tesis está dedicada especialmente  
A mis padres por inculcarme la perseverancia  
Y guiarme por el buen camino siempre  
A mis hermanos por comprenderme  
Al Ing. Percy Fernandez por su apoyo y asesoramiento  
A mis primas por su cariño y bendiciones y  
A aquellos que me fortalecieron a seguir adelante**

## **SUMARIO**

La presente tesis se ocupa del diseño de una Red de Telecomunicaciones para las poblaciones rurales y urbanas del Callejón de Huaylas que comprende las provincias de Recuay, Huaraz, Carhuaz, Yungay y Huaylas.

Los primeros capítulos de la tesis explicarán el problema actual en la sociedad rural acerca del desarrollo de las telecomunicaciones en el Perú así como el avance de las tecnologías de información y las redes de banda ancha tales como UMTS y WiMAX MÓVIL.

Como todo proyecto de Telecomunicaciones, se realiza un estudio previo de los principales operadores en dicha localidad para después fijar un mercado meta acorde con la realidad del mercado actual. A lo largo de la tesis se plantean varias inquietudes que finalmente serán resueltas en el capítulo más importante del presente trabajo, en el cual se presenta toda la ingeniería del proyecto aplicando los conceptos básicos de planificación de redes de Telecomunicaciones.

En la parte final de la tesis se presentan las conclusiones y recomendaciones que se han obtenido en la elaboración del presente proyecto de tesis.

## ÍNDICE

Introducción	1
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>PROBLEMÁTICA A DESARROLLAR</b>	<b>3</b>
1.1 Objetivos y alcances	3
1.2 Análisis del problema	4
1.3 Organización del documento	5
1.4 Marco de Referencia	7
1.4.1 Las comunicaciones en zonas rurales en el Perú	7
1.4.2 Tecnologías de información y Comunicaciones en los hogares del Perú	8
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE</b>	<b>10</b>
2.1 Servicios convergentes en Telecomunicaciones	11
2.1.1 Convergencia de redes y servicios	11
2.1.2 Redes convergentes de próxima Generación	12
2.2 Redes WiMAX	15
2.2.1 Medios inalámbricos de banda ancha	15
2.2.2 WiMAX móvil	16
2.2.3 Cobertura de la tecnología WiMAX	22
2.2.4 Aplicaciones y Servicios	23
2.3 Redes de Tercera Generación	24
2.3.1 Evolución de la Telefonía Móvil	24
2.3.2 Tecnología CDMA 2000	26
2.3.3 El Estándar Europeo - UMTS	28
2.3.4 Aplicaciones y servicios de la Tecnología 3G	34
2.4 Desarrollo de servicios convergentes en el Perú	34
2.4.1 Servicios convergentes en el Perú	34
2.4.2 Situación actual de los servicios convergentes en el Perú	35
<b>CAPÍTULO III</b>	
<b>EVALUACIÓN Y DETERMINACIÓN DE NECESIDADES</b>	<b>38</b>
3.1 Evaluación Socio-Económica del Callejón de Huaylas	38

3.1.1	Datos Generales .....	38
3.1.2	Las zonas rurales del Callejón de Huaylas .....	40
3.1.3	Crecimiento urbano y rural .....	41
3.2	Situación actual de las Telecomunicaciones Móviles en el Callejón de Huaylas .....	42
3.2.1	Datos comparativos .....	44
3.2.2	Servicio de telefonía fija .....	44
3.2.3	Servicio de Valor añadido o banda ancha .....	44
3.2.4	Servicio de telefonía móvil .....	46
3.3	Determinación de la demanda de los servicios de Telecomunicaciones en el Callejón de Huaylas .....	47
3.3.1	Población .....	47
3.3.2	Vivienda .....	47
3.3.3	Ubicación General de la demanda .....	48
3.4	Delimitación Geográfica del mercado .....	49
3.5	Encuestas en el Callejón de Huaylas .....	50
3.6	Análisis comparativo de las tecnologías 3G y WiMAX para la zona de estudio .....	53
3.6.1	Ventajas y desventajas de la Tecnología 3G .....	53
3.6.2	Ventajas y desventajas de WiMAX móvil .....	55
3.6.3	Cuadro comparativo de las tecnologías convergentes .....	56
3.6.4	Elección de la tecnología a usar .....	57
 <b>CAPÍTULO IV</b>		
	<b>INGENIERÍA DE PROYECTO.....</b>	<b>59</b>
4.1	Topología de la red .....	59
4.1.1	Elección de la banda 850MHz .....	59
4.1.2	Canalización .....	60
4.1.3	Estructura de la red .....	61
4.2	Cálculos de radiopropagación, red de transporte Y red de acceso .....	62
4.2.1	Red de Acceso .....	62
4.2.2	Red de Transporte .....	72
4.3	Especificaciones técnicas del equipamiento .....	79
4.3.1	Equipamiento para la Red de Acceso .....	79
4.3.2	Equipamiento para la Red de Transporte .....	81

4.4	Características técnicas de la infraestructura del proyecto .....	82
4.4.1	Subsistema de protección .....	82
4.4.2	Subsistema de respaldo de energía .....	85
4.4.3	Subsistema de Infraestructura .....	89
4.5	Programa de implementación del proyecto .....	92
 <b>CAPÍTULO V</b>		
<b>COSTOS DEL PROYECTO .....</b>		<b>93</b>
5.1	Costos de Inversión CAPEX .....	93
5.2	Costos de Operación OPEX .....	94
 <b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>		<b>96</b>
 <b>ANEXO A</b>		
<b>PERFILES DE TRAYECTOS DE LA RED DE TRANSPORTE .....</b>		<b>99</b>
 <b>ANEXO B</b>		
<b>DATASHEET DE LOS EQUIPOS .....</b>		<b>103</b>
 <b>ANEXO C</b>		
<b>SITUACIÓN DE LOS SERVICIOS CONVERGENTES EN EL DEPARTAMENTO DE ANCASH .....</b>		<b>106</b>
 <b>ANEXO D</b>		
<b>IMÁGENES DE LAS POBLACIONES VISITADAS DURANTE EL VIAJE AL CALLEJÓN DE HUAYLAS .....</b>		<b>110</b>
 <b>ANEXO E</b>		
<b>ENCUESTA DE EVALUACION DE LOS SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES RURALES .....</b>		<b>114</b>
 <b>ANEXO F</b>		
<b>ESTRUCTURA Y DISEÑO DE LOS PANELES SOLARES Y LAS TORRES AUTOSOPORTADAS .....</b>		<b>121</b>
 <b>ANEXO G</b>		
<b>DESCRIPCIÓN DE LOS COSTOS DE EQUIPAMIENTO .....</b>		<b>125</b>
 <b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>		<b>127</b>

## **INTRODUCCIÓN**

El sector de telecomunicaciones avanza y se desarrolla día a día creciendo de manera espectacular a nivel mundial, de manera que hoy en día contamos con tecnología de banda ancha capaz de brindar servicios de voz, data y video a través de un mismo acceso.

Es así que ahora podemos observar y disfrutar de una gran cantidad de opciones para comunicarnos tales como el internet, las video llamadas, etc., pero a pesar de todo ese cambio constante y rápido del que somos conscientes al formar parte de la sociedad, nos es imposible creer que aún hayan personas y comunidades íntegras que desconozcan de la existencia de estos medios y en otros casos que no puedan acceder a ellos debido a las limitaciones económicas propias de las zonas en las cuales viven.

El objetivo principal de la presente tesis es presentar un diseño de red de la tecnología de banda ancha más adecuada para cubrir las necesidades de comunicación del área a intervenir, el Callejón de Huaylas. Con esto se pretende demostrar las diferencias en cuanto a la calidad de servicio, las tasas de transmisión, los costos de instalación, operación y mantenimiento, entre otros parámetros, en comparación con las redes actuales.

El primer capítulo explicará el problema actual en la sociedad rural acerca del desarrollo de las telecomunicaciones. Mientras, el segundo capítulo estará centrado en brindar un panorama general sobre la evolución de las tecnologías de banda ancha; aplicando una comparativa entre la tecnología UMTS y WiMAX Móvil, con el fin de elegir la más adecuada para la zona de estudio.

En el tercer capítulo se estudia panorámicamente las condiciones socioeconómicas y de las comunidades a intervenir, con la finalidad de determinar la demanda de servicios que necesita. El cuarto capítulo presenta la ingeniería de red y el programa de implementación del proyecto. Y el quinto capítulo describe los aspectos económicos a tomar en cuenta, como son los costos de diseño, implementación, operación y mantenimiento de la red; CAPEX y OPEX.

Cabe destacar el apoyo de instituciones muy importantes como el INICTEL- UNI y la empresa SEGO SEGURIDAD OPTIMA S.A. quienes apoyaron con material

indispensable para el desarrollo de la tesis como son libros, apoyo económico para el viaje de estudio de la zona, mapas, etc.

Así mismo, el apoyo del grupo de telecomunicaciones rurales GID de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, quienes apoyaron incondicionalmente para el desarrollo y elaboración de las encuestas realizadas en el Callejón de Huaylas.

Agradecer el apoyo de mis familiares, en especial el de mis padres, quienes fueron mis guías en todo momento, me animaron e inspiraron a no rendirme y a seguir adelante, a pesar de los obstáculos y los problemas.

Por último, agradecer el apoyo y asesoramiento del Ing. Percy Fernandez, quién con sus grandes conocimientos y recomendaciones me ayudó a resolver sin dificultad las dudas que se presentaron durante el desarrollo de la tesis.

## CAPÍTULO I

### PROBLEMÁTICA A DESARROLLAR

#### 1.1 Objetivos y justificación de la tesis

Esta tesis encuentra su justificación, en la necesidad de expandir la convergencia de las telecomunicaciones en áreas urbanas fuera de nuestra capital; Lima y centramos en otros departamentos como Ancash con su capital Huaraz y las zonas rurales cercanas a ella, fundamentalmente servicios de internet, telefonía móvil, telefonía fija, video, etc. Es decir, servicios de banda ancha.

Una zona rural se define como la localidad o poblado que cuente con menos de 3000 habitantes y además que no disponga de servicios de telecomunicaciones. Para ello, el desarrollo de esta tesis se basa en los siguientes objetivos:

**Objetivo general:** El objetivo de la investigación es elegir y diseñar la red móvil más adecuada y apropiada para el Callejón de Huaylas, de modo que se logre establecer servicios convergentes de telecomunicaciones para los pobladores de la zona.

**Objetivo específico:** Determinar los costos de inversión y operación del proyecto analizando la rentabilidad del mismo, para obtener la posibilidad de financiamiento a través de FITEL.

El nuevo siglo enfrenta al Perú y al mundo a la era de la información, cuya característica fundamental es posibilitar el establecimiento de una sociedad basada en el acceso a la información y al conocimiento, la que para su desarrollo necesita del despliegue y uso intensivo de tecnologías de información y comunicaciones (TIC).

Así, las TIC [25] se definen como sistemas tecnológicos mediante los que se recibe, manipula y procesa información, y que facilitan la comunicación entre dos o más interlocutores.

Es importante señalar que una condición necesaria para el aprovechamiento de la información y el conocimiento es el acceso a la infraestructura de las TIC.

Pero, garantizar el acceso universal no es suficiente para alcanzar sociedades de la información equitativas, las personas requieren de capacidades para aprovechar de la tecnología y convertir el acceso a la información en creación de conocimientos.

Para un acceso pleno a las TIC, el primer requisito es el acceso físico, conexión a las redes de emisión y difusión como la radio y la televisión, telefonía fija, Internet, computadoras personales y telefonía celular. El segundo es el acceso económico y el tercero está relacionado con el sociocultural.

Sin embargo, en países en vías de desarrollo, la falta de alternativas apropiadas para desarrollar redes rurales hace interesante el uso de tecnologías como la tecnología satelital, tecnología de un rango de cobertura muy limitado, además de un costo demasiado alto a una velocidad muy baja.

Nuestro país no se encuentra ajeno a esta realidad y lo podemos comprobar en la relación de proyectos financiados por el FITEC (Fondo de Inversiones de Telecomunicaciones), pues la mayoría de ellos han utilizado la tecnología satelital VSAT para llegar a las zonas rurales tanto en la serranía como en la Amazonía del país.

Debido a ello, este trabajo se orienta principalmente en la utilización de nuevas tecnologías como la Tecnología 3G basada en el estándar UMTS (WCDMA) y WiMAX Móvil basada en el estándar IEEE 802.16e. Centrando principal atención en el despliegue de las redes inalámbricas de banda ancha que nos permitirá lograr la convergencia de servicios.

A lo largo de la tesis se irá aplicando paulatinamente el conocimiento adquirido de las redes de acceso y transporte, los cálculos de cobertura de la red cubriendo tanto zonas rurales como urbanas y se propondrá el diseño de la red móvil utilizando la mejor tecnología para el área de estudio propuesta: El callejón de Huaylas.

## **1.2 Análisis del Problema**

Según el Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC), en su informe "Diagnóstico de las Telecomunicaciones Rurales en el Perú" [17], describe la deficiencia de los servicios convergentes en las localidades rurales del Perú. De los cuales, la mayoría de los servicios han sido instalados mediante proyectos de telecomunicaciones Rurales financiados por el Fondo de Inversiones de Telecomunicaciones (FITEC) [26].

Estos proyectos son desarrollados mediante la tecnología satelital; tecnología muy cara y poco provechosa. Sin embargo, a pesar de que organizaciones como FITEC [26] desarrollan planes y proyectos para llevar los servicios convergentes a todas las áreas rurales, muchas localidades aún no cuentan con este servicio, y quienes si lo tienen o no lo usan o no pueden tener acceso a él por diferentes motivos o circunstancias tales como: el servicio es muy caro o no se encuentra disponible por el momento y en muchos casos porque los pobladores no conocen como acceder al servicio.

Este problema se centra en el siguiente dilema: “Mientras las redes urbanas operan con grandes economías de escala y densidad, además de reducidos costos de transporte, las redes rurales no aprovechan las economías de escala ni de densidad debido al bajo volumen de tráfico y al bajo número de usuarios por área, además los costos de transporte son elevados.”

Es decir, las localidades rurales tienen menor población que las localidades urbanas además de menores ingresos, sin embargo, el costo del servicio es más caro. Pero, ¿cómo reducir el costo de estas tarifas? ¿Cómo homogenizar el costo del servicio de las localidades rurales al mismo costo de las localidades urbanas? ¿Cómo mejorar la calidad del servicio, velocidad?

Luego, se tiene la problemática de telefonía rural [28] cuyas tarifas son más caras que la de telefonía celular; por esta razón muchos pobladores optan por el servicio celular que por el uso de un teléfono público al cual muchas veces no podrían tener acceso y además su acceso es más caro que la tecnología celular que ha demostrado ser una tecnología de gran demanda, incluso más que Internet.

Después de un breve análisis, nos damos cuenta que una posible solución sería utilizar una tecnología diferente, que nos brinde los mismos servicios pero a un menor costo. Siendo así se ha propuesto utilizar la tecnología 3G WCDMA; tecnología de gran ancho de banda que permite brindar los servicios de voz, datos y video a una área mayor que la tecnología satelital, además a pesar que los costos de inversión son más altos que la tecnología satelital; los costos de operación son mucho más bajos y su cobertura mucho mayor.

El callejón de Huaylas contiene la mayor cantidad de localidades rurales del departamento de Ancash, debido a que se encuentra conformado por las provincias que pertenecen a la sierra y en ellas se realice una de las actividades más rentables en el país; la minería. Además, la capital Huaraz pertenece a este callejón, permitiendo un gran desarrollo de éste.

La demanda del uso de servicios convergentes cada día es mayor; su crecimiento aumenta día a día tanto para áreas urbanas como áreas rurales. Por esta razón el proyecto de tesis enfoca ambas áreas del Callejón de Huaylas, de manera que la rentabilidad y sostenibilidad del proyecto se encuentren determinados de manera exitosa.

### **1.3 Organización del documento**

El documento está organizado de la forma siguiente:

**Capítulo I:** Este primer capítulo tiene por objetivo realizar un análisis crítico y evaluativo de la situación actual de las telecomunicaciones en el Callejón de Huaylas. Para ello, se analizará la estrategia de las telecomunicaciones rurales en el Perú a través del FTEL así como las disposiciones y normativas de las TIC'S con sus estrategias y alcances. Se realizará también un árbol de decisiones que muestre los aspectos relacionados con la solución al tema.

**Capítulo II:** Se efectuará una descripción de los servicios convergentes de Telecomunicaciones, su evolución desde sistemas de primera generación hasta sistemas fijos y sistemas móviles de tercera generación. En este capítulo se pretende recoger el estado del arte para las tecnologías alternativas que podrán ser utilizadas como solución para servicios convergentes en el Callejón de Huaylas: WiMAX Móvil y Tecnología WCDMA.

**Capítulo III:** En este capítulo de la tesis se pretende determinar la demanda de los servicios de telecomunicaciones en la zona de estudio a través o mediante la evaluación socioeconómica, resultado de las encuestas e información relacionada a la situación actual de las telecomunicaciones en la zona del Callejón de Huaylas. Así mismo, en base a la información anterior se elegirá la tecnología adecuada para llevar adelante el proyecto propuesto.

**Capítulo IV:** En este capítulo se desarrollarán aspectos relacionados con los cálculos para el diseño de la red de transporte y red de acceso, se empleará programas especializados que permitan efectuar la evaluación de pérdidas y ganancias de las redes así como la elección del equipamiento necesario para su implementación; se presentarán las especificaciones técnicas del equipamiento y las características de la infraestructura del proyecto donde se elaborará un cuadro describiendo las actividades del proyecto y su duración respectiva en el proceso de proyecto de tesis.

**Capítulo V:** Se determinarán los costos de inversión y operación del proyecto y se analizará la rentabilidad del mismo, evaluándose la posibilidad de terminar el financiamiento a través de FTEL.

**Capítulo VI:** En este capítulo se citarán las conclusiones así como las recomendaciones respectivas basadas en los resultados del proyecto tratado.

**Anexos:** En esta parte del proyecto de tesis, se describirá de manera más detallada algunos conceptos o información adicional necesaria en la tesis como son encuestas, fotos del sitio, tablas, gráficos, datasheets del equipamiento elegido, etc.

Bibliografía: Por último se listará los libros y enlaces más importantes y relevantes utilizados como fuente y base en los diferentes conceptos teóricos y prácticos en el proceso de elaboración de este proyecto de tesis.

## **1.4 Marco de Referencia**

### **1.4.1 Las comunicaciones en zonas rurales en el Perú**

Las telecomunicaciones constituyen un factor fundamental en el desarrollo económico-social de un país, contribuyendo a elevar la eficiencia tanto de la administración como del proceso mismo de producción y comercialización. Por ello, se brinda especial atención a la prestación de los servicios de telecomunicaciones a los sectores más desfavorecidos, zonas rurales [17].

Actualmente, FITEC se encuentra desarrollando proyectos como: “Banda Ancha Rural (BAR)” y “Banda Ancha para Localidades Aisladas (BAS)” [27], orientados al desarrollo del servicio universal. Donde más de 3000 localidades rurales saldrán beneficiadas, sin embargo, estos proyectos se encuentran orientados principalmente al acceso a internet de cabinas públicas y locutorios mas no al acceso directo a los hogares. Además la tecnología a usar, será nuevamente la tecnología satelital limitando no sólo la cobertura y velocidad sino también el acceso a los multiservicios o servicios convergentes.

En el Diagnóstico de telecomunicaciones Rurales del Perú [17], desarrollado por el MTC (Ministerio de Transportes y Comunicaciones), se citan algunos comentarios de las entrevistas realizados a algunos pobladores de las zonas rurales:

En zonas rurales, los Teléfonos de uso público (TUPs) se encuentran principalmente en bodegas o locales privados, por ello, el servicio no está siempre disponible y depende del horario de atención de las personas a cargo. La modalidad de tarjetas pre-pago para uso de TUPs genera en algunos usuarios la incomodidad de tener que disponer de montos mínimos de 3 soles para comprar tarjetas. A esto se suma el hecho que no siempre se encuentran disponibles las tarjetas en su localidad.

En poblados donde existe limitada cobertura de la señal móvil, la mayoría de pobladores cuenta con teléfono celular pre-pago que utilizan buscando el punto donde hay señal o cuando van a zonas de cobertura. A continuación, se describe la red de acceso y la red de transporte utilizada actualmente en el desarrollo de las telecomunicaciones rurales en el Perú.

Para la red de transporte, debido a que es satelital, es necesario contar con un terminal VSAT (estación satelital usualmente de baja potencia) en cada localidad. Para determinar la magnitud de la red de transporte es necesario definir los parámetros de tráfico a ser cursado. Considerando que el tráfico en la hora cargada representa el 12% del tráfico total mensual se calcula dicho valor y luego este es convertido en su equivalente en erlangs para determinar el número de canales que se requiere para transportar las señales desde cada centro poblado.

La red de acceso parte desde el punto de interconexión con la red WAN (bajada satelital) hasta los CPE en el lado de los abonados. La señal que llega por el VSAT es recibida por el router local y distribuida hacia los usuarios a través de una red local inalámbrica. Esta red consiste en una estación base con una antena omnidireccional que ilumina el área de cobertura y bajo un patrón punto-multipunto conecta todos los CPE de la red.

#### **1.4.2 Tecnologías de información y Comunicaciones en los hogares del Perú**

La necesidad de cuantificar y medir la incorporación de las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) en los hogares, en particular la telefonía móvil e Internet, cuyo uso se ha incrementado vertiginosamente durante los últimos años, y el interés sociológico y económico por la utilización que conlleva estos medios, requiere de la disponibilidad de estadísticas e indicadores de TIC fiables.

En este contexto el INEI (Instituto Nacional de Estadística e Información), incorpora a partir del año 2002 en el cuestionario de la Encuesta Nacional de Hogares (ENAHOG) [18], dirigido a una muestra importante de hogares a nivel nacional, preguntas que han permitido la construcción de principales indicadores para realizar mediciones sobre el desarrollo de la Sociedad de la Información.

Según algunos datos estadísticos proporcionados por el INEI, para el Trimestre Abril-Mayo-Junio 2009, el 28,8% de los hogares del país dispone de teléfono fijo, 62,1% tiene un teléfono móvil (celular), 19,6% tiene acceso a la televisión por cable, el 18,2% cuenta con computadora y 9,5% tiene instalado Internet en sus hogares.

Al igual que ocurre en otros aspectos del proceso hacia la modernidad, la incorporación de TIC no se da en forma equitativa, es decir, en el tránsito a la Sociedad de la Información se presentan inequidades dentro del país. Y si este aspecto se ve por el grado de urbanización, en el Resto Urbano y Área Rural se presentan diferencias muy marcadas, las mismas que se dan probablemente por los costos de instalación de estos

servicios en los hogares rurales y también por la falta de acceso de estas TIC en las áreas menos pobladas donde es escasa la infraestructura que facilite la implementación.

Para fines de análisis los bienes y servicios TIC se separan conceptualmente en tres grupos. Los bienes asociados al acceso a los medios de comunicación tradicionales: la televisión y la radio, los bienes asociados al acceso a la telecomunicación telefónica: el teléfono fijo y el móvil; y los bienes asociados al acceso a tecnologías digitales: la tenencia de computador y el acceso a Internet.

En este sentido, la ENAHO [18], nos confirma que la penetración de la Televisión y la Radio son altas en los hogares peruanos. Prácticamente se ha masificado el objetivo de conectar a los ciudadanos a los servicios de Televisión y la Radio; sin embargo, aún hay mucho por desarrollar en otros bienes y servicios TIC como el Teléfono fijo e Internet.

Sin embargo, es importante señalar que la era digital en nuestro país no se define tanto por la propiedad sobre las computadoras, sino por el acceso a la Red informática, por lo que en este caso el capital más importante sería el aprendizaje y no la posesión de un equipo. En el país el uso de Internet se ha difundido no a través de la tenencia de computadoras en el hogar sino por el uso de ellas a través de cabinas públicas

## **CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE**

### **2.1 Servicios convergentes en Telecomunicaciones**

#### **2.1.1 Convergencia de redes y servicios**

La convergencia es el proceso de inclusión y combinación de los sectores de las telecomunicaciones, medios de comunicación y las tecnologías de la información (TI). Es decir, cuando las redes tradicionales como son: telefonía, televisión, radiodifusión, mensajería y transmisión de datos se fusionan para brindar servicios y redes convergentes o red de redes (multiservicios), a través de una misma infraestructura.

Por ejemplo, las redes de cable además de ofrecer acceso a TV ofrecen acceso en banda ancha a Internet siendo una alternativa eficiente a la telefonía local con el empaquetamiento de voz, datos y TV.

Otro ejemplo son las redes móviles que han incorporado la movilidad a los servicios de telecomunicaciones y hoy en día son una alternativa real a la telefonía local facilitando el acceso a la información a través de un único interfaz con calidad adecuada y en múltiples contextos.

Un servicio convergente puede ser definido como la integración de diferentes tipos de servicios (multimedia, contenido web, voz, etc.), con la característica que este pueda ser accedido de manera transparente e independiente, de la red de acceso y del dispositivo.

Una red convergente no es una red únicamente de transmisión de voz y datos, sino un entorno en el que además existen servicios avanzados que integran estas capacidades, reforzando la utilidad de los mismos.

A través de la convergencia, una compañía puede reinventar tanto sus redes de comunicaciones como toda su organización. Una red convergente apoya sus aplicaciones vitales para estructurar el negocio de dichas empresas, las cuales contribuyen a que la empresa sea más eficiente, efectiva y ágil con sus clientes.

Durante los últimos 20 años la convergencia de redes [25] y servicios ha ido evolucionando creando muchos escenarios desde servicios convergentes con plataformas independientes hasta aplicaciones convergentes de forma ubicua, como se puede apreciar en la figura 2.1.

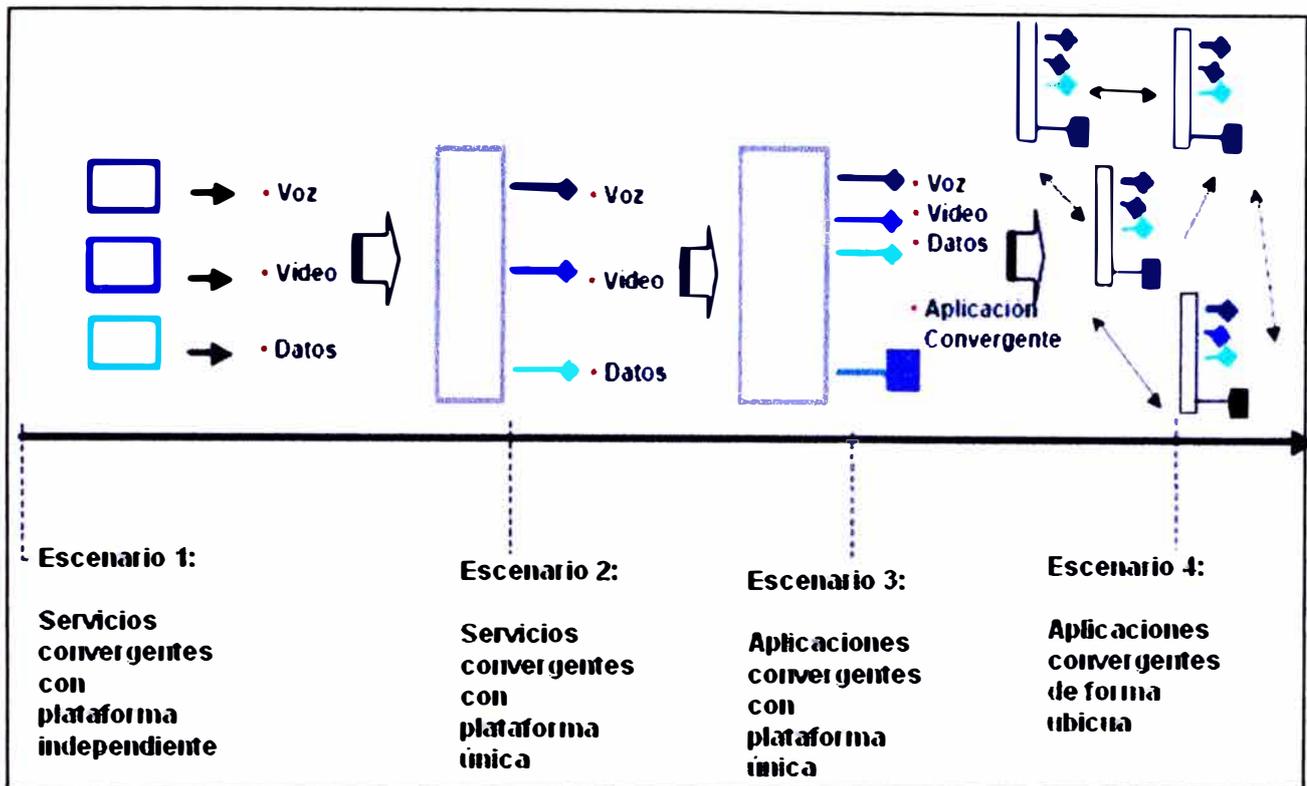


Fig. 2.1. Evolución de la Convergencia tecnológica

Fuente: Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicaciones de Madrid

### 2.1.2 Redes convergentes de próxima Generación

En los últimos años, las compañías de telecomunicaciones han venido migrando sus redes de telefonía conmutada, a Redes de Próxima Generación, con el fin de soportar los servicios tradicionales de acceso a Internet, llamadas de voz, mensajería, SMS y nuevos servicios como IPToV y llamadas multimedia.

Según la UIT-T [19], las redes de próxima generación se encuentran basadas en paquetes para suministrar servicios de telecomunicaciones en múltiples tecnologías de acceso de banda ancha, apropiadas para garantizar calidad de servicio.

#### a) Características

Una de las principales características de una red de próxima generación es el soporte de un conjunto amplio de servicios, garantizando que el usuario pueda acceder a ellos en forma independiente y con la capacidad para soportar cualquier red de acceso de banda ancha.

Además se pueden mencionar algunas características adicionales de la red como son:

- Red multiservicio capaz de manejar voz, datos y video
- Red con las capas de aplicaciones, control y transporte formalmente separadas
- Red que permite la ubicuidad de los servicios
- Red que permite el acceso irrestricto por parte de los usuarios a cualquier proveedor de servicios.

Para establecer la infraestructura de la una red de próxima generación es necesaria una plataforma multiservicios, para poder soportar muchos servicios por una sola interfaz. En la figura 2.2 se puede observar un típico diagrama de una plataforma de multiservicios.

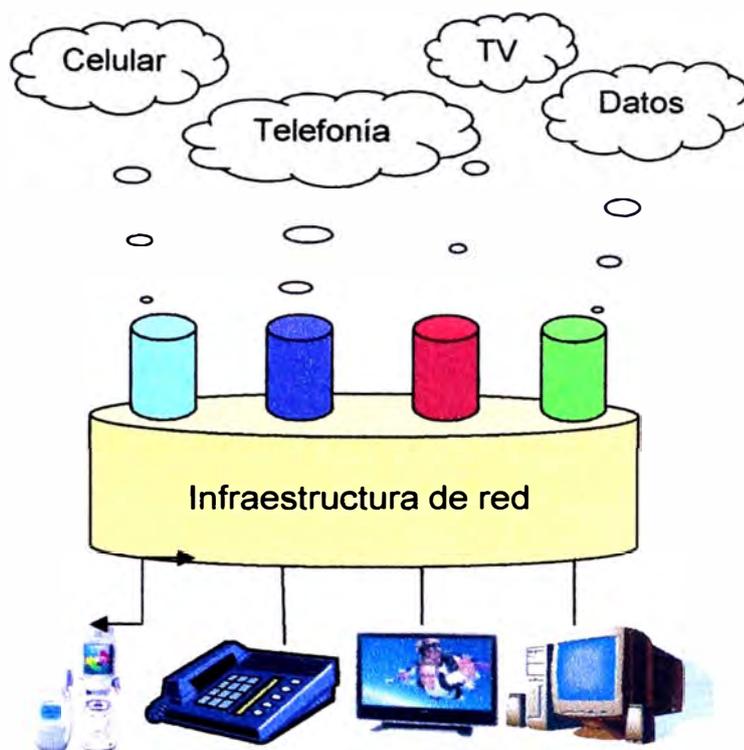


Fig.2.2. Plataforma de Multiservicios para la red NGN

Fuente: Comisión de Regulación de Telecomunicaciones de Colombia

Las redes de próxima generación proponen una arquitectura de red en donde se diferencian claramente dos estratos: transporte y servicio. La representación gráfica se puede apreciar en la figura 2.3. Según la figura 2.3, se definirán algunos parámetros que se involucran en la arquitectura de la red como:

**Pasarelas de acceso.**-Equipos que permiten la conexión de líneas de abonado a la red de paquetes, es decir, convierten los flujos de tráfico de acceso analógico (POTS) o los mecanismos de acceso de 2 Mb/s en paquetes y proveen acceso de los abonados a redes y servicios de próxima generación.

**Pasarelas de enlaces.**- Equipos que permiten trabajar conjuntamente entre la red de telefonía clásica TDM y la red de nueva generación basada en paquetes, convirtiendo flujos de circuitos/enlaces TDM (64kbps) en paquetes de datos, y viceversa.

**Pasarelas de señalización (SG).**- Equipos que proporcionan la conversión de señalización entre la red de nueva generación y otras redes.

**Redes de Paquetes.**-La información es empaquetada en unidades de tamaño variable con cabeceras de control que permiten el enrutamiento y entrega apropiados. La tendencia NGN es usar redes IP sobre varias posibilidades de transporte.

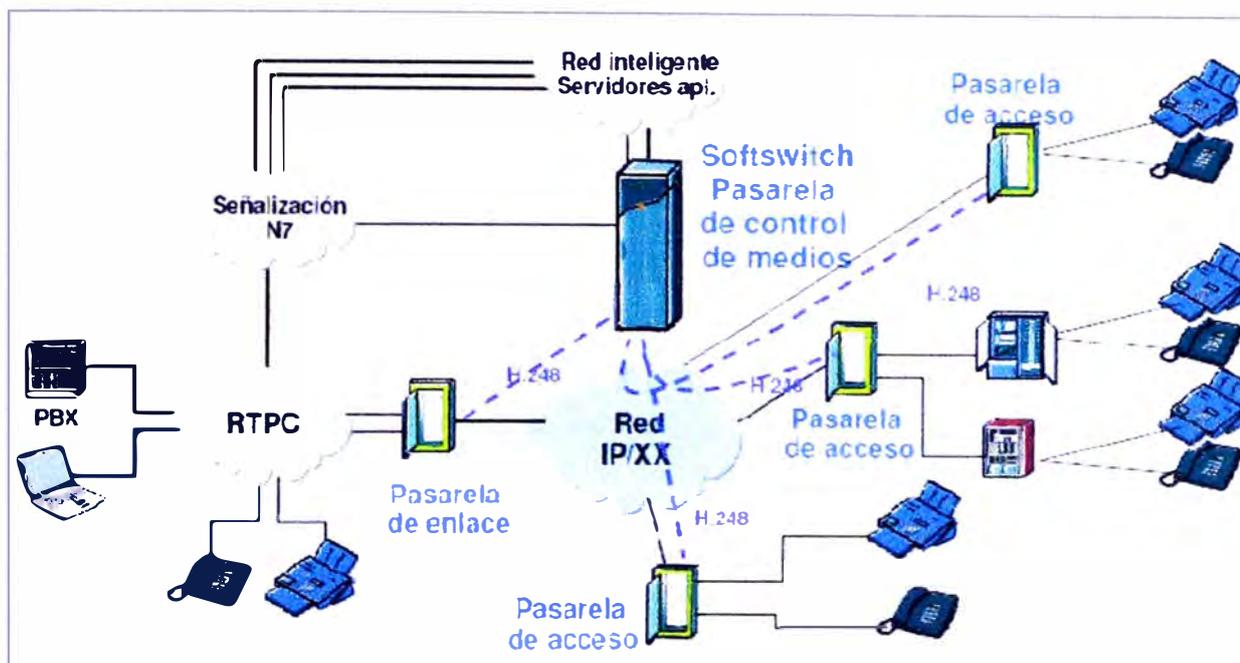


Fig.2.3. Arquitectura de las NGN

Fuente: Elaboración Propia

## b) Servicios

Los servicios en redes de próxima generación pueden ser clasificados en servicios residenciales, para empresas y móviles. En la figura 2.4 se observa algunos servicios convergentes y su impacto en el mundo durante los últimos tres años con proyecciones desde el año 2007 hasta el año 2010, donde se aprecia la respuesta de los usuarios de una forma muy satisfactoria.

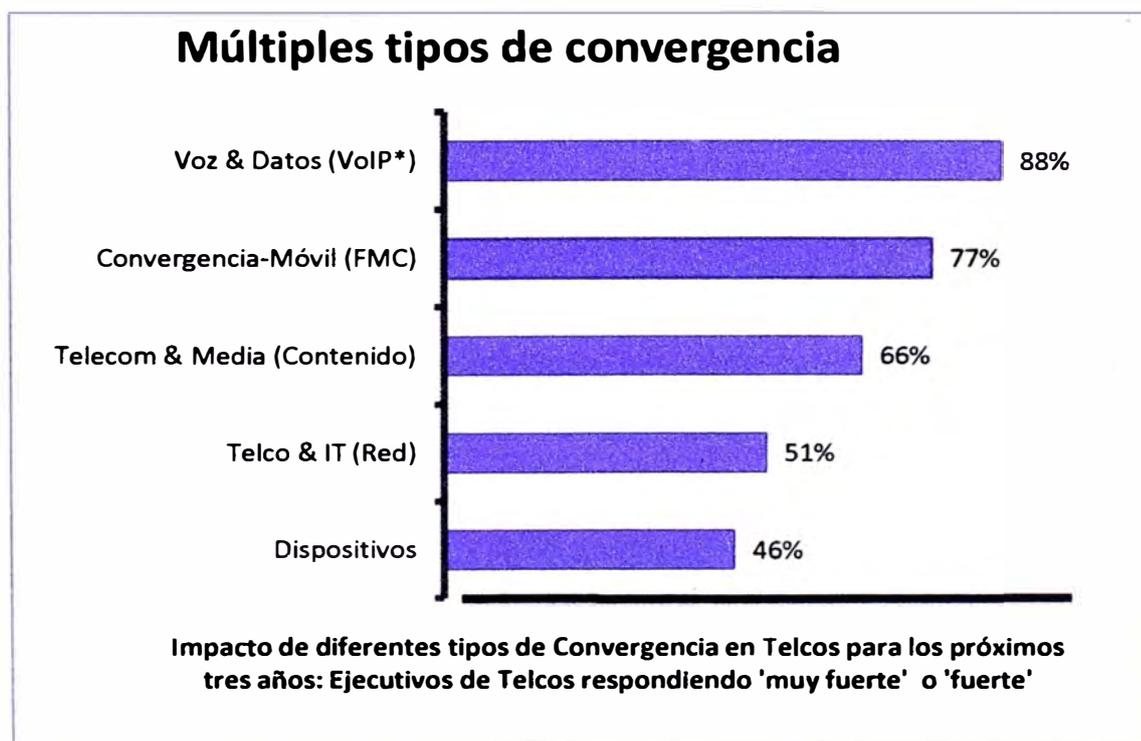


Fig.2.4. Gráfico de barras de los múltiples tipos de Convergencia (2007-2010)

Fuente: Elaboración Propia

Servicios residenciales.- Por lo general, los proveedores de servicios ofrecen a los abonados residenciales un conjunto completo de paquetes conocidos como 3 play, que incluyen: Voz, Internet de alta velocidad, Broadcast TV y Vídeo bajo demanda. Para estos servicios es importante el crecimiento de la capacidad de la red.

Servicios para empresas.- Hoy, los principales servicios prestados a las empresas y proporcionados por la red son: MPLS VPN, Carrier Ethernet y administración de servicios. Los operadores ofrecen a las empresas un ancho de banda dedicado con una red empresarial segura y una buena calidad de servicio (QoS).

Servicios móviles.- Las redes móviles también se están moviendo a las infraestructuras de IP banda ancha. Los proveedores de servicios pretenden desplegar sobre las redes móviles los mismos dispuestos en redes fijas.

En la figura 2.5. Se representa los servicios y aplicaciones convergentes en la actualidad, entre ellos se encuentra el servicio móvil 3G y el internet de banda ancha.

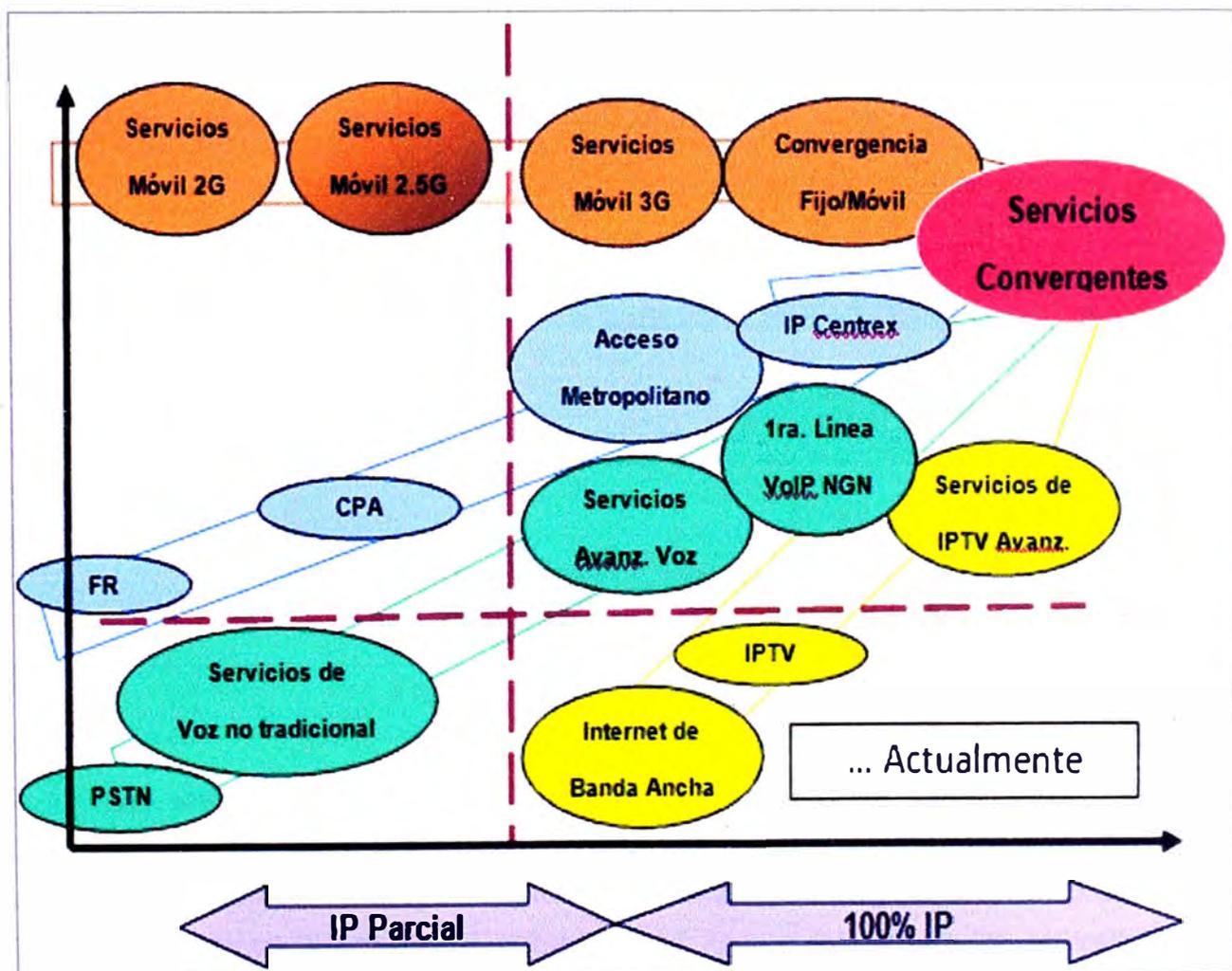


Figura 2.5. Convergencia de Servicios  
Fuente: Elaboración Propia

## 2.2 Redes WiMAX

### 2.2.1 Medios inalámbricos de banda ancha

WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) es una tecnología inalámbrica desarrollada para ofrecer el acceso de última milla a redes de comunicaciones de banda ancha. Se plantea como una alternativa a las tecnologías de acceso cableadas como DSL y cable.

Sin embargo, no es la única solución para distribuir servicios de banda ancha inalámbrica. Actualmente existen muchas soluciones para aplicaciones fijas y móviles, como son los sistemas 3G y los sistemas WiFi (Basados en IEEE 802.11). La siguiente figura 2.6 muestra los diferentes tipos de redes inalámbricas y los estándares más representativos:

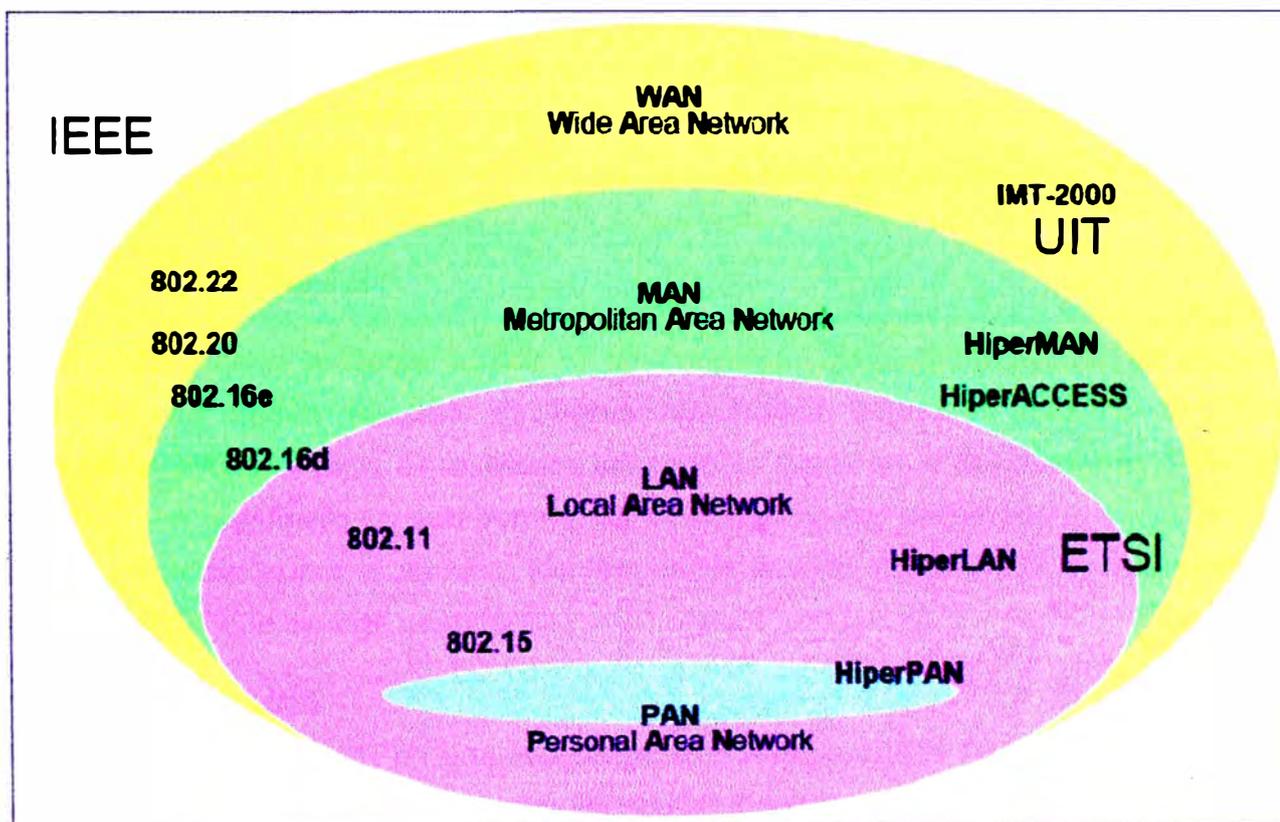


Fig. 2.6. Clasificación de las redes Inalámbricas

Fuente: Elaboración propia

Las redes inalámbricas de menor alcance son las WPANs (Wireless Personal Area Network) que cubren distancias de hasta 10m con velocidades de hasta 1Mbps. El estándar más representativo es el IEEE 802.15, mundialmente conocido como Bluetooth. Las redes inalámbricas WLANs (Wireless Local Area Network) son de alcance local y cubren distancias de hasta 100m con velocidades de hasta 54Mbps. Los estándares más representativos son los mundialmente conocidos IEEE 802.11a, b y g (WiFi).

Las redes inalámbricas WMANs (Wireless Metropolitan Area Network) son de mediano alcance se denominan y pueden cubrir distancias de hasta 20Km con velocidades de hasta 74Mbps. Actualmente se cuenta con dos estandarizaciones: IEEE 802.16d, estándar de WiMAX fijo y el estándar IEEE 802.16e, estándar móvil para WiMAX.

Finalmente, las redes inalámbricas de gran alcance denominadas WWANs (Wireless Wide Area Network) que cubren distancias de hasta 40Km. Las tecnologías WWANs más representativas son los sistemas GPRS (General Packet Radio Service) que permiten además de la voz la transmisión de paquetes y los sistemas de tercera generación.

#### **a) IEEE 802.16-2004**

Es una tecnología para brindar acceso inalámbrico fijo, es decir, está diseñada para sustituir a las tecnologías cableadas DSL. También puede ser utilizada para dar acceso de voz y banda ancha en áreas rurales donde no exista ninguna otra tecnología cableada y la instalación de una red en cobre resulte muy costosa. El 802.16-2004 también es una solución viable para ofrecer acceso a las redes WiFi.

#### **b) IEEE 802.16e-2005**

Este nuevo estándar ofrece la característica clave de la movilidad, además, requiere una nueva solución de hardware/software debido al uso de S-OFDMA ("Scalable-OFDMA") tanto en el enlace ascendente como en el descendente. S-OFDMA significa que el número de sub portadoras OFDM aumenta, según sea la señal de radio frecuencia recibida por el usuario, los requerimientos del usuario y el ancho banda del canal de radio que se esté usando.

### **2.2.2 WiMAX móvil**

WiMAX móvil [11] es una tecnología que incluye cuatro aspectos ya conocidos: estándar, interoperabilidad, terminales PDA/USB y soft hand-off; presentes en la mayoría de los casos. Ofrece velocidad de muchos megabits, mayor rendimiento y un alcance más amplio comparado con otras alternativas de banda ancha inalámbrica.

#### **a) Capa física**

##### **OFDM**

La Multiplexación por División de Ortogonal de Frecuencia (OFDM) es una técnica de multiplexación que subdivide el ancho de banda en subportadoras de frecuencia múltiple, como se puede apreciar en la figura 2.7.

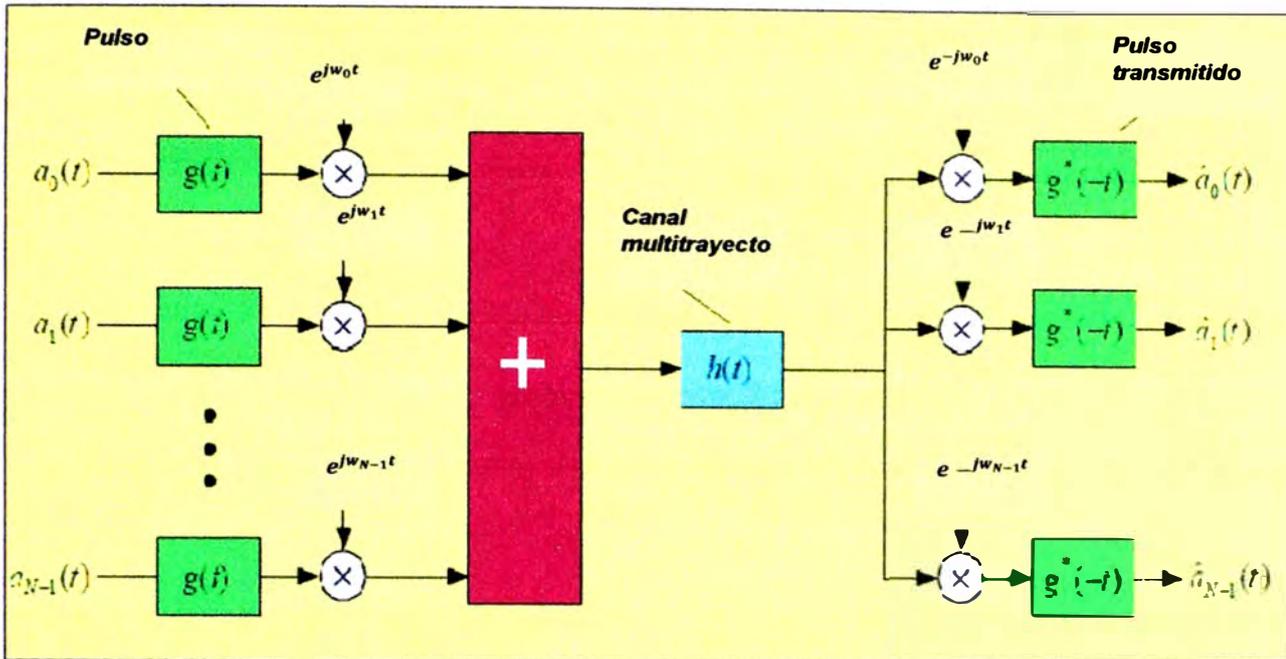


Fig.2.7. Arquitectura básica de un sistema OFDM

Fuente: Mobile WiMAX [11]

Básicamente, es una combinación entre la modulación y multiplexación. Inicialmente la señal principal es dividida en sub portadoras independientes para luego ser modulada y entonces es re- multiplexada para crear una portadora OFDM [8]. El OFDM explota la diversidad de frecuencias del canal multitrayecto mediante la codificación y el intercalamiento de la información a través de sub portadoras.

La modulación en OFDM puede ser realizada con la Transformada Rápida Inversa de Fourier (IFFT), la cual permite tener un gran número de de sub portadoras con una baja complejidad.

El concepto fundamental en OFDM es la ortogonalidad de las subportadoras. Esta ortogonalidad permite la transmisión simultánea de muchas subportadoras en un estrecho ancho de frecuencias sin que interfieran unas con otras.

### Período de guarda y extensión cíclica

El Principal problema que enfrentan las comunicaciones inalámbricas es la presencia del efecto multitrayecto durante la transmisión.

Para poder soportar este efecto y eliminar la interferencia entre símbolos (ISI), se introduce un intervalo de guarda a cada símbolo OFDM, cuya longitud es seleccionada de modo que sea mayor a la propagación del retardo esperado.

El intervalo de guarda puede consistir de información nula, sin embargo, esto podría generar un problema de interferencia entre portadoras (ICI).

La ICI, provoca que la señal de OFDM pierda su característica de ortogonalidad (ver figura 2.8).

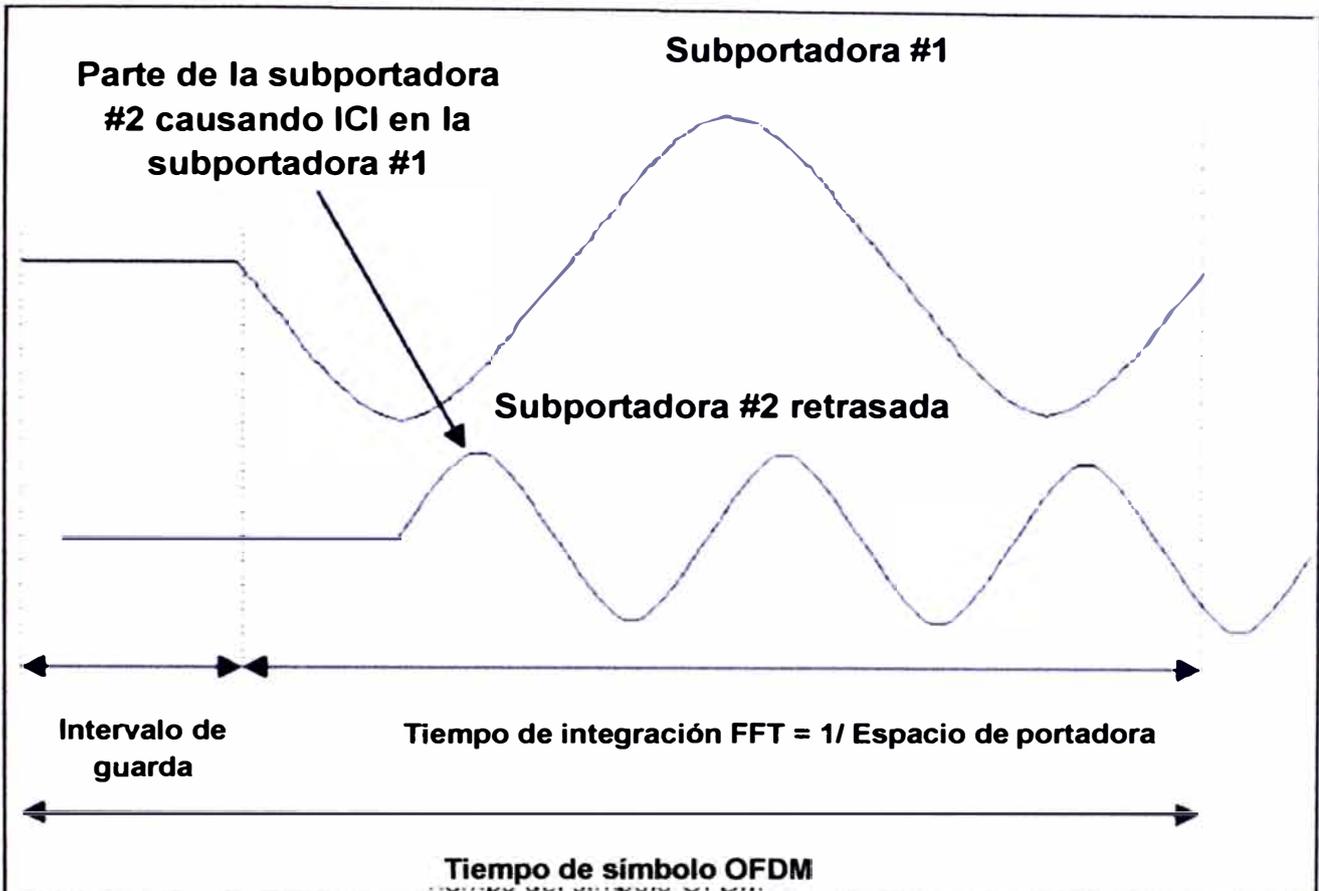


Fig.2.8.Efecto multitrayecto con una señal nula en el intervalo de guarda.

Fuente: Acceso múltiple [8]

Para eliminar esta interferencia, se utiliza un proceso denominado prefijo cíclico (CP) que consiste en que el símbolo de OFDM sea extendido cíclicamente en el período de guarda. Típicamente, el CP [11] es una repetición de las últimas muestras de la porción de datos del bloque que se están añadiendo al comienzo de la carga útil, como se muestra en la figura 2.9.

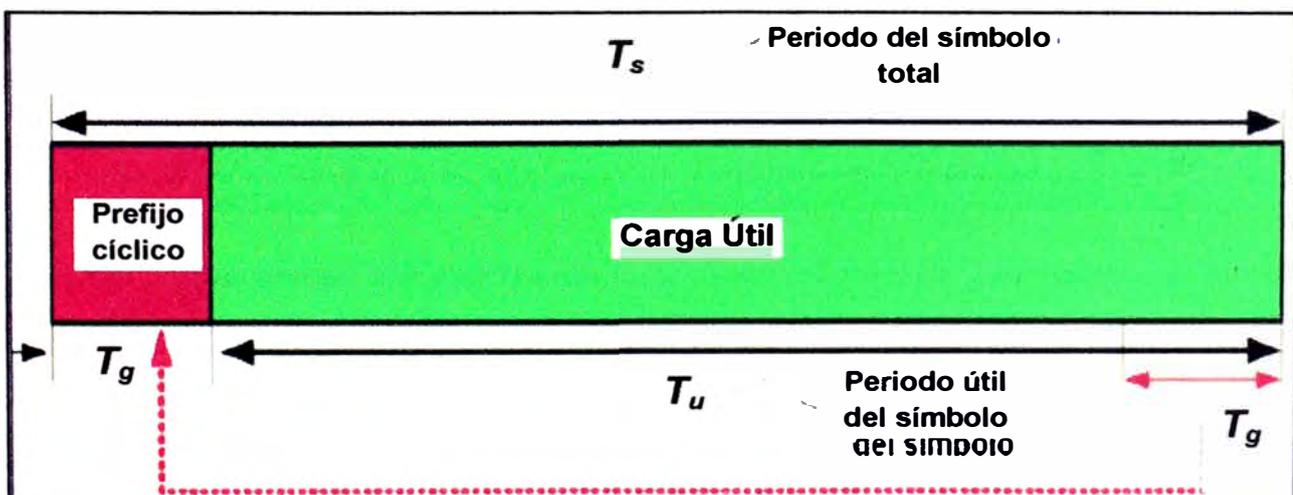


Fig. 2.9. Inserción de prefijo cíclico.

Fuente: Mobile WiMAX [11]

## • OFDMA

La tecnología WiMAX móvil está basada en la modulación OFDMA, también denominada como multiuser-OFDM, permite la subcanalización tanto en el enlace de subida como en el de bajada, y así, los subcanales conforman el mínimo ancho de banda que la estación base puede asignar. Por lo tanto, se pueden asignar diferentes subcanales a diferentes usuarios como un mecanismo de acceso múltiple. La estructura de símbolo de OFDMA consiste en 3 tipos de sub portadoras como se muestra en la figura 2.10.

- ✓ Sub portadoras de datos para la transmisión de datos.
- ✓ Sub portadoras piloto para efectos de estimación y sincronización.
- ✓ Sub portadoras nulas no utilizadas para la transmisión, usadas para la bandas guarda y portadoras DC.

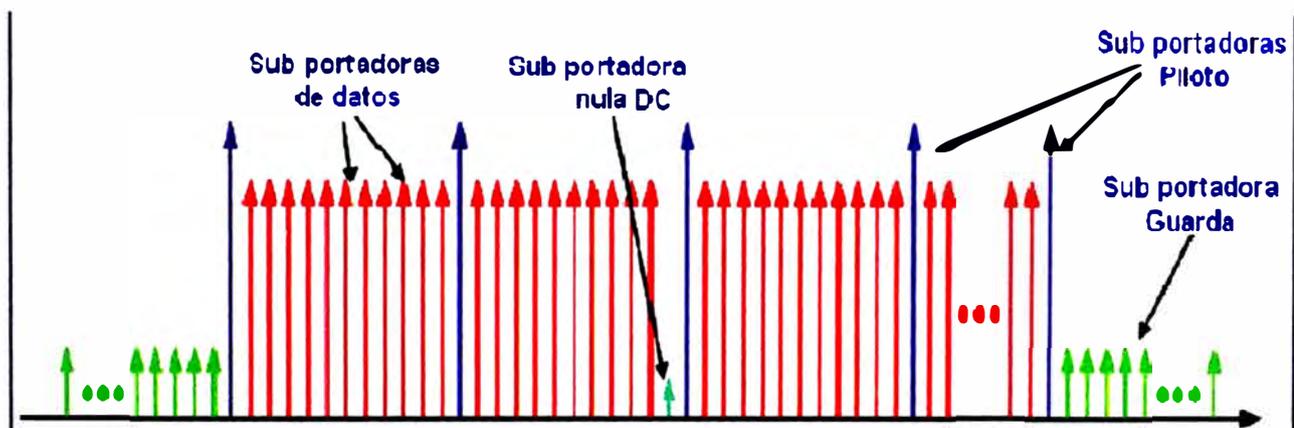


Fig.2.10. Estructura de Subportadoras OFDMA.

Fuente: Mobile WiMAX [11]

### b) Acceso al Medio

En las comunicaciones bidireccionales que comparten un mismo medio de propagación es necesario establecer algún mecanismo para el control del acceso. Los métodos principales son FDD (basado en reparto de la frecuencia) y TDD (reparto temporal).

En WiMAX móvil se utiliza TDD, que a diferencia de la técnica FDD, se utiliza una única banda de frecuencia para envío y recibo de la información, compartiendo los periodos de transmisión. Es una técnica muy eficiente para tráfico asimétrico, ya que se adapta al perfil del tráfico, adecuado para perfiles con descargas masivas de Internet.

#### • Descripción de la capa MAC

La capa "MAC", o "Media Access Control Layer", es la capa que se encuentra inmediatamente por arriba de la capa física, la cual es el medio físico real para la convergencia de datos. La capa de acceso, determina tanto el modo en que los abonados accederán a la red, como la forma en que los recursos de la red se asignarán a estos.

El diseño de la capa MAC, según el IEEE 802.16-2004 y el IEEE 802.16e-2005, incluye a la subcapa de convergencia la cual puede interconectarse con varios protocolos de las capas más altas, por ejemplo ATM, TDM (voz), Ethernet, IP, y cualquier protocolo que se use en un futuro.

La capa MAC de WiMAX utiliza MPDUs de longitud variable, por lo que de esta manera ofrece flexibilidad y permite que la transmisión sea más eficiente. Los MPDUs ("MAC Protocol Data Units") son prefijados con un encabezado genérico, denominado GMH, el cual contiene la identificación de la conexión, la longitud del paquete, bits para indicar la presencia de CRC, sub-encabezados, bits que indican si la carga útil está cifrada, y si es así, cual es la clave.

- **Soporte de la calidad de servicio**

WiMAX móvil posee varias características que le permiten cumplir con los requerimientos de calidad de servicio (QoS) para una gran cantidad de servicios y aplicaciones, entre ellas la capacidad de manejar tráfico UL/DL asimétrico y el poseer un mecanismo flexible de asignación de recursos.

En la capa MAC, el QoS es proveído mediante flujos de servicio como se muestran en la figura 2.11. En este flujo unidireccional de paquetes se transmite un grupo de parámetros para QoS.

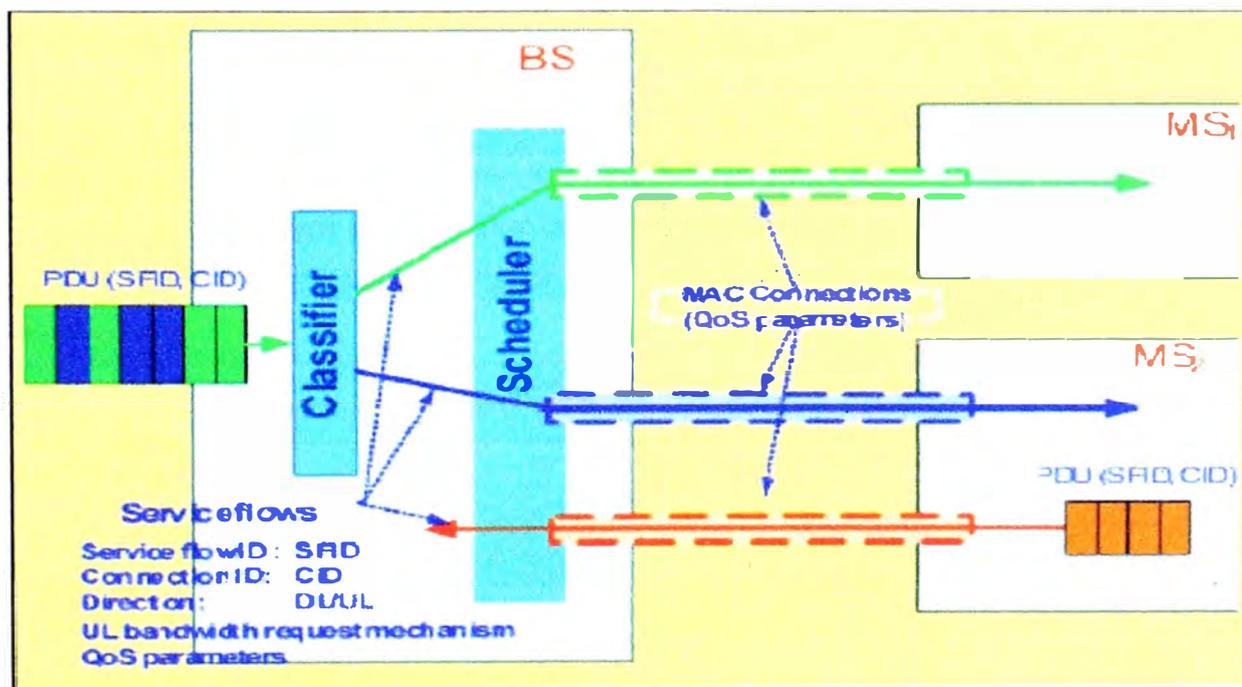


Fig. 2.11. Soporte de QoS en WiMAX móvil

Fuente: Mobile WiMAX<sub>[11]</sub>

- **Movilidad y Seguridad**

WiMAX además de brindar banda ancha para el acceso fijo, prevé cuatro escenarios relacionados con la movilidad:

**Nómada.**- En este escenario el usuario puede desconectar su unidad fija, trasladarla a otro sitio que puede o no estar bajo la misma cobertura y reconectarse desde una nueva ubicación.

**Portable.**- Aquí el acceso nómada se le proporciona a un dispositivo portátil, que puede ser una notebook con una tarjeta WiMAX, u otro tipo de dispositivo del tipo portátil.

**Movilidad simple.** Este escenario incorpora el handoff entre estaciones base y el suscriptor puede moverse a una velocidad menor a 60Km/h con breves interrupciones (menos de 1 segundo).

**Movilidad completa.** En este último escenario el handoff es mucho más rápido y el usuario puede desplazarse a velocidades de hasta 120Km/h con interrupciones casi imperceptibles además garantiza una pérdida de paquetes menor al 1%.

La subcapa de seguridad asegura a los suscriptores privacidad, autenticación, confidencialidad a través de la red, esto lo logra aplicando transformaciones criptográficas a la información transportada por las conexiones entre MS y BS. Adicionalmente la sub capa de seguridad provee a los operadores de la red una fuerte protección contra el robo del servicio.

### c) Arquitectura de red

La arquitectura de red WiMAX móvil está basada en una plataforma IP, es decir, basada completamente en paquetes sin ningún legado de los circuitos telefónicos. Esto trae la ventaja de reducir el costo total de la red, durante el ciclo de vida de la red WiMAX. La Figura 2.12 muestra una ilustración simplificada de una arquitectura de red WiMAX basada en IP.

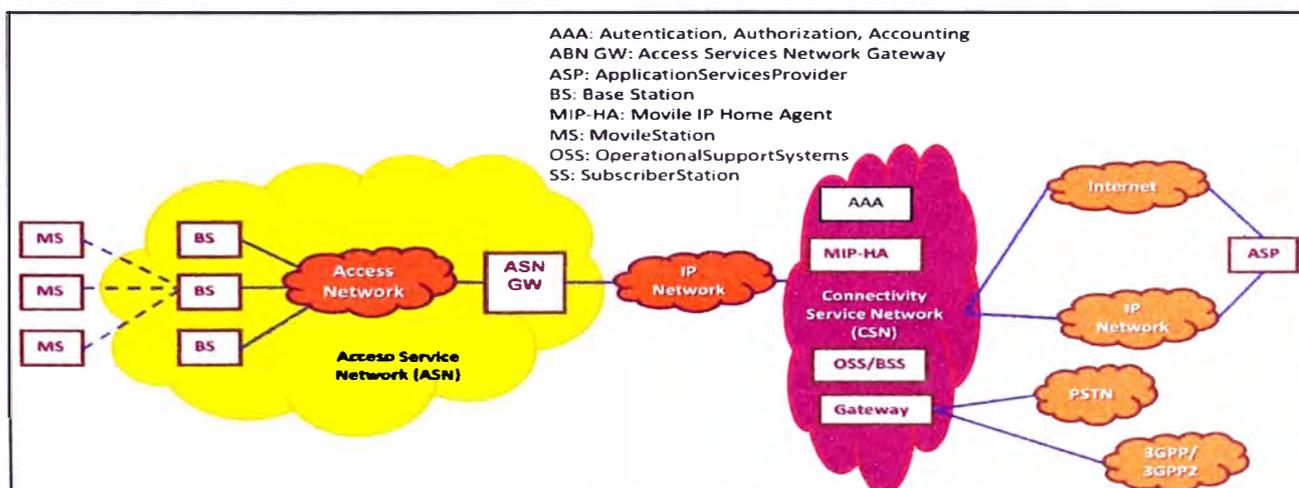


Fig. 2.12. Arquitectura de red WiMAX basada en IP

Fuente: Mobile WiMAX [11]

El total de la red puede ser dividido en tres partes:

- ✓ Estaciones Móviles (MS) usadas por el usuario final para acceder a la red.
- ✓ Red de servicio de acceso (ASN), la cual comprende una o más Estaciones Base (BS) y uno o más gateways ASN los cuales forman la red de acceso inalámbrica de borde.
- ✓ Red de servicio de conectividad (CSN), la cual brinda la conectividad IP.

También se definen las interfaces entre ellas:

- ✓ Estación Base (BS).- Responsable de proveer la interfaz inalámbrica al MS.
- ✓ Gateway de Red de Servicio de Acceso.- Normalmente opera como un punto de agregación de tráfico de la Capa 2. Otras funciones son: control de admisión, almacenamiento de los perfiles de usuarios y claves de encriptación.
- ✓ Red de servicio de conectividad (CSN).- El CSN brinda conectividad a Internet, ASP, otras redes públicas y/o redes corporativas. El CSN brinda seguridad y asegura el QoS a cada usuario.

### 2.2.3 Cobertura de la tecnología WiMAX

La tecnología WiMAX puede ofrecer una amplia cobertura:

- Zonas Urbanas.- Posee algunas características y beneficios como:
  - ✓ Alta densidad de estaciones Base.
  - ✓ CPEs de interior.
  - ✓ Gran competencia con proveedores fijos.
  - ✓ Movilidad claves para la oferta de servicios.
- Suburbanas.-Posee algunas características y beneficios como:
  - ✓ Media densidad estaciones base.
  - ✓ Mayor porcentaje de CPEs de exterior que de interior.
  - ✓ Mediana Competencia.
  - ✓ Movilidad limitada a los principales suburbios.
- Zonales Rurales.- Posee algunas características y beneficios como:
  - ✓ Baja densidad de estaciones base.
  - ✓ CPE de exterior.
  - ✓ Movilidad casi nula.



Fig.2.13. De izquierda a derecha: Zona urbana, sub-urbana y rural.

Fuente: Tecnologías de Información<sub>[11]</sub>

## 2.2.4 Aplicaciones y Servicios

Las posibles aplicaciones para WiMAX se basan en el gran ancho de banda y la alta cobertura:

- ✓ Acceso de banda ancha a particulares: incluyendo zonas de difícil acceso para el cableado como zonas rurales.
- ✓ Acceso de banda ancha a empresas: incluyendo así mismo conexiones de VoIP.
- ✓ Ventajas para los operadores: permite dar un servicio nuevo.
- ✓ Conexión troncal para redes: sirve de interconector de redes.

Una misma red WiMAX puede ofrecer diferentes aplicaciones y servicios a través de diferentes dispositivos para el mercado corporativo, gobierno y residencial (Ver figuras 2.14 y 2.15).



Fig.2.14. Aplicaciones y dispositivos para soportar WiMAX  
Fuente: Tecnologías de Información<sup>[11]</sup>

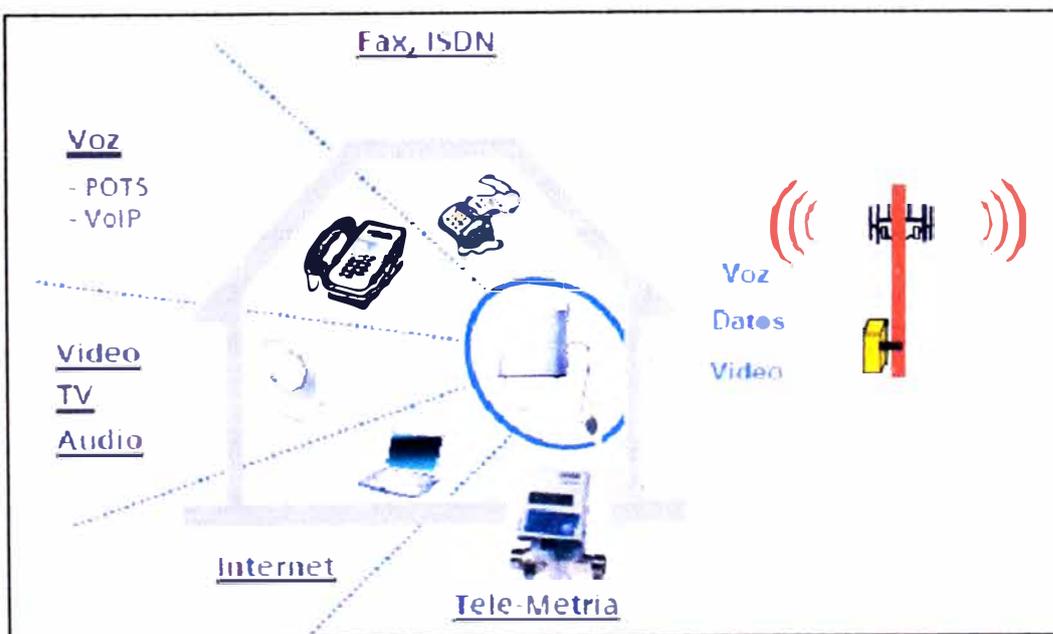


Fig. 2.15. Servicios que soporta la tecnología WiMAX  
Fuente: Siemens: Aplicaciones y Servicios

## **2.3 Redes de Tercera Generación**

### **2.3.1 Evolución de la Telefonía Móvil**

Los primeros sistemas de comunicación móvil fueron la Comunicación Móvil de Radio, el Servicio de Telefonía Móvil y el Servicio de Telefonía Móvil Mejorado. La primera proposición de un bosquejo inicial fue hecha por AT&T (American Telephone and Telegraph) en 1940.

En 1968, llevó su propuesta de un sistema celular a la Comisión Federal de comunicaciones (FCC), organismo regulador de las comunicaciones en los Estados Unidos.

El concepto original involucraba el uso de un grupo de frecuencias dentro de una misma Celda, rehusando la frecuencia en la misma vecindad pero separándolas en espacio físico para permitir el re-uso con un bajo nivel de interferencia. El hardware necesario para implementar este tipo de sistemas no fue logrado hasta finales de los años setenta y para entonces, el re-uso de frecuencia en Celdas, fue aceptado como una herramienta para la planificación de frecuencias.

#### **a) Primera Generación**

La telefonía móvil de primera generación usa la técnica de acceso FDMA/FDD que se basa en el acceso múltiple por división de frecuencia y dos frecuencias portadoras distintas para establecer la comunicación de transmisor y receptor. El mejor representante es la tecnología AMPS, que comenzó a funcionar en Estados Unidos en el año de 1983; el cual sólo se podía brindar servicios de voz.

#### **b) Segunda Generación**

En Europa, la segunda generación se encuentra representada por el sistema GSM. Este sistema comenzó como una norma para unificar sistemas móviles digitales en Europa extendiéndose por todo el mundo, en sus versiones de 900, 1800 y 1900 MHz.

Está basado en FDMA y TDMA, además permite utilizar técnicas de salto en frecuencia incrementando la calidad de recepción. En Norteamérica, a principios de la década de los 90, también aparece un nuevo estándar el cual utiliza el método de acceso CDMA.

El estándar CDMAOne o IS-95, es una tecnología desarrollada por Qualcomm, que consiste en que todos los usuarios usan la misma frecuencia al mismo tiempo separando las conversaciones mediante códigos. La forma de ensanchamiento es de secuencia directa, por lo tanto permite mayor capacidad de usuarios y mayor confiabilidad de las conversaciones, además soporta mensajes de texto y permite navegar internet mediante WAP (Protocolo de acceso inalámbrico).

### c) Tercera Generación

La tecnología de tercera generación (3G) propone una mejor calidad y fiabilidad, una mayor velocidad de transmisión de datos y un ancho de banda superior que permite ejecutar aplicaciones multimedia. Con velocidades de datos de hasta 384 Kbps, es casi siete veces más rápida que una conexión telefónica estándar. La evolución de esta tecnología [13] se puede observar en la fig. 2.16.

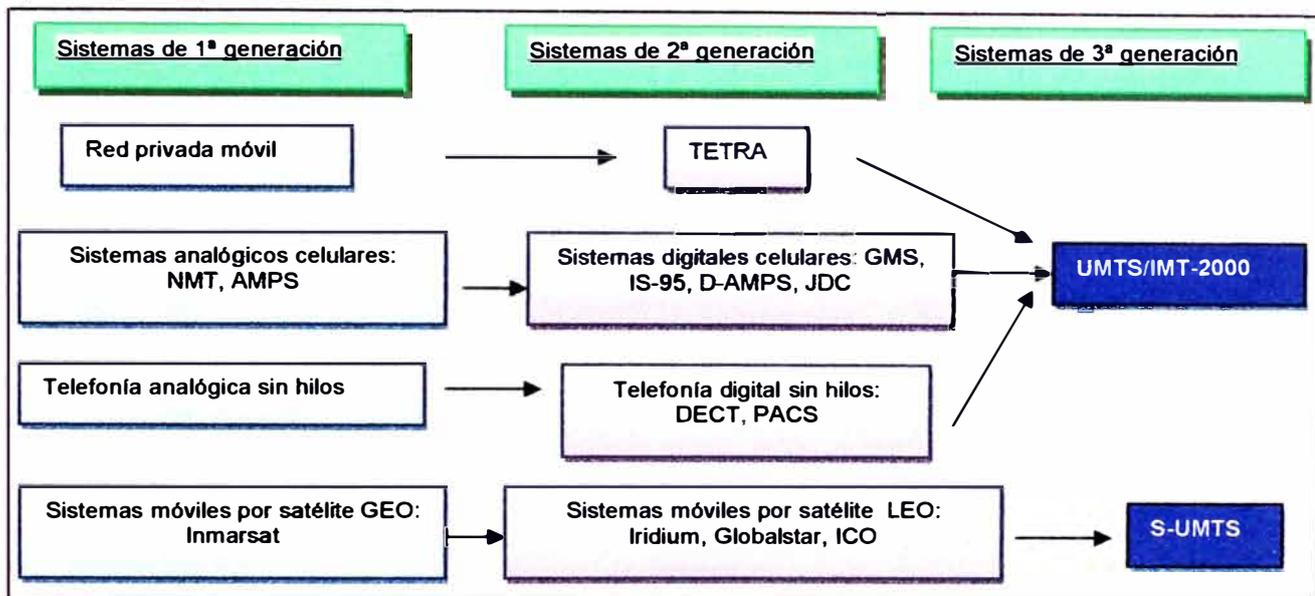


Fig.2.16. Evolución de los sistemas de comunicaciones móviles.

Fuente: Elaboración Propia

La tecnología 3G proporciona la posibilidad de transferir voz, datos y servicios como: descarga de programas, intercambio de email y mensajería instantánea. Esta tecnología tiene muchas características, algunas de estas son:

- ✓ Posee una IP basada en paquetes, lo que supone relativamente un menor costo dependiendo del tipo de usuario.
- ✓ Estructura modular y arquitectura abierta, para facilitar la introducción de nuevas características y aplicaciones.
- ✓ Permite una mayor velocidad de acceso.
- ✓ Flexibilidad de operación en un entorno de múltiples operadores.
- ✓ Posibilita la prestación de servicios multimedia y nuevas aplicaciones de banda ancha, tales como servicios de video-telefonía y video-conferencia.
- ✓ Tiene una mayor seguridad en comparación a las tecnologías anteriores.
- ✓ Cobertura mundial, con movilidad personal y roaming global.

En la figura 2.17 se muestra la arquitectura de red para la tecnología 3G que permite al usuario una gran flexibilidad así como una mayor capacidad de transmisión y cobertura.

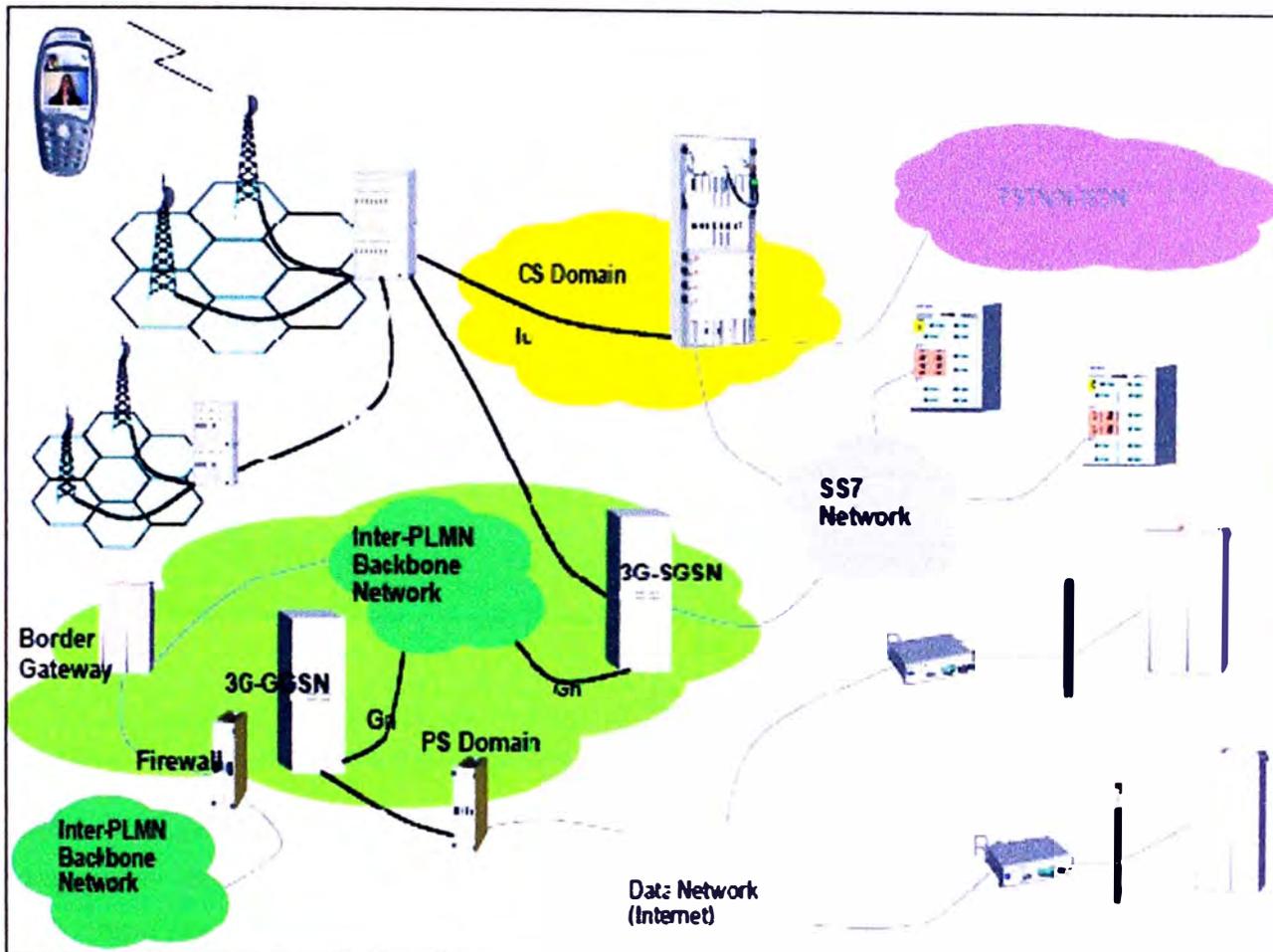


Fig.2.17. Arquitectura red de la tecnología 3G

Fuente: UTRAN<sub>[12]</sub>

En el año 2000, la UIT aprobó la norma [10] IMT-2000, actualmente sinónima de tercera generación, pues constituye un estándar internacional para el despliegue de estos sistemas. Proporciona acceso inalámbrico a la infraestructura de telecomunicaciones global por medio de los sistemas satelitales [1] y terrestres, para dar servicio a usuarios fijos y móviles en redes públicas y privadas.

Se llegaron a aprobar 5 estándares tecnológicos, de los cuales en la actualidad los más usados son los dos primeros: WCDMA [13] y CDMA2000.

### 2.3.2 Tecnología CDMA 2000

CDMA2000 es un estándar de IMT-2000 [20] aprobado por la ITU [19]. Sistema de banda ancha que permite al usuario obtener mayores velocidades de transmisión de datos y un uso más eficaz del espectro de radio.

Se usa principalmente en los operadores de IS-95 ya existentes en las bandas de 800 y 1900 MHz. Las características principales de las diferentes fases de CDMA se muestran en la figura 2.18.

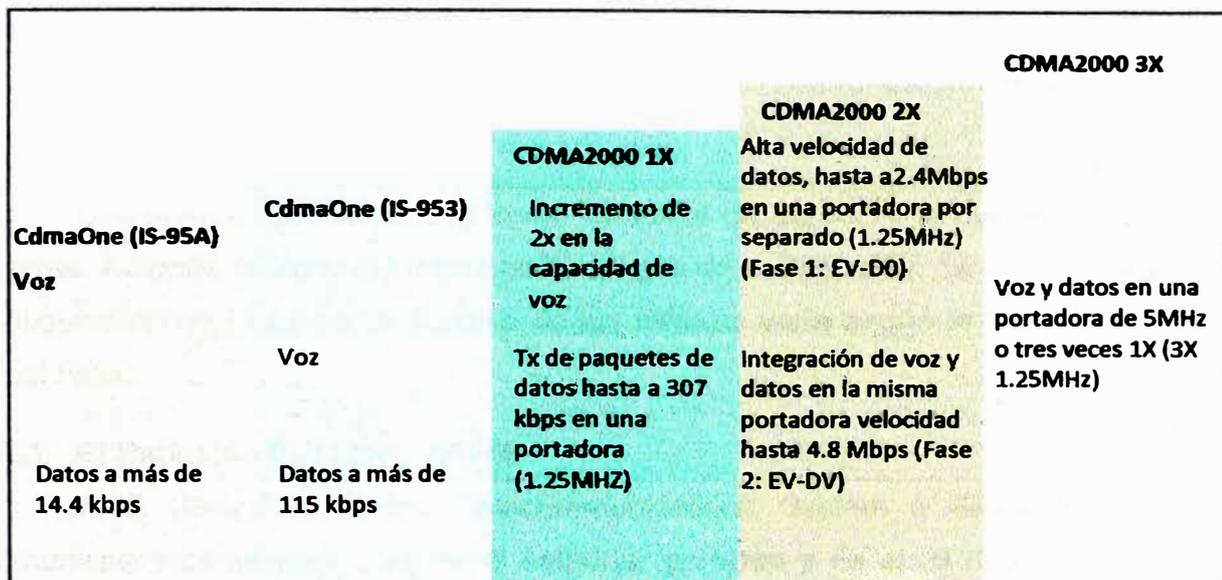


Fig. 2.18. Evolución hacia la tecnología CDMA 2000  
Fuente: elaboración Propia

Actualmente, existen dos alternativas de modulación para el enlace de bajada de CDMA2000: modulación multiportadora (MC) y esparcimiento directo (DS). Como lo ilustra la figura 2.19, la transmisión en el DL multiportadora se logra al usar tres portadoras IS-95 consecutivas, donde cada una tiene una tasa de chip de 1.2288 megachips por segundo (Mcps), ocupando un ancho de banda de 1.25 MHz.

En esparcimiento directo, la transmisión en el DL se obtiene con una tasa nominal de 3.6864 Mcps, utilizando 5.0 MHz de ancho de banda (incluye banda de guarda). En el UL sólo se emplea esparcimiento directo.

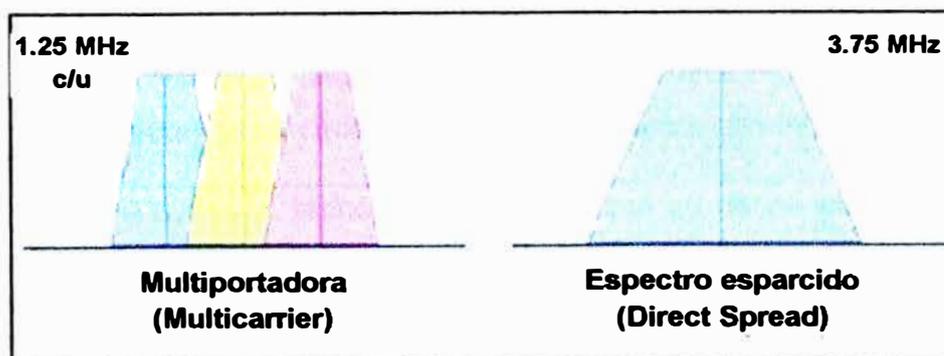


Fig. 2.19. Esparcimiento directo y multiportadora  
Fuente: UMTS espectro – internet

Cada uno de los canales de bajada de CDMA2000 es primero esparcido por un código Walsh, o por una función cuasi-ortogonal (QOF). Después es esparcido por un par de secuencias pseudoaleatorias (PN) en cuadratura. En los canales de subida se utilizan, en exclusiva, los códigos Walsh, que pueden usarse para proveer codificación de canal para acceso múltiple a diferentes usuarios. Sin embargo, la capacidad de acceso múltiple

al canal depende fuertemente de la ortogonalidad de las secuencias código, y ésta se pierde cuando los códigos se retardan. Por lo tanto la sincronización es esencial cuando se emplean códigos Walsh.

CDMA2000 [20] utiliza una trama de 20ms de duración, la cual es dividida en 16 ranuras. Además, define una trama para ráfagas de señalización de 5ms de duración. La configuración de la trama de radio o de las ranuras varía según la tasa de símbolo del canal físico.

### **2.3.3 El Estándar Europeo - UMTS**

UMTS (Universal Mobile Telecommunications System o Sistema Universal de Comunicaciones Móviles) [13] es el estándar europeo y de otros muchos países de la llamada Tercera Generación de la telefonía móvil.

La primera fue la analógica (estándares ETACS o TDMA), y la segunda, la que actualmente está más extendida, y que se conoce como GSM o GSM/GPRS [3], [4].

UMTS proporciona algunas ventajas como:

- ✓ El sistema UMTS mantiene la compatibilidad con GSM.
- ✓ Integra transmisión de paquetes, con lo que se dispondrá de conexión permanente a la red (no sólo al efectuar la comunicación) y se podrá facturar por volumen de datos en lugar de por tiempo.
- ✓ Es un sistema global, diseñado para funcionar en todo el mundo, empleando tanto redes terrestres como enlaces por satélite.
- ✓ Bajos costos del servicio para asegurar un mercado masivo, con tarifas competitivas.
- ✓ Ofrecer servicios finales de alta capacidad, calidad y velocidad; integra la transmisión de datos en paquetes y por circuitos de conmutación de alta velocidad.

El estándar UMTS usa la tecnología WCDMA que se define como una técnica de acceso múltiple por división de código que emplea canales de radio con un ancho de banda de 5 MHz, puede soportar varias conexiones simultáneas como: internet, conversación telefónica, videoconferencia, etc. Además, emplea estructuras de protocolos de red similares a las del protocolo GSM, por lo tanto tiene la capacidad de utilizar las redes ya existentes.

#### **a) Conceptos básicos**

- **Espectro ensanchado**

WCDMA es el método de acceso que se usa para la tecnología UMTS. Como su nombre lo dice, trabaja con un ancho de banda de 5 MHz, el cual supera a los 1,25 MHz

de CDMA; se basa en el uso de una secuencia pseudo aleatoria o Scrambling, secuencia binaria de propiedades similares a las del ruido, representada con valores -1 y 1 en un tiempo determinado y códigos ortogonales o códigos OVSF. A este método de usar códigos ortogonales se le conoce como canalización [7]. Esta representación se observa en la figura 2.20.

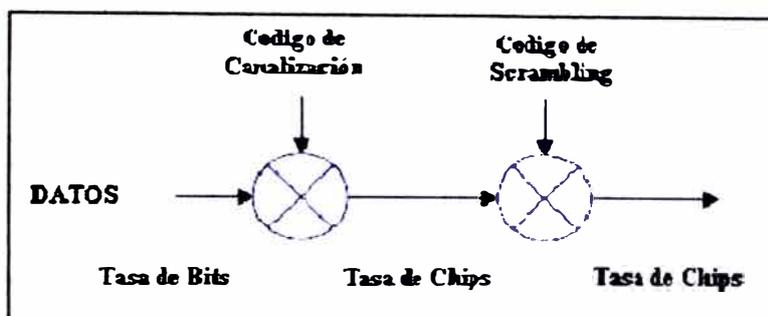


Fig.2.20: relación entre secuencia aleatoria y canalización  
Fuente: "WCDMA for UMTS – Radio Access" [6]

Una señal de espectro ensanchado en secuencia directa (SS/DS-CDMA) se obtiene modulando la señal a transmitir con una señal pseudo-aleatoria de banda ancha. Esto determina valores pequeños de correlación entre los códigos y la dificultad de bloqueo o detección de una señal de información por un usuario no deseado.

En la siguiente figura 2.21 veremos cómo es que se usa el número de secuencia pseudo aleatoria para ensanchar la señal.

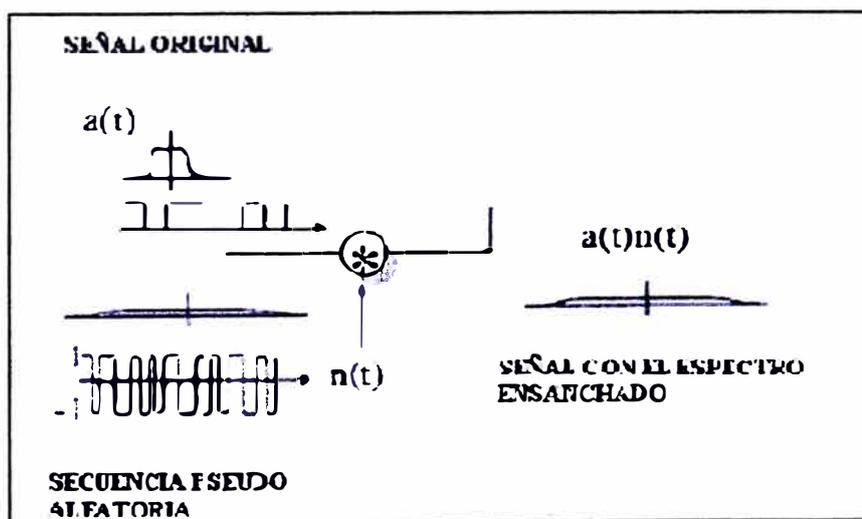


Fig.2.21. Utilización de secuencia pseudo aleatoria  
Fuente: "VI Cátedra de Telecomunicaciones" [9]

El uso de los códigos ortogonales sirve para poder diferenciar a los usuarios, es decir, se usa un código para cada usuario. De esta forma, al juntar los usuarios, será

posible la decodificación de cada uno de ellos según su código, como se puede ver en la figura 2.22.

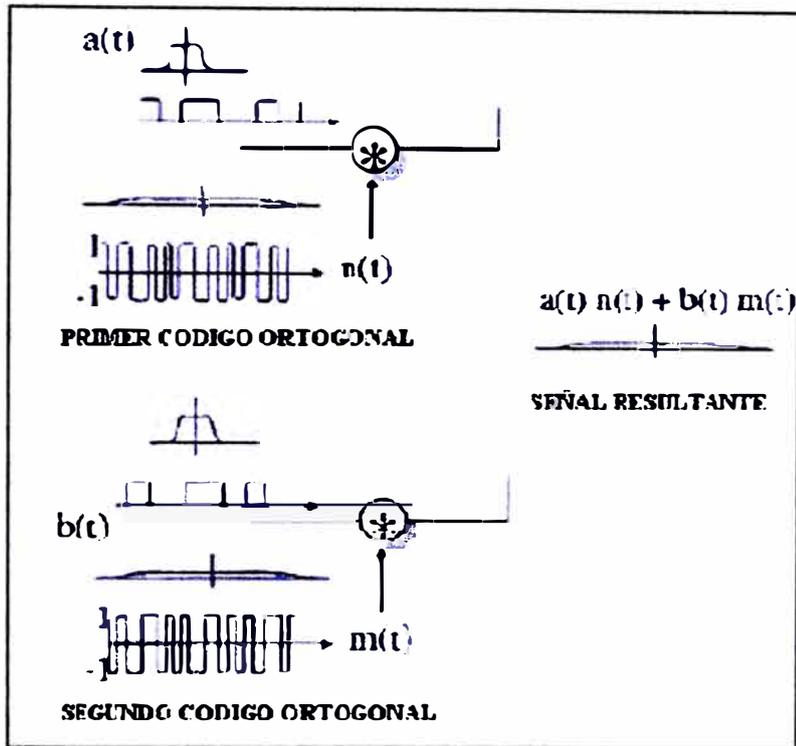


Fig.2.22. Uso de códigos ortogonales  
Fuente: "VI Cátedra de Telecomunicaciones" [9]

El uso de los códigos OVFS no es ilimitado y está restringido por su árbol de códigos, como se puede ver en la figura. 2.23.

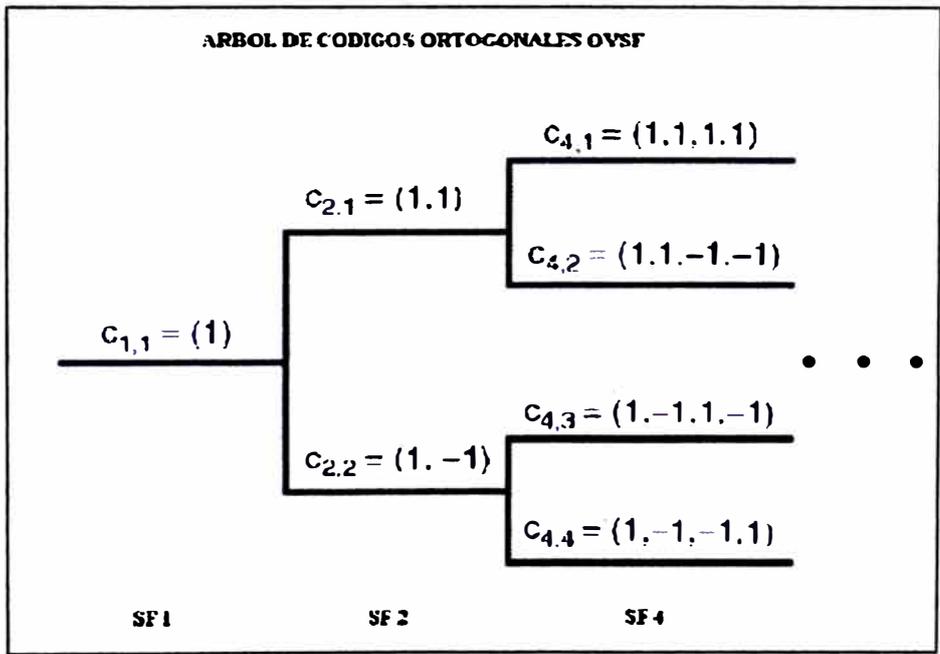


Fig. 2.23. Códigos ortogonales OVFS  
Fuente: "VI Cátedra de Telecomunicaciones" [9]

La dispersión de energía sobre una banda ancha logra que el sistema W-CDMA [6] genere señales menos probables para interferir con comunicaciones de banda estrecha, porque la potencia ensanchada de la señal está cerca de los niveles gaussianos de ruido. Como ya se ha visto, las comunicaciones de banda estrecha, ocasionan poca o ninguna interferencia en sistemas W-CDMA porque el receptor de correlación integra sobre un ancho de banda muy amplio para recuperar una señal W-CDMA. Este proceso se observa en la figura 2.24.

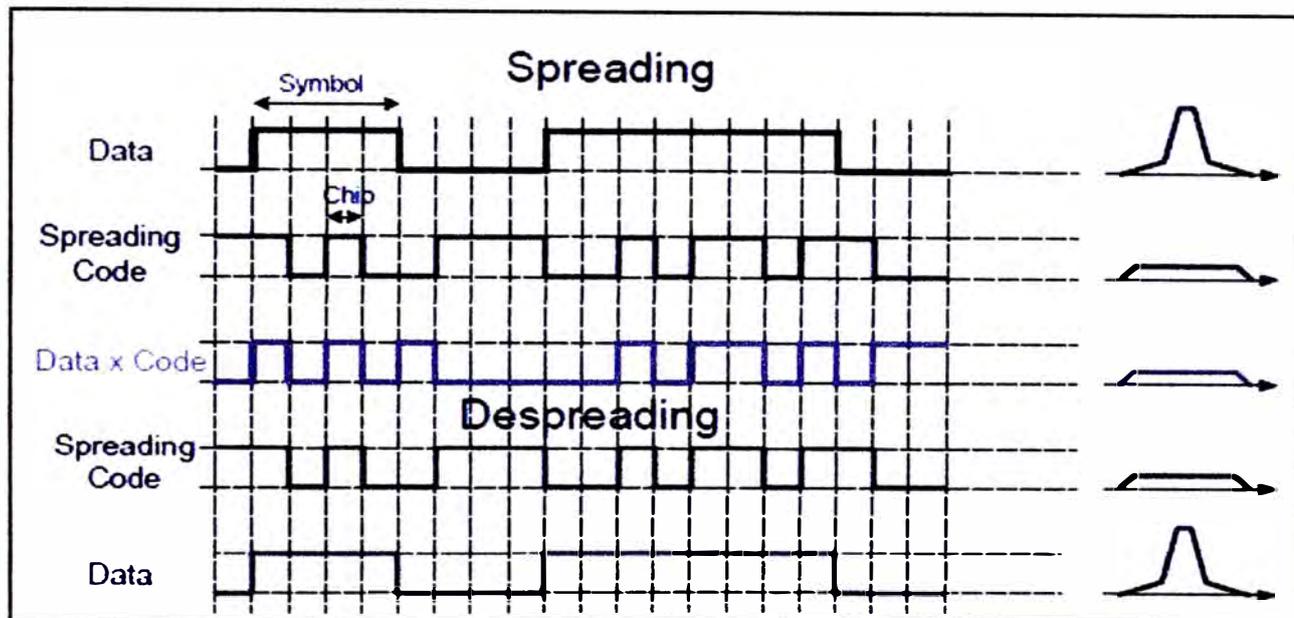


Fig.2.24.- Ensanchado y Des-ensanchado de la señal  
Fuente: WCDMA FOR UMTS [2]

- **Control de potencia**

Su función es controlar la potencia de transmisión de la señal para optimizar el rendimiento del receptor en el caso en el que múltiples usuarios se encuentren activos en la misma celda y en celdas vecinas, de esta forma, se puede optimizar la capacidad del sistema.

Para el caso de *uplink*, las señales recibidas las estaciones móviles cercanas a la estación base serán mucho mayores que las señales de estaciones móviles lejanas a ella. En el caso de correlación cruzada perfecta de las señales ensanchadas, el receptor será capaz de recuperar la señal débil. Sin embargo, debido a que es un sistema limitado por interferencia, la interferencia producida por las estaciones móviles cercanas bloquea la recepción de las señales débiles. A esto se le llama efecto *near-far* (cerca-lejos), la solución a este problema es realizar algún tipo de control sobre la potencia [6].

En una situación del *downlink*, debido a las diferentes pérdidas en el trayecto de cada estación móvil, la estación base transmite las señales de diferentes usuarios a diferentes niveles de potencia. Con un perfecto control de potencia, las señales llegarían

a cada usuario con la potencia adecuada según su ubicación. Si se transmitiesen todas las señales con la misma potencia se eliminaría el efecto *near-far*, pero esto no es posible debido a la limitación de potencia de la estación base.

- **Softer y Soft Hand-overs**

Gracias a estas funcionalidades, el terminal puede comunicarse simultáneamente con dos o más células de las estaciones base, manteniendo la continuidad y calidad de las conexiones a medida que el usuario se desplaza de una célula a otra.

La diferencia entre *soft* y *softer handover* radica en el número de estaciones base a las que el móvil permanece conectado simultáneamente (ver la Fig. 2.25). En *soft handover* el móvil está conectado a varias células de distintas estaciones base, mientras que en *softer handover* a la misma estación base.

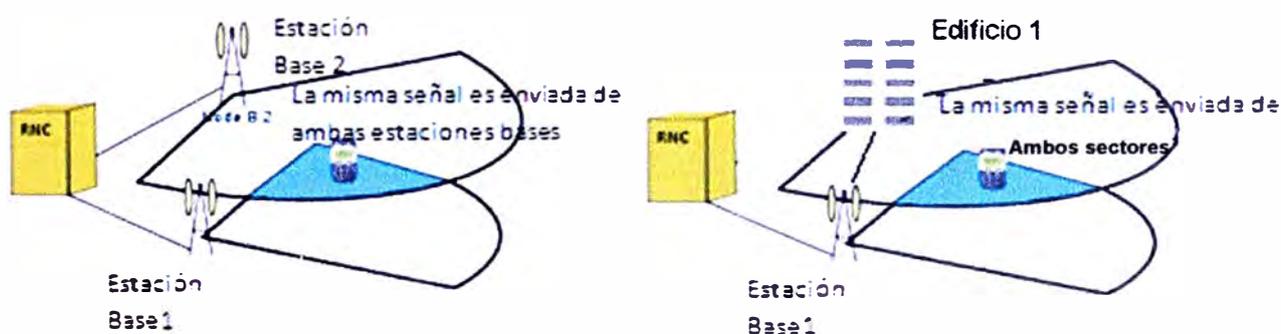


Fig.2.25. Soft y Softer Handovers

Fuente: Elaboración propia

## b) Arquitectura

Funcionalmente los elementos de la red están agrupados dentro de la Red de Acceso de Radio (RAN, UMTS Terrestrial RAN = UTRAN) y el Núcleo de la Red (CN), que es responsable por la conmutación y el enrutamiento de llamadas y conexiones de datos hacia las redes externas

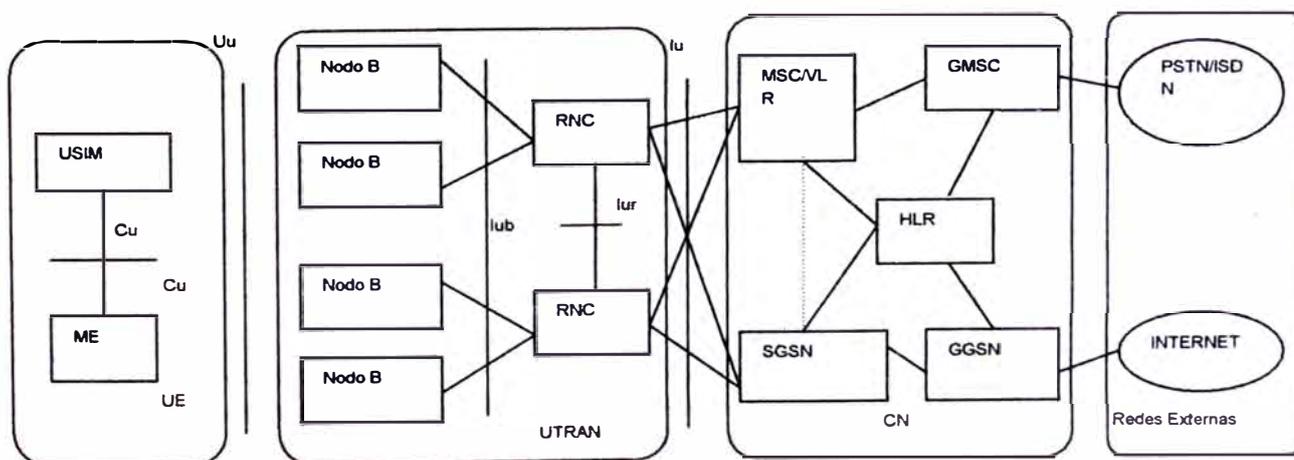


Fig. 2.26 - Elementos de una red pública móvil

Fuente: Elaboración propia

En la figura 2.26 se ilustra cómo opera típicamente una PLMN con un solo operador conectado a otras redes.

Al equipo de usuario (UE) lo componen dos partes: El equipo móvil (ME) que es el terminal de radio para usar la comunicación sobre la interfaz Uu y el módulo de Identidad del Suscriptor UMTS (USIM), *smartcard* que contiene la identidad del suscriptor, algoritmos de autenticación y llaves de encriptación.

La UTRAN consiste en la suma de todos los RNC y Nodos B que contenga la red, los RNC están conectados entre sí vía la interfaz Iur. La conexión entre la RNC y el Nodo B es vía la interfaz Iub.

El RNC es el responsable del uso y la integridad de los recursos radio de las celdas mientras que el nodo B convierte el flujo de datos entre las interfaces Iub y Uu. En la figura 2.27 se observa la arquitectura de una red WCDMA.

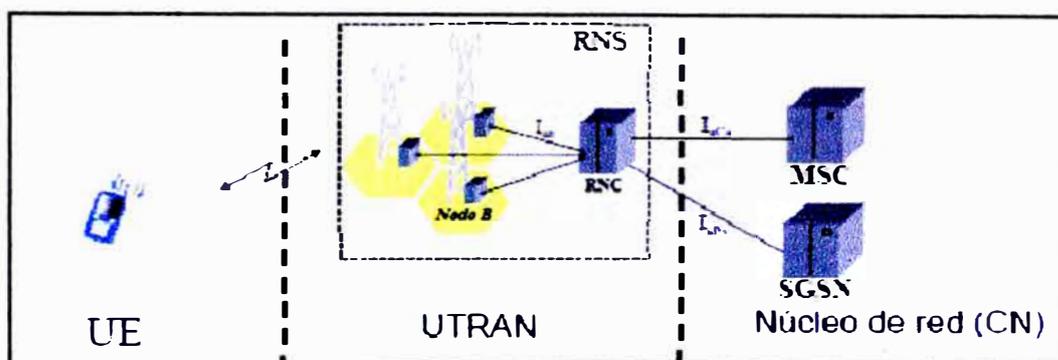


Fig. 2.27. Topología de una red WCDMA

Fuente: UTRAN<sup>[12]</sup>

### c) Capa Física

La capa física tiene que atender diferentes aspectos dependiendo si se trata de un equipo de usuario o en un nodo B. tiene interfaces lógicas con las subcapas MAC y RRC. Las funciones de la capa física son las siguientes:

- ✓ Codificación y decodificación para corrección de errores de los canales de transporte
- ✓ Mediciones e indicaciones de radio a las capas superiores
- ✓ Macro diversidad, distribución y combinación en la ejecución del soft handover.
- ✓ Multiplexado de los canales de transporte.
- ✓ Sincronización en frecuencia y tiempo
- ✓ Control de potencia de lazo cerrado
- ✓ Procesamiento de RF

Los Canales de transporte son servicios ofrecidos desde las capas básicas hasta las capas mayores los canales son definidos por el tipo de data que transportan. Existen dos tipos de canales de transporte [2]: Canales Dedicados (DCH) y Canales Comunes o Compartidos (CCH).

### 2.3.4 Aplicaciones y servicios de la Tecnología 3G

La tecnología 3G ofrece tele-servicios, que proporcionan capacidad para transferencia de información entre puntos de acceso. Tanto los servicios orientados a conexión como los no orientados a conexión ofrecen comunicación Punto-a-Punto o Punto-multipunto. En la figura 2.28 se muestra algunas aplicaciones y servicios de esta tecnología.



Fig. 2.28.- Aplicaciones y servicios de la tecnología 3G

Fuente: Tecnologías de Información [11]

## 2.4 Desarrollo de servicios convergentes en el Perú

### 2.4.1 Servicios convergentes en el Perú

A nivel regional el sector de las telecomunicaciones ha mostrado un mejor desempeño a partir de la introducción de las nuevas tecnologías de la información y comunicación, siguiendo la tendencia hacia la convergencia de los servicios de telecomunicaciones [21], que se han ido moldeando a las necesidades de las diferentes sociedades. Una muestra de ello es la aparición de cabinas públicas de Internet, mecanismo iniciado en el Perú y expandido al resto del mundo. Mediante éste se aprovechan eficientemente la poca infraestructura en equipos de cómputo personales a fin de llegar a más usuarios y facilitando de este modo el acceso universal.

Tal como se observa en la figura 2.29, el Perú se encuentra por encima del promedio a nivel de Latinoamérica en densidad de PC's y de usuarios de Internet, (dos de los tres indicadores abajo presentados), ubicándose en el sexto y quinto puesto de los rankings respectivos.

Por otro lado, el mercado de Internet, que constituye el principal medio de desarrollo hacia la Sociedad de la Información y el Conocimiento, ha evidenciado un desenvolvimiento favorable, se tiene que a diciembre de 2005, el Perú alcanzó el 6,8% de penetración de Internet a nivel nacional, por cada 100 hogares, cifra que lo ubicó en el segundo lugar en América del Sur (Ver Fig. 2.29).

Es importante mencionar que el Perú continúa trabajando arduamente con el objetivo de mejorar la calidad de vida de las personas de las zonas más deprimidas del país y que cada vez más los pueblos se integren a la red de comunicaciones para lo cual se viene dictando las primeras iniciativas hacia la construcción de la Sociedad de la Información.

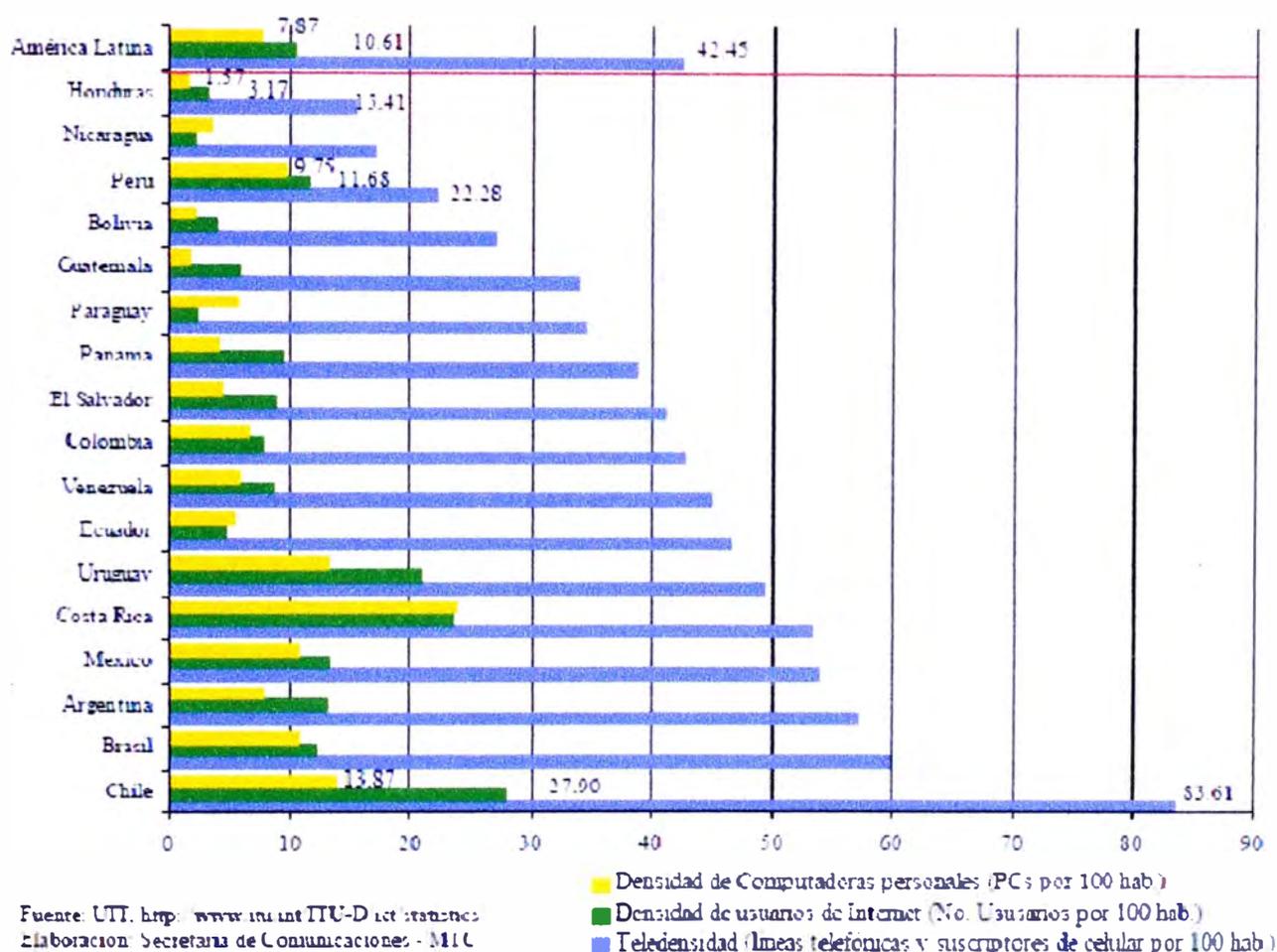


Fig. 2.29. Indicadores de Densidad de Tecnologías de Información y Comunicación Fuente: (TIC) en Latinoamérica – 2004<sup>[21]</sup>

#### 2.4.2 Situación actual de los servicios convergentes en el Perú

Desde hace un buen tiempo y por efecto de la conocida “convergencia en telecomunicaciones”, la competencia para los operadores locales en el Perú ya no proviene de operadores con la misma tecnología sino de operadores con otras tecnologías. Esto explica la tendencia por proveerse de diferentes frecuencias radioeléctricas que permitan soportar más de una tecnología y también la razón por la

que para los grandes operadores locales, la concentración empresarial y/o económica es una manera de resistir a la competencia que viene de otras tecnologías más versátiles, mientras que, para los operadores medianos, la alternativa es quedarse en un mercado, donde otros no quieran o no puedan entrar.

En el Perú, existe la percepción según la cual no todos los consumidores desearían aprovechar las ofertas de paquetes de servicios. Y la necesidad de segmentación de la oferta en función de los consumidores suele marcar el límite de las estrategias de agregación de servicios. En ese sentido, la percepción de que los servicios empaquetados bajo una misma plataforma todavía no gozan de una demanda masiva en Lima justifican la elección de Telefónica por la “factura única” como un nivel previo de integración, de procesos más que de servicios, en una única plataforma.

De esta manera, suponiendo un escenario con la introducción de una oferta residencial de servicios empaquetados, la decisión podría inclinarse por un modelo del tipo 30-30-30 (30% de ingresos por servicios de telefonía, 30% de ingresos por servicios de acceso a Internet, 30% de ingresos por servicios de televisión y 10% de servicios adicionales), dadas sus posibilidades de diluir el riesgo de inversión en los negocios involucrados. Esta oferta proviene de Telmex, a través de las redes HFC (Hybrid Fibre Coaxial).

Mientras que Telefónica aún no había identificado una estrategia comercial que pueda soportarse en su apuesta por el ADSL en una oferta del tipo “acceso a Internet más televisión (IP) más telefonía (IP)”, sin desconocer que existe todavía en los consumidores peruanos una clara preferencia por recibir señales de televisión en sus clásicos aparatos de TV. Así, parece que el advenimiento de la IPTV a través del ADSL hasta nuestras PC esperará un poco más.

Un sector que también genera expectativa es el de las comunicaciones móviles, considerando además que las inversiones de las principales operadoras del sector, Telefónica Móviles (Movistar) y América Móvil (Claro) ya están por la tercera generación del WCDMA. La opción por WCDMA es también una cuestión de análisis para Nextel, sobre todo si su dilema es configurarse en el tercer operador móvil del Perú. WCDMA no sólo ofrece el POC (push to talk over celular), sino que demandarán el desarrollo de servicios suplementarios (seguridad, publicidad, Intranet, marketing) más allá de la voz. En cuanto a la competencia en el sector, la repartición del mercado se encuentra actualmente entre Movistar y Claro, dada la tendencia creciente de la primera en el 2007.

Además, la expansión de la cobertura tendrá un énfasis en apuestas como las de Telefónica a través de programas como “Intégrame”, los cuales, permitirán explorar nuevos escenarios y demandas.

Según los indicadores oficiales, la apertura del mercado de telecomunicaciones permitió desde 1994 a la fecha el crecimiento de la tele densidad fija en el Perú de 2% al 7%, mientras que la tele densidad móvil está actualmente en más del 13%. Sin embargo aún la mayoría de peruanos no accede de manera fácil a los servicios de telecomunicaciones y esto se debe a la dificultad para que las empresas existentes atiendan las zonas rurales aplicando las mismas reglas de las que se aplica a las zonas urbanas y donde la concentración poblacional permite hacer economías y ahorros de escala.

Los denominados consumidores de la base de la pirámide (bajo ingreso promedio por usuario) tomarán mayor protagonismo bajo la aplicación de modelos de negocio asociativos que superen la subvención o el regalo. En otras palabras, se dará un acercamiento al mundo rural desde una óptica distinta a la tradicionalmente aplicada de cumplimiento de metas de cobertura.

## **CAPÍTULO III EVALUACIÓN Y DETERMINACIÓN DE NECESIDADES**

### **3.1 Evaluación Socio-Económica del Callejón de Huaylas**

En el presente capítulo se presentará la información socioeconómica más relevante de las provincias que conforman el Callejón de Huaylas. De manera que, nos ayudará a elegir la tecnología más adecuada para el diseño de red de acceso.

#### **3.1.1 Datos Generales**

El Callejón de Huaylas es el valle formado por el río Santa que tiene su origen en la laguna de Conococha, situada al norte de Lima, entre el Océano Pacífico y el Río Marañón. Es un amplio valle andino abierto entre la Cordillera Blanca y la Cordillera Negra. Tiene una extensión de 40627 Km. Y se inicia a los 4,000 m.s.n.m., en la Pampa de Lampa. Tiene un clima variado, su temperatura varía desde el tiempo polar hasta el semi tropical, durante el día es calurosa y durante la noche es fría.

Los nevados del Callejón de Huaylas constituyen grandes atractivos turísticos que no sólo atraen a visitantes de todas partes del Perú sino también a turistas extranjeros. Recorriendo el camino asfaltado de sur a norte, desde la laguna Conococha se llega a los siguientes ciudades: Recuay, Huaraz, Carhuaz, Yungay y Caraz. Estas ciudades se pueden apreciar en el mapa satelital que se muestra a continuación en la figura 3.1.

Recuay.- Provincia de Ancash [15] ubicada al Sur y centro de la región Chavín a 09°34'07" de latitud Sur y 77°10'12" de longitud Oeste; posee una superficie de 2, 304,19 Km<sup>2</sup> y se encuentra conformada por 10 distritos: Recuay, Ticápampa, Cátac, Cotaparaco, Huayllapampa, Pararín, Marca, Llaclín, Pampas Chico y Tapacocha.

Se encuentra, a una altura aproximada de 3,394 m.s.n.m, su clima es templado seco en el día y frío en las noches. Su principal actividad económica es la minería, donde se explota plata, cobre, plomo y zinc.

Actualmente la mayoría de la población se dedica a la agricultura, producen papa, maíz, trigo, cebada, habas, alverjas, chocho, quinua, oca, mashua, alfalfa y avena forrajera. Mientras que en la ganadería, cuentan con ganado vacuno, lanar, cabrío, alpacunas, equinos y cerdos.

También crían aves de corral, cuyes, abejas, truchas y tienen producción de quesos en Cátac y Cotaparaco.

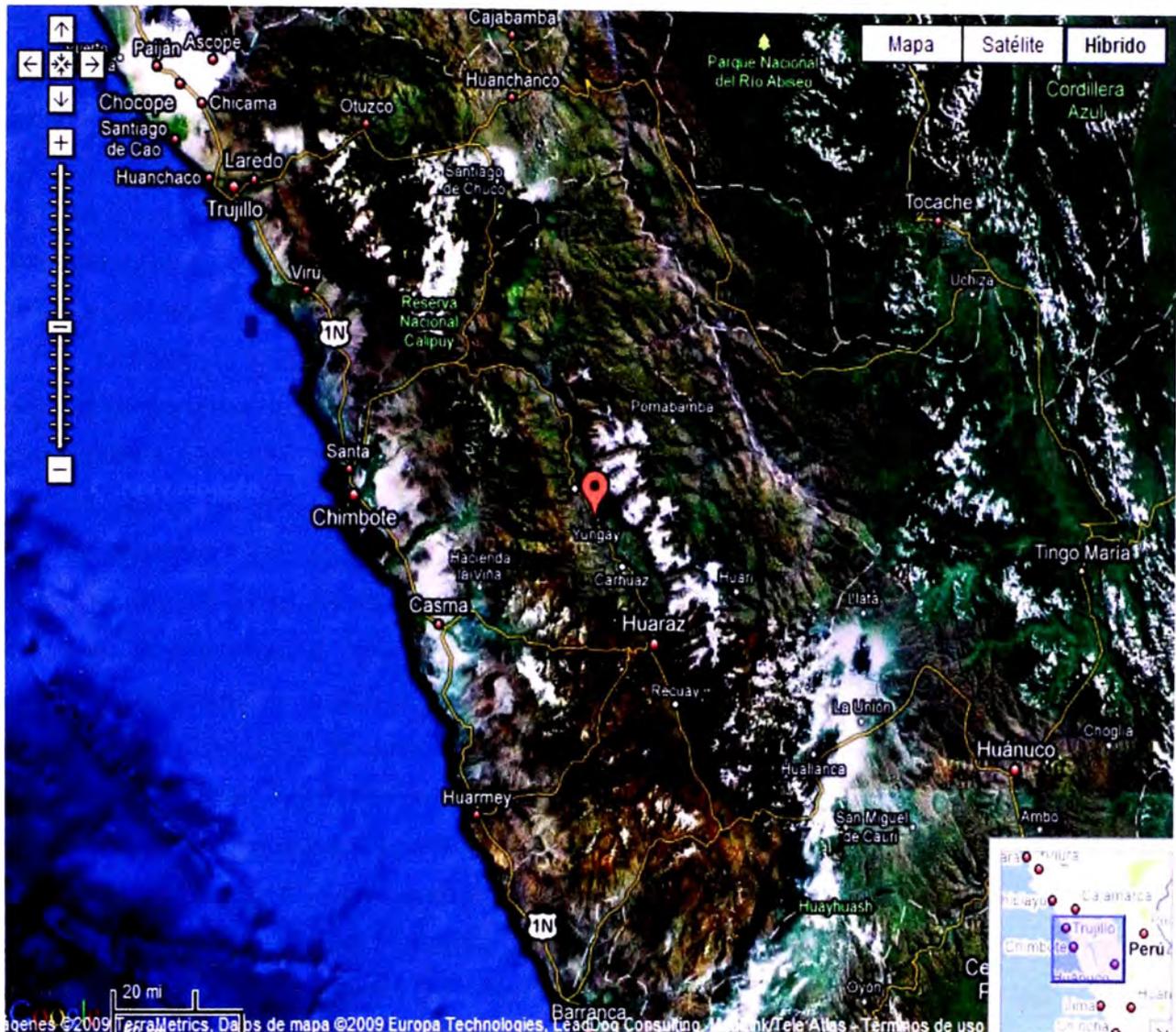


Fig. 3.1. Mapa Satelital del Callejón Huaylas

Fuente: Google Maps Vista Satelital

Huaraz.- Capital de la Región Ancash con una superficie de 2 492,91 Km<sup>2</sup>, formada por 12 distritos: Huaraz, Cochabamba, Colcabamba, Huanchay, Jangas, Cajamarquilla, Olleros, Pampas, Pariacoto, Pira, Taricá e Independencia.

Se encuentra ubicada en la parte central de la Región Ancash, a una altura aproximada de 3,090 m.s.n.m. y a 9°31'46' de Latitud Sur y a 77°32'12'' de Longitud del Meridiano de Greenwich.

Su clima es templado en el día y frío en las noches. Es el principal centro administrativo, financiero y comercial de la Región Ancash [15], en cuanto a su economía produce maíz, papa, cebada, hortalizas, ganado vacuno, ovino, tiene comercio y el turismo es la principal actividad económica de esta provincia.

Carhuaz.- La provincia de Carhuaz se encuentra ubicada en la zona central de la Región Ancash, entre las coordenadas 9°16'45" á 9°22'28' de latitud sur, y los 77°33'46" a 17°41'18" de longitud oeste. Su capital es la ciudad de Carhuaz, ubicado a 2,638

m.s.n.m., y distante a 33.00 Kms de la ciudad de Huaraz. Sus centros poblados se sitúan entre altitudes que van de los 2,588 a los 3,910 m.s.n.m.

Tiene una superficie de 803,95 Km<sup>2</sup> que cuenta con 11 distritos: Carhuaz, Acopampa, Amashca, Anta, Carhuac, Marcara, Pariahuanca, San Miguel de Aco, Shilla, Tinco y Yungar. En cuanto a su economía produce, maíz, papa, cebada, hortalizas, frutales como lúcumas, limas, granadillas, membrillos, duraznos, naranjas, entre otros, además ganado vacuno y ovino. Es la tercera ciudad en importancia del Callejón de Huaylas.

Yungay.- La provincia de Yungay se encuentra ubicada en la zona central del departamento de Ancash, a 58.00 Kms al norte de la capital departamental, entre las coordenadas 08° 53' 43" y 09° 26' 34" latitud sur, y entre los 77° 21' 22" y 77° 03' 33" longitud oeste. La Provincia tiene una superficie de 1,361.48 Kms<sup>2</sup>. Se divide en ocho distritos: Yungay, Cascapara, Mancos, Matacoto, Quillo, Ranrahirca, Shupluy, Yanama.

La topografía es sumamente accidentada, se extiende desde la vertiente oriental de la Cordillera Negra hasta la vertiente oriental de la Cordillera Blanca.

La provincia cuenta con abundante producción agropecuaria, servicios de luz eléctrica, agua potable, teléfono, hospital, postas médicas, grifos con combustibles, colegios de educación primaria, secundaria e institutos superiores, así como restaurantes, hoteles, policías especializados para el rescate en alta montaña y demás servicios.

Caraz.- La ciudad de Caraz capital de la provincia de Huaylas, es la última ciudad que está en el Callejón de Huaylas, se encuentra a 72 kilómetros al norte de Huaraz, ubicada en las faldas del cerro San Juan a 2,250 m. Se encuentra entre las coordenadas de 9° 02' 54" S y 77° 48' 54" longitud oeste.

En la ciudad de Caraz, termina la carretera asfaltada que une los pueblos en el Callejón de Huaylas. Tiene un clima templado y soleado de 19 a 25 grados casi todo el año, elemento importante que favorece a los turistas para sus expediciones.

En los alrededores de la ciudad de Caraz se produce y cosecha el arroz, algodón, papa, maíz y caña. Además se mantiene la crianza de ganado vacuno, caprino, porcino y ovino. La ciudad de Caraz es conocida como Dulzura, por los riquísimos dulces de sus pasteles y el famoso manjar blanco.

### **3.1.2 Las zonas rurales del Callejón de Huaylas**

Las poblaciones rurales se definieron anteriormente en el capítulo I, de ahí se tomará como referencia para enumerar las poblaciones rurales de las provincias que constituyen el Callejón de Huaylas. Además se sabe que el 53% de la población del Callejón de Huaylas es rural, según las cifras del INEI del último censo realizado en el año 2007 [22].

En la tabla 3.1 se observa los distritos por provincia así como los distritos seleccionados trabajo que en total son 10, los cuales contienen alrededor de 6 a 20 poblados rurales. El criterio de selección fue simplemente la cercanía al Callejón de Huaylas.

TABLA N° 3.1. Relación de poblados rurales en el Callejón de Huaylas

Provincia	Distrito	Población
Recuay	Cotaparco	603
	Huayllapampa	1146
	Llacllin	1418
	Marca	1054
	Pampas Chico	1618
	Pararin	1251
	Tapacocha	525
	Ticapampa	2436
Huaraz	Cochabamba	2047
	Colcabamba	653
	Huanchay	2517
	La Libertad	1280
	Olleros	2581
	Pampas	1310
Carhuaz	Acopampa	2488
	Amashca	1647
	Anta	2368
	Ataquero	1498
	Pariahuanca	1501
	San Miguel de Ac	2552
	Tinco	2939
	Huallanca	955
Huaylas	Huata	1609
	Huaylas	1894
	Mato	2109
	Santo Toribio	1403
	Yuracmarca	1835
Yungay	Cascapara	2064
	Matacoto	1482
	Ranrahirca	2818
	Shupluy	2285

### 3.1.3 Crecimiento urbano y rural

Según el INEI el crecimiento urbano y rural en el departamento de Ancash [21] es de 23% y 15% anual respectivamente. Para este proyecto de tesis se brindarán servicios tanto a poblaciones urbanas como a poblaciones rurales centrándonos en las poblaciones urbanas de mayor crecimiento.

Para ello se ha elaborado la tabla 3.2 donde se observa el crecimiento de la población urbana y rural en los últimos años detallada por distritos; de aquí se elegirá los distritos más importantes.

TABLA N° 3.2. Crecimiento de la población Rural y Urbana por provincia en Ancash

<b>Provincia</b>	<b>Población</b>	<b>Urbana</b>	<b>%</b>	<b>Rural</b>	<b>%</b>
<b>Aija</b>	7 995	2 528	31.6	5 467	68.4
<b>Antonio Raymondi</b>	17 059	4 455	26.1	12 604	73.9
<b>Asunción</b>	9 054	2 302	25.4	6 752	74.6
<b>Bolognesi</b>	30 725	19 382	63.1	11 343	36.9
<b>Carhuaz</b>	43 902	14 862	33.9	29 040	66.1
<b>Carlos Fermín</b>	21 322	3403	16	17 919	84
<b>Casma</b>	42 368	29 458	69.5	12 910	30.5
<b>Corongo</b>	8 329	4 113	49.4	4 216	50.6
<b>Huaraz</b>	147 463	109 376	74.2	38 087	25.8
<b>Huari</b>	62 598	22 313	35.6	40 285	64.4
<b>Huarmey</b>	27 820	21 100	75.8	6 720	24.2
<b>Huaylas</b>	53 729	17 538	32.6	36 191	67.4
<b>Mariscal Luz.</b>	23 292	2 871	12.3	20 421	87.7
<b>Ocros</b>	9 196	5 301	57.6	3 895	42.4
<b>Pallasca</b>	29 454	15 229	51.7	14 225	48.3
<b>Pomabamba</b>	27 954	6 142	22	21 812	78
<b>Recuay</b>	19 102	10 860	56.9	8 242	43.1
<b>Santa</b>	396 434	370 476	93.5	25 958	6.5
<b>Sihuas</b>	30 700	7 977	26	22 723	74
<b>Yungay</b>	54 963	13 268	24.1	41 695	75.9

### **3.2 Situación actual de las Telecomunicaciones Móviles en el Callejón de Huaylas**

Actualmente, se están desarrollando algunos proyectos de telecomunicaciones rurales a nivel nacional, algunos de ellos involucran el departamento de Anchas; a continuación se mostrarán los proyectos más destacados en ejecución con una breve descripción de cada uno de ellos así como las provincias de Ancash involucradas.

Conglomerado De Proyectos Apoyo A La Comunicación Comunal (CPACC), tiene como objetivo promover la integración de los centros poblados rurales, las comunidades nativas y zonas de frontera, que se encuentran alejados de los grandes centros urbanos del país, mediante la instalación de los Sistemas de Recepción de TV vía Satélite, Transmisión de TV en Baja Potencia y Transmisión de Radiodifusión en Frecuencia Modulada, a fin de contribuir con el desarrollo cultural y socio económico de los mismos.

En la Región Ancash se tiene previsto la instalación de 20 Sistemas de Recepción vía Satélite, Transmisión de TV en Baja Potencia y Transmisión de Radiodifusión Sonora en Frecuencia Modulada.

En el marco del Programa Implementación De Telecomunicación Rural – INTERNET RURAL [29], se instalarán un total de 85 Establecimientos Rurales de Internet. La distribución de Establecimientos Rurales de Internet por provincias en la tabla 3.3 siguiente:

TABLA N° 3.3. Crecimiento de la población Rural y Urbana por provincia en Ancash

<b>Provincia</b>	<b>N°</b>	<b>Provincia</b>	<b>N°</b>
Huaraz	13	Huaylas	09
Bolognesi	04	Pomabamba	01
Carhuaz	12	Recuay	02
Casma	03	Santa	05
Corongo	03	Sihuas	02
Huari	12	Yungay	16
Huarmey	03	<b>Total</b>	<b>85</b>

Programa Banda Ancha Rural a Nivel Nacional (BAR).- brindará servicios públicos de telecomunicaciones tales como telefonía pública [28], telefonía residencial y acceso a Internet a 3,010 localidades a nivel nacional. En el departamento de Ancash está previsto instalar estos servicios en 145 localidades, según el siguiente detalle de la tabla 3.4.

TABLA N° 3.4. Crecimiento de la población Rural y Urbana por provincia en Ancash

<b>Provincia</b>	<b>N°</b>	<b>Provincia</b>	<b>N°</b>
Huaraz	33	Huaylas	24
Carhuaz	28	Recuay	01
Huari	14	Santa	22
Huarmey	02	Yungay	21
		<b>Total</b>	<b>145</b>

Proyecto Provisión de servicios de datos y voz en Banda Ancha para localidades Rurales del Perú – Banda Ancha para localidades Aisladas [27].- El proyecto se propone brindar un adecuado acceso a los servicios de telecomunicaciones brindando servicios de datos y voz (Internet, telefonía pública y de abonados). En el departamento de Ancash está previsto instalar estos servicios en 103 localidades, según el siguiente detalle de la tabla 3.5.

TABLA N° 3.5. Crecimiento de la población Rural y Urbana por provincia en Ancash

<b>Provincia</b>	<b>N°</b>	<b>Provincia</b>	<b>N°</b>
Antonio Raymondi	15	Huaylas	04
Asunción	05	Mcal. Luzuriaga	05
Bolognesi	10	Ocros	08
Carlos Fitzcarrald	10	Pallasca	04
Casma	07	Pomabamba	04
Huaraz	22	Recuay	04
Huari	17	Santa	11
Huarmey	05	Sihuas	08
Yungay	24	Corongo	05
Carhuaz	01	<b>Total</b>	<b>169</b>

### 3.2.1 Datos comparativos

Los servicios de telecomunicaciones en el departamento de Ancash han evolucionando favorablemente. Aún así, resta mucho por hacer.

Según el MTC (Ministerio de Transporte y Comunicaciones) [17], el número de líneas en servicio de telefonía fija en el departamento de Ancash ha crecido de 39,811 líneas en el año 2000 a 668283 en el 2008, es decir un incremento de 52.2%. En marzo de 2007 alcanzó una densidad de 5.6 líneas por cada 100 habitantes, que aún es inferior al promedio nacional de 8.8 líneas por cada 100 habitantes.

En cuanto a la telefonía móvil, el número de líneas en servicio ha crecido de 30,248 líneas en el año 2001 a 234,964 líneas en marzo de 2007, una cifra casi ocho veces mayor. Alcanzando una densidad de 21.6 líneas por cada 100 habitantes, cifra que es inferior al promedio nacional que es de 35.7 líneas por cada 100 habitantes. Mientras que en el año 2000 se tenía instalado 3,471 líneas de telefonía pública, el año 2007 se incrementó a 4,463 líneas, alcanzando una densidad de 4.1 líneas por cada 100 habitantes, que está por debajo del promedio nacional que es de 5.8 líneas por cada 100 habitantes.

### 3.2.2 Servicio de telefonía fija

El servicio de telefonía fija se encuentra a cargo de las empresas Telefónica del Perú (abonado y público) y Telmex (públicos). Este último recientemente implantado en las diferentes ciudades del Callejón de Huaylas como Recuay y Yungay, brinda servicios como líneas dedicadas (mineras) y telefonía pública (LDN y LDI). En la tabla 3.6. Se puede apreciar los datos por empresa.

TABLA N° 3.6. Relación de líneas de telefonía fija y pública por empresas en Ancash

EMPRESA	Líneas
Telefónica del Perú S.A.A.	2,319,108
Telmex Perú S.A.	69,094
Telefónica Móviles 1/	399,094
Americatel Perú S.A.	15,688
Impsat Perú S.A.	5,467
Gilat to Home Peru S.A.	1,056
Rural Telecom S.A.C.	879
Nextel del Perú S.A. (Antes Millicom)	15
Infoductos y Telecomunic. Perú S.A.	1,285
Convergencia Perú S.A.	185
Valtron E.I.R.L.	85

### 3.2.3 Servicio de Valor añadido o banda ancha

El servicio de valor añadido o banda ancha en el callejón de Huaylas es representado por los servicios de internet y servicios de Televisión por Cable. El

proveedor principal del primer servicio mencionado en el Callejón de Huaylas es la empresa "Telefónica" mediante la modalidad de Speedy (cable), sin embargo, existen otras operadoras que también ofrecen el servicio mediante el medio inalámbrico, siendo de un menor coste y por lo tanto de menor velocidad de transmisión. Además, para el servicio de Televisión por Cable también se tiene como proveedor principal a Telefónica mediante la modalidad de Cable Mágico o Cable mágico satelital, sin embargo, existe otro proveedor de este servicio conocido como Cable Andino, este servicio de más de 60 canales de señal, se provee mayormente en la ciudad de Huaraz.

El 69% de conexiones Banda Ancha [29] (ADSL + Inalámbrico fijo + Cable modem) se encuentran en Lima. Pero como vemos en la siguiente grafica, el departamento de Ancash se encuentra en el promedio de penetración de Banda Ancha nacional (0.8%). Como se puede apreciar en la figura 3.2.

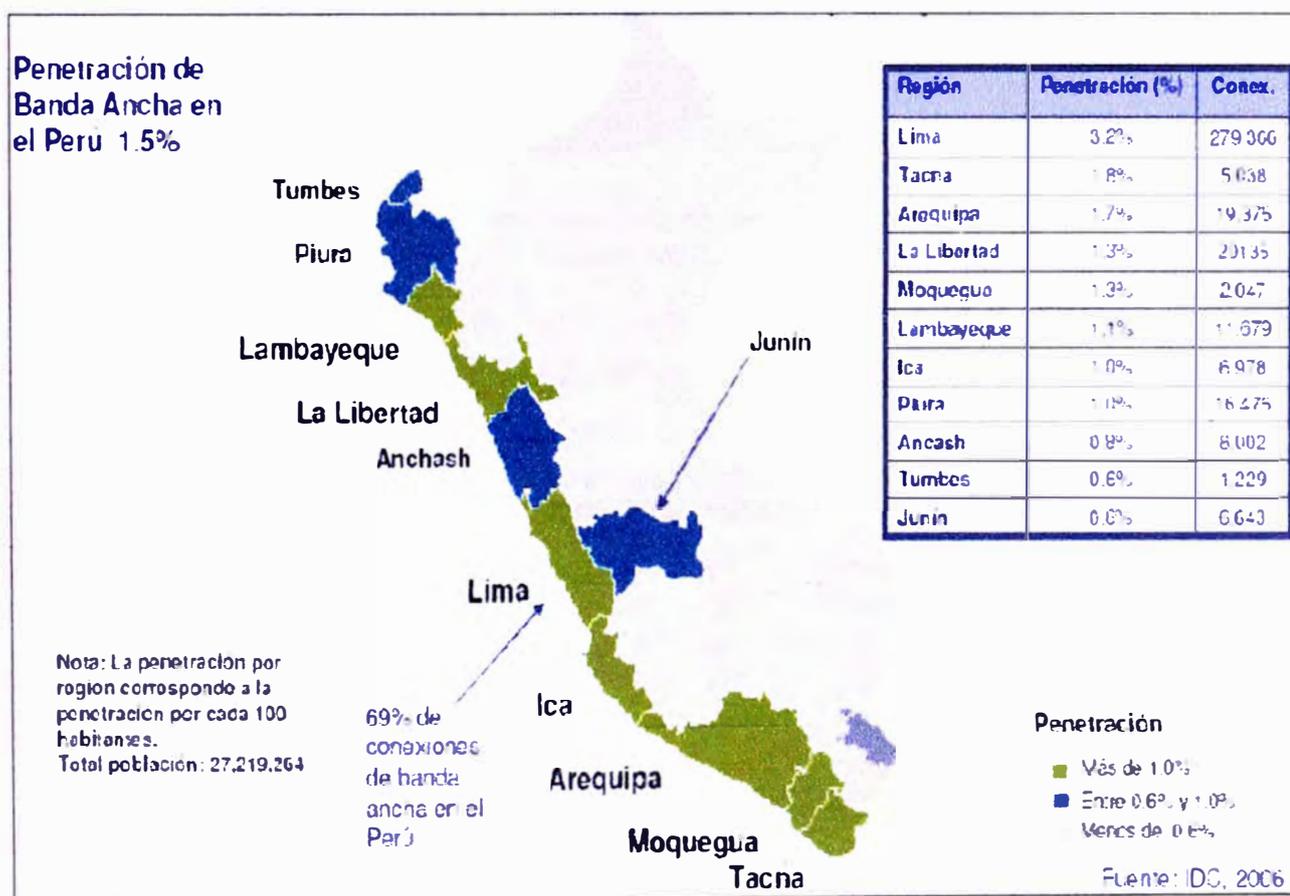


Fig. 3.2. Número de conexiones y penetración por departamento

Fuente: IDC, 2006. MTC [24]

Según IDC [24], en los próximos años, se espera un importante incremento del uso de las tecnologías inalámbricas (WLL, MMDS, LMDS, GSM/UMTS, entre otros) para acceder a Internet Banda Ancha tanto en Lima como en los departamentos del interior del país.

### 3.2.4 Servicio de telefonía móvil

Este servicio cuenta en la actualidad con aproximadamente 543,830 líneas o número de abonados. Las operadoras que brindan este servicio son Movistar, Claro y Nextel. Según el MTC [17], el crecimiento de la telefonía móvil se incrementó en 438.4% desde el año 2005, esta cifra resulta ser demasiado grande en comparación con los servicios ya mencionados, sin embargo, aún hay muchos habitantes del callejón de Huaylas que no cuentan con este servicio.

Según el MTC, al año 2008, el número de estaciones base de servicio móvil en el departamento de Ancash es de 99. Su distribución se observa en la figura 3.3.

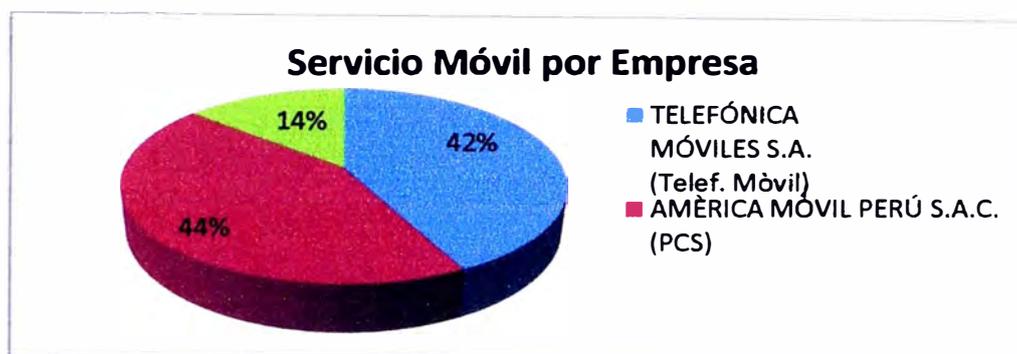


Fig. 3.3. Distribución del servicio móvil por empresa en el departamento de Ancash

Fuente: MTC 2008

A continuación se mostrará en la tabla 3.7 la cantidad de personas que cuentan con los diversos servicios en el Callejón de Huaylas de los distritos a estudiar. Para datos más completos, ver Anexo A.

TABLA N° 3.7. Relación de personas que cuentan con servicios en los pueblos rurales y urbanos del Callejón de Huaylas

Provincia	Distrito	Muestra	Fijo	Celular	Internet	Cable
Huaraz	Huaraz	13808	4127	7169	865	1881
	Olleros	715	0	76	1	5
Carhuaz	Carhuaz	551	355	960	39	351
	Acopampa	558	39	209	6	10
	Anta	620	53	111	1	9
	Pariahuanca	587	10	100	0	0
	Aco	483	1	97	1	0
	Tinco	1169	38	330	3	20
	Yungar	364	6	206	1	28
Huaylas	Caraz	1320	913	2210	136	707
	Yuracmarca	1653	1	109	2	1
Recuay	Recuay	750	213	325	8	8
	Pampas Chico	336	1	2	1	0
	Ticapampa	459	79	198	1	6
Yungay	Yungay	592	401	1381	35	142
	Ranrahirca	862	50	202	0	13

### 3.3 Determinación de la demanda de los servicios de telecomunicaciones en el Callejón de Huaylas

#### 3.3.1 Población

El departamento de Ancash cuenta con 1063 459 de habitantes, que representa el 3.87% de la población del país. En la tabla 3.8 se muestra el número de habitantes de las provincias que conforman el callejón de Huaylas y el porcentaje que representa cada una de ellas con respecto al departamento de Ancash. Los datos son tomados según el último censo realizado en el año 2007 [22].

TABLA N° 3.8. Población habitada en el Callejón de Huaylas

PROVINCIA	HABITANTES	%
RECUAY	19 102	1.8
HUARAZ	147 463	13.87
CARHUAZ	43 902	4.13
YUNGAY	53 729	5.05
HUAYLAS	54 963	5.17

Para tener una idea más clara sobre la distribución de la población rural en el Callejón de Huaylas, a nivel de provincias, se muestra la tabla 3.9.

TABLA N° 3.9. Distribución de la población urbana y rural en el Callejón de Huaylas

Provincia	POBLACION 2007					
	TOTAL		URBANO		RURAL	
	Habits.	%	Habits.	%	Habits.	%
Huaraz	147,463	13.87	109,376	74,2	38,087	25,8
Carhuaz	43,902	4.13	14,862	33,9	29,040	66,1
Huaylas	53,729	5.17	17,538	32,6	36,191	67,4
Recuay	19,102	1.8	10,860	56,9	8,242	43,1
Yungay	54,963	5.05	13,268	24,1	41,695	75,9

De aquí, se puede apreciar que la distribución rural es muy predominante en la zona de la subregión sierra; de la cual, las provincias de Huaraz, Huaylas, Carhuaz, Yungay y Recuay tienen un gran porcentaje de zonas rurales con más del 25%. Sin embargo, la capital del departamento de Ancash, Huaraz, tiene un gran porcentaje urbano demostrando su mayor avance y mayor mercado.

#### 3.3.2 Vivienda

En cuanto a la vivienda en el departamento de Ancash, se sabe según el INEI [23] que tiene 314 221 unidades habitacionales (censo 2007) y tiene una tasa de crecimiento aproximado de 3540 unidades cada año. Siendo el 95.1% casas

independientes, 0.6% edificios y el resto viviendas en quintas, chozas o cabañas, viviendas improvisadas, etc.

Según los datos mencionados, el porcentaje de viviendas independientes es muy alto comparable con el Perú con sólo 85.6%; siendo el material predominante el adobe o tapia 57.4% y un 32.9% hechos de cemento y el resto de madera, quincha, piedras o sillar, etc.

Las viviendas de la zona urbana que cuentan con agua dentro de la vivienda conectada a la red pública representan un 61.1%. Además el 73.2% posee alumbrado eléctrico en su vivienda. En el Anexo B se muestra la información mencionada detalladamente por provincias.

### 3.3.3 Ubicación General de la demanda

#### 3.3.3.1 Población Económicamente Activa (PEA)

En general se considera población económicamente activa al conjunto de personas de uno u otro sexo, que están dispuestos a aportar su trabajo para la producción de bienes y servicios económicos. Entre empleados adecuadamente (45.5%) y subempleados (49.2%).

Las tablas 3.10 y 3.11 han sido elaboradas según los datos tomados por el INEI en el censo 2007 [22]. Estas tablas muestran la distribución de la PEA y las actividades económicas más importantes en las provincias del Callejón de Huaylas.

TABLA N° 3.10.- Distribución de la PEA ocupada por grupo ocupacional

Distribución de la PEA	Huaraz	Recuay	Carhuaz	Yungay	Huaylas
	%	%	%	%	%
Gerente, ejecutivo, adm. y empleados	0,3	0,6	0,4	0,3	0,3
Profesional, científicos e intelectuales	16,5	14	5,3	6,3	6,6
Empleado de Oficina	5,3	6,3	2,1	1,4	2,7
Técnicos de nivel medio	5,5	6,2	2	1,7	2,3
Trabajadores de serv. Y vend. De comer.	14,8	13,1	8,6	6,9	10,2
Agricultores, ganaderos y pesqueros	12,8	19,4	39,2	44,6	32,6
Obreros, operadores de minas y otros	7,1	6,4	4,6	3,6	4,6
Obreros de construcción, papel, fab.	10	10,2	6,2	4,2	6,2
Trabajo de servicios	25,5	22	29	29,6	32,2
Otra	2,2	1,8	2,6	1,5	2,2

TABLA N° 3.11.- Distribución de las actividades económicas en el Callejón de Huaylas

ACTIVIDAD ECONÓMICA	Huaraz	%	Recuay	%	Carhuaz	%	Yungay	%	Huaylas	%
<b>Agric., ganadería, caza y silvicultura</b>	10241	19,6	2216	40,7	7348	57,5	10745	65,4	8708	54,9
<b>Pesca</b>	10	0	12	0,2	4	0	2	0	-	-
<b>Explotación de minas y canteras</b>	1010	1,9	261	4,8	145	1,1	266	1,6	244	1,5
<b>Industrias manufactureras</b>	2646	5,1	174	3,2	457	3,6	377	2,3	511	3,2
<b>Suministro de electricidad, gas y agua</b>	155	0,3	13	0,2	11	0,1	9	0,1	73	0,5
<b>Construcción</b>	4732	9,1	366	6,7	537	4,2	609	3,7	833	5,2
<b>Comercio</b>	8848	17	609	11,2	1150	9	1200	7,3	1506	9,5
<b>Venta, mant.y rep. Veh. Autom.y motoc</b>	1001	1,9	71	1,3	84	0,7	109	0,7	140	0,9
<b>Hoteles y restaurantes</b>	2773	5,3	207	3,8	350	2,7	349	2,1	511	3,2
<b>Trans., almac. y comunicaciones</b>	4069	7,8	349	6,4	595	4,7	520	3,2	676	4,3
<b>Intermediación financiera</b>	326	0,6	2	0	4	0	6	0	36	0,2
<b>Activid. inmobili., empres. y alquileres</b>	3026	5,8	117	2,1	202	1,6	152	0,9	286	1,8
<b>Admin. Púb. Y defensa; p. segur. Soc.afil</b>	2291	4,4	299	5,5	396	3,1	336	2	605	3,8
<b>Enseñanza</b>	5397	10,4	417	7,7	508	4	940	5,7	834	5,3
<b>Servicios sociales y de salud</b>	1360	2,6	49	0,9	124	1	170	1	212	1,3
<b>Otras activ. serv.comun.soc y personales</b>	1809	3,5	127	2,3	245	1,9	182	1,1	213	1,3
<b>Hogares privados con servicio doméstico</b>	1579	3	40	0,7	310	2,4	250	1,5	212	1,3
<b>Organiz. y órganos extraterritoriales</b>	1	0	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Actividad económica no especificada</b>	857	1,6	118	2,2	299	2,3	208	1,3	272	1,7

Según la tabla 3.11, las actividades predominantes en el Callejón de Huaylas son las agricultura, ganadería y silvicultura; actividades realizadas especialmente en poblados rurales.

### 3.4 Delimitación Geográfica del mercado

El callejón de Huaylas tiene un gran potencial turístico así como climático durante ciertos meses del año. Sus atractivos turísticos son variados, sin embargo, aún no cuenta con la calidad de servicio esperado por los turistas y pobladores, especialmente en los servicios de banda ancha de frecuente uso hoy en día.

Además, se sabe que existe una gran inversión por parte de las mineras, que al igual que los pobladores hacen uso del servicio de banda ancha. Luego, estas zonas mineras no se encuentran en las zonas urbanas sino cercanas a las zonas rurales, por lo tanto, es ahí a donde se debe apuntar a un incremento de calidad de servicio.

Cabe resaltar, que en las zonas urbanas ciudades como Huaraz y Caraz se ve un gran crecimiento y actividad comercial que en la actualidad se lleva de la mano con la tecnología, en el especial con los servicios de telecomunicaciones, es decir, se debe apuntar a las zonas comerciales y de medianos empresarios, que necesitan comunicaciones de banda ancha. En el Anexo C se pueden apreciar algunas fotografías de las localidades rurales visitadas y en la figura 3.4. Se puede observar una vista panorámica de la capital de Ancash, Huaraz

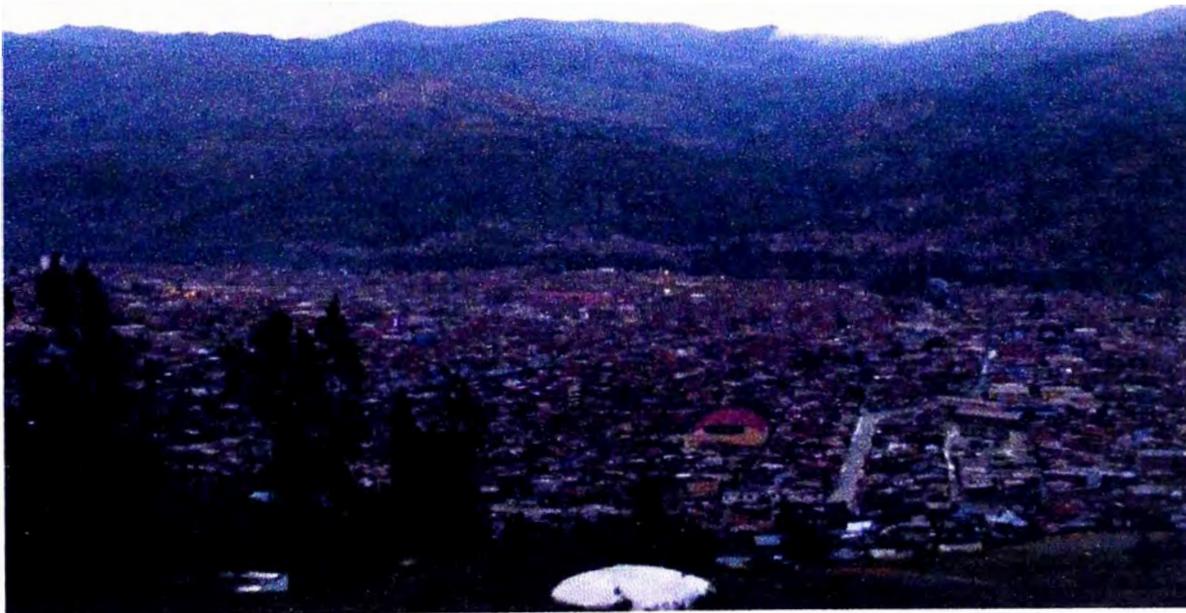


Fig.3.4. Vista Panorámica de la ciudad de Huaraz

### 3.5 Encuestas en el Callejón de Huaylas

Durante el viaje de reconocimiento de la zona se realizaron encuestas de opinión a los pobladores de las ciudades del Callejón de Huaylas para saber cuan conformes se sienten con el servicio de banda ancha. Se realizaron 160 encuestas, entre hombres (58%) y mujeres (42%) cuyas edades oscilan entre 15 y 50 años. La mayoría de los encuestados son miembros de la población económicamente activa (PEA) y/o estudiantes de educación superior.

A la pregunta: ¿Qué tan bueno les parece el servicio actual de telefonía móvil? Se obtuvieron los siguientes resultados gráficos:

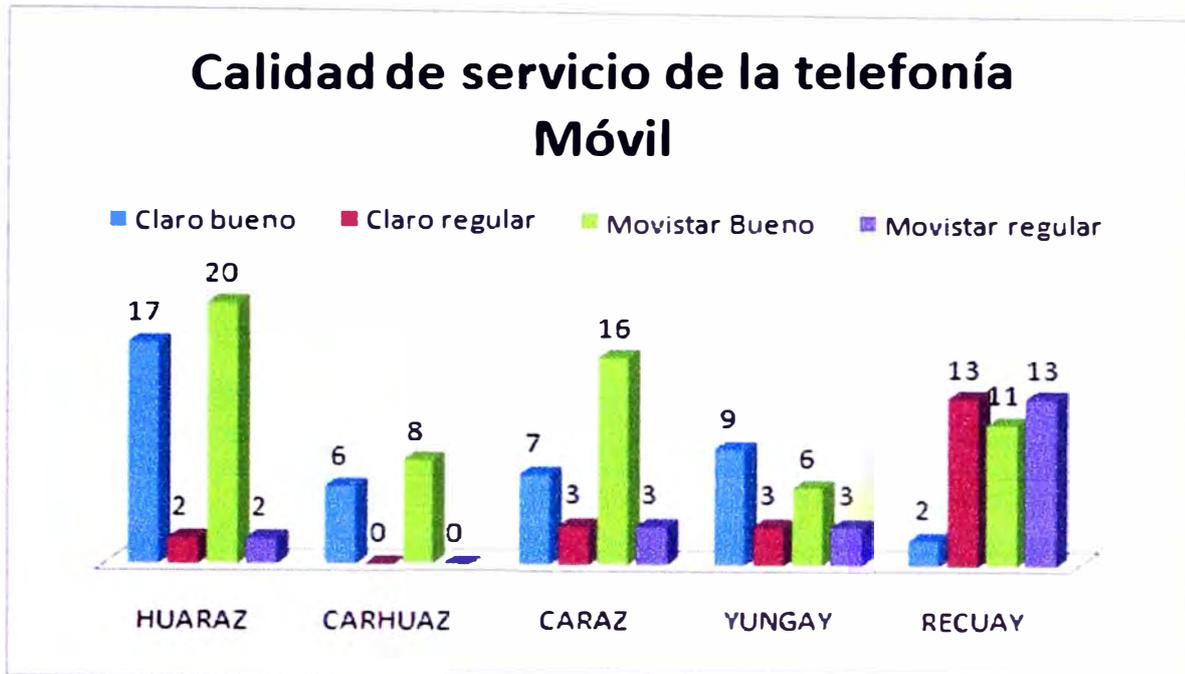


Fig. 3.5. Servicio de Telefonía móvil en el Callejón de Huaylas  
Fuente: Elaboración propia

Según la figura 3.5 la mayoría de personas están contentas con el servicio móvil, sin embargo, esta satisfacción relativa es reciente, pues al preguntarles a los pobladores las razones de sus respuestas, ellos respondieron que hace muy poco se habían instalado una gran cantidad de estaciones base para poder ofrecer un mejor servicio y cobertura de la telefonía celular. Sin embargo, cabe resaltar que la mayoría de encuestas realizadas se han realizado en las zonas urbanas de las provincias, tomando sólo algunas opiniones de pobladores rurales. En una segunda encuesta se tomará los datos de sólo pobladores rurales.

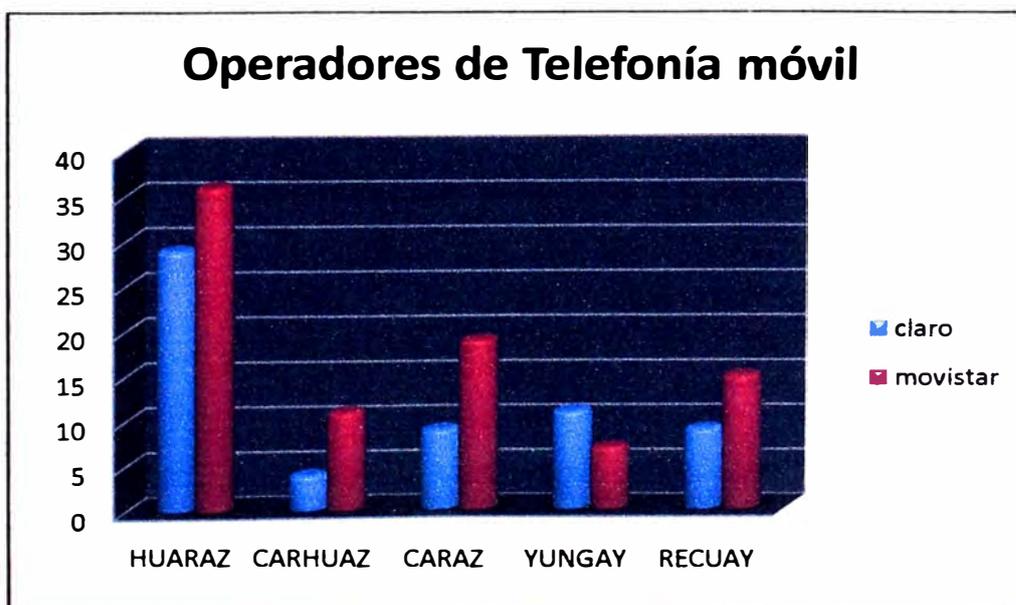


Fig. 3.6. Operadores de telefonía móvil en el Callejón de Huaylas según encuestas  
Fuente: Elaboración propia

De la figura 3.6 se puede apreciar que los pobladores del Callejón de Huaylas muestran una mayor preferencia por el operador Movistar, sin embargo, por algunos datos adicionales de los pobladores se supo que el operador Claro fue el primero en dar servicio al departamento de Ancash. Un dato adicional es que el servicio de Claro se cae cuando el servicio de luz se corta en algunos lugares.

Luego, se pasó al siguiente servicio de menor importancia para los pobladores que es el Internet. Según las encuestas realizadas se obtuvieron los resultados mostrados en la figura 3.7.

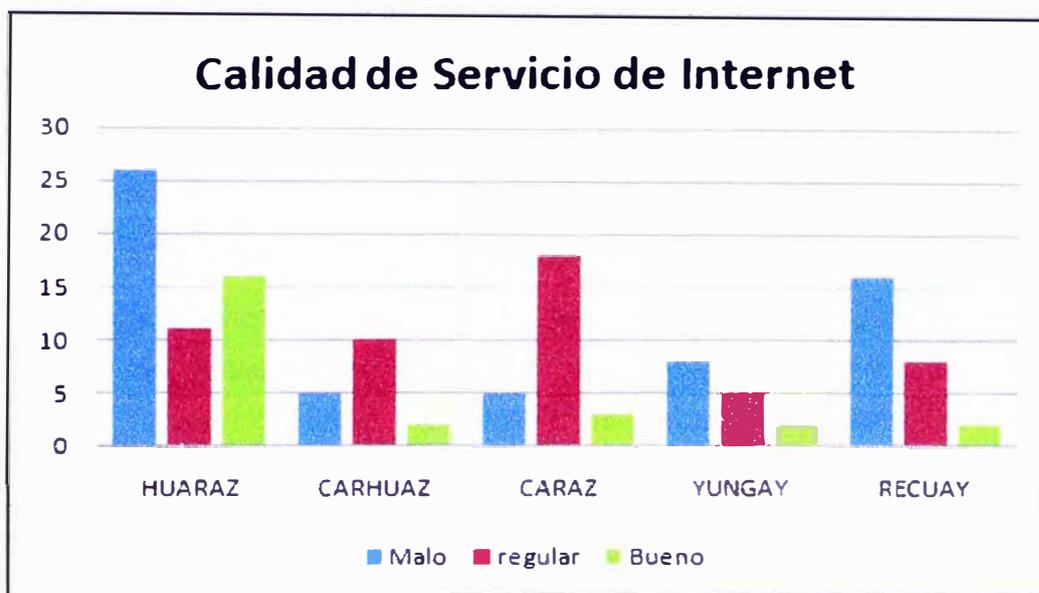


Fig. 3.7. Calidad de Servicio de Internet en el Callejón de Huaylas  
Fuente: Elaboración Propia

Al parecer, la población no está conforme con este servicio, sobre todo en la población de Huaraz, además en el siguiente gráfico 3.8 se podrá apreciar la distribución de personas que usan servicio móvil y de internet.

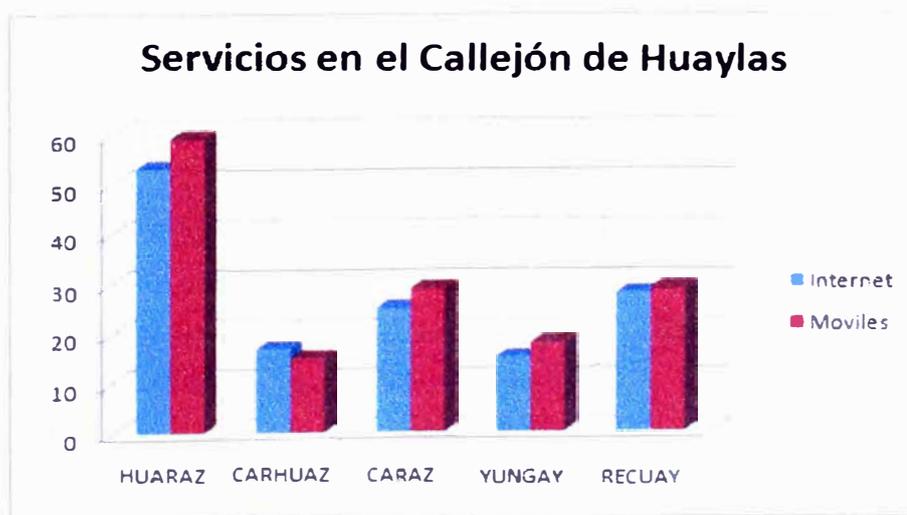


Fig. 3.8. Distribución de servicios por provincias del callejón de Huaylas  
Fuente: Elaboración Propia

Luego, los servicios de banda ancha en el callejón de Huaylas están distribuidos como se observa en la figura 3.9. En el anexo D se encuentran todos los datos referidos a la encuesta realizada.

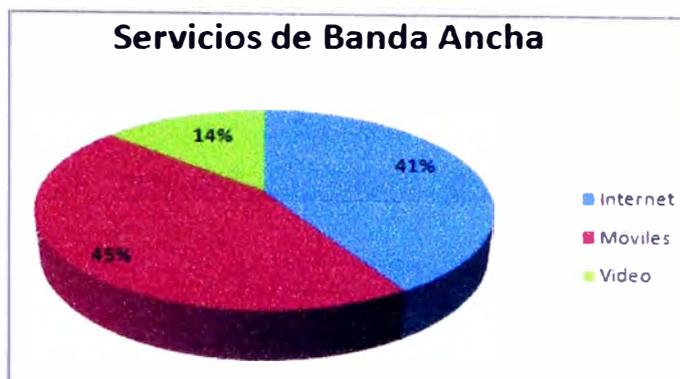


Fig. 3.9. Servicios de banda ancha en el Callejón de Huaylas según encuesta  
Fuente: Elaboración Propia

Además se les preguntó, sobre uno de los pilares en las comunicaciones de tercera generación en cuanto a servicio se trata, la video-llamada como herramienta trabajo para el sector comercial, el 92 % de los encuestados cree que las video-llamadas permitirían una transacción mas personalizadas entre proveedores y compradores, generando confianza y una mejor atención entre ellos. En la Figura 3.10 se aprecia el interés de los pobladores por la tecnología 3G.

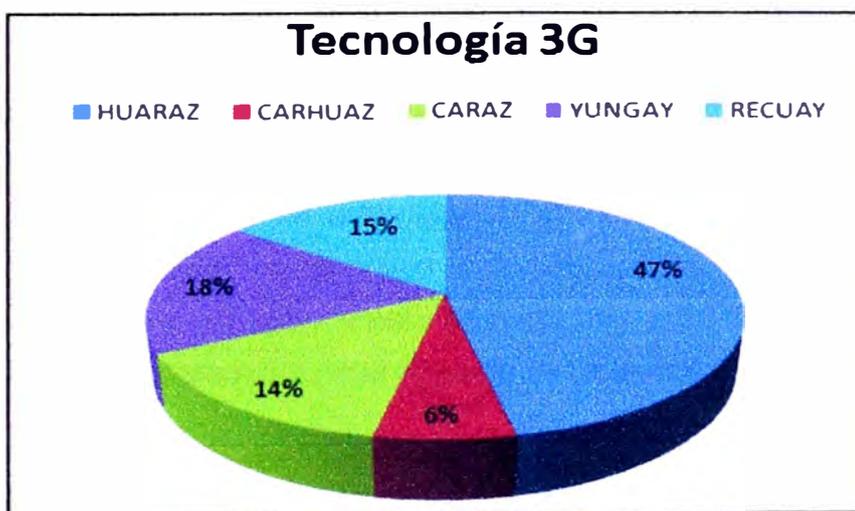


Fig. 3.10. Interés de los pobladores por la tecnología 3G  
Fuente: Elaboración Propia

### 3.6 Análisis comparativo de las tecnologías 3G y WiMAX para la zona de estudio

#### 3.6.1 Ventajas y desventajas de la Tecnología 3G

Algunas de las ventajas de la tecnología 3G son las siguientes:

- ✓ Su IP está basado en paquetes, pues solo pagas en función de la descarga lo que supone relativamente un menor costo.

Velocidad de transmisión alta: fruto de la evolución de la tecnología hoy en día se pueden alcanzar velocidades superiores a los 3 Mbit/s por usuario móvil.

- ✓ UMTS, sumado al soporte de protocolo de Internet (IP), se combinan poderosamente para prestar servicios multimedia y nuevas aplicaciones de banda ancha, tales como servicios de video-telefonía y video-conferencia.
- ✓ Transmisión de voz con calidad equiparable a la de las redes fijas.
- ✓ La señal se expande en frecuencia gracias a un código de ensanchado que sólo conocen el emisor y el receptor.
- ✓ Mejor eficiencia espectral; reutilización total de las frecuencias.
- ✓ Alta seguridad y confidencialidad debido a la utilización de técnicas que permiten acercarse a la capacidad máxima del canal (codificadores convolucionales).
- ✓ Acceso múltiple de eficacia máxima mientras no coincidan las secuencias de saltos.
- ✓ Posibilidad de trabajar con dos antenas simultáneamente debido a que siempre se usa todo el espectro y lo importante es la secuencia de salto, lo que facilita el handover (proceso de traspaso de la señal de una antena a otra), donde GSM falla mucho.
- ✓ UMTS brinda conectividad permanente a la red de redes, por lo que sus usuarios no tienen que conectarse cada vez que requieran recibir un servicio o acceso a la red.
- ✓ Debido a que está basada en la conmutación de paquetes, los servicios pueden ser brindados de forma más eficiente, esto conlleva a un ahorro en las empresas proveedoras, que a su vez brindarán tarifas más cómodas.
- ✓ UMTS brinda compatibilidad con tecnologías como EDGE o GPRS, lo que permite a los usuarios que salgan de una cobertura UMTS a otra diferente no sufran problemas en la conexión y sean conmutados automáticamente, esto dependerá de las condiciones de la red, es decir, si esta se encuentra y con la capacidad de entregar el ancho de banda necesario para el correcto funcionamiento de la aplicación.

Sin embargo, sus desventajas son las siguientes:

- ✓ Cobertura limitada. Dependiendo de nuestra localización la velocidad de transferencia puede disminuir drásticamente (o incluso carecer totalmente de cobertura).
- ✓ Disminución de la velocidad si el dispositivo desde el que nos conectamos está en movimiento (por ejemplo si vamos circulando en automóvil).
- ✓ No orientado a conexión. Cada uno de los paquetes pueden seguir rutas distintas entre el origen y el destino, por lo que pueden llegar desordenados o duplicados. Sin embargo el hecho de no ser orientado a conexión tiene la ventaja de que no se

satura la red. Además para elegir la ruta existen algoritmos que "escogen" qué ruta es mejor, estos algoritmos se basan en la calidad del canal, en la velocidad del mismo y, en algunos, oportunidad hasta en 4 factores (todos ellos configurables) para que un paquete "escoja" una ruta.

- ✓ Elevada Latencia respecto a la que se obtiene normalmente con servicios ADSL. La latencia puede ser determinante para el correcto funcionamiento de algunas aplicaciones del tipo cliente-servidor como los juegos en línea.
- ✓ La velocidad de transferencia de datos varía de acuerdo a la cobertura, a menor cobertura, disminuye la intensidad de datos que se pueden transferir.
- ✓ El costo de infraestructura de la tecnología 3G es elevado.
- ✓ La falta de total cobertura, puesto que se trata de un servicio relativamente nuevo.
- ✓ Los altos costos de renta del servicio, ya que varios usuarios no emplean todos los servicios que la tecnología 3G provee.
- ✓ Dado que la tecnología crece a pasos agigantados, esta tecnología puede ser sustituida por otra rápidamente.
- ✓ El alto precio de los servicios móviles 3G en algunos países además del acceso a Internet.
- ✓ Algunos usuarios con servicios 3G no son capaces de tomar un estándar y verificar si la velocidad que se especifica es cumplida; de manera que esto ayuda a que varias velocidades sea vendidas como 3G aunque no lo sean, ya que ni siquiera la ITU ha especificado claramente la velocidad mínima o qué modos de interfaz equivalen a un 3G.

### **3.6.2 Ventajas y desventajas de WiMAX móvil**

Algunas ventajas de la tecnología WiMAX móvil son las siguientes:

- ✓ Funciona con normas abiertas, lo que acelerará su desarrollo al ofrecer mayor variedad de equipos interoperables.
- ✓ Soporte de movilidad, además de los modos de ahorro de energía y de dormir "sleep" de los dispositivos móviles.
- ✓ Mejor cobertura en interiores al usar AAS y MIMO.
- ✓ Uso eficiente del espectro radioeléctrico ya que permite tener mejor throughput y cobertura (hasta 50 km.), lo cual sirve para una ampliación de las redes con WiFi.
- ✓ Operación en un gran rango de frecuencias: 450MHz a los 5.8 GHz
- ✓ Escalabilidad al poder trabajar con canales de 1.25 a 10 MHz de ancho de banda.
- ✓ Buena eficiencia a nivel de red.
- ✓ Soporte de IPv6, QoS, VoIP, etc. al ser un sistema basado en IP.

Ofrece excelente cobertura en esquemas NLOS (por sus siglas en inglés non line of sight), usando diferentes elementos como OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) y soportando también línea de vista o LOS (Line of Sight).

Sin embargo, como toda tecnología nueva tiene desventajas como:

- ✓ En algunas zonas, la infraestructura necesaria para su despliegue no está instalada como la ya existente en los países con redes de telefonía celular de tercera generación y los sistemas UMTS.
- ✓ Su implementación es todavía complicada por falta de elementos para tener una red móvil administrable y operable en forma eficiente.
- ✓ Requerimiento de algoritmos y funciones de procesamiento más complejos, lo que implicaría incrementar algunos costos.
- ✓ Niveles de potencia de transmisión altos.
- ✓ La cobertura puede ser menor al utilizarse un área del espectro por arriba de los sistemas 3G.
- ✓ El lapso de tiempo que se calcula entre la ratificación de la norma y la disponibilidad de equipos puede ser de un año.
- ✓ Los handoff todavía se consideran lentos para servicios de voz.
- ✓ El 2º laboratorio para certificación de equipos en la parte móvil, estará listo en el tercer cuarto del 2006.
- ✓ El tiempo de desarrollo y despliegue de WiMAX móvil (2006-2007) todavía puede considerarse largo si se compara con el de las tecnologías recientes de los sistemas celulares como 3GSM.

### **3.6.3 Cuadro comparativo de las tecnologías convergentes**

En los ítems anteriores se mostró las ventajas y desventajas de cada una de las tecnologías a comparar. Sin embargo, la tecnología WiMAX móvil es aún muy reciente, es decir, es como estar a expensas de un sólo proveedor pues no existe interoperabilidad para un ambiente multi vendedor, como sí ocurre en la tecnología 3G, ni hay dispositivos en abundancia a precios competitivos.

Por lo que la cuestión no es cuál de las dos tecnologías es más cara o barata de implementar, sino en el modelo de negocio del operador y que tecnología se ajusta más para poder alcanzar los objetivos comerciales.

Para ello, se ha elaborado una tabla resumen de comparación de ambas tecnologías. En esta tabla 3.12 se resumen las principales características de WiMAX y 3G.

TABLA N° 3.12. Resumen de características de WiMAX y 3G

Característica	WiMAX	3G
Espectro requerido	3.5 GHz	800/900 MHz
Velocidad Pico	75 Mbps	3.1 Mbps
Velocidad Promedio	2 Mbps	1.8 Mbps
Alcance Máximo por radiobase	48 Kms	90 Kms
Alcance Promedio	15 Kms	45 Kms
Ancho de banda Canal	5 - 20 MHz	5 MHz
Seguridad	Encriptación Autenticación	SIM + INEI
QoS	Mecanismo simple	Mecanismo Complejo
Modulación	OFDMA	QPSK
Duplexación	TDD	TDD

Como podemos observar WiMAX ofrece una mayor velocidad, debido a que requiere una mayor frecuencia, sin embargo 3G requiere menos espectro y cuenta con mayor alcance.

#### 3.6.4 Elección de la tecnología a usar

Para la elección de la tecnología a usar, se ha tomado en cuenta algunas consideraciones como los lugares a implementar la red móvil. Si analizamos los costos de red (CAPEX) en los que cualquier operador incurre al implementar un sitio típico outdoor rural se tiene:

- ✓ Infraestructura (saneamiento legal, permisos, obra civil, torre, acometida eléctrica): aprox. 60-80% del costo del sitio.
- ✓ Equipamiento radio base HW+SW (de cualquier tecnología, incluso WiMAX): aprox. 10-20% del costo del sitio.
- ✓ Sistema radiante (cables y antenas): aprox. 5-10% del costo del sitio.
- ✓ Equipamiento de microondas (transmisión): 5-10% del costo del sitio.
- ✓ Servicios de instalación, transporte etc.: aprox. 5-10% del costo del sitio.

Como se puede apreciar, el costo del equipamiento de radio base (BTS) es lo único que diferencia una red WiMAX de una 3G. Todo el resto es común. Es decir, con un tipo de tecnología u otro se va a tener que incurrir en esos mismos costos.

Ahora bien, la cantidad de sitios a implementar también influye en el cálculo de los costos; además, esto está directamente relacionado con la frecuencia a usar (más baja es la frecuencia mayor cobertura); por tanto, a mayor frecuencia mayor es la cantidad de sitios que requieres para cubrir una misma zona (las frecuencias en 3G de 850, 900, 1800, 1900, 2100 son más bajas que WiMAX, de 2300-2500 a 3300-3500 y más).

Desde el punto de vista de movilidad con mayor cantidad de sitios, tienes mayor cobertura y aseguras continuidad de servicio con movilidad; esto actualmente sólo es disponible con 3G, que es una tecnología con continuidad de servicio (voz y datos) en movilidad respecto de WiMAX fijo (estándar 802.16-d) o WiMAX móvil (en proceso de estandarización 802.16e).

Otro punto importante a considerar en el análisis es el costo de los terminales de usuario: las economías de escala que se tienen con 3G son mucho mayores que en WiMAX; por consiguiente, la disponibilidad y variedad de terminales es más amplia. Luego, el costo de terminales tiende a bajar con respecto a WiMAX.

El objetivo es optimizar la inversión que se realiza. Para ello, la solución elegida deber contemplar el ofrecimiento de servicios de telefonía celular, videollamada y servicios de datos bajo una misma plataforma tecnológica, es decir el costo incurrido por el operador para implementar la solución debería asegurar el poder ofrecer estos servicios integrados, no limitarse únicamente a servicios de datos (o acceso a Internet que es lo que típicamente se busca ofertar en los proyectos rurales).

Sobre si es más conveniente WiMAX para prestar VoIP, se debe considerar que la posibilidad de interacción entre tecnología 3G y GSM es muy amplia. Esta interacción es fundamental por los terminales y las economías de escala: con mi mismo terminal 3G puedo comunicarme a través de la red GSM cuando estoy fuera de cobertura 3G (voz y datos con EDGE inclusive), y este tipo de integración no se tienen con WiMAX.

Por lo tanto, la tecnología elegida para las zonas urbanas y rurales del Callejón de Huaylas es la tecnología 3G y a continuación se lista las razones que respaldan la elección:

- ✓ Desplegar 3G es más económico. Tener espectro para lanzar WiMAX móvil puede significar tener un activo semi paralizado o estar a expensas de un sólo operador pues no hay interoperabilidad para un ambiente multi operador, como ocurre en 3G.
- ✓ La tecnología 3G facilita "economías de escala": El mayor impacto en costos (CAPEX) para desplegar una red móvil se encuentra en los terminales de usuario.
- ✓ La tecnología 3G facilita servicios móviles adicionales (VAS): Posibilidad de mantener servicios tradicionales (como por ejemplo voz, SMS, etc.) en zonas de nueva cobertura y adicionar nuevos servicios bajo la misma infraestructura como: Acceso a Internet de Banda Ancha, Videollamada, Telemedicina, MobileTV y otras aplicaciones, a medida que se intensifique el uso de acceso universal, con mayor razón si se trata de expansión en zonas rurales.
- ✓ La tecnología 3G cuenta con estandarización tecnológica para permitir variedad de proveedores, transparencia de servicios entre redes, roaming, movilidad etc.

## CAPÍTULO IV INGENIERÍA DE PROYECTO

Luego de un estudio previo de mercado realizado en el capítulo anterior (encuestas en zonas rurales y urbanas), del análisis de la delimitación de la población económicamente activa (PEA), de la ubicación de las zonas de mejor perfil y potencial mercado se pasará a definir la ubicación de las estaciones bases celulares, basadas en dichos estudios preliminares.

### 4.1 Topología de la red

#### 4.1.1 Elección de la banda 850MHz

Para nuestro diseño se propone utilizar la banda de 850 MHz. para la distribución de canales de *downlink* y *uplink*, basándonos en interoperabilidad, ya que las tres empresas operadoras del Perú: Movistar, Claro y Nextel comparten esta banda, según el MTC (Ver figura 4.1).

	450			850										900								
	10 MHz			50 MHz + 15 MHz										5 MHz								
	1	2	3													1	2	3	4			
Lima-Callao Lima Rural Arequipa La Libertad Lambayeque Ica Tacna Ancash Piura Cusco Cajamarca Loreto Ucayali Resto de Provincias	<b>TELMEX</b>			<i>Telefónica (25 MHz)</i>					<b>Claro (25 MHz)</b>					<b>NEXTEL (15 MHz)</b>					<b>5 MHz</b>			
	<b>TELMEX</b>													<b>7 MHz</b>								
Tecnología	CDMA 2000 BVOO			CDMA2000, EVDO GSM, UMTS										UMTS GSM								
Status	Licitación Concesión			Adjudicada. Sin espectro disponible										Licitación								
Servicio	PW			Móvil FW										Móvil FW								

Fig. 4.1. Espectro nacional de la banda 850

Fuente: "Sitio Oficial del MTC" [16]

Los principales beneficios que otorga en uso de UMTS en la banda de 850 MHz son los siguientes:

- ✓ Se puede tener mayores áreas de cobertura por cada celda.
- ✓ Presenta menor atenuación que las bandas más altas.
- ✓ Tanto América Móvil y Telefónica del Perú poseen tecnologías 2G en dicha banda, por lo tanto no se requiere del licenciamiento de una nueva banda.

Esta banda presenta una serie de beneficios en las comunicaciones móviles, en Europa es ampliamente utilizada para GSM. La experiencia práctica concluye que a menor frecuencia, mayor distancia puede haber entre transmisor y receptor.

La mayor motivación para la elección de esta banda de frecuencias es la situación actual de la banda de 850 MHz en nuestro país, una banda que desde los inicios de la telefonía móvil ha sido exclusividad de dicha tecnología. El reuso de frecuencias no será necesario en nuestro caso pues como ya se explicó en el capítulo 2, WCDMA está basado en códigos.

#### 4.1.2 Canalización

A continuación se presenta la situación de la banda de 850 MHz en agosto de 2008 cuando se realizó el viaje de reconocimiento a la zona. (Fig. 3.1)

TABLA N° 4.1. BANDAS DE FRECUENCIAS

Fuente: "Sitio Oficial del MTC" [16]

Banda	Rango de Frecuencias (MHz)		Empresa	Area de Asignación
	Ida	Retorno		
A	824 - 835	869 - 880	Telefónica Móviles	A Nivel Nacional
	845 - 846,5	890 - 891,5		
B	835 - 845	880 - 890	América Móvil	A Nivel Nacional
	846,5 - 849	891,5 - 894		
Sub-Banda	Rango de Frecuencias (MHz) BW: 1,25 MHz		Empresa	Area de Asignación
	Ida	Retorno		
B1	846,5 - 847,75	891,5 - 892,75	Disponible	---
B2	847,75 - 849	892,75 - 894	Disponible	—

Como podemos ver en la tabla 4.1, la banda de 850 MHz está asignada a ambas operadoras a nivel nacional, con un ancho de banda de 12.5 MHz de subida y 12.5 MHz de bajada para ambas operadoras. Esto permitirá hacer uso de WCDMA (5MHz por portadora, FDD) en dicha banda, teniendo en cuenta una banda de guarda de 1.5MHz a cada lado.

### 4.1.3 Estructura de la red

Inicialmente y con el objetivo de cubrir las necesidades de comunicación en los distritos pertenecientes al Callejón de Huaylas y los cercanos a él, se establecerán 3 estaciones base (BTS) ubicadas como se explica a continuación:

- ✓ BS\_Cutacancha.- en el Cerro Cutacancha a 3 Km del distrito de Recuay, Provincia de Recuay)
- ✓ BS\_Choncarangra.- en el Cerro Choncarangra (a 7 Km de la ciudad de Huaraz, Provincia de Huaraz)
- ✓ BS\_Hashcau.- A 500m del cerro Ocotunan (Distrito de Shilla, Provincia de Carhuaz)

Las cuales se interconectarán con el centro de operaciones ubicado en la ciudad del Huaraz 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. Los puntos referenciales se encuentran descritos en la tabla 4.2.

TABLA N° 4.2. Posiciones de las Estaciones Bases

Lugar	Latitud S	Longitud O	Altitud m.s.n.m
Cutacancha	9° 43' 12.0"	77° 24' 46.0"	3800.2
Choncarangra	9° 27' 25.5"	77° 35' 43.8"	4200
Huaraz	9° 12' 24.3"	77° 38' 45.0"	3450
Hashcau	9° 28' 58.8"	77° 30' 26.5"	3400

En la siguiente figura 4.2 se muestra la estructura de la red, basada en la solución brindada de red WCDMA.

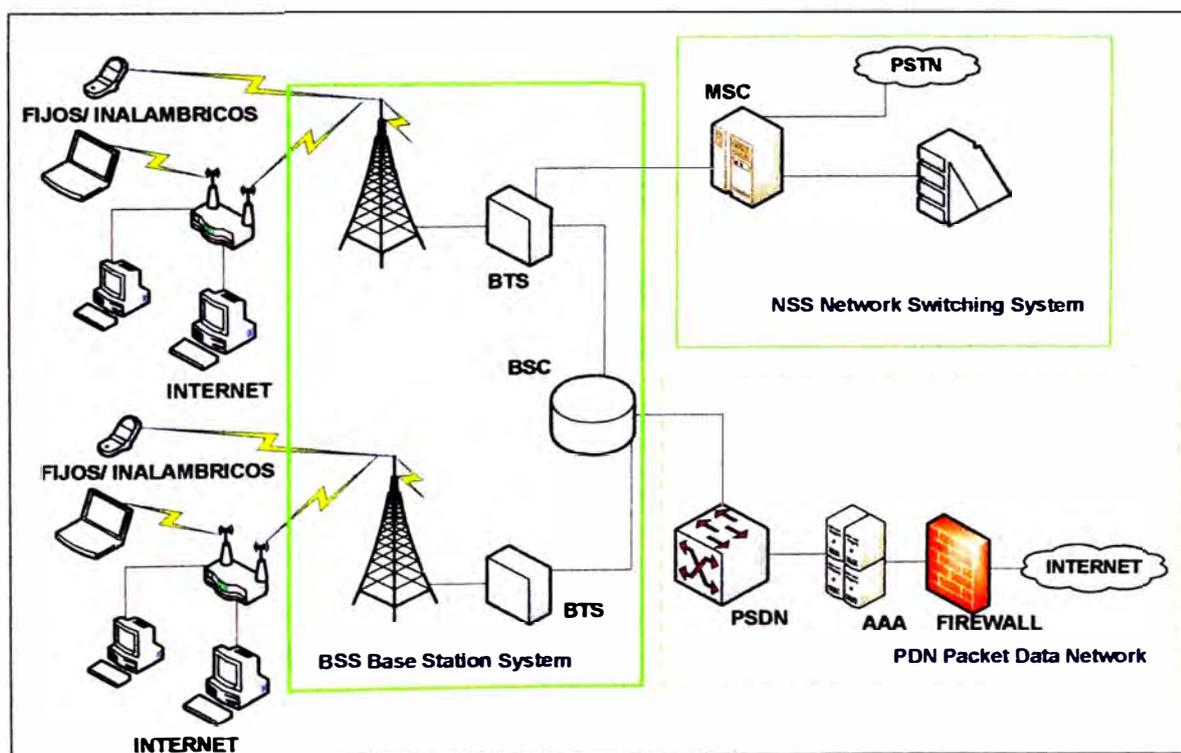


Fig. 4.2. Diagrama básico de la red  
Fuente: Elaboración Propia

## **4.2 Cálculos de radiopropagación, red de transporte, red de acceso**

Luego de una breve introducción del diseño de la red a desarrollar se pasarán a realizar los respectivos cálculos de propagación para cada una de las estaciones bases de nuestra red de acceso así como la factibilidad de la red de transporte.

A continuación se pasarán a detallar las redes de acceso y transporte para nuestra red móvil WCDMA en el Callejón de Huaylas.

### **4.2.1 Red de Acceso**

#### **a) Cálculos de radiopropagación de la Red de Acceso**

En el proceso de diseño de Radiofrecuencia (RF) es necesario el uso de modelos de propagación con el fin de determinar la atenuación de la onda de radio que atraviesa diversos obstáculos a lo largo de su propagación, desde la antena transmisora hasta la antena receptora.

Luego tenemos que algunos parámetros que afectan positivamente a la cobertura del enlace como son: sensibilidad del receptor, potencia de transmisión, ganancia de la antena, altura de la torre, etc. De la misma forma, existen factores negativos como atenuación de cables, árboles, edificios, ruido eléctrico, ruido natural, patrones de antena distorsionada, baja eficiencia de antena, por nombrar algunos.

Uno de los puntos importantes a tomar en cuenta para la definición del modelo de propagación es la morfología, que puede ser: urbano denso, urbano, suburbano y rural. A continuación se describen un método muy utilizado y recomendado por la UIT-R, que será utilizado en la presente tesis.

- **MODELO DE OKUMURA-HATA**

Es el modelo que se utiliza con mayor frecuencia para predecir el comportamiento o desarrollo de las transmisiones de tipo celular en áreas que cuentan con edificios. El modelo proporciona información de los puntos más lejanos para determinar los efectos de difracción, refracción y dispersión de las señales causadas por las estructuras de los edificios.

Es válida en el rango de la frecuencia de VHF y UHF, entre los 150 y 1500 MHz. Hasta agregó las pérdidas dentro de un área urbana. De estas mediciones se obtuvieron curvas de la intensidad de campo para medio urbano y diferentes alturas efectivas de antenas para las bandas de 150, 450 y 1900 MHz y una potencia radiada de 1KW. La altura de la antena receptora es de 1.5 m., valor típico en aplicaciones móviles [5].

Okomura llevo a cabo un análisis detallado para predicciones de ruta alrededor de Tokio para terminales móviles. Hata publicó una formula empírica basada en los resultados de Okomura para predecir las perdidas en la trayectoria.

$$L_{dB} = 69.55 - 26.16 \log(f) - 13.82 \log(h_t) - A(h_t) - (44.9 - 6.55 \log(h_t))(\log d) \quad \dots (4.1)$$

Donde:

$$150 \leq f \leq 1500 \text{MHz}$$

$$30 \leq h_t \leq 300 \text{m}$$

$$1 \leq d \leq 20 \text{Km}$$

$A(h_t)$  es un factor de corrección para el tamaño de la antena móvil y es calculada como sigue:

Para una ciudad pequeña o mediana:

$$A(h_t) = (1.1 \text{Log}(f) - 0.7)h_t - (1.56 \text{Log}(f) - 0.8) \text{dB} \quad \dots (4.2)$$

Donde  $h_t$  se encuentra entre 1 a 10 m

Para una ciudad grande:

$$A(h_t) = 3.2 \text{Log}(11.75 h_t)^2 - 4.97 \text{dB} \quad \dots (4.3)$$

$$f \geq 400 \text{MHz}$$

### Penetración en los edificios

Para un edificio con oficinas múltiples entre 864 y 1728MHz, la pérdida en la trayectoria ( $L_{dB}$ ) incluye un valor para una pérdida dispereja  $L(v)$  y se expresa:

$$L_{dB} = L(v) + 20 \text{Log}(d) + n_f a_f + n_w a_w \quad \dots (4.4)$$

Donde la atenuación en dB de los pisos y paredes era  $a_f$  y  $a_w$  y el número de pisos y paredes a través de la línea  $d$  era  $n_f$  y  $n_w$ , respectivamente. Los valores de  $L(v)$  en 864 y 1728 MHz eran de 32 y 38dB, con desviaciones estándar de 3 y 4dB respectivamente.

Otra fuente proporciona la siguiente información. En 1650MHz el factor de pérdida en el suelo era 14dB, mientras las pérdidas por atravesar la pared eran entre 3 a 4dB en el caso de yeso y de 7 a 9dB en el caso de ladrillos. El parámetro  $L(v)$  era de 29dB, para una frecuencia de propagación de 900MHz, el factor del primer nivel se tiene 12dB y  $L(v)$  23dB. El valor más alto para  $L(v)$  en 1650MHz y es atribuido a la reducida apertura de la antena en esta frecuencia comparada a 900MHz. Para una pérdida en la trayectoria de 100dB, la estación-base y la distancia al terminal móvil excedía los 70m sobre el mismo

piso 30m sobre el nivel del piso, y 20m sobre este, para una frecuencia de propagación de 1650MHz. Las distancias correspondientes a 900MHz eran 70m, 55m y 30m.

Los resultados podrían variar de edificio a edificio dependiendo del tipo de material con que este se encuentra construido, la mueblería y equipos de casa, y el número y despliegue cotidiano de la gente que vive ahí.

Ahora, ya se pueden realizar los cálculos respectivos de siguiendo el planeamiento del cálculo de los Link Budgets, tanto para los casos de subida o UL y bajada o DL. En el caso específico de WCDMA, el cálculo de las coberturas se hace en base al Link Budget de subida o Uplink, basándose en el release 99 o UMTS.

Primero, obtendremos el máximo valor de pérdida permitida para que un usuario pueda recibir la señal sin problemas. En la siguiente tabla se encuentran los valores que obtenemos [14].

TABLA N° 4.3. Link Budget de Uplink  
Fuente: "WCDMA (UMTS) Deployment Handbook" [CHE2006].

Descripción	Valor	Unidad
EIRP	19	dBm
Sensitividad	114.5	dBm
Rx Atenuación y Ganancia	14	dB
Ganancia por componentes de Propagación	-9.2	dB
<b>Máxima Pérdida Permitida</b>	<b>138.3</b>	<b>dBm</b>

Luego reemplazando los valores mostrados a continuación en las ecuaciones citadas anteriormente se tiene el resultado de la distancia máxima de cobertura.

**fc:** 850 MHz

**h<sub>te</sub>:** 30 m

**h<sub>re</sub>:** 3 m

$$L(\text{dB}) = L_{\text{urbano}}(\text{dB}) - 4.78(\log f_0)^2 + 18.33 \log f_0 - 40.94 \quad \dots (4.5)$$

$$L(\text{dB}) = L_{\text{urbano}}(\text{dB}) - 4.78(\log 850)^2 + 18.33 \log 850 - 40.94 \quad \dots (4.6)$$

$$L_{\text{urbano}}(\text{dB}) = 69.55 + 26.16 \log(850) - 13.82 \log(27) - a(h_{re}) + (44.9 - 6.55 \log 27) \log d \dots (4.7)$$

$$a(h_{re}) = 3(1.1 \log 850 - 0.7) - (1.56 \log 850 - 0.8) \quad \dots (4.8)$$

$$a(h_{re}) = 3.7971884 \quad \dots (4.9)$$

$$L_{\text{urbano}}(\text{dB}) = 69.55 + 56.22219 - 3.7971884 + (35.224856) \log d \quad \dots (4.10)$$

$$L_{\text{urbano}}(\text{dB}) = 121.975 + (35.224856) \log d \quad \dots (4.11)$$

$$L(\text{dB}) = 121.975 - 28.263298 + (35.224856) \log d \quad \dots (4.12)$$

$$L(\text{dB}) = 93.7117 + (35.224856) \log d \quad \dots (4.13)$$

$$138.3 = 93.7117 + (35.224856) \log d \quad \dots (4.14)$$

$$d = 18.44 \text{ Km} \quad \dots (4.15)$$

Como podemos observar, la distancia máxima de cobertura es de 18.44 Km. Dicho valor es teórico y para efectos de planeamiento, utilizaremos un valor mínimo, ya que como sabemos, cuando se utiliza el método de acceso WCDMA, existe el efecto breathing, el cual dependiendo del número de usuarios que estén conectados, disminuye dicha cobertura.

Para el caso de este proyecto, se tomará un 90% de la distancia máxima de alcance, por lo tanto para nuestro diseño trabajaremos con una distancia.

$$d = 16.69 \text{ Km}$$

## b) Diseño de la Red de Acceso

Ahora pasaremos a determinar la ubicación de los Nodos B con sus respectivas coordenadas y demás parámetros de radiofrecuencia (RF). La figura 4.22 nos ayudará a ilustrar el diseño de nuestra red.

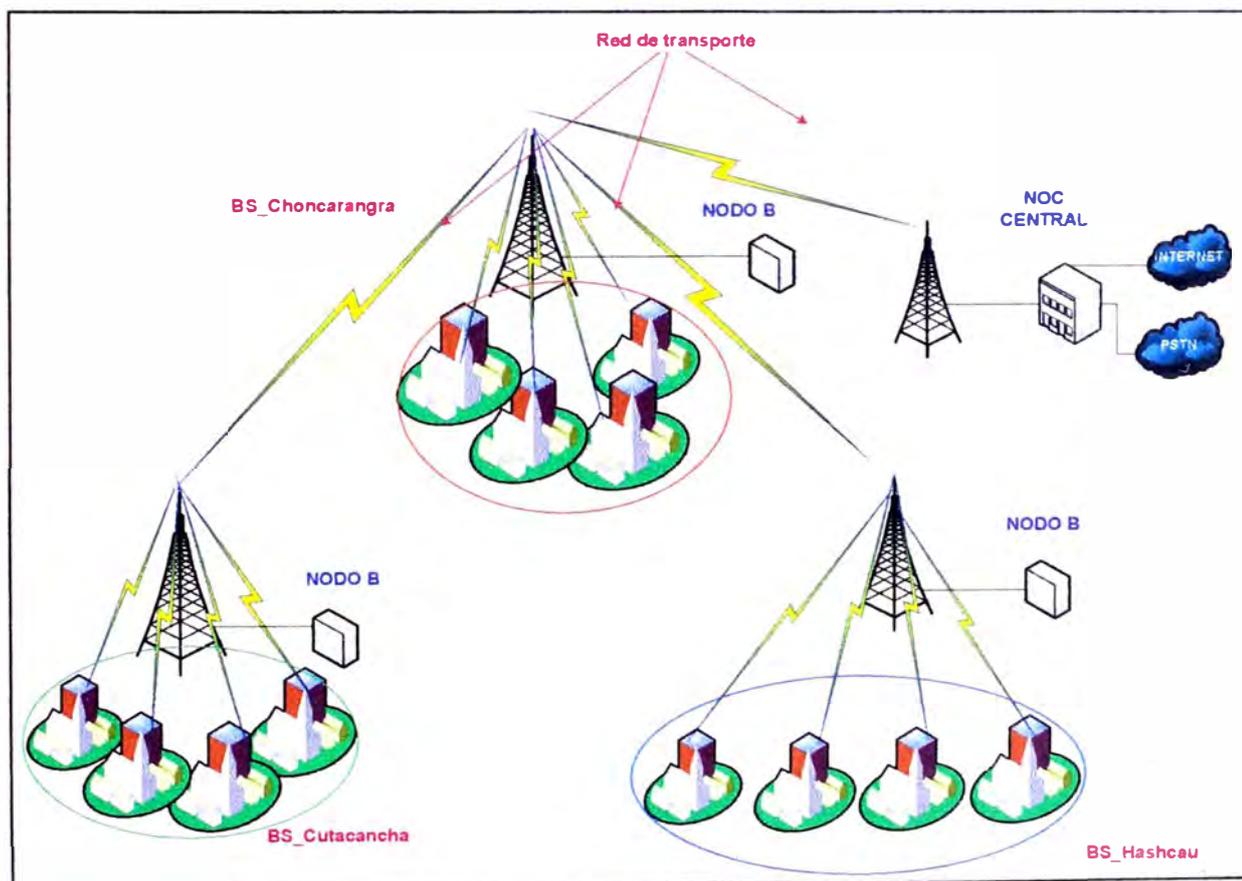


Fig.4.3. Diseño de la Red de Acceso  
Fuente: Elaboración propia

Según nuestro diseño de red tenemos una estación central y 3 Nodos B. La primera estación base y punto central (topología estrella) para la infraestructura del NOC (centro de gestión, MSC, RNC, Nodo B, etc.) será en la ciudad de Huaraz, Capital del departamento de Ancash y ciudad central del Callejón de Huaylas. En sus alrededores se encuentran tanto poblaciones rurales como urbanas.

Para su implementación se contará con una torre auto-soportada de 30m de altura para que desde ahí se pueda realizar los enlaces microondas con los demás Nodos B, pero las antenas en este *site* tendrán una altura de 6m. El *site* recibirá el nombre de HUARAZ CENTRAL y estará ubicado según sus coordenadas en **9° 12' 24.3"**latitud sur, **77° 38' 45.0"**longitud oeste.

Como se ha mencionado líneas arriba se contará con 3 nodos B: Los sites recibirán los nombres: CERRO CUTACANCHA, CERRO CHONCARANGRA, HASHCAU. El primer Nodo B se tomó en cuenta por la gran cercanía z los poblados rurales en Recuay y se encuentra ubicado en la estación base BS\_Cutacancha con coordenadas **9° 43' 12.0" S y 77° 24' 46.0" O**. Este nodo utilizará la torre de 30m autosoportada de la BS\_Choncarangra. Para todos los *sites* se han tomado 6 sectores debido a la gran cantidad de poblados que se requiere cubrir. Su sectorización se describe en la tabla 4.4.

TABLA N° 4.4. Resumen nodo B CERRO CUTACANCHA

Sector	Azimutal	Downtilt	Pueblos en Cobertura
1	50°	3.5°	Pachacama, Buenos aires, yacucancha, Yanac, Cátac, Purunhuay, Yanahuanca, Garbanzo, San Miguel, Jircan Cancha, Yanayacti
2	110°	3.0°	Ticapampa, Collparru, Chirac, Tomapata, Cashacancha, Canyonpampa, Racra, Mitopampa, Carata, Anta Purhay, Poirac, Uchipampa, Yuyucachi, Compina, Callac, Llullupac, Cancana, Tupuc, Jatunhuishca, ColcaPata, Parco
3	85°	3.3°	Recuay, Huancoto, Shishupampa, Rirahuanca, Shagapa, Pachocuta, Oco pampa, Tupuc, Huancapampa, Shecllapata, Pueblo viejo, Pampacasha, Pariapata, Panapata, Sinuina
4	110°	3°	Monte Alegre, Huancoto, San Cristóbal, Tambo, Hachic, Chopihpay, Aco, Cutacancha, Collhuasi, Canray Chico, Huantume, Tecuarpampa, Ambay Ampe, Mitu Jirca, Chacra, Chuquina, Sequas, Colcapampa
5	75°	3.5°	Soledad, Canrey Grande, Toci, Allacpampa, Urpay, Chincay, Mullu Jirca, Arapa, Agocancha, Yanahuanca, Matahuanca, Mitucancha, Yacuhualca, Jauna, Utupampa, Cotocancha, Puyhuan Grande, Ampec, Tayapampa, Jagapaqui, Masroco

Para el segundo Nodo B se ha tomado en cuenta la altura y la cercanía la estación base central donde se encuentra ubicado el NOC, además los poblados cercanos a este nodo tanto de Huaraz como de Recuay distan no más de 15Kms cubriendo áreas rurales pero tan bien urbanas y residenciales tales como: Av. Antonio Raymondi, Av. Centenario, Monterrey, San Antonio, etc.

Para este site se utilizará la torre autosoportada de 30m de la BS\_Choncarangra. El *site* recibirá el nombre de CERRO CHONCARANGRA y estará ubicado en las coordenadas 9° 27' 25.5" latitud sur, 77° 35' 43.8" longitud oeste. Su sectorización se distribuye como se propone en la Tabla 4.5.

TABLA N° 4.5. Resumen nodo B CERRO CHONCARANGRA

Sector	Azimutal	Downtilt	Pueblos en Cobertura
1	35°	3°	Chontayac, Cuyorpampa, Huisllacpampa, Collana, Shanoc, Chigney, Tintash, Secsecpampa, Monterrey, Recresh, Paria, Chequio, Matcor, Rivas, Capulipampa, Yupa, Shacna, Monata, Huitajaja, Huahchac, Urhuas, Marcat.
2	110°	3°	Centenario, Micropampa, Contu, ichoca, Rataquenua, Bellavista, Santa Isabel, Pedregal, Tacllan Alto, Casacancha, Los Pinos, Virincachuasi, Incapuquio, San Francisco, olivo, Ohua, Picut, Casca Pampa, Ancomanca, Udlup, Shecta, Jumuyoc, Vichay, Huellop, Casca Campa.
3	85°	3.5°	Huaraz, Mitucro, Callhua, Los Milagros, Tacllan Baja, Carhuamarca, Quechca, Huanchuc, Toclla, Oncoy, Pacupampa, Shauyayoc, Condor Pampa, Rarjac, San Nicolás, Llacona, San Pablo, Pare Cuapca, Jirca Huain, Homo Yoc, Urpay, Acupampa, Cachap.
4	35°	3.0°	Santa Cruz, Muna Rure, chilca, Caci Pucro, Cruz Pampa, Puructa, Jamanca, Allucaya, Canshan, Purujoc, Atipallan, Homoyoc, Urincay, Pungor Pampa, Quinuayoc.
5	50°	3.3°	Anta, Pariahuanca, Yungar, Marcara, san Antonio, Quebrada, Huacran, La Esperanza, Cuchupunta, Coscopunta, Mataquita, Chaguiacyaco, Pampacancha, Maripampa, Uran, Atupa, Maraynuyoc, Shupar, Jacayuna, Poyor, Jagua, Jangas, Tarica, Cuncashca, Atupa, Aco, Cristo Rey.
6	110°	3.5°	Paitay, Chaguiacyaco, Atupa, Aufauran, huania, Matak, Rashpa, Luema, collosh, Huaja, Chavín, Quillash, San Juan de Pisco, Quinrance, Chontayoc, tintash, Collana, Shanoc, Orión, Urupampa, Ninapampa, Hucllao, Cochán, Parryrca, Irhua.

En la parte norte se desea cubrir hasta la ciudad de Caraz, por ser una ciudad muy comercial y también de gran potencial turístico, sin embargo, es necesario tener cobertura en las ciudades de Carhuaz y Yungay. Si bien es cierto el site BS\_Choncarangra cubre algunos poblados de la provincia de Carhuaz, es necesario un site de apoyo a los alrededores.

El site tiene el nombre de HASHCAU y se encuentra en las coordenadas  $9^{\circ} 28' 58.8''$  latitud sur,  $77^{\circ} 30' 26.5''$  longitud oeste.

Para este Nodo B, se utilizará la torre autosoportada de 30m de la BS Hashcau. La sectorización abarca 5 sectores cubriendo tanto poblaciones rurales como urbanas y se distribuye como se propone en la Tabla 4.6. En dicha tabla se puede observar la gran cantidad de localidades que se abarca por sector.

TABLA N° 4.6. Resumen nodo B HASHCAU

Sector	Azimutal	Downtilt	Pueblos en Cobertura
1	50°	3°	Punya, Papirca, Huaypan, Llipta, Shilla, Hulcán, Pariaca, quinquama, Cyapaque, Nunucoto, Caraspampa, Atoc Hiatic, Canchapampa, Echahuan, Matara, Patococho, Vista Alegre, Antaraca, Uchucha, Cochapampa, Cayapaque
2	110°	3°	Amashca, Tingua, Sancayhan, puma Ranra, Tishtec, Carap, Huaishcana, Punya, Ishqui, Pampac, Tranca, Toma, Ampu, Auquipampa, Yanamarca, Carhuaz, Obraje, Chuchean, Llaullap, Maya, Pampac Hico, Tablahuain, Paques, Pampac Grande
3	75°	5°	Cascapara, Primorpampa, Bellavista, Anta, Ataquero, Carhuac, Tinco, Rantar, Saucipuquia, Primorpampa, Chupa Uran, Shupluy, Cascapara, huaracpampa, Mita, Sharepunta, Llactus, Yanoc, Campa Mancos, Huayapon, Garay, Tranca
4	45°	3.5°	Ranrahirca, Matacoto, Ayaurah, Cochco Nam, Pariacoica, Chuquibamba, piquip, Pampac, Yungay, Tullpa, Cahcapampa, Pynan, Huarichuy Masac, Erapara, Arhuay, Huambo Musho, Qeshque, Yanamho, Acobamba, Ruoto
5	335°	5°	Atna, Coptac, Llanca, Shillop, Encayoc, Musha, Tumpa, Shocosh, Tayancapunta, Smillcop, Malpaso, Carshbamba, Tucuran, Marap, Shuyop, Rayar, Mashra, Shuyop, Maran, Cayepampa, Ircapampa, Saviapampa, Run, Pase Uran

### c) Cobertura de la red de acceso

Para calcular la cobertura de nuestra red de acceso, primero se citarán las localidades que tienen línea de vista con los nodos B y sus distancias a los mismos, como se muestra en la tabla 4.7.

TABLA N° 4.7. Localidades con línea de vista

Provincia	Base	Latitud S	Longitud O	Altitud m.s.n.m	Distancia a las BS
Recuay	Querococha	9° 40' 20.3"	77° 29' 11.2"	3426.9	9.66 Km
	Kahuish	9° 39' 32.8"	77° 29' 33.5"	3514.6	11.06 Km
	Pucaraju	9° 38' 53.9"	77° 29' 51.3"	3616.4	12.24 Km
	Alpamayo	9° 41' 13.8"	77° 28' 47.1"	3662.5	8.20 Km
Huaraz	Anta	9° 20' 55.4"	77° 36' 0.0"	2737.1	12.05 Km
	Marcará	9° 19' 28.7"	77° 36' 14.4"	2731	14.75 Km
	Willcahuain	9° 28' 59.7"	77° 30' 41.0"	3410.1	9.67 Km
	Mina Pierina	9° 27' 37.5"	77° 35' 4.9"	4090.7	1.24 Km
Carhuaz	Punya, Matará, Papirca	9° 12' 5.0"	77° 38' 36.0"	3361.9	660 m
	Atoc, Huain	9° 13' 16"	77° 35' 54"	3535.1	5.45 Km
	Amashca	9° 14' 13.1"	77° 38' 47.1"	2884.4	3.36 Km
	Pishap	9° 12' 49.7"	77° 38' 15"	3154.7	1.20 Km

Luego, en la figura 4.4. Se muestra la ubicación de los Nodos B y su deseada cobertura según las zonas deseadas a cubrir.

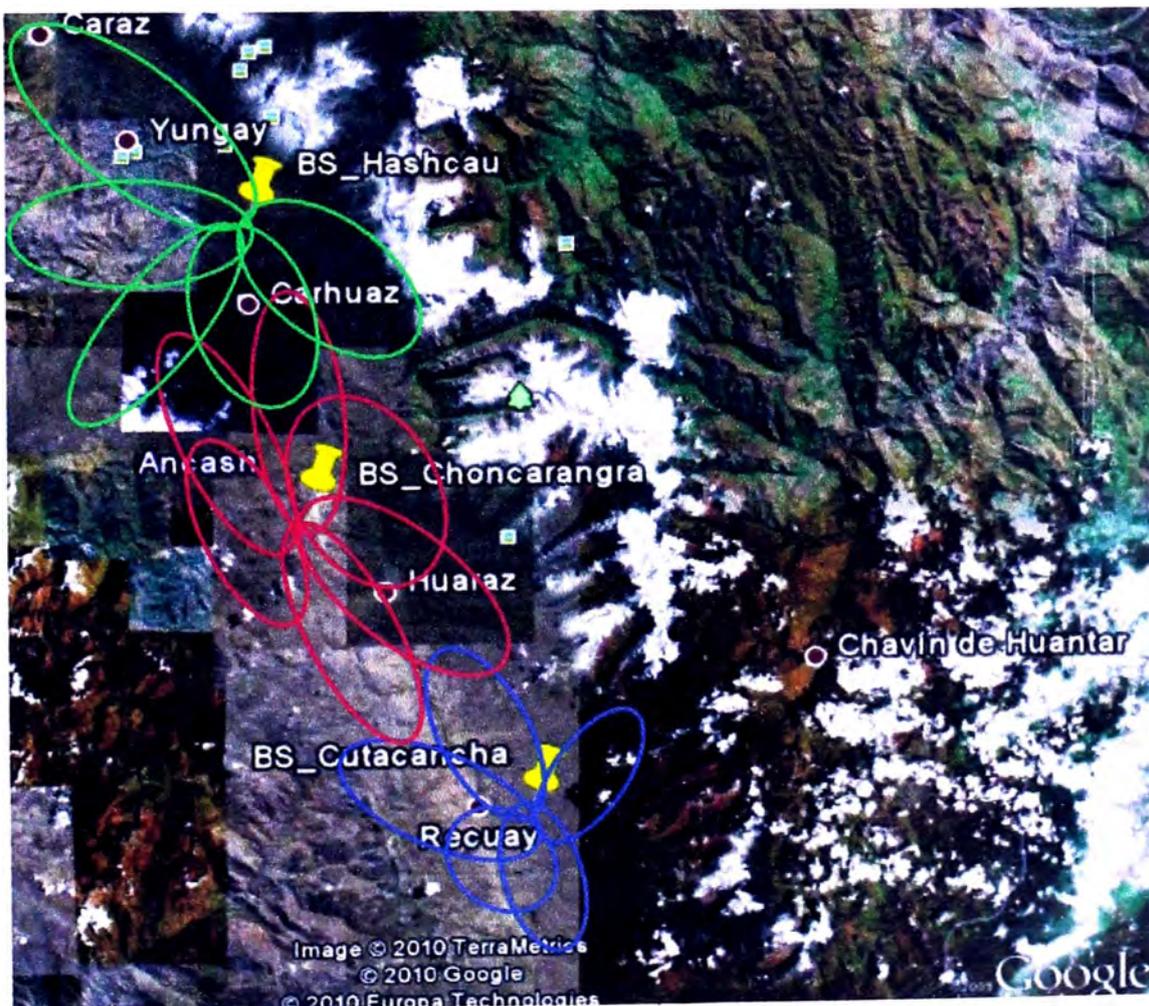


Fig. 4.4. Cobertura de los Nodos B  
Fuente: Elaboración propia

En los sistemas de UMTS se tiene la limitación del radio celular por propagación debido a que se encuentra altamente interrelacionada con la limitación por tráfico de usuario. Esto se debe a que el sistema de WCDMA se encuentra limitado por interferencia, soft blocking, es decir, la interferencia total depende del número de usuarios activos en la célula, esto está relacionado con el concepto de “respiro de la celda” para CDMA.

Por otro lado, el sistema UMTS se define como multi-servicio, entonces el radio celular debe ser calculado teniendo en cuenta la tasa de transmisión (Kbps) [38]; estos datos se muestran en la tabla 4.8.

TABLA N° 4.8. Niveles de sensibilidad del Nodo B según el servicio ofrecido.

Fuente: Documentación interna América Móviles del Perú – Huawei

Servicio	Nivel de Sensibilidad
Voz AMR 12.2kbps	-126.2 dBm
Video llamada 64kbps	-121 dBm
Datos a 144kbps	-120 dBm
Datos a 348kbps	-115 dBm

En la tabla 4.8 se muestran los servicios que tomaremos en cuenta y también los valores de sensibilidad mínimos necesarios en el Nodo B para dichos servicios, con lo cual podemos deducir que la voz es el servicio que llegará más lejos para ser atendido, lo mismo no ocurre con la video-llamada o los datos que se limitan a la cercanía del *site*.

Mientras en la tabla 4.9 se muestran los parámetros de los sites y las máximas distancias a cubrir según la sectorización elegida.

TABLA N° 4.9. Parámetros de los sites

Nombre del Sitio	Sector	Altura de Torre (m)	Máxima distancia a cubrir (Km)	Altura de Edificios (m)
Recuay	1	30	9.2	10
	2		11.2	10
	3		13.8	5
	4		16.7	5
	5		16.5	3
Huaraz	1	30	15.7	15
	2		16.5	15
	3		16.7	10
	4		16.7	5
	5		15.0	5
	6		14.3	5
Carhuaz	1	30	16.0	10
	2		15.6	10
	3		10.11	5
	4		19.5	3
	5		16.7	3

En este siguiente ítem, se calculará la cobertura de cada sector y los rangos de sensibilidad y potencia de recepción tanto del *uplink* como del *downlink* para los sectores que no tienen línea de vista. Estos valores se muestran en la tabla 4.10.

TABLA N° 4.10. Potencia de Recepción con TMA

Nombre del Sitio	Sector	P <sub>Rx</sub> UL	P <sub>Rx</sub> DL
Recuay	1	-103.24	-95.49
	2	-104.31	-95.42
	3	-74.00	-66.47
	4	-82.84	-75.65
	5	-82.24	-78.26
Huaraz	1	-100.25	-95.14
	2	-101.24	-96.18
	3	-92.5	-78.34
	4	-93.16	-79.26
	5	-84.13	-81.02
	6	-80.06	-75.08
Carhuaz	1	-85.27	-79.68
	2	-83.35	-77.08
	3	-86.34	-81.08
	4	-100.5	-95.5
	5	-103.31	-97.64

En sistemas como WCDMA, para distinguir a los usuarios y los sectores de una misma celda se utilizan los códigos OVSF y los *Scrambling codes*, respectivamente [35].

TABLA N° 4.11. Potencia de Recepción con TMA

Parámetro	Cercano al site Hasta 2 Km	Lejano al site Hasta 10 Km	Muy Lejano al site entre 15 - 20 Km
Potencia de Piloto (Portadora)	-60 a -80dBm	-80 a -95dBm	-95 a -110dBm
Ec / Io	Hasta -2dB	-2 a -5dB	-8 a -11dB
Ec / Io por Servicios: Voz			7.2
Video-llamada 64Kbps:		3.8	
Datos a 144Kbps	2.8		
Datos a 384Kbps	3.2		

#### 4.2.2 Red de transporte

Para elaborar el diseño de la red de transporte, se pasará a evaluar las distintas opciones que existen. Dentro de ellas, están:

Enlaces de microondas.- Opción muy utilizada cuando no se dispone de un medio físico para interconectar las estaciones base. Sin embargo, es necesario elegir la banda en la que se va a realizar el enlace y asegurar una correcta línea de vista.

Enlace de fibra óptica.- Si se dispone de una fibra óptica tendida en el lugar donde van a estar ubicadas las estaciones base, este medio físico es el mejor, ya que tenemos grandes capacidades disponibles a costos reducidos.

Para nuestro diseño se ha elegido como primera opción el diseño de enlaces de microondas como método de transmisión entre las estaciones base (BS) y el Núcleo Central (RNC). Cada uno de estos enlaces de microondas estará direccionado hacia la torre principal, en donde se direccionará todo el tráfico de voz y datos utilizando fibra óptica hacia el núcleo de la red.

Además, se ha pensado en una configuración de 1+1 para asegurar el radio enlace con un backup en paralelo, pues nuestra red al ser de tercera generación debe de tener confiabilidad y disponibilidad no sólo en el acceso sino también en el transporte, para que este no sea un cuello de botella al no contar con un adecuado dimensionamiento.

Debido, a las grandes distancias que recorrerá la red de transporte de 15 – 25 Km, se ha elegido la banda licenciada de 6 GHZ [34]; por la que se tendrá que pagar el canon radioeléctrico para evitar interferencias en dicho enlace. Este enlace transportará toda la información de los usuarios hacia el NOC quién se encargará de enrutarlo, de ser necesario, a redes externas.

La estación base principal se encuentra en la provincia de Huaraz ubicada a  $9^{\circ} 34'20.7''$  de latitud sur y a  $77^{\circ} 34'28.9''$  de longitud oeste. A ésta se conectarán las demás estaciones bases utilizando enlaces microondas punto a punto para lo cual es necesario realizar el cálculo de la atenuación en el espacio libre según lo indica las ecuaciones 4.11 y 4.12. Luego el diseño de la red de transporte se observa en la figura 4.5.

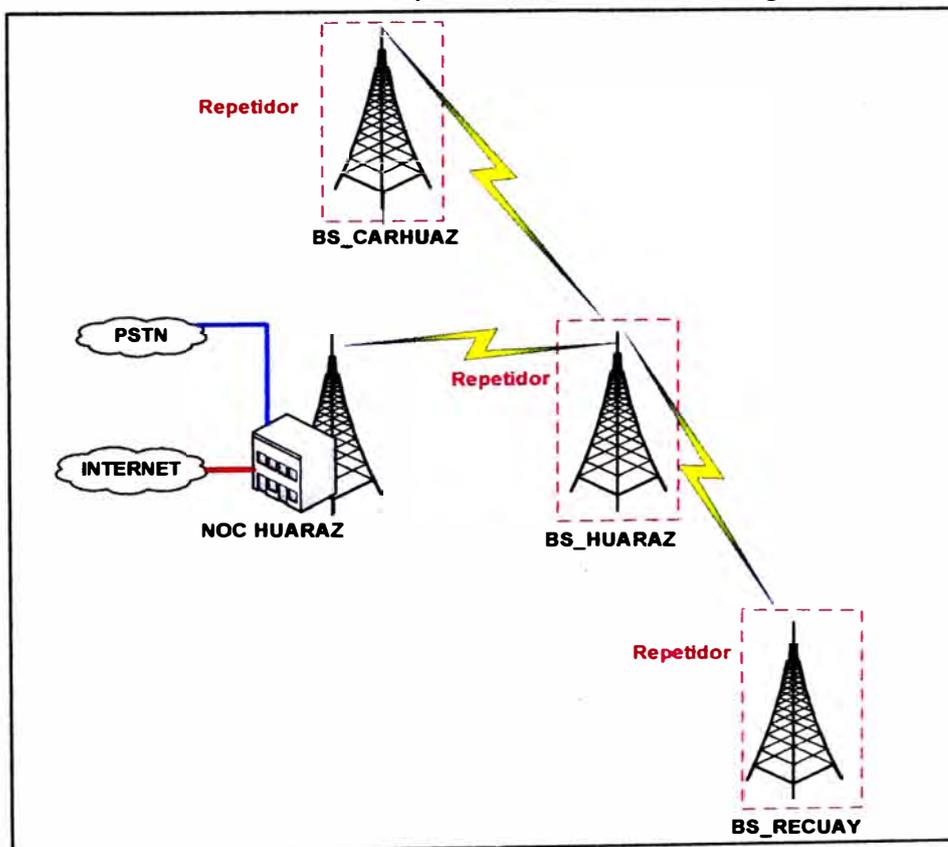


Fig. 4.5. Diseño de la red de Transporte  
Fuente: Elaboración propia

Luego, se explican los cálculos de propagación de la siguiente forma:

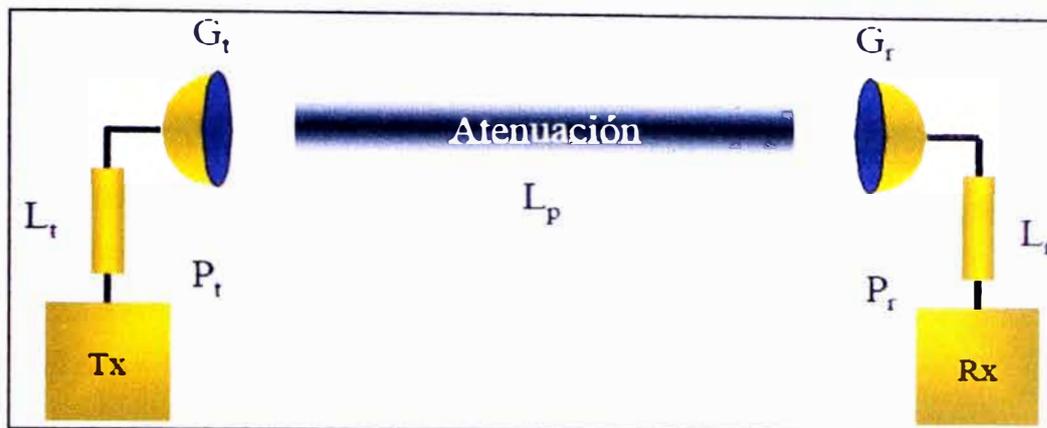


Fig.4.6. Cálculo de las pérdidas en el espacio libre  
Fuente: Diseño del enlace [30]

Conociendo la frecuencia de operación (GHZ) y la distancia entre el transmisor y el receptor (Km) se puede calcular la pérdida en el espacio libre [30] mediante la siguiente fórmula:

$$L_0 = 92.45 + 20 \log(f) + 20 \log(d) \quad \dots (4.16)$$

Una vez realizado este cálculo procedemos a calcular la potencia de recepción aplicando la siguiente fórmula.

$$P_{RX}(\text{dBm}) = P_{TX} + G_{TX} + G_{RX} - L_0 - L_{TX} - L_{RX} \quad \dots (4.17)$$

Se considera un enlace satisfactorio cuando la sensibilidad del receptor es menor a esta potencia calculada. Notar que las pérdidas por cables y conectores ( $L_0$ ) pueden llegar a ser considerables si es que la radio y la antena transmisora se encuentran muy separadas.

Otra de las consideraciones a tener en cuenta para una enlace punto a punto son las zonas de Fresnel [30]. La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) propone que un enlace punto a punto se puede realizar satisfactoriamente si se alcanza una visibilidad mínima equivalente al 60% de la primera zona de Fresnel.

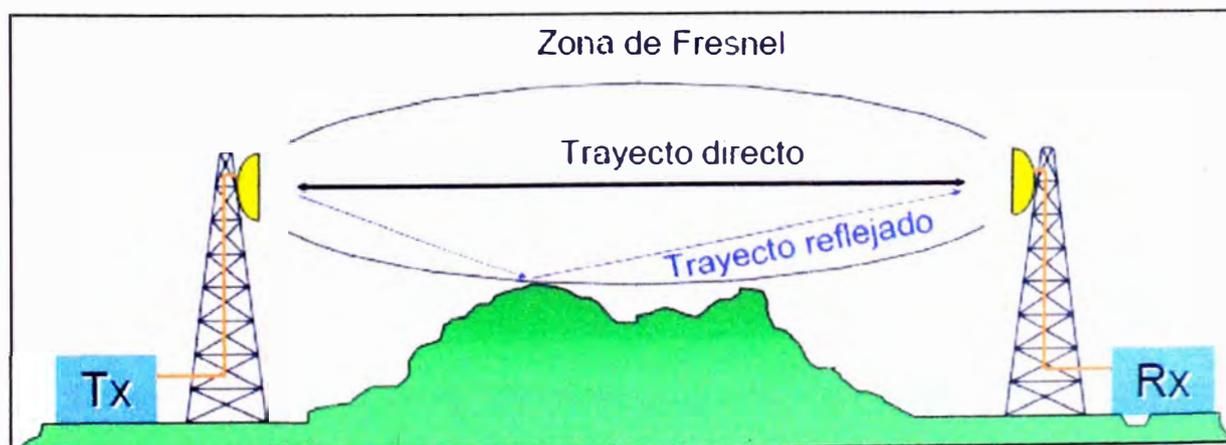


Fig. 4.7. Zona de Fresnel

Para determinar la factibilidad de los enlaces microondas en el presente proyecto se ha calculado teóricamente y luego se ha utilizado la herramienta Radio Mobile, para modelar cada uno de los enlaces, la cual puede ser descargada gratuitamente de la página web.

<http://www.cplus.org/rmw/english1.html>

Los datos que deberán ser introducidos en la herramienta son los siguientes:

- ✓ La potencia de transmisión.
- ✓ La ganancia de la antena transmisora.
- ✓ La pérdida en los cables y conectores.
- ✓ La pérdida en el espacio libre.
- ✓ La ganancia de la antena receptora.
- ✓ La sensibilidad del receptor.
- ✓ La distancia entre el transmisor y receptor.
- ✓ La frecuencia de operación.

De acuerdo a los parámetros citados, se ha elaborado una tabla con los parámetros seleccionados que tendrán como mínimo nuestros equipos de microondas para la red de transporte, según la tabla 4.12.

TABLA Nº 4.12. Especificaciones de los equipos de microondas

<b>Especificaciones</b>	
Rango de Frecuencia	5.925 – 6.425 GHZ
Potencia Tx (dBm)	23 dBm
Sensibilidad	-85dBm
Diámetro de la antena	3 m.
Ganancia de la antena	42dBi
Modulación	QPSK/16QAM
Potencia de consumo (1+1)	70 Watts

#### a) Cálculo de la propagación de la red de transporte

En este ítem se muestran los cálculos de propagación de la red de transporte, aplicando cálculos matemáticos así como elaborando el perfil del trayecto de cada enlace de microondas (Ver Anexo E).

De igual manera se calculó el mismo perfil a través del software especializado y gratuito Radio Mobile. En la Figura 4.8 se muestra la topología de red usando el software mencionado.

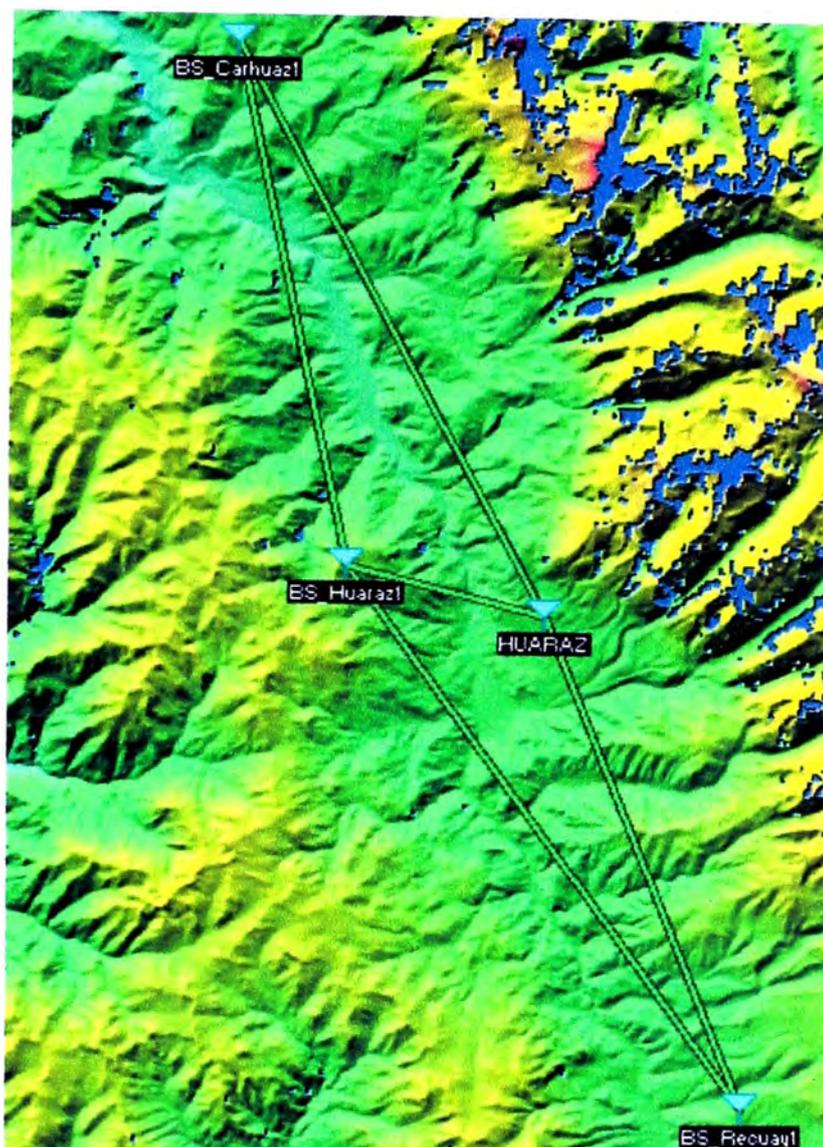


Fig. 4.8. Red de transporte

*Estación Huaraz-Recuay.*- Según los datos indicados en la tabla 4.12 y sabiendo que la BS\_Cutacancha se encuentra ubicada en  $9^{\circ} 43' 12''$  S y  $77^{\circ} 24' 46''$  O; se podrá calcular la recepción del enlace a través de la ecuación x citada anteriormente.

De las ecuaciones tenemos,

$$L_0 = 92.45 + 20 \log(f) + 20 \log(d)$$

Y reemplazando los datos  $f = 6$  y  $d = 35$  Km, realizamos el cálculo respectivo obteniendo lo siguiente:

$$L_0 = 92.45 + 20 \log(6) + 20 \log(35) = 138.89 \text{ dBm}$$

Luego, reemplazando el dato obtenido en la ecuación 4.5 en la ecuación 4.2 tenemos:

$$P_{RX}(\text{dBm}) = 23 - 1.5 + 30 - 1.5 + 30 - 138.89 = -58.89 \text{ dBm}$$

Obteniendo un buen nivel de recepción. Luego, usando el software Radio Mobile se tienen los siguientes resultados:

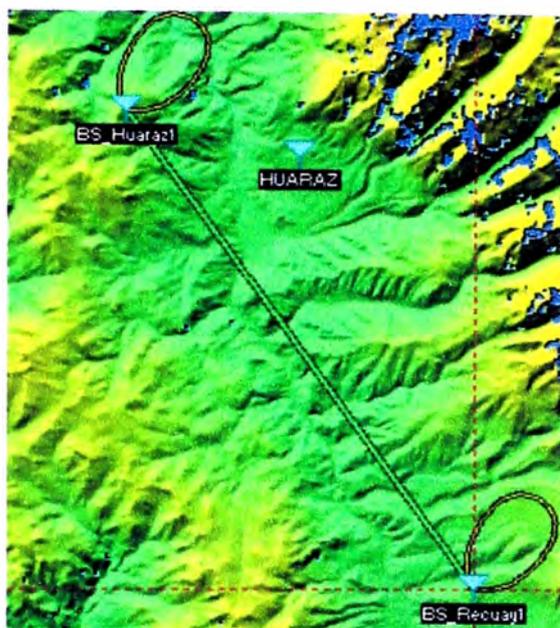


Fig. 4.9. Vista Punto a Punto de la BS\_Choncaranegra y la BS\_Cutacancha

Debido a las zonas ubicadas se ha considerado para asegurar una línea de vista, las alturas de las torres de 25 metros a 30 metros, dependiendo de la zona. Además por ser zonas rurales, no hay edificios que puedan interferir con la línea de vista. Luego el cálculo del enlace y la zona de Fresnel se muestran en las figuras 4.10 y 4.11 respectivamente

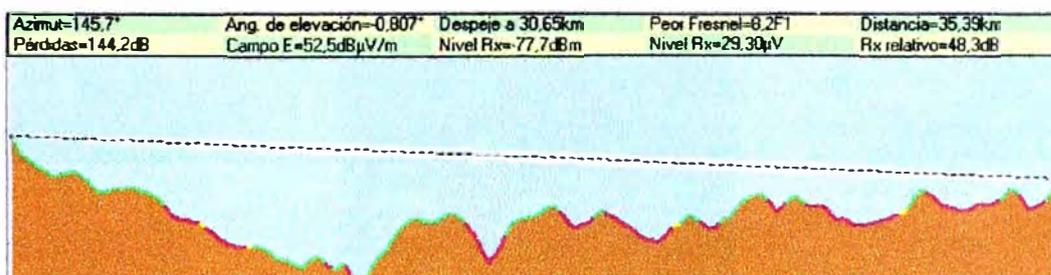


Fig.4.10.- Enlace de Radio BS\_Choncaranegra y BS\_Cutacancha

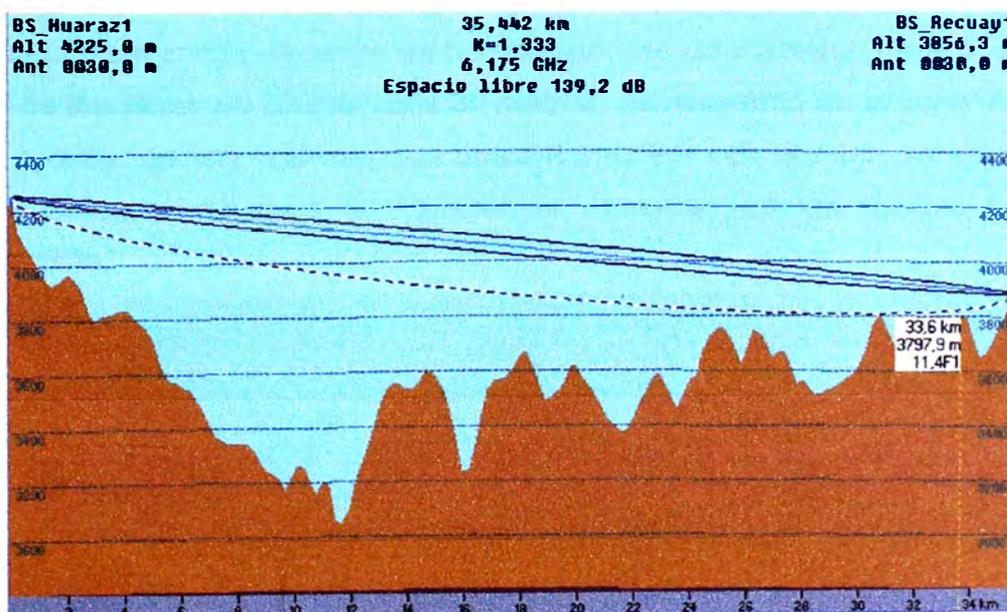


Fig. 4.11.- Perfil del Trayecto Zona de Fresnel BS\_Choncaranegra y BS\_Cutacancha

**Estación Huaraz-Carhuaz.-** Según los datos indicados en la tabla 4.12 y sabiendo que la BS\_Hashcau se encuentra ubicada en  $9^{\circ} 12' 24.3''$  y  $77^{\circ} 38' 45''$  O; se podrá calcular la recepción del enlace a través de la ecuación x citada anteriormente.

Reemplazando los datos  $f = 6$  y  $d = 28.6$  Km, realizamos el cálculo respectivo obteniendo lo siguiente:

$$L_0 = 92.45 + 20 \log(6) + 20 \log(28.6) = 137.14 \text{ dBm}$$

Luego, reemplazando el dato obtenido en la ecuación 4.5 en la ecuación 4.2 tenemos:

$$P_{RX}(\text{dBm}) = 23 - 1.5 + 30 - 1.5 + 30 - 137.14 = -57.14 \text{ dBm}$$

Obteniendo un buen nivel de recepción. Luego, usando el software Radio Mobile se tienen los siguientes resultados mostrados en la Fig. 4.12.

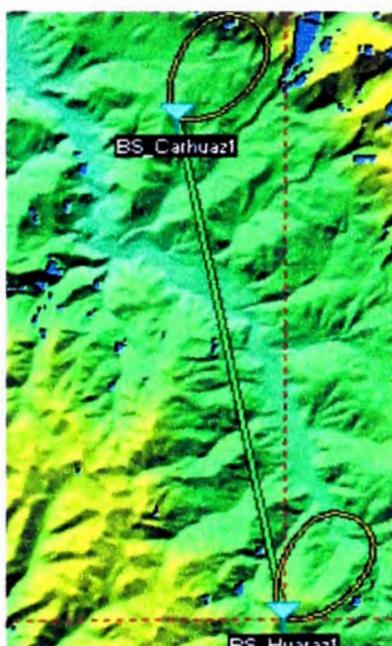


Fig. 4.12. Vista Punto a Punto de la BS\_Choncarangra y la BS\_Cutacancha

Debido a las zonas ubicadas se ha considerado para asegurar una línea de vista, las alturas de las torres de 25 metros a 30 metros, dependiendo de la zona. Además por ser zonas rurales, no hay edificios que puedan interferir con la línea de vista. Luego el cálculo del enlace y la zona de Fresnel se muestran en las figuras 4.13 y 4.14 respectivamente.

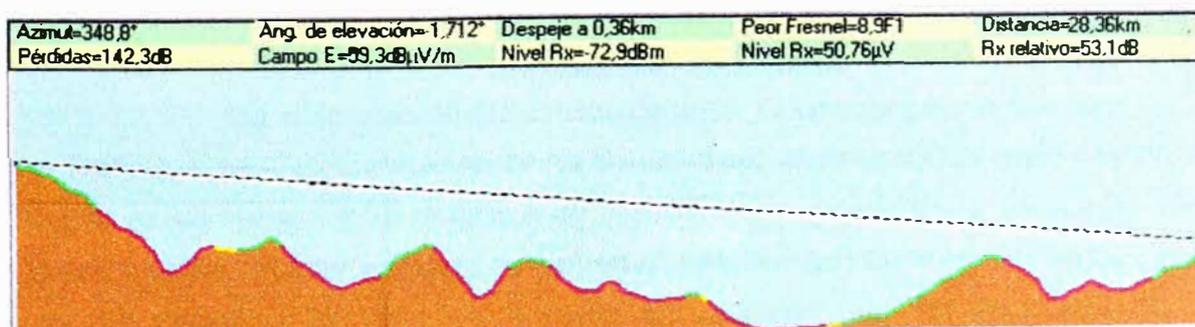


Fig. 4.13. Enlace de Radio BS\_Choncarangra y BS\_Hashcau

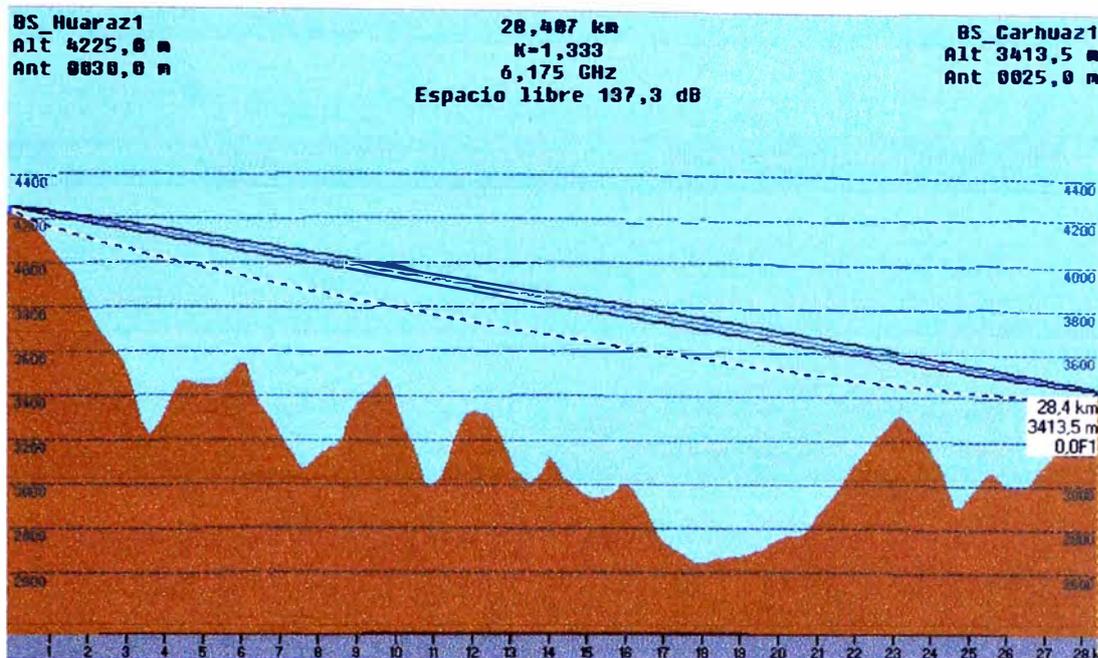


Figura 4.14. Perfil del Trayecto – Zona de Fresnel BS\_Choncarangra y BS\_Hashcau

Estación Carhuaz-Huaraz.-Según los datos indicados en la tabla 4.12 y sabiendo que la estación Huaraz se encuentra ubicada en  $9^{\circ} 28' 58.8''$  y  $77^{\circ} 30' 26.5''$  O; se podrá calcular la recepción del enlace a través de la ecuación x citada anteriormente. Este enlace punto a punto nos comunica con la Estación Central ubicada en la ciudad de Huaraz.

Reemplazando los datos  $f = 6$  y  $d = 10.3$  Km, realizamos el cálculo respectivo obteniendo lo siguiente:

$$L_0 = 92.45 + 20 \log(6) + 20 \log(10.3) = 128.27 \text{ dBm}$$

Luego, reemplazando el dato obtenido en la ecuación 4.5 en la ecuación 4.2 tenemos:

$$P_{RX}(\text{dBm}) = 23 - 1.5 + 30 - 1.5 + 30 - 128.27 = -48.27 \text{ dBm}$$

Obteniendo un buen nivel de recepción. Luego, usando el software Radio Mobile se tienen los siguientes resultados en la figura 4.15.

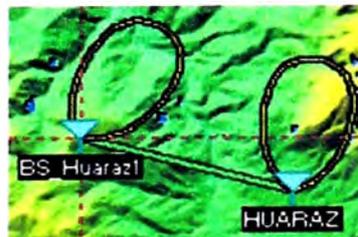


Fig. 4.15. Vista Punto a Punto de la BS\_Choncarangra y la Huaraz

Debido a las zonas ubicadas se ha considerado para asegurar una línea de vista, las alturas de las torres de 25 metros a 30 metros, dependiendo de la zona. Además por ser zonas rurales, no hay edificios que puedan interferir con la línea de vista. Luego el cálculo del enlace y la zona de Fresnel se muestran en las figuras 4.16y 4.17 respectivamente.

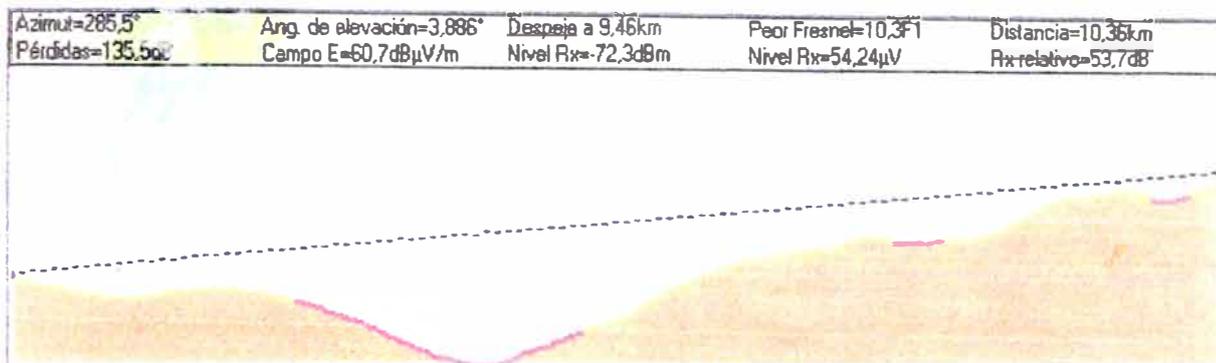


Fig. 4.16. Enlace de Radio BS\_Hashcau y Huaraz

<b>HUARAZ</b>	<b>10,372 km</b>	<b>BS_Huaraz1</b>
Alt 3514,5 m	K=1,333	Alt 4225,0 m
Ant 0030,0 m	6,175 GHz	Ant 0030,0 m
	<b>Espacio libre 120,5 dB</b>	

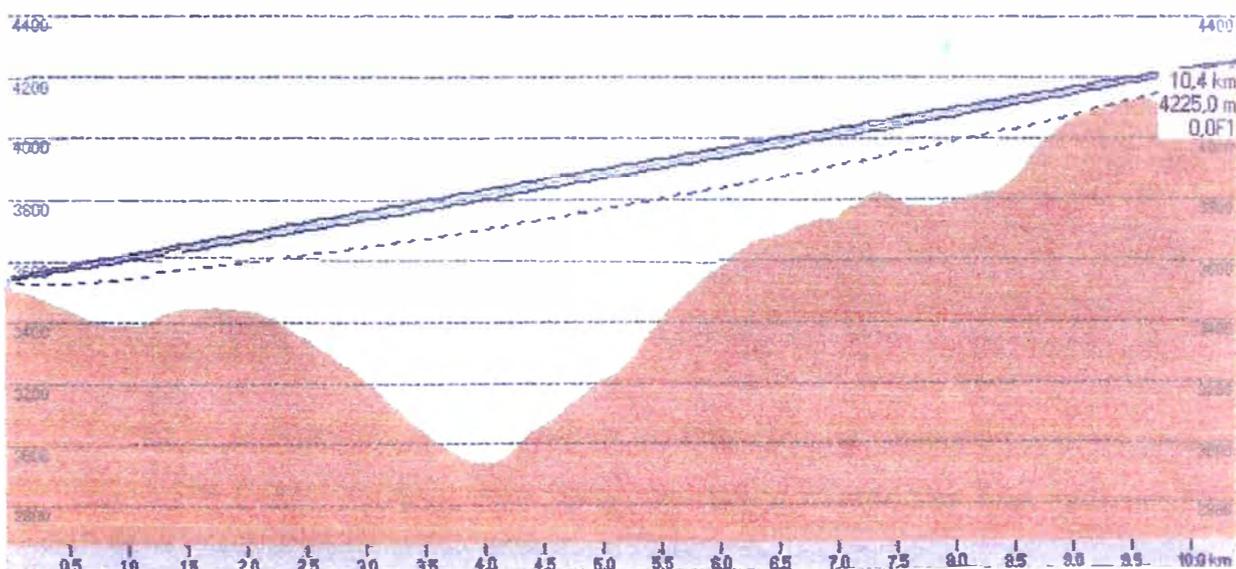


Fig. 4.17. Perfil del Trayecto – Zona de Fresnel BS\_Hashcau y Huaraz

### 4.3 Especificaciones técnicas del equipamiento

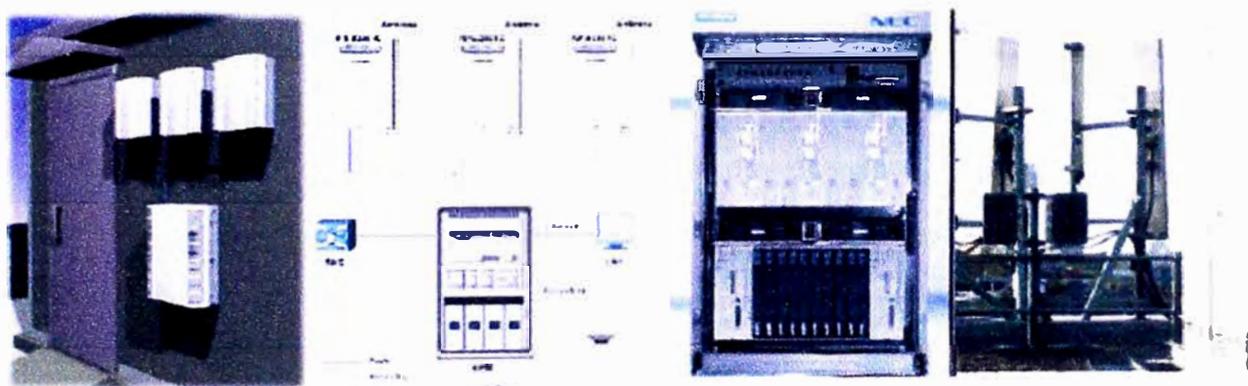
Luego de proponer el diseño de la red de acceso así como de la red de transporte en el capítulo anterior, se pasará a seleccionar el equipamiento necesario que se utilizará para la red de tercera generación propuesta, según los productos que ofrece el mercado y según las especificaciones técnicas escogidas.

#### 4.3.1 Equipamiento para la red de Acceso

La siguiente tabla 4.13 nos muestra las principales especificaciones técnicas para las estaciones bases de los fabricantes LUCENT TECHNOLOGIES, HUAWEI [37], SIEMENS Y NEC, líderes en el mercado de las Telecomunicaciones para la tecnología a utilizarse, WCDMA. Para mayor información ver Anexo F.

TABLA Nº 4.13. Especificaciones técnicas – Estaciones Base  
Fuente: Hoja técnica de los Fabricantes

MARCA	LUCENT TECHNOLOGIES	HUAWEI	NOKIA/SIEMENS
Modelo del Producto	BTS 2430	DBS3800	RBS 3018
Solución Outdoor	SI	SI	SI
Frecuencia (MHz)	850/1900	850/900/1900	850/900
Potencia	40W	40W	30/60W
Voltaje de Consumo	+ 24V	-48V	-48V
Interfaz de transporte	E1/T1, E3/T3	E1/T1, E3/T3, STM-1	E1, E3
Sectores	3 Sectores	6 Sectores	6 Sectores
Mínima Potencia de Rx	-121.5dBm	-126.2dBm	-120dBm



Como se puede ver en la tabla 4.13, se optaron por proponer los fabricantes más reconocidos del mercado los cuales tiene pequeñas diferencias que influyeron en la decisión para la elección del equipamiento a utilizarse.

Una de las características más relevantes es la utilización de la frecuencia de trabajo, por lo cual al inicio del capítulo se trato el porqué de la elección de la banda de 900MHz. Es así que los productos que trabajan en dicha frecuencia son DBS 3800 de Huawei y Nokia Flexi WCDMA, serían los más adecuados para implementarse en nuestra red.

Además analizando la tabla anterior, se puede apreciar que todos los productos tienen parámetros similares como la potencia de portadora (40W), el voltaje de entrada puede ser DC o AC y la sectorización aunque este último parámetro dependerá de los objetivos de cobertura definidos durante la planificación de la red. Por otra parte, la sensibilidad del equipo es un punto esencial pues este determina el rango de cobertura del nodo B, mientras más sensible sea mayor alcance tendrá.

El DBS 3880 [36] de Huawei puede captar una señal de hasta  $-126.2$  dBm, entre los equipos propuestos es el de mayor sensibilidad.

Otro de los puntos importantes a tomar en cuenta son las interfaces de transporte por donde se conectara el nodo B hacia RNC y viceversa. Esta interfaz debe ser modular o de lo contrario tendrá que soportar una evolución de tráfico creciente que caracteriza a toda red celular, puede empezar con 1 E1 o 1 T1 pero luego debe ser capaz de crecer hasta STM-1 que es equivalente a 64 E1, por dos motivos: el primero para que el transporte no sea un cuello de botella pues aunque la red de acceso este debidamente dimensionada si el transporte no es el adecuado esto generaría un problema; el segundo motivo es por el transporte de E1 hacia las zonas rurales de ser el caso se necesitará llegar a un punto específico con bastante capacidad para que luego se pueda ramificar y compartir esa capacidad total en otros nodo B.

Es por lo indicado en líneas arriba que los equipos de Nokia y Huawei son los más indicados para la proyección de la capacidad de la red.

Por lo expuesto en este parte se considerará la utilización del DBS 3800 de Huawei, por que cumple con los parámetros establecidos durante la planificación y diseño de la red.

#### 4.3.2 Equipamiento para la red de Transporte

La tabla 4.14 nos muestra las principales especificaciones técnicas para el enlace de microondas de la red de transporte de los fabricantes LUCENT TECHNOLOGIES, HUAWEI, SIEMENS Y NEC, líderes en el mercado de las Telecomunicaciones y en los enlaces de microondas. Posteriormente, en la tabla 4.15 se muestra las especificaciones técnicas de las antenas de los fabricantes ANDREW [37] e HYPERLINK.

TABLA N° 4.14. Especificaciones técnicas –Estaciones Base  
Fuente: Hoja técnica de los Fabricantes

Especificaciones	LUCENT TECHNOLOGIES	HUAWEI	SIEMENS
Frecuencia	5.945-6.425	5.945-6.425	5.945-6.425
BW del canal	40MHZ	40MHZ	50MHZ
Duplexaje	128/64 QAM	128/64 QAM	128/64 QAM
Potencia Tx	24 dBm	24 dBm	25 dBm
Sensibilidad Rx	-72.5 dBm	-72.5 dBm	-74 dBm

Tabla N° 4.15. Especificaciones técnicas – antenas  
Fuente: Hoja técnica de los Fabricantes<sub>[36]</sub>

Especificaciones	Andrew
Frecuencia	5.725 – 6.425 GHz
Tipo de Antena	Parabólica
Beamwidth	1.3°H, 1.3°V
Ganancia	42.9 dBi
VSWR	1.06

#### **4.4 Características técnicas de la infraestructura del proyecto**

En el presente punto se desarrollarán brevemente los subsistemas de protección y energía que se tendrán en consideración para nuestra red de acceso, además de indicarse el tipo de torres que se emplearan para las BTS del proyecto.

##### **4.4.1 Subsistema de protección**

Este subsistema de protección consta de:

###### **a) Puesta a tierra**

El propósito del sistema de puesta a tierra [31] es la protección del personal operativo, autorizado o no autorizado y a la protección de los equipos de Telecomunicaciones y de informática de posibles descargas eléctricas y perturbaciones. Asimismo mantener un equilibrio equipotencial entre la puesta a tierra de los equipos de Telecomunicaciones e informáticos y la puesta a tierra del sistema de pararrayos. Los sistemas de puesta a tierra tendrán que tener una resistencia menor de  $5\Omega$ .

Para todos los pozos a tierra a instalarse en las localidades vamos a usar el pozo a tierra horizontal donde es indispensable que los electrodos de cobre estén colocados dentro de zanja horizontales.

El pozo a tierra a diseñar será un pozo horizontal con cemento conductor debido a que cuenta con muchos beneficios como la facilidad de instalación y además superan significativamente su costo en referencia a las puestas de tierra con sales o dosis electrolíticas.

Algunas características del pozo a tierra con cemento conductor son las siguientes:

- ✓ Pozo horizontal, con resistividad estable y libre de mantenimiento de por vida.
- ✓ Tecnología Ecológica de última generación (No iónico, No radioactivo).
- ✓ Especial para áreas tropicales, frías y lluviosas con altos niveles de corrosión y humedad
- ✓ Funciona con total sequedad y/o exceso de humedad (no depende de las condiciones del terreno para funcionar).

Luego, para su diseño es necesario tener en cuenta lo siguiente:

Decidir la resistencia deseada del pozo la cual será menor de  $5\Omega$ , El terreno del escenario tiene la particularidad de ser un terreno cultivable, fértil, compacto y húmedo. Por lo que su resistividad es de  $50\Omega$ .

Para efectos del diseño se realizó el cálculo de la resistencia propia del sistema de puesta a tierra sin ser afectada aún por el cemento conductor, el cual es un agente que ayude a bajar la resistencia del suelo.(Ver fig. 4.18).

$$R_p = \left( \frac{\rho}{2.73 L} \right) \times \left( \text{Log} \left\{ \frac{2L^2}{WD} \right\} \right)$$

<b>D</b> = Profundidad de la cavidad (m)	<b>1.2</b>
<b>W</b> = Ancho de la zanja (m)	<b>0.7</b>
<b>L</b> = Longitud del conductor plano	<b>6</b>
<b>ρ</b> = Resistencia del pozo (Ω)	<b>50</b>
<b>R<sub>p</sub></b> = Resistencia del suelo (Ω x m)	<b>5.9007</b>

Fig. 4.18. "cálculo de la resistencia del suelo sin cemento conductor".

Obteniendo del cálculo una resistividad de 5.9Ω, sin usar aún el cemento conductor, por lo tanto se asegurará una resistividad del suelo igual o menor a 1Ω al emplear el cemento conductor en cada pozo a implementar. Los pasos a seguir para la instalación de una puesta a tierra horizontal son los siguientes:

Excavar una zanja, con las medidas obtenidas del cálculo del diseño de resistividad las cuales son: Profundidad: 1.20m. Ancho: 0.70m. Largo: 6m.

- Emplear el cemento conductor, para cubrir uniformemente las 4 paredes de la zanja.
- Extender el "DAT" o conductor plano de 6 metros de longitud en el eje central de la zanja, y de un extremo doblar en L con una curva suave para ascender a la caja de registro.
- Emplear el cemento conductor para cubrir el "DAT" y el fondo de la zanja. El "DAT" ascendente cubrir con una capa delgada de cemento conductor, excepto la parte de la conexión.
- Formar la capa de Tierra compactada de 0.80 m de alto.
- Hacer las mediciones de resistencia eléctrica del terreno circundante.
- Hacer la conexión del cable con el "DAT"

El cable sobrante aterrar a lo largo de la zanja, a una profundidad de 10cm.

- Formar la capa de cascajo de 40cm de alto.

Realizar los trabajos de acabado.

En la figura 4.19 se puede apreciar los pasos mencionados anteriormente



Fig. 4.19. Pozo a tierra de cemento conductor

El equipamiento del sistema de protección de puesta a tierra se puede apreciar en la tabla 4.16.

TABLA N° 4.16. Equipamiento de sistema de puesto a tierra

EQUIPAMIENTO SISTEMA DE PROTECCIÓN – PUESTA DE TIERRA			
ITEM	EQUIPAMIENTO	MARCA	MODELO
1	Caja de Registro	DHFT	Estándar
2	Tierra de Cultivo		
3	Cemento Conductivo, Presentación de bolsas de 12.50 Kgs	C GROUND	C GROUND
4	Disipador de Alta transferencia DAT (Conductor plano de gran superficie)	DAT 3.5	DAT 3.5
5	Kit de Soldadura Exotérmica	CADWELL	PLUS
6	Cable de cobre electrolítico desnudo de 50 mm <sup>2</sup>	INDECO	Multifilar
7	Terminales para cable de acero de 50 mm <sup>2</sup>	TALMA	SM0001
8	Platina de cobre electrolítico 2x15mm	TECNOFIL	SM0001
9	Interruptor termomagnético 260, 220V /10KA (60HZ)	ABB	260
10	Tablero PDB 40x35x15 cm	F ELECTRIC	SM0001

#### b) Pararrayos

El Callejón de Huaylas es propenso a tormentas eléctricas, por tal razón es necesario proponer que la descarga del rayo se descargue en una instalación de puesta a tierra independiente y a la vez este equipotencialmente con la puesta a tierra de los equipos de telecomunicaciones, esta descarga será capturada por un pararrayos [33] tipo Franklin Tetrapuntual de la marca “DHFT”

Este pararrayos tiene un estilo aerodinámico, integrada por 4 puntas y una base cilíndrica. La punta central en contacto directo con el cable de puesta a tierra y las 3 puntas laterales a un centímetro del cable. La base del pararrayos se enrosca en una base aisladora, un mástil ó un poste con adaptador.

- ✓ Conexión: El cable se conecta en U, en 2 vías o ductos paralelos de la base, buen contacto con el cable de puesta a tierra, segura conductividad y perfecto funcionamiento.
- ✓ De material Bronce Cromado y de vida útil de 10 años.
- ✓ NFC17-102 / UNE21.186.
- ✓ Peso: 2.10 Kg. Certificados: Universidad Nacional de Ingeniería
- ✓ Radio de protección del pararrayo tipo Franklin Tetrapuntual de la marca “DHFT” la cual se puede apreciar en la tabla 4.17.

TABLANº 4.17. Altura de Pararrayos

H Altura de Instalacion del Pararrayos											
R Radios de Proteccion en metros											
H	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33
R	6	11	16	21	26	31	36	41	46	52	57

Los pararrayos pueden ser instalados en:

- ✓ Una torre con mástil, tubo de fierro Galvanizado. de 1" x 2.15m.
- ✓ Un poste, en éste caso se usa adaptadores.

Es necesario el uso de los aisladores para el cable que proviene desde el extremo superior de la torre o poste hasta la puesta tierra, el equipamiento del sistema de protección, pararrayo se puede apreciar en tabla 4.18

TABLA Nº 4.18. Equipamiento de sistema de pararrayos

EQUIPAMIENTO SISTEMA DE PROTECCIÓN - PARARRAYO			
ITEM	EQUIPAMIENTO	MARCA	MODELO
1	Caja de Registro	DHFT	Estándar
2	Tierra de Cultivo		
3	Cemento Conductivo, Presentación de bolsas de 12.50 Kgs	C GROUND	C GROUND
4	Disipador de Alta transferencia DAT (Conductor plano de gran superficie)	DAT 3.5	DAT 3.5
5	Kit de Soldadura Exotérmica	CADWELL	PLUS
6	Cable de cobre electrolítico desnudo de 50 mm <sup>2</sup>	INDECO	Multifilar
7	Terminales para cable de acero de 50 mm <sup>2</sup>	TALMA	SM0001
8	Platina de cobre electrolítico 2x15mm	TECNOFIL	SM0001
9	Interruptor termomagnético 260, 220V /10KA (60HZ)	ABB	260
10	Tablero PDB 40x35x15 cm	F ELECTRIC	SM0001

#### 4.4.2 Subsistema de respaldo de energía

El rol principal de este subsistema es proveer de energía a distintos equipos de Telecomunicaciones adaptándose a sus requerimientos. Adicionalmente, proveen de un resguardo de energía con la utilización de un banco de baterías con lo cual se brinda autonomía suficiente para que los equipos trabajen normalmente en caso de un inusual corte de la energía contratada.

Las estaciones base están conformadas por una unidad en banda base y las unidades de radio remota. Estos equipos al igual que los radios utilizados para los enlaces microondas trabajan a -48 V DC. Gracias a los rectificadores es que podemos convertir 220 V AC (energía comercial contratada) a - 48 V DC.

Adicionalmente se instalarán interruptores termomagnéticos (Breakers) dependiendo del Amperaje que requieran los equipos. Esto nos ayudará a proteger a nuestros valiosos equipos contra posibles sobrecargas y corto circuitos [32].

La figura 4.19 nos muestra el esquema básico de un rectificador con resguardo de energía.

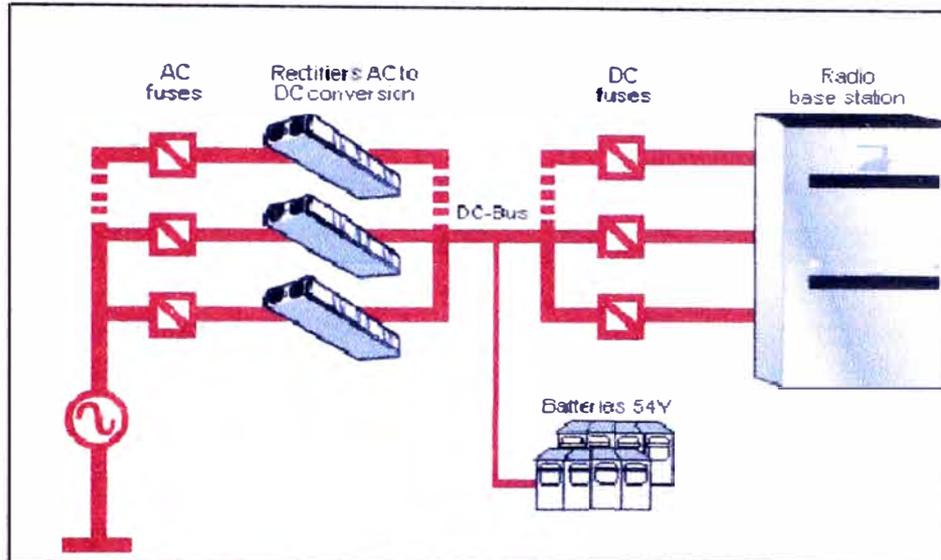


Fig. 4.19. Subsistema de energía típico

Fuente: Rectificadores Eltek

Debido a que las estaciones base se encuentran alejadas de la ciudad y en los cerros de las provincias, la energía eléctrica no es factible en esas zonas, por lo tanto se ha contemplado generar energía para poder alimentar la carga de los equipos de radioenlace. El equipamiento del sistema de respaldo de energía consta de:

#### a) Paneles Solares

El panel [32] elegido es la marca "Shell", modelo SQ85 contiene 36 células solares de silicio monocristalino "PowerMax" de 125 x 125mm conectados en serie, adicionalmente, este panel gracias a su tecnología "Shell PowerMax" Ultra 85-P tiene las siguientes características Potencia pico (85Wp), Voltaje para máxima potencia (Superior a 17.2V), Voltaje de configuración del módulo 12V, tiempo de vida estimado superior a 20 años. Cajas herméticas de conexión, cables de conexión y elementos de fijación. El panel solar "Shell PowerMax Ultra 85-P" cumple los siguientes requisitos:

- ✓ IEC61215
- ✓ UL - Lista 1703
- ✓ Aprobación FM
- ✓ Aislamiento TUV Clase II

## **b) Banco de Baterías**

Las baterías elegidas son de la marca "Sonnenschein Solar", modelo S12/85A, acumulador de 12 V /150 AH, calculado a un régimen de descarga de 100h (C100) a un voltaje de final de 1.80 VPC o superior, con un mínimo de 5,000 ciclos para una profundidad de descarga entre el 20 % y 25 %.

Además de ser baterías selladas libre de mantenimiento y con el electrolito de tipo gelificado, el recipiente es de plástico endurecido, de alto grado de resistencia mecánica y cuenta con una válvula de seguridad que permita la salida de gases cuando por alguna circunstancia excepcional, la presión interna se hace crítica.

## **c) Unidad de control (Controlador De Carga)**

- ✓ De estado sólido.
- ✓ Tensión nominal 12/24 VDC.
- ✓ Capacidad 30/30 A lado solar / lado carga respectivamente.
- ✓ Temperatura de operación -5° C a + 50 ° C.
- ✓ Protección contra cortocircuitos en cualquiera de sus conexiones.
- ✓ Control de carga de baterías.
- ✓ Control de ruido.
- ✓ Caídas de tensión muy pequeñas.
- ✓ Desconexión por baja tensión (LVD Low Voltage Disconnect) con compensación de corriente
- ✓ Indicación de status y fallas de batería a través de LED.
- ✓ Capaz de soportar sobrecargas hasta del 25%
- ✓ Protección contra inversión de polaridad.
- ✓ Posibilidad de trabajo sin baterías conectadas.
- ✓ Cortocircuito paneles solares y carga.
- ✓ Sobrecarga para paneles solares y carga
- ✓ Corriente invertida por la noche
- ✓ Desconexión por alta tensión
- ✓ Desconexión por alta temperatura
- ✓ Cargas protegidas contra picos de tensión
- ✓ Restablecimiento automático de todas las protecciones

## **d) Estructura de los paneles**

La función de las estructuras es la de sujetar los paneles solares, orientar hacia la dirección donde se oculta el sol, esto permite que los rayos del sol choquen sobre los

paneles solares la mayor parte del día, y se obtenga así la mayor generación de energía del panel solar.

Por lo cual se usara un soporte estándar para albergar la cantidad necesaria de paneles de 85 Wp tipo "H" de base y con perfiles angulares con tubo galvanizado en caliente de 3"Ø x 2 m, con bridas en los extremos además incluye un sistema antirrobo para los paneles solares. La estructura para los paneles solares se puede apreciar en el anexo G.

El gabinete metálico será fabricado con planchas de fierro de 1/16" tipo exterior (hermético) preparado para ser adosado o instalado en la base del tubo de 3"Ø, de dimensiones suficientes para contener la cantidad necesaria de baterías "Sonnenschein" de 85 AH, con base para montaje de controlador.

#### **e) Tablero de Distribución**

Es una caja de metal especialmente construida para albergar unidades como interruptores electromagnéticos, inversores, bomeras de conexiones. El esquema del tablero [32] para adosar se puede apreciar en el anexo G.

Las características de este tablero son:

- ✓ Marca: HIMEL,
- ✓ Modelo: CRN 54/200
- ✓ Medidas: 500x400x200mm.
- ✓ Los Interruptores Termomagnéticos deberán ser de 2X10 Amperios 3 unidades asimismo:
- ✓ Serán del tipo riel que garanticen la protección óptima contra sobre corrientes y corrientes de corto circuito; desconectando el circuito eléctrico en forma automática.
- ✓ Serán fabricados de acuerdo a la norma CEI EN 60898 y CEI EN 947-2

#### **f) Inversor**

Es un dispositivo cuya función es transformar el voltaje proveniente de las baterías en un voltaje alterno con el fin de poder alimentar de energía a los equipos electrónicos [32] a Utilizar, el inversor seleccionado es el de la marca "Victron Energy (Blue Power)" modelo Phoenix – G2 12 o 24 v y desde 180W a 650W así mismo cumple con protecciones de:

- ✓ Cortocircuito en salida.
- ✓ Sobrecarga.
- ✓ Tensión de alimentación CC demasiado alto.
- ✓ Tensión de alimentación CC insuficiente.

El equipamiento del sistema de respaldo de energía, paneles solares se puede apreciar detalladamente en la tabla 4.19

TABLA N° 4.19. Relación del equipamiento seleccionado para los sistemas de respaldo de energía –paneles solares

EQUIPAMIENTO SISTEMA DE RESPALDO DE ENERGIA			
ITEM	EQUIPAMIENTO	MARCA	MODELO
1	Caja de Registro	DHFT	Estándar
2	Tierra de Cultivo		
3	Cemento Conductivo, Presentación de bolsas de 12.50 Kgs	C GROUND	C GROUND
4	Disipador de Alta transferencia DAT (Conductor plano de gran superficie)	DAT 3.5	DAT 3.5
5	Kit de Soldadura Exotérmica	CADWELL	PLUS
6	Cable de cobre electrolítico desnudo de 50 mm <sup>2</sup>	INDECO	Multifilar
7	Terminales para cable de acero de 50 mm <sup>2</sup>	TALMA	SM0001
8	Platina de cobre electrolítico 2x15mm	TECNOFIL	SM0001
9	Interruptor termomagnético 260, 220V /10KA (60HZ)	ABB	260
10	Tablero PDB 40x35x15 cm	F ELECTRIC	SM0001

#### 4.4.3 Subsistema de Infraestructura

Este sistema está enfocado en la elección de la estructura mecánica (torres), a la fijación de esta misma en el terreno. En estas estructuras se colocará y fijará el equipamiento de radio en los últimos tramos de la torre y es donde se realizará el apuntamiento de las antenas según el diseño de la Plataforma de Telecomunicaciones, esto permitirá que se obtenga un enlace óptimo, perdurable en el tiempo y estable frente a las condiciones adversas que presenta la serranía peruana.

Para llevar a cabo el apuntamiento se recomienda utilizar dispositivos de alineamiento como brújulas o dispositivos que son receptores y transmisores. También en estas estructuras se fijará el sistema de pararrayo, teniendo en cuenta el área de cobertura de este mismo.

Para el presente proyecto se emplearán torres auto soportadas [39], fabricadas con los materiales de la más alta calidad y de acuerdo a un tubo tipo industrial NOM-B-177 (ASTM-A-53) con perfiles estructurales (ángulos, canales, etc.), serán de acuerdo al acero A-36, de diferentes medidas acordes a las características de esfuerzos a los que serán sometidas.

Este tipo de torres se utilizan en la instalación de antenas para telefonía celular, de microondas de radio, telecomunicaciones y transmisiones, capaces de resistir velocidades de viento de hasta 240 Km/Hr en diferentes condiciones orográficas. Son torres más robustas y pesadas que las abatibles, pero tienen el inconveniente de ser más caras y necesitar una grúa para su instalación. Para mayor información Ver anexo H.

En la siguiente matriz resumimos 7 modelos de Torres Autoportadas de hasta 60.00 ms. De altura, las cuales cumplen con las diferentes exigencias de cargas gravitacionales, esfuerzos horizontales y condiciones de terreno.

Para poder seleccionar un modelo de torre es necesario conocer la altura, la cantidad de parábolas a instalar y su ubicación, es decir; su velocidad regional ( $V_r$ ), factor topográfico ( $F_t$ ), categoría del terreno (C.T.) y altura sobre el nivel del mar (msnm). Ver fig. 4.20.

TABLA N° 4.20. Modelos de Torres Autoportadas

TORRE MODELO	$V_r$ (Km/Hr)	F.T	C.T.	msnm	Altura (Metros)
<b>ABC-S</b>	140	1	3	> 1500	18 a 30
<b>ABC-UL</b>	140	1	3	> 1500	24 a 60
<b>ABC-UL</b>	140	1	2	< 1500	24 a 60
<b>ABC-UL</b>	140	1.2	2	> 1500	24 a 42
<b>ABC-L</b>	140	1.2	2	> 1500	18 a 60
<b>ABC-L</b>	160	1.1	3	> 1500	18 a 42
<b>ABC-UL</b>	160	1.1	3	< 1500	24 a 60
<b>ABC-U</b>	160	1.2	2	< 1500	24 a 60
<b>ABC-U</b>	180	1.1	2	< 1500	24 a 60
<b>ABC-U</b>	180	1.2	2	< 1500	24 a 42
<b>ABC-E</b>	180	1.2	2	< 1500	48 a 60
<b>ABC-U</b>	200	1.1	3	< 1500	24 a 42
<b>ABC-E</b>	200	1.2	3	< 1500	24 a 60
<b>ABC-E</b>	200	1.2	2	< 1500	24 a 36
<b>ABC-EX</b>	200	1.2	2	< 1500	42 a 60
<b>ABC-EX</b>	220	1.1	2	< 1500	24 a 60
<b>ABC-EXX</b>	240	1.2	2	< 1500	24 a 60

Donde:

ABC-S Torre Autoportada Esbelta

ABC-L Torre Autoportada Ligera

ABC-U Torre Autoportada Urbana

ABC-UL Torre Autoportada Urbana Ligera

ABC-E Torre Autoportada

ABC-EX Torre Autoportada Reforzada

ABC-EXX Torre Autoportada Extra-reforzada

$V_r$  = Velocidad Regional

F.T. = Factor Topográfico

C.T. = Categoría de Terreno

Msnm = Metros Sobre el Nivel del Mar

Según estas referencias bastaría con un Torre Autosoportada Esbelta.

Otra posibilidad es alquilar un espacio en las torres que operadores como Claro, Movistar y Nextel ya tienen instaladas en el Callejón de Huaylas; con esto se reduciría la inversión debido a que los costos de adquisición y de instalación de dichas torres son elevados. Sin embargo, inicialmente debemos incluir estos costos en la inversión debido a que no se tiene la certeza de poder realizar dicha operación.

### **Cables y materiales**

Los cables y materiales a Utilizar en la Plataforma de Telecomunicaciones son aplicables al sistema de telecomunicaciones, sistema de informática, sistema de protección y respaldo de energía. Los cables coaxiales son dispositivos pasivos que se encargaran de transportar la potencia de radiofrecuencia de los equipos de radio no conectorizados a las antenas y viceversa. Esto se aplicará para el uso de la red "bridge", o en el uso de antenas no conectorizadas.

- ✓ Cable coaxial Belden n ° 9913 010100, con impedancia característica de 50 ohmios, atenuaciones de 1,312dB a 5GHz y 1,641db a 10GHz cada 100 metros.
- ✓ "PigTail" macho: N macho para la conexión a la antena.
- ✓ "PigTail" macho: RP-SMA macho para la conexión al router.
- ✓ Cable de red: es el soporte físico que será utilizado para conectar los equipos de radio no conectorizados hasta los "routers" inalámbricos.
- ✓ Cable de cobre desnudo de 50mm<sup>2</sup> de sección, para los sistemas de puesta a tierra.
- ✓ Cable N ° 14 AWG son conductores de cobre electrolítico flexible y con aislamiento de PVC, sobre los dos conductores en paralelo.
- ✓ Aisladores y protectores de línea diseñados para proteger el cable coaxial de grandes picos de corriente.

La vulcanización de los dispositivos, se llevará a cabo en los extremos de los cables de conexión con cinta vulcanizante, previamente se deberá limpiar estos extremos de cualquier impureza luego se enrolla progresivamente el cable con una trayectoria homogénea.

## 4.5 Programa de Implementación del Proyecto

ACTIVIDADES	Duración																Observaciones																				
	Mes1				Mes2				Mes3				Mes4					Mes5				Mes6				Mes7				Mes8				Mes9			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Aprobación del proyecto	❖																																				
Adquisición del equipamiento																	Actualizar las <del>proformas</del> y confirmar <del>stock</del> en Lima, de lo <del>contrario</del> , esperar <del>importaciones</del> de <del>hasta</del> 60 días.																				
Llegada del equipamiento a Lima																	El proceso de <del>desad</del> <del>depende</del> de la bueno <del>pro</del> del proceso. Se <del>recomienda</del> tener <del>todo</del> listo en los <del>papeles</del>																				
Transporte del equipamiento al sitio de instalación																	Lima-Callejón de Huaylas																				
Construcción de las obras civiles																	En los meses de poca lluvia como son de abril a junio para evitar cualquier daño al personal y a los equipos																				
Instalación del equipamiento																	Tomar las precauciones necesarias para la correcta instalación de las estaciones con todos sus accesorios, así como la buena alineación.																				
Pruebas de operación																	Pruebas durante 2 meses para probar la estabilidad del enlace																				
Recepción del proyecto																	❖	Entrega del proyecto																			
Supervisión del proyecto																																					

## CAPÍTULO V COSTOS DEL PROYECTO

Para concluir la presente tesis se ha elaborado un estudio económico para analizar la factibilidad de la implementación de una red de tercera generación WCDMA en el Callejón de Huaylas. Tomando en cuenta para ello el ingreso per cápita, la población económicamente activa (PEA) y otros factores que se han detallado en el capítulo III. Para ello analizaremos los costos de inversión e implementación (CAPEX) [34] y luego el costo de operación (OPEX) [34].

### 5.1 Costos de Inversión CAPEX

Para el análisis del CAPEX se ha considerado los costos de implementación de la red o egresos de inversión, como son: Nodos B, RNC, MSC, antenas, alimentación, radios microondas, alquiler o compra de inmuebles, pago por canon radioeléctrico, costos de operación y mantenimiento, instalación, etc.

Todos los factores mencionados anteriormente son citados en la tabla 5.1 del análisis del CAPEX

TABLA N° 5.1. Análisis del CAPEX

Ítem	Concepto	Cantidad	Costo Unitario	Total \$
<b>Equipos WCDMA</b>				
1	Nodo B	3	40000.00	120000.00
2	RNC	1	200000.00	200000.00
3	MSC + HLR/AuC + gestión	1	500000.00	500000.00
4	Plataforma multimedia	1	40000.00	40000.00
				<b>680 000.00</b>
<b>Sistema Radiante</b>				
5	Antenas Andrew	6	5500	33000.00
6	Feeders	12	50.00	600.00
7	Conectores	12	36.00	432.00
8	Radio microondas Paso Link NEC	6	4454.36	26716.26
				<b>60748.26</b>

<b>Infraestructura de Telecomunicaciones</b>				
9	Sistema de Pararrayos	4	570.00	2280.00
10	Pozo a Tierra cemento conductivo	4	440.00	1760.00
11	Luz de Balizaje	8	15.00	120.00
12	Sistema de Paneles Solares	3	3620.00	10 860.00
13	Grupo electrógeno	1	3500.00	3500.00
14	Aire Acondicionado	1	4000.00	4000.00
15	Torres Autosoportadas	4	11 512.49	46 049.96
16	Costos de instalación de Equipos	4	300.00	1200.00
17	Obras Civiles	1	38 640.18	38 640.18
				<b>108 410.14</b>
<b>Terminales</b>				
18	Terminales de usuario	100	5000	<b>50 000.00</b>
<b>Otros</b>				
19	Aduanas		(43%)	318 527.18
20	Interconexión con Telefonía	E1 y T1	15 000.00	15 000.00
21	Compra de local para NOC		120 000.00	120 000.00
22	Permisos Municipales, Canon, etc.	4	5 000.00	20 000.00
23	Otros gastos adicionales	1	50 000.00	50 000.00
				<b>523 527.18</b>
<b>TOTAL CAPEX</b>				<b>\$ 1' 332 685.56</b>

Luego, los ítems 9 y 10 han sido descritos en el capítulo anterior así como las torres autosoportadas. Para un mayor detalle sobre el costo de los sistemas del ítem 9, 10 y 15 se pueden referir al anexo I.

El costo de Aduanas representa el 43% de los equipos que se traerán de exportación como ha sido explicado en el capítulo anterior en la implementación del proyecto. Además cabe recalcar el número de terminales de usuarios es relativo, debido al gran crecimiento tanto urbano como rural en el Callejón de Huaylas. Por ahora, se empezará para este proyecto con 5000 usuarios.

## **5.2 Costos de Operación OPEX**

Ahora detallaremos los costos de operación y mantenimiento, los cuales incluyen el mantenimiento correctivo y/o preventivo de los nodos B ante cualquier tipo de falla, buen desempeño de la red, pago del personal, reparación, cambio de equipos, pagos por transporte hacia otros operadores, alquiler, pago de servicios, etc.

El pago del personal estará definido por el cargo que realice, así tenemos a los del área comercial o ventas que tendrán un pago mensual de \$500, los del área de Ingeniería RF

y O&M tendrán un pago de \$1000 y finalmente los gerentes administrativos recibirán un pago de \$1700.

El acceso a Internet, es un posible cuello de botella para una red de acceso multimedia. Es por ello que se tiene asegurado el acceso pues se piensa ser parte de un NAP [35], junto con algunos otro operador que brinda el servicio en la zona o en su defecto proponer la unión empresarial de las pequeñas y medianas empresas de telecomunicaciones para poder tener un punto de acceso a esta gran *backbone* mundial, y así brindar la mejor calidad a nuestros usuarios.

Se estima un aproximado de 10 000 usuarios de acuerdo a la cantidad de poblados a cubrir.

En la tabla 5.2 se detalla el análisis del OPEX según lo explicado en líneas anteriores

TABLA N° 5.2. Análisis del OPEX

<b>Concepto</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Mensual</b>	<b>Anual</b>
Transporte conmutado larga distancia nacional (\$0,02034 por minuto)	300 000	6102.00	73 224.00
Transporte conmutado local (\$0,00554 por minuto)	1200 000	6648.00	79 776.00
Alquiler de Local	1	300.00	3600.00
Pago de Personal	1	6400.00	6400.00
Acceso a Internet (NAP)	1	30000.00	30 000.00
Otros Imprevistos			25 000.00
<b>TOTAL OPEX</b>			<b>218 000.00</b>

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

- 1. El callejón de Huaylas se destaca por su gran producción tanto en la minería como en la agricultura. Sin embargo, también refleja que más del 50% de la población se encuentra en situación de pobreza. Por lo tanto, si no se realizan inversiones en infraestructura y en telecomunicaciones la situación actual no cambiará.**
- 2. EL callejón de Huaylas no solo tiene un gran potencial turístico sino también se encuentra muy cercano a las mineras ANTAMINA y PIERINA, quienes demandan la necesidad de la búsqueda y selección de una tecnología adecuada capaz de brindarles servicios convergentes de gran cobertura, capacidad y rentabilidad.**
- 3. La tecnología WCDMA es la tecnología adecuada para trabajar con múltiples operadores y abarcar mayores coberturas tanto en zonas urbanas como en zonas rurales a través de sectorizaciones propicias.**
- 4. La elección de la tecnología adecuada depende de muchos factores tales como: cobertura de los servicios, interoperabilidad, costos de infraestructura, costo de operación y mantenimiento, demanda de la población y sobre todo un breve análisis de la situación socioeconómica de los lugares elegidos.**
- 5. Se pudo comprobar tanto teóricamente y a través de simulaciones la posibilidad y factibilidad del diseño de la red, seleccionando la ubicación adecuada de los nodos B para poder brindar los servicios convergentes a la mayor cantidad de poblaciones rurales.**
- 6. 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, brindará acceso a internet alrededor del 7% de hogares y mejorará la calidad del servicio celular. Además de contar con un futuro mercado compuesto por las poblaciones ubicadas a lo largo de la red de transporte.**

7. El desarrollo de solo la red de acceso en una red de tercera generación nos ayuda a reducir nuestros costos de inversión y así tener mejores valores en nuestros indicadores económicos. De acuerdo con el análisis, la realización de este proyecto de tesis es rentable y factible, con resultados positivos a corto plazo.
8. La implementación de proyectos de interés social con aportes del Fondo de Inversión y Telecomunicaciones (FITEL) permite el desarrollo de proyectos en los cuales trae un impacto directo en poblaciones de escasos recursos económicos a través de esta subvención del estado.
9. Finalmente cabe destacar que el desarrollo del presente proyecto de tesis ha permitido afianzar muchos conocimientos adquiridos durante la vida universitaria, así como también ha permitido adquirir nuevos conceptos y atender a la realidad socioeconómica y cultural de las poblaciones rurales, permitiendo tener ahora un concepto más amplio sobre las mismas así como también sobre sus necesidades y capacidades.
11. El dimensionamiento de las redes de Telecomunicaciones puede ser realizado mediante distintos criterios. Sin embargo, es recomendable considerar el criterio de cobertura en los inicios de la red debido a que el criterio de capacidad no es tan crítico por la baja penetración de usuarios que se tiene en los primeros años de funcionamiento. Las empresas de Telecomunicaciones, al igual que el resto de empresas, trabajan bajo el criterio de demanda; es decir, conforme aumenta el número de usuarios la empresa aumenta el número de recursos.
12. Es recomendable elegir las estaciones bases cercanas a las carreteras para disminuir el costo de traslado de materiales y agilizar el proceso de implementación. Así mismo al encontrarse cercana a la carretera es muy probable encontrarse con muchas poblaciones tanto rurales como urbanas.
13. Se recomienda realizar la implementación de los equipos en meses de poca lluvia y proteger los equipos con pozos a tierra y pararrayos debido al clima variado de la zona, de manera que se evitan los riesgos y daños a causa de la naturaleza.
14. Una vez implementada la red rural, se recomienda incidir en la comunidad sobre el concepto de pertenencia de la infraestructura de la red, generando un sentimiento

de conservación y cuidado de toda la población hacia el equipamiento, lo cual se verá reflejado en un mejor uso y en la seguridad de los mismos.

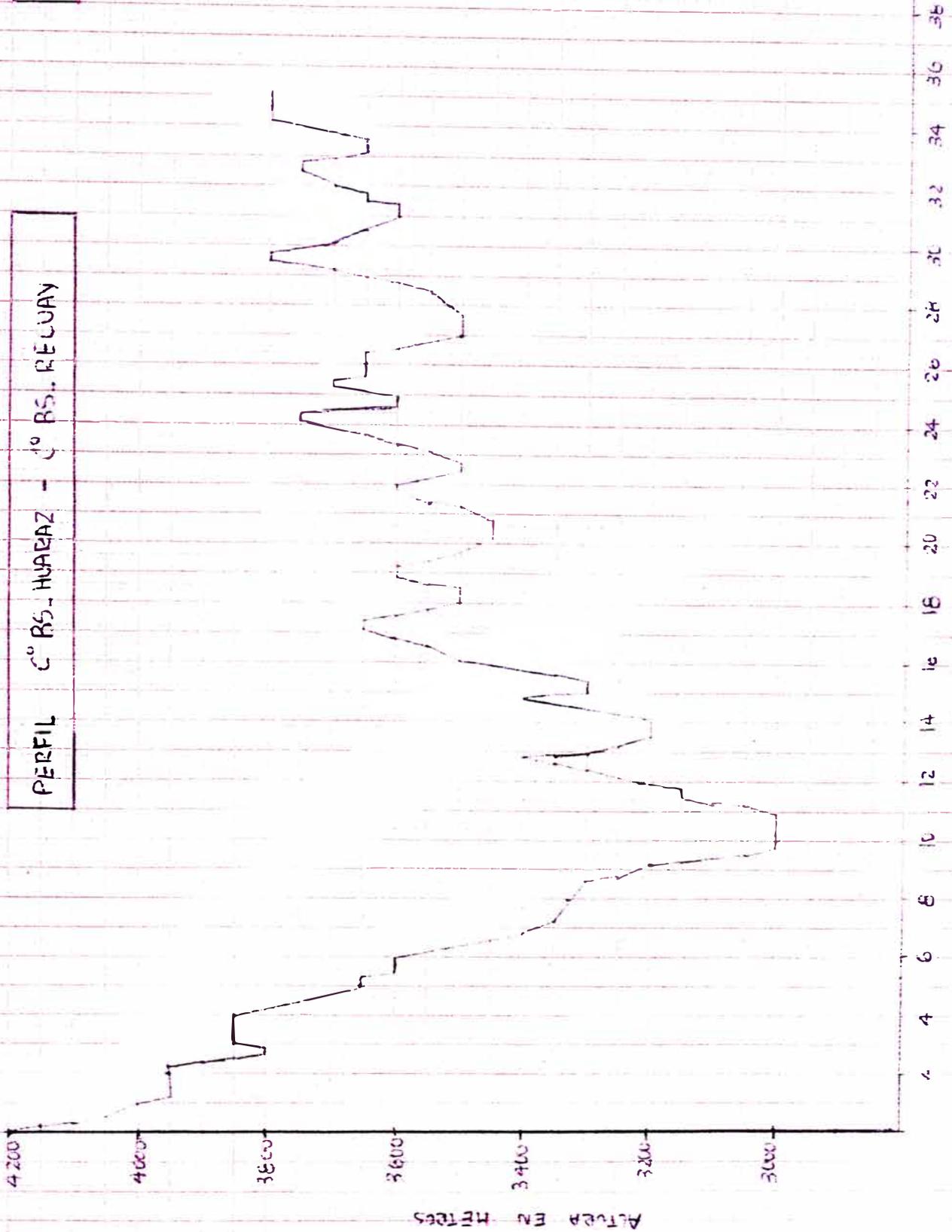
15. Se recomienda un post-estudio sobre la evolución de la red WCDMA propuesta, optimización y planificación de la misma, dándole énfasis a la calidad de servicio (QoS) de la red y nuevos cálculos para las mejoras que presente dicha evolución

## **ANEXO A**

# **PERFILES DE TRAYECTO DE LA RED DE TRANSPORTE**

$d = 35$  km  
AZIMUT: 145°

PERFIL C° RS. HUARAZ - C° RS. RECUAY

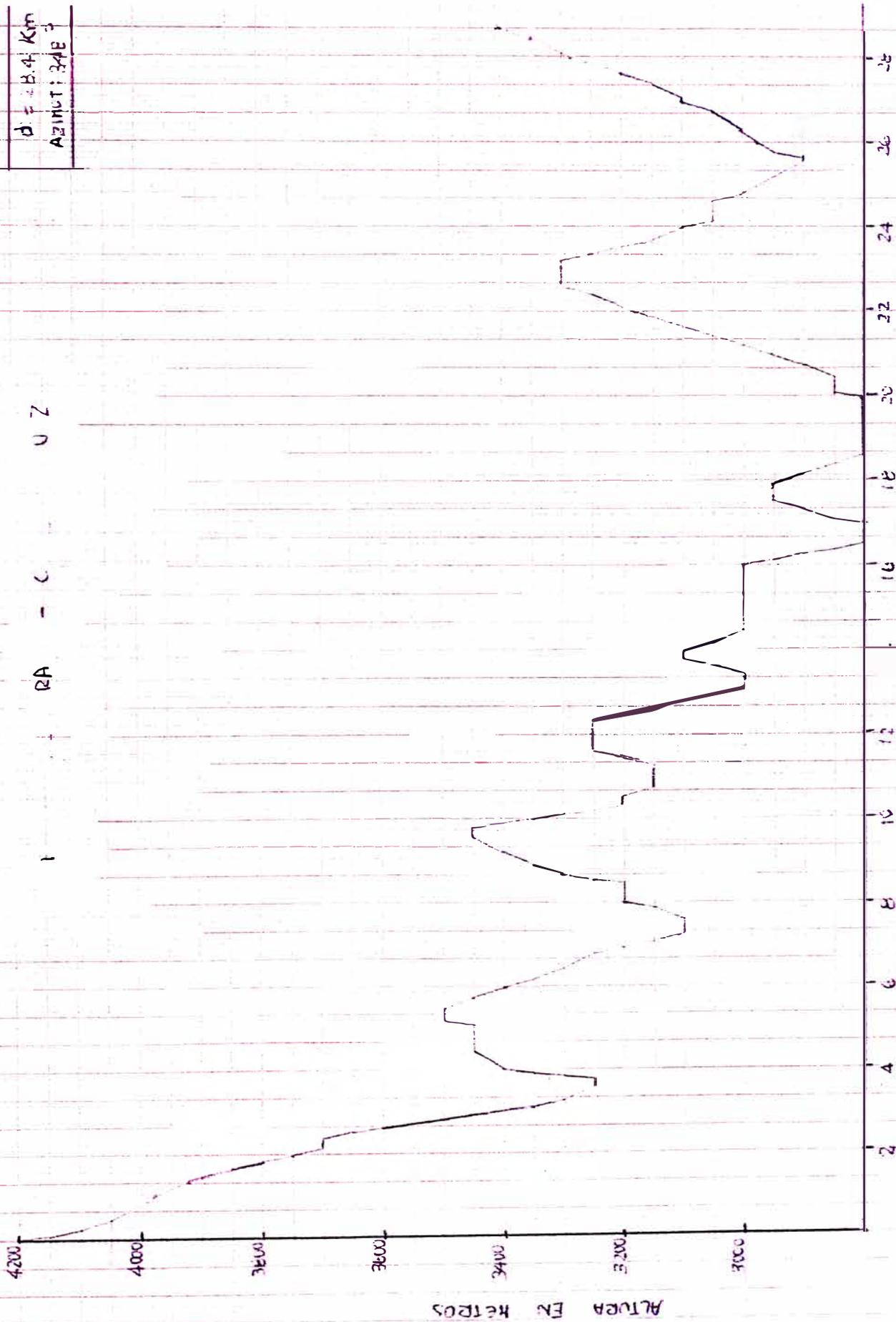


ESCALA HORIZONTAL : 1/50,000  
 ESCALA VERTICAL : 1/10,000  
 FORMA DE OBSERVACION : K = 2/3

d = 3.4 Km  
 AZIMUT: 348°

U Z

RA - C

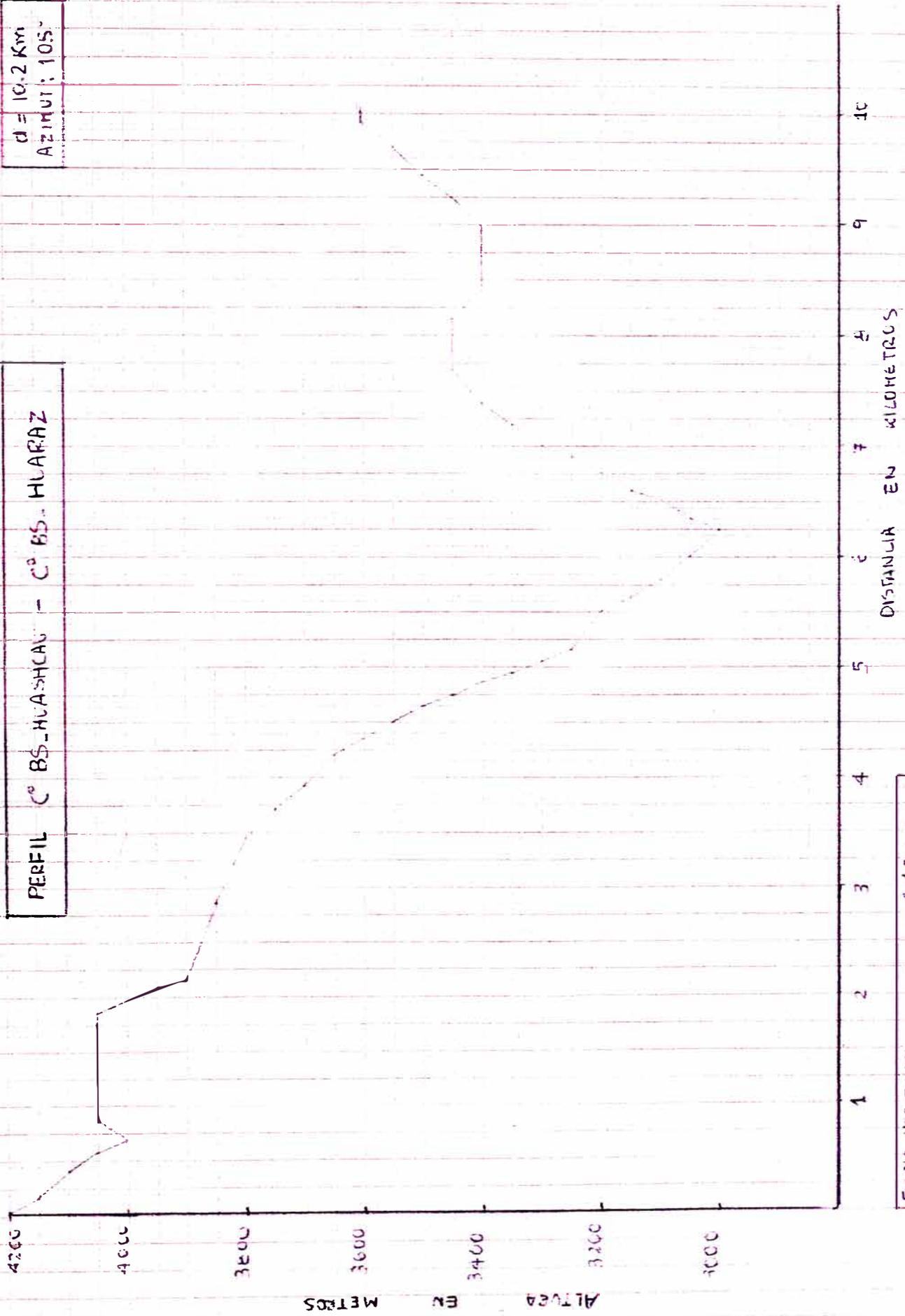


DISTANCIA EN KILOMETROS

ESCALA HORIZONTAL : 1 / 150,000  
 ESCALA VERTICAL : 1 / 10,000  
 PAPEL W. COBRECCION : K = 2/3

d = 10.2 Km  
 AZIMUT: 105°

PERFIL C° BS\_HUASHCAU - C° BS\_HUARAZ



ESCALA HORIZONTAL : 1 / 200,000  
 ESCALA VERTICAL : 1 / 10,000  
 FACTOR DE CORRECCION : K = 2/3

**ANEXO B**  
**DATASHEET DE LOS EQUIPOS**

## WCDMA Distributed Base Station DBS3800

in areas with the difficulty of site acquisition such as the Europe, It is very expensive and complex to build a equipment room for communication equipments. This problem is more urgent for BTS because of the huge number of BTS.

DBS3800 is a new type of Node B with distributed structure. It features small size, large capacity, high integration to provide a zero footprint solution to fulfill the requirements of easier, fast installation and network deployment. This enables the operator to achieve radio coverage in urban areas, suburban areas, rural areas, expressways, railways, and hot spots.



### Innovative Distributed Structure

DBS3800 consists of the baseband unit (BBU) and the radio remote unit (RRU). The standalone BBU and RRU are mounted separately to process baseband signals and RF signals respectively. The BBU connects to one or more RRUs by optical fiber, forming the architecture of a distributed Node B.

The BBU is a small-sized cassette, and can be mounted in any standard cabinet with free space that is 19 inches wide and 1 U high. No extra space is required which allows the operator to fully utilize free space even only very limited space is available.

The RRU supports outdoor installation, which features small size, light weight and can be mounted on a pole, a wall, a stand, or other place near antenna. The operator can also select other installation modes as required by actual situations. No equipment room or air conditioner is required. Therefore, RRU can be mounted quickly with lower cost.

### Large Capacity, Abundant Services

One BBU can support up to 3 x 1 configuration to satisfy the requirement in 3G initial phase. And expand capacity up to 3x2 configuration with extension board, stacking BBU3806s can expand capacity up to 3 x 4 or 6 x 2 configuration.

DBS3800 can support multi-frequency band by different RRU for different frequency band. Because of the digital interface named CPRI between BBU and RRU, so BBU can be shared by all RRUs which support different frequency band.

DBS3800 can also support abundant services such as HSDPA, HSUPA and MBMS.

## High Performance and Advanced PA

With the 16-way RAKE receiver, the receive sensitivity is up to -126.2dBm with single antenna and no TMA. The output power of TOC is up to 40W. It is also support 4-way receive diversity and transmitting diversity. Based on these technologies, the coverage will be greatly improved. With the advanced RRM algorithm, DBS3800 can provide all services for UE with high speed up to 430km/h.

With the application of DPD+Doherty, the PA power efficiency is up to 33%, the high power efficiency will lower the DBS3800's power consumption and the low power consumption can decrease the operator's OPEX, and enhance the system reliability.

## Flexible Network Deployment

DBS3800 provides multiple mode interfaces connected to the RNC, such as E1/T1, E3/T3, STM-1, and fast Ethernet (FE). It can support IP over E1/T1 or FE or ATM over E1/T1 or STM-1 or ATM/IP dual-stack for Iub interface. The Iub IP solution can help operator to save the transmission cost by up to 40%.

The Radio Network Controller (RNC) and DBS3800s can support multiple networking modes, for example, star, chain, tree, ring, and hybrid. The chain and tree networking modes support up to five levels of cascading.

The BBU and RRU3801Cs can also support multiple networking modes, such as star, chain, ring, and hybrid. It is support eight levels of cascaded RRU for easy network deployment. The largest distance of single-level cascading is 40 km, and that of multi-level cascading is 100 km.

## Key characteristics

- HSPA: 1.92Mbps(UL)/14.4Mbps(DL)
- Multi carrier Doherty PA
- Transmitting Diversity
- 4-way Receiving Diversity
- RET with AISG interface
- ATM/IP transmission
- Multi-band co-BBU

## Technical Specification

Full Frequency Range	1800MHz、1900MHz、2100MHz、850M、900M
Number of Cells	12 Cells
Number of Sectors	6 Sectors
Dimension (H×W×D)	BBU: 42×436×300 (mm), RRU: 610×380×200(mm)
Weight	BBU: 5 kg , RRU: 20kg
Output Power	40W
Max power consumption	BBU:60W, RRU:240W
Receiver Sensitivity	-126.2dBm (Single Antenna without TMA )
Power Supply	BBU:24VDC/-48VDC, RRU: -48VDC/220V AC
Temperature Range	BBU: -5~55 °C, RRU: -40 to +50 °C

**ANEXO C**  
**SITUACIÓN DE LOS SERVICIOS CONVERGENTES EN EL**  
**DEPARTAMENTO DE ANCASH**

Servicios con que cuentan los hogares en el departamento de Ancash, ordenados por Provincia en el año 2007

Fuente: INEI - Censos Nacionales 2007: XI de Población y VI de Vivienda.

Provincia	Total de Hogares	Servicios que posee el Hogar				
		Teléfono Fijo	Teléfono Celular	Conexión a Internet	Conexión a TV por cable	Ninguno
<b>Total</b>	260 087	167 959	90 827	8 813	27 641	145 835
Huaraz	37 124	5 666	16 172		3 562	18 125
Aija	2 157	86	343		16	1 755
A Raymondi	4 057	12	14	1	7	4 026
Asunción	2 343	93	240	2	12	2 038
Bolognesi	7 740	280	736	18	34	6 816
Carhuaz	11 200	211	2 400	64	443	8 299
C.F. Fitzcarral	5 359	126	391	2	19	4 903
Casma	10 832	1417	4 210	264	2 403	5 558
Corongo	1 939	129	20	6	20	1 785
Huari	14 71	774	1 418	37	54	12 835
Huarmey	6 898	1 373	2 721	165	1 541	3 289
Huaylas	13 080	967	2 814	141	717	9 847
M. Luzuriaga	5 444	125	388	4	3	4 990
Ocos	2 559	16	77	4	26	2 449
Pallasca	7 326	186	995	9	53	6 203
Pomabamba	6 543	430	692	21	37	5 640
Recuay	5 047	491	733	19	18	4 024
Santa	95 635	36 019	53613	6 322	18 463	26 381
Sihuas	7 070	380	458	21	4	6 361
Yungay	13 024	585	2 240	45	209	10 511

Distribución de los servicios con que cuenta el hogar en departamento de Ancash según área.

Fuente: INEI - Censos Nacionales 2007: XI de Población y VI de Vivienda.

Tipo de Servicio	Total		Area Urbana		Area rural	
	Absoluto	%	Absoluto	%	Absoluto	%
<b>Total</b>	260 087	100	167 959	64.6	92 128	35.4
Teléfono Fijo	52 317	100	51 726	98.9	591	1.1
Teléfono Celular	90 827	100	81 870	90.1	8 957	9.9
Conexión a Internet	8 813	100	8 784	99.7	29	0.3
Conexión a TV. Por Cable	27 641	100	27 245	98.6	396	1.4
Ninguno	145 835	100	63 193	43.3	82 642	56.7

Distribución de la población según del tipo de vivienda en el Callejón de Huaylas

Fuente: INEI - Censos Nacionales 2007: XI de Población y VI de Vivienda.

Provincia	Total	Régimen de Tenencia					
		Alquilada	Propia por invasión	Propia pagando a plazos	Propia totalmente pagada	Cedida por trabajo u otro	Otros
<b>Total</b>	76 374	8 303	1 993	3 826	53 650	3 821	6 774
Huaraz	34 943	5 342	1 098	1 243	24 169	956	2 135
Carhuaz	11 012	635	207	150	9 188	440	392
Huaylas	12 729	1 133	69	157	8 900	1 712	758
Recuay	4 906	558	404	104	3 063	414	363
Yungay	12 784	635	215	179	8 330	299	3 126

Distribución de la población según del tipo de vivienda en el departamento de Ancash  
Fuente: INEI - Censos Nacionales 2007: XI de Población y VI de Vivienda.

Área de residencia Régimen de tenencia	1993		2007		Incremento intercensal		Incremento anual	Tasa de Crecimiento Promedio anual
	Absoluto	%	Absoluto	%	Absoluto	%		
Urbana	110 535	100	157 138	100	46 603	42.2	3 539	2.5
Propia totalmente pagada	76 139	68.9	105 346	67.0	29 207	38.4	2 086	2.3
Propia pagando a plazos	5 606	5.1	6 845	4.4	1 239	22.1	89	1.4
Propia por invasión	7 442	6.7	13 126	8.4	5 684	76.4	406	4.1
Alquilada	9 866	8.9	19 403	12.3	9 537	96.7	681	4.9
Cedida por trabajo	9 732	8.8	4 670	3.0	-5 062	-52.0	- 362	-5.0
Otros	1 750	1.6	7 748	4.9	5 998	-	428	11.0
Otra forma						342.7		
Rural	88 322	100	91 260	100	2 938	3.3	210	0.2
Propia totalmente pagada	72 061	81.6	67 736	74.2	- 4325	-6.0	- 309	-0.4
Propia pagando a plazos	2 168	2.5	969	1.1	-1 199	-55.3	-86	-5.5
Propia por invasión	1 094	1.2	4 398	4.8	3 304	302.0	-236	10.2
Alquilada	1 643	1.9	3 121	3.4	1 478	90.0	106	4.6
Cedida por trabajo	8 930	10.1	6 003	6.6	-2 927	-32.8	-209	-2.7
Otros	2 426	2.7	9 033	9.9	6 607	272.3	472	9.6
Otra forma								

Distribución de la población según disponibilidad del servicio de alumbrado eléctrico

Fuente: INEI - Censos Nacionales 2007: XI de Población y VI de Vivienda.

Área de residencia Disponibilidad de alumbrado eléctrico por red pública	1993		2007		Incremento intercensal		Incremento anual	Tasa de Crecimiento Promedio anual
	Absoluto	%	Absoluto	%	Absoluto	%		
Total	198 857	100	248 398	100	49 541	24.9	3 539	1.5
Dispone	89 388	45	181 804	73.2	92 416	103.4	6 601	5.1
No Dispone	109 469	55	66 594	26.8	- 42 875	-39.2	-3 063	-3.4
Área Urbana	110 535	100	157 138	100	46 603	42.2	3 329	2.5
Dispone	82 279	74.4	136 906	87.1	54 627	66.4	3 902	3.6
No Dispone	28 256	25.6	20 232	12.9	-8 024	-28.4	-573	-2.3
Área rural	88 322	100	91 260	100	2 938	3.3	210	0.2
Dispone	7 109	8	44 898	49.2	37 789	531.6	2 699	13.8
No Dispone	81 213	92	46 362	50.8	-34 851	42.9	-2 489	-3.9

Distribución de la población en el departamento de Ancash según disponibilidad del tipo de abastecimiento de agua

Fuente: INEI - Censos Nacionales 2007: XI de Población y VI de Vivienda.

Área de residencia Régimen de tenencia	1993		2007		Incremento intercensal		Incremento anual	Tasa de Crecimiento Promedio anual
	Absoluto	%	Absoluto	%	Absoluto	%		
<b>Urbana</b>	110 535	100	157 138	100	46 603	42.2	3 329	2.5
Red pública dentro de la vivienda	78 486	71.0	120 540	76.7	42 054	53.6	3 004	3.1
Red pública fuera de la vivienda	1 240	1.1	10 168	6.5	8 928	720.	638	15.9
Pilón de uso público	11 936	10.8	5 240	3.3	-6 696	0	-478	-5.6
Pozo	4 557	4.1	1 007	0.6	-3 550	-	254	-10.0
Río, acequia, manantial						56.1		
Otro						-		
						77.9		
						77.6	181	4.1
	3 266	3.0	5 799	3.7	2 533	77.6	24	0.3
	7 750	7.0	8 039	5.1	334	4.3	214	4.6
	3 345	3.0	6 345	4.0	3 000	89.7		
<b>Rural</b>	88 322	100	91 260	100	2 938	3.3	210	0.2
Red pública dentro de la vivienda	0	-	31 193	34.2	0	-	0	-
Red pública fuera de la vivienda	0	-	9 117	10.1	0	-	0	-
Pilón de uso público	5 212	5.9	1 655	1.8	-3 557	-	-254	-7.7
Pozo	1 236	1.4	229	0.3	-1 007	68.2	-72	-11.1
Río, acequia, manantial	13 562	15.4	9 798	10.7	-3 764	-	-269	-2.3
Otro	66 064	74.8	35 099	38.5	-30 965	81.5	-2 212	-4.3
	2 248	2.5	4 109	4.5	1 861	-	133	4.3
						27.8		
						-		
						46.9		
						82.8		

Distribución de la población en el callejón de Huaylas según disponibilidad del tipo de abastecimiento de agua

Fuente: INEI - Censos Nacionales 2007: XI de Población y VI de Vivienda.

Provincia	Total	Tipo de Abastecimiento de Agua						
		Red pública dentro de la vivienda	Red pública fuera de la vivienda pero dentro de la edificación	Pilón de uso público	Camión cisterna u otro similar	Pozo	Río, acequia, manantial o similar	Otros
<b>Total</b>	76 374	48 815	8 693	940	64	2 064	12 996	2 802
<b>Huaraz</b>	34 943	24 791	4 161	349	56	1 299	3 152	1 135
<b>Carhuaz</b>	11 012	7 455	1 300	105	-	218	1 414	520
<b>Huaylas</b>	12 729	6 539	1 963	166	-	201	3 412	448
<b>Recuay</b>	4 906	2 943	161	186	3	147	1 244	222
<b>Yungay</b>	12 784	7 087	1 108	134	5	199	3 774	477

## **ANEXO D**

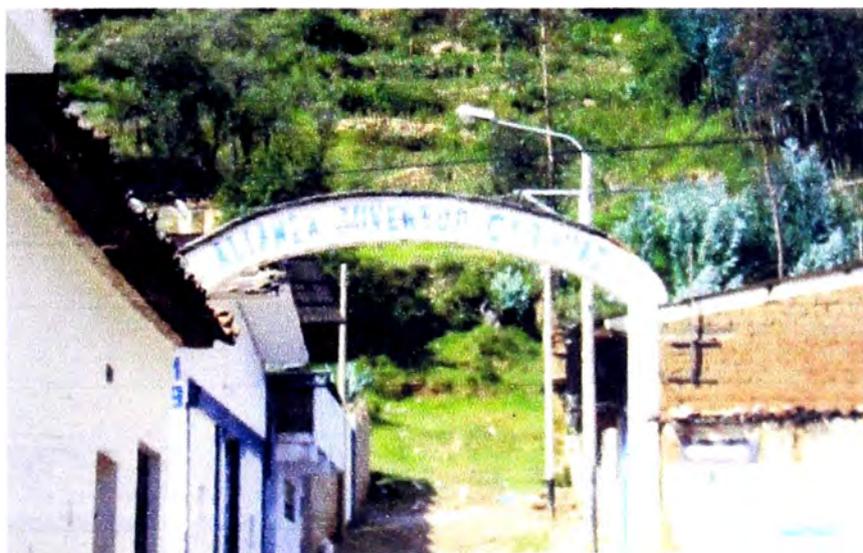
### **IMÁGENES DE LAS POBLACIONES VISITADAS DURANTE EL VIAJE AL CALLEJÓN DE HUAYLAS**



Poblado de YANACOSHCA - HUARAZ



Poblado de AHUAC: CARHUAZ



Poblado de COCHAPAMPA: CARHUAZ



Poblado de CANCHAPAMPA - YUNGAY



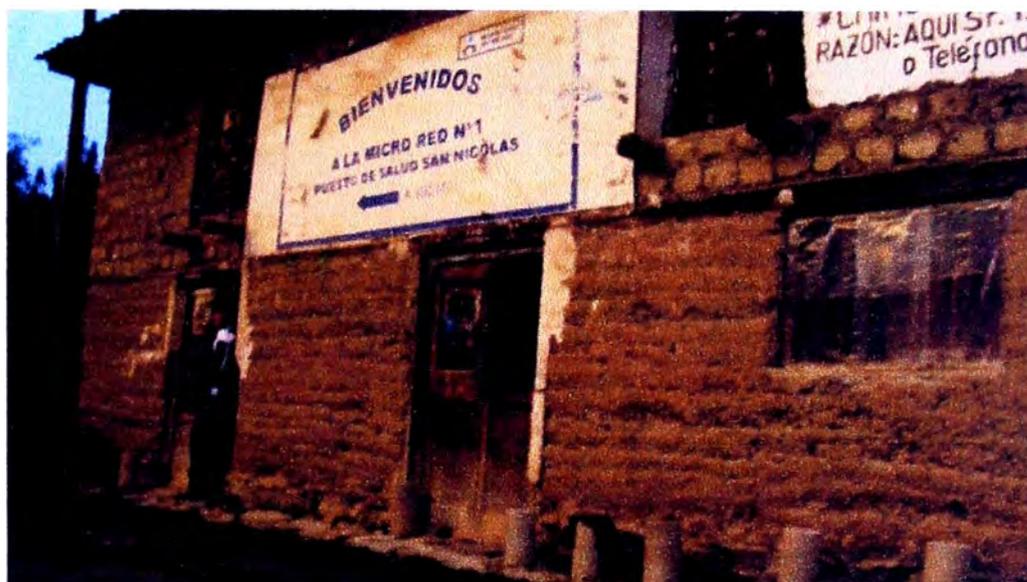
Torre autosoportada: Camino Huaraz – Huaraz - Carhuaz



Plaza de armas de Caraz: Zona urbana



Poblado de Cátac - Pastorruri



Poblado de San Nicolás: Centro de Salud



Población urbana: Ciudad de Carhuaz - entrada

## **ANEXO E**

# **ENCUESTA DE EVALUACION DE LOS SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES RURALES**

REGIÓN:
DEPARTAMENTO:
DISTRITO:
FECHA:
NOMBRE-DNI:

**EDAD DEL ENCUESTADO:**

- MENOR DE 18 AÑOS ( )  
 DE 18 A 30 AÑOS ( )  
 DE 30 A 50 AÑOS ( )  
 MAYOR A 50 AÑOS ( )

**¿QUÉ SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES CONOCE UD. QUE CUENTA SU COMUNIDAD?**

- TELEFONOS PUBLICOS( )  
 TELEFONIA FIJA ( )  
 TELEFONIA CELULAR ( )  
 INTERNET ( )

**TELEFONIA:****I. SOBRE EL USO DEL SERVICIO DE TELEFONÍA FIJA/PUBLICA:**

- A) CUENTA CON TELÉFONO EN SU DOMICILIO: SI ( ) NO ( )
- EMPRESA DE LA CUAL ES USUARIO:  
 TELEFÓNICA ( ) OTRA ( ) \_\_\_\_\_
  - COMO LE PARECE EL SERVICIO: BUENO( ) REGULAR( ) MALO( )
  - COMO LE PARECE EL COSTO DEL SERVICIO:  
 CARO ( ) NORMAL ( ) BARATO ( )
  - CUANTO PAGA MENSUALMENTE: \_\_\_\_\_
  - CUÁL ES EL MODO DE PAGO: PAGO FIJO ( ) TARJETA ( ) AMBOS ( )
  - CON QUE FRECUENCIA RECIBE LLAMADAS:  
 NUNCA ( ) CASI NUNCA ( ) A VECES ( ) CASI SIEMPRE ( ) SIEMPRE ( )
  - CON QUE FRECUENCIA REALIZA LLAMADAS:  
 NUNCA ( ) CASI NUNCA ( ) A VECES ( ) CASI SIEMPRE ( ) SIEMPRE ( )
  - LE AGRADARÍA QUE OTRAS EMPRESAS TAMBIÉN LE PUEDAN BRINDAR ESTE SERVICIO: SI ( ) NO ( )

PORQUE: \_\_\_\_\_

B). USA EL SERVICIO DE LOS TELÉFONOS PÚBLICOS: SI ( ) NO ( )

- POR LA DISTANCIA EL TELEFONO PUBLICO LE PARECE:  
FACIL ALCANCE ( ) DIFICIL ALCANCE ( )
- COMO LE PARECE EL SERVICIO: BUENO ( ) REGULAR ( ) MALO ( )
- CON QUE FRECUENCIA REALIZA LLAMADAS:  
NUNCA ( ) CASI NUNCA ( ) A VECES ( ) CASI SIEMPRE ( ) SIEMPRE ( )  
SEMANALMENTE: \_\_\_\_\_  
MENSUALMENTE: \_\_\_\_\_
- COMO ES SU MODO DE PAGO: MONEDA ( ) TARJETA ( )
- PARA USTED LA TARIFA POR EL SERVICIO ES JUSTA: SI ( ) NO ( )
- LE AGRADARÍA QUE OTRAS EMPRESAS TAMBIÉN LE PUEDAN BRINDAR ESTE SERVICIO: SI ( ) NO ( )  
PORQUE: \_\_\_\_\_
- LE AGRADARÍA TENER TELEFONÍA FIJA EN SU HOGAR: SI ( ) NO ( )
- HASTA CUANTO PAGARÍA APROXIMADAMENTE POR ESTE SERVICIO EN SU DOMICILIO: \_\_\_\_\_

C). NO USO NINGUNO DE LOS SERVICIOS ( )

- ME PARECE MUY CARO ( )
- MI NECESIDAD DE COMUNICACIÓN ES MUY POCA ( )
- NO LO NECESITO NUNCA ( )

## II. SOBRE EL USO DE TELEFONÍA MÓVIL:

A). SI CUENTO CON EL SERVICIO ( )

- EMPRESA DE LA CUAL ES USUARIO:  
CLARO ( ) MOVISTAR ( ) OTRA ( ) \_\_\_\_\_
- TIPO DE PLAN: PREPAGO ( ) POST-PAGO ( ) RED PRIVADA ( )
- COMO LE PARECE EL SERVICIO: BUENO ( ) REGULAR ( ) MALO ( )
- LE PARECE CARO EL SERVICIO: SI ( ) NO ( )
- LE AGRADARÍA QUE OTRAS EMPRESAS TAMBIÉN LE PUEDAN BRINDAR ESTE SERVICIO: SI ( ) NO ( )  
PORQUE: \_\_\_\_\_

B). NO CUENTO CON EL SERVICIO ( )

- NO LO NECESITO ( )

- DESEARÍA TENERLO ( )
- NO LO CONOZCO ( )

EN GENERAL PARA TELEFONIA FIJA/PUBLICA/MOVIL:

¿QUÉ TIPOS DE LLAMADAS HACES?

FAMILIAR LOCAL ( )

FAMILIAR NACIONAL ( )

NEGOCIOS LOCAL ( )

NEGOCIOS NACIONAL ( )

OTROS ( ) \_\_\_\_\_

¿QUE TARIFAS CONOCES?

	P	F	M
P			
F			
M			

PUBLICA (P) FIJA (F) MOVIL (M)

¿CREE QUE ES BENEFICIOSO CONOCER LAS TARIFAS? SI ( ) NO ( )

¿QUE BENEFICIOS OBTUVO CON LOS SERVICIOS DE TELEFONIA?

BENEFICIO ECONOMICO ( )

BENEFICIO SOCIAL-PERSONAL ( )

BENEFICIO CULTURAL ( )

NINGUN BENEFICIO ( )

### SOBRE EL SERVICIO DE INTERNET:

HAY ACCESO A INTERNET EN SU LOCALIDAD SI ( ) NO ( )

ACCEDE USTED A INTERNET SI ( ) NO ( )

A) SI LO USO POR MEDIO DE CABINAS PÚBLICAS ( )

- CUANTAS HORAS PROMEDIO AL MES:

1) DE 1 A 10 HORAS ( )

2) DE 10 A 20 HORAS ( )

3) DE 20 A 30 HORAS ( )

4) MÁS DE 30 HORAS ( )

- COMO CALIFICARÍA EL SEVICIO :

MUY MALO ( ) MALO ( ) REGULAR ( ) BUENO ( ) MUY BUENO ( )

- PARA USTED LA TARIFA POR EL SERVICIO ES JUSTA: SI ( ) NO ( )

- TARIFA/HORA \_\_\_\_\_
  - LE GUSTARIA QUE HAYAN MAS CABINAS: SI ( ) NO ( )
- B) SI LO USO PORQUE TENGO EL SERVICIO EN MI DOMICILIO ( )
- EMPRESA DE LA CUAL ES USUARIO:  
TELEFÓNICA/SPEEDY ( ) OTRA ( ) \_\_\_\_\_
  - COMO LE PARECE EL SERVICIO: BUENO( ) REGULAR( ) MALO( )
  - PARA USTED LA TARIFA POR EL SERVICIO ES JUSTA: SI ( ) NO ( )
  - COMO LE PARECE EL COSTO DEL SERVICIO:  
CARO ( ) NORMAL ( ) BARATO ( )
  - LE AGRADARÍA QUE OTRAS EMPRESAS TAMBIÉN LE PUEDAN BRINDAR  
ESTE SERVICIO: SI ( ) NO ( )  
PORQUE: \_\_\_\_\_
- C) NO ACCEDO PORQUE NO TENGO NECESIDAD O NO CONOZCO ( )
- LE GUSTARIA INFORMARSE DE LA VARIEDAD DE APLICACIONES Y  
VENTAJAS DEL USO DEL INTERNET: SI ( ) NO ( )
- D) NO ACCEDO A INTERNET PORQUE NO HAY SERVICIO ( )
- LE GUSTARIA TENER EL SERVICIO EN SU LOCALIDAD: SI ( ) NO ( )
  - CUANTO ESTARIA DISPUESTO A PAGAR POR HORA DE SERVICIO O  
MENSIALMENTE: \_\_\_\_\_

QUE UTILIDAD LE DA AL SERVICIO

ENTRETENIMIENTO ( )

INFORMACION ( )

COMUNICACIÓN ( )

### CUANTO INVIERTE EN SERVICIO DE TELECOMUNICACIONES

CUANTO GASTA MENSUALMENTE (EN SOLES)

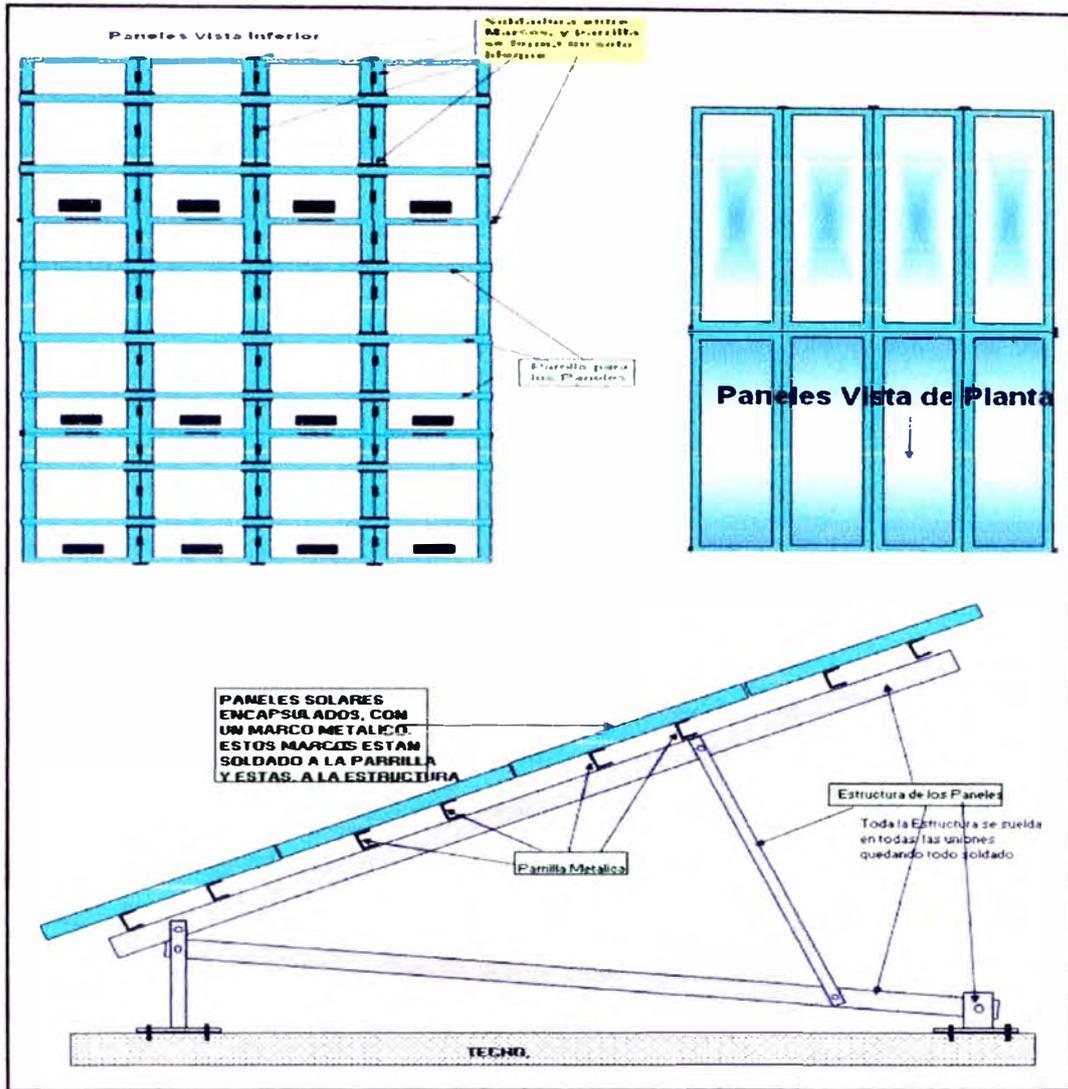
TELEFONIA PUBLICA	
TELEFONIA FIJA	
TELEFONIA MOVIL	
INTERNET	
TOTAL APROXIMADO	

TABLA DE MUESTREO EN EL CALLEJON DE HUAYLAS				
	30/09/2009	16	60	17
	MUESTRA	30	80	30
		RECUAY	HUARAZ	CARHUAZ
Internet	uso	16	53	14
	no uso	0	7	3
	casa	2	15	1
	cabina	13	26	12
	trabajo	1	4	1
	gustaria en casa	16	54	17
	no le gustaria	0	6	0
	costo entre 40 -100	9	37	15
	costo entre 100 -200	7	16	2
	lento	7	26	3
	regular	7	11	10
	rápido	2	16	1
	cantidad de personas	100	200	80
Moviles	uso	15	59	15
	no uso	1	1	2
	claro	4	29	4
	movistar	8	36	11
	ambos	4	4	2
	claro - servicio bueno	2	17	6
	movistar - servicio bu	9	20	8
	claro - servicio reg.	6	2	0
	movistar - servicio reg	6	14	3
	barato	8	40	7
	caro	3	10	5
	normal	5	3	5
	usa mucha	12	49	4
	uso regular	4	9	11
	uso poco		1	2
Video	conoce sobre ello	3	21	5
	no conoce	13	39	12
	es necesario	13	30	11
	no es necesario	3	30	6
	factible	3	15	7
	fraternal	7	20	8
	múltiples servicios	4	12	5
	comodidad	1	25	4
	movilidad	5	28	5
	a pagar 50- 100	14	40	12
	mas de 100	2	4	2
	le gustaria	16	55	15
	no le gustaria	0	5	2

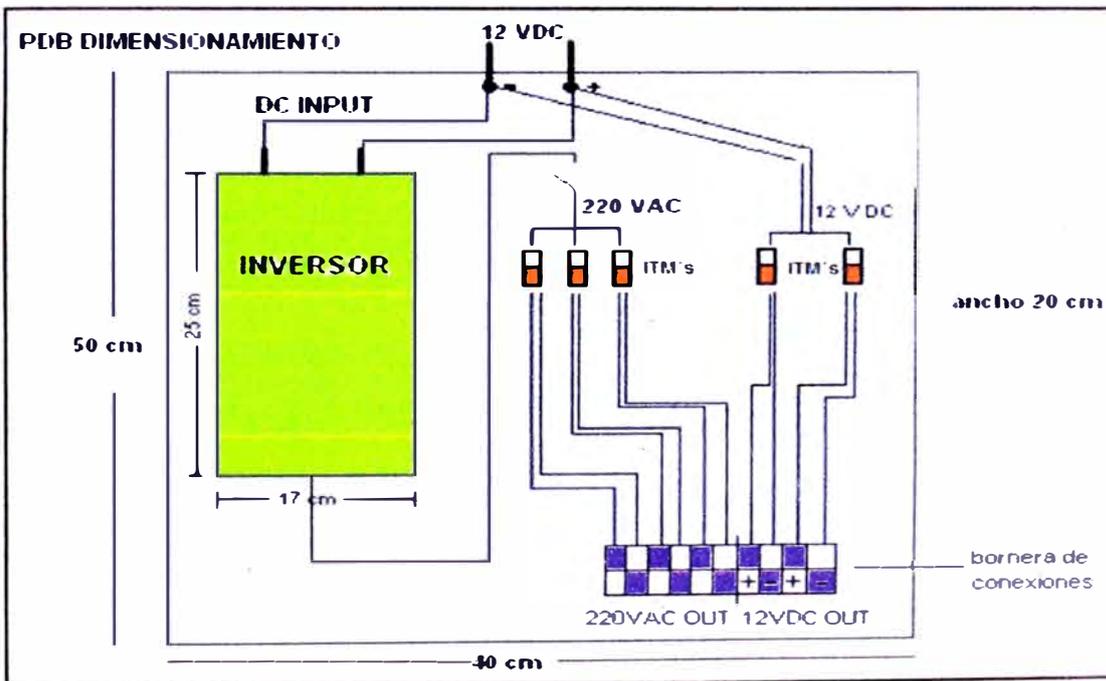
TABLA DE MUESTREO EN EL CALLEJON DE HUAYLAS						
	30/09/2009	30	20	8	6	30
	MUESTRA	50	30	15	15	
		CARAZ	YUNGAY	TICAPAMPA	CATAC	RECUAY
Internet	uso	25	15	8	4	28
	no uso	5	5	0	2	2
	casa	9	7	0	0	2
	cabina	13	8	8	6	27
	trabajo	3				1
	gustaria en casa	16	8	4	6	26
	no le gustaria	4	2	0	0	0
	costo entre 40 -100	20	10	3	4	16
	costo entre 100 -200	5	5	1	2	10
	lento	5	8	4	5	16
	regular	18	5	0	1	8
	rápido	3	2	0	0	2
	cantidad de personas	100	50	50	50	200
	Moviles	uso	29	18	8	6
no uso		1	2	0	0	1
claro		9	11	4	1	9
movistar		19	7	3	4	15
ambos		1	2	1	1	6
claro - servicio bueno		7	9	0		2
movistar - servicio bu		16	6	2		11
claro - servicio reg.		3	3	5	2	13
movistar - servicio reg		4	2	2	5	13
barato		8	5	2	5	15
caro		12	5	1	1	5
normal		10	8	5	0	10
usa mucha		19	6	5	6	23
uso regular		8	8	3	0	7
uso poco		2	3	0	0	0
Video	conoce sobre ello	5	6	4	3	10
	no conoce	25	14	4	3	20
	es necesario	22	15	5	4	22
	no es necesario	8	5	3	2	8
	factible	9	6	2	3	8
	fraternal	8	8	3	2	12
	multiples servicios	4	4	3	1	8
	comodidad	5	7	2	3	6
	movilidad	3	5	1	2	8
	a pagar 50- 100	21	15	6	5	25
	mas de 100	3	2	1	1	4
	le gustaria	24	16	7	6	29
	no le gustaria	6	4	1	0	1

## **ANEXO F**

# **ESTRUCTURA Y DISEÑO DE LOS PANELES SOLARES Y LAS TORRES AUTOSOPORTADAS**



**Tablero de distribución**



## **TORRE AUTOSOPORTADA DE 30Mt de ALTURA**

### **Características:**

Las torres auto soportadas serán tubulares de forma triangular con un área de lado en la base de 3mt. A medida que la torre va creciendo, los laterales se van reduciendo hasta llegar a una longitud no menor de 45Cm por lado de la torre en los últimos tres tramos.

La fabricación de las torres será con tubos de varias medidas tanto para los parantes como para los tubos transversales.

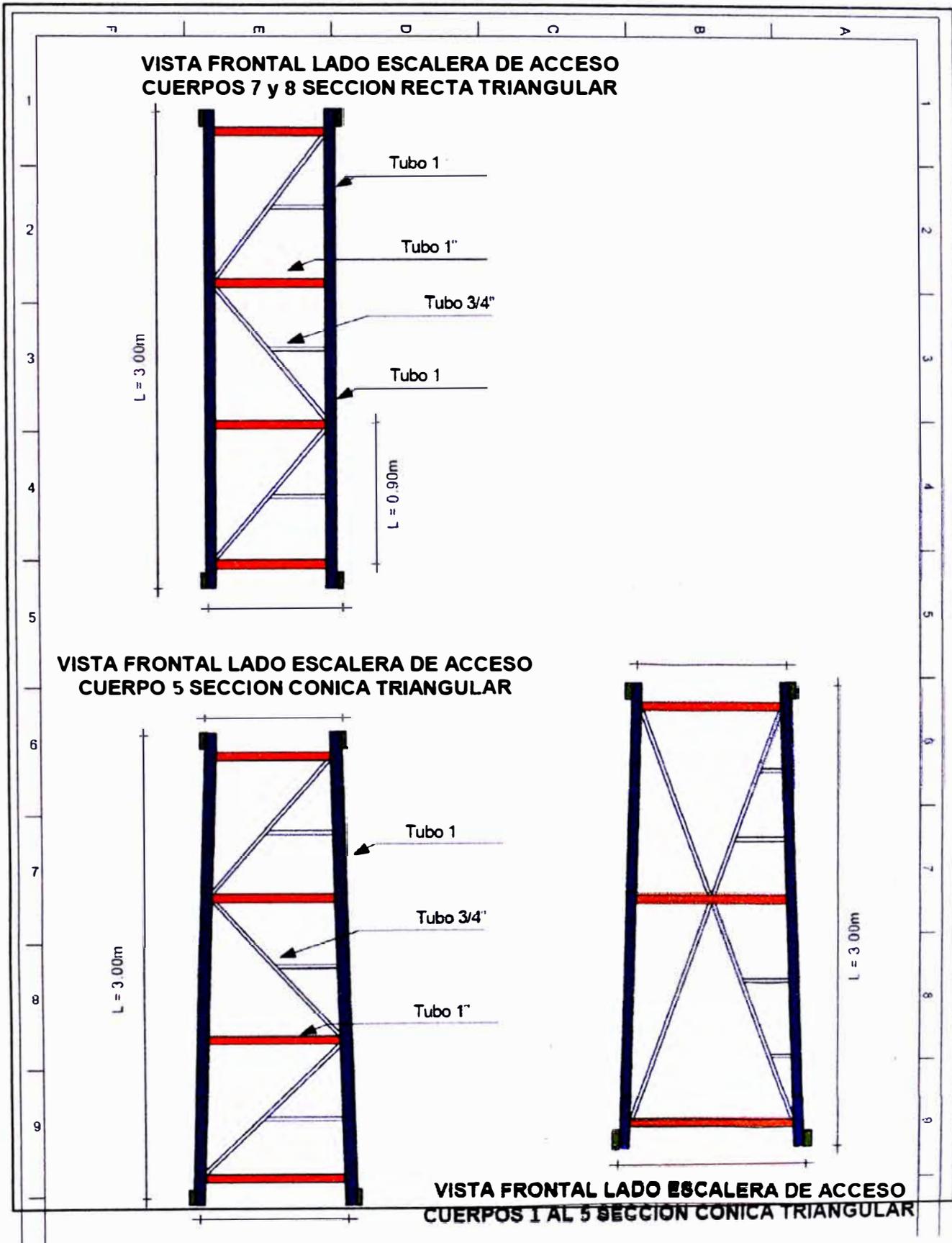
### **Tramos de torre**

- Tramos Base. Tendrá una altura de 3mt, como todos los tramos, las patas estarán separadas a una distancia de 2.5mt por lado y en la parte superior se reducirá con una inclinación de 6° aproximadamente.
- Tramos secundarios. Son los q continúan al tramo base las medidas coincidirán con las del tramo base y su acoplamiento será por embone y/o bridas teniendo un amarre de seguridad de un pasador con perno de 5" de largo x 5/8" de diámetro en cada parante lateral de la torre.
- Tramos finales. Estos tramos no tendrán inclinación, serán rectos, cada lado no será menos de 45Cm, mayormente en estos tramos estarán instaladas las antenas.

### **Materiales**

Cada tramo tendrá parantes laterales con tubos redondos de 2", reduciéndose estos a medida q la torre va creciendo, amarres horizontales y diagonales con tubos de 1 ½", 1" y ¾", bridas con plancha de 3/8", con pernos de ½" y/o pasadores con pernos de 5" x 5/8", patas con planchas de 3/8" de espesor, todos los materiales serán galvanizado

Vista de una torre autoportada de 30 metros



Fuente: Elaboración Propia

**ANEXO G**  
**DESCRIPCIÓN DE LOS COSTOS DE EQUIPAMIENTO**

### Costos del equipamiento necesarios para los Pararrayos

Ítem	EQUIPAMIENTO	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	SUB TOTAL
1	Pararrayos Tetrapuntual	100.00	4	400.00
2	Mástil: un tubo estándar de Fe de 1"x1.6m y accesorios de instalación	50.00	4	200.00
3	Tubo protector Tubo de PVC de 1" 2x2 m y accesorios de instalación	25.00	4	100.00
4	Terminales para cable de acero de 50mm <sup>2</sup>	1.50	4	6.00
5	Cable de cobre electrolítico desnudo de 50 mm <sup>2</sup>	7.00	4	28.00
6	Kit de Alineadores de Cables	7.00	4	28.00
7	Caja de registro	18.00	4	72.00
8	Kit de Soldadura Exotérmica	25.00	4	100.00
9	Disipador de Alta Transferencia DAT (Conductor plano de gran superficie)	75.00	4	300.00
10	Cemento Conductivo, presentación bolsas de 12.50	25.00	4	100.00
11	Tierra de cultivo (m <sup>3</sup> )	1.50	4	6.00
12	Servicio de instalación de Sistema de Protección-Pararrayo y conexión a puesta a tierra	235.00	4	940.00
<b>COSTO EN DÓLARES AMERICANOS SIN I.G.V.</b>			<b>USD</b>	<b>2280.00</b>

### Costos del equipamiento necesarios para el Pozo a tierra

Ítem	EQUIPAMIENTO	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	SUB TOTAL
1	Caja de registro	13.50	4	54.00
2	Tierra de cultivo (m <sup>3</sup> )	1.00	4	4.00
3	Cemento Conductivo, presentación bolsas de 12.50	25.00	4	100.00
4	Disipador de Alta Transferencia DAT (Conductor plano de gran superficie)	75.00	4	300.00
5	Kit de Soldadura Exotérmica	25.00	4	100.00
6	Cable de cobre electrolítico desnudo de 50 mm <sup>2</sup>	7.00	4	28.00
7	Terminales para cable de acero de 50mm <sup>2</sup>	3.20	4	12.80
8	Platina de cobre Electrolítico 2x15 mm	5.00	4	20.00
9	Interruptor Termomagnético 260, 220 V / 10 KA (60 Hz)	20.30	4	81.20
10	Tablero PDB 40x35x15 cm	30.00	4	120.00
11	Servicio de instalación de Sistemas PAT	235.00	4	940.00
<b>COSTO EN DÓLARES AMERICANOS SIN I.G.V.</b>			<b>USD</b>	<b>1760.00</b>

### Costos del equipamiento necesarios para las torres

Ítem	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	SUB TOTAL
1	Suministro torre autosoportada Triangular de 30m.	8 822.44	4	35 288.96
2	Instalación de torre	1560.00	4	6 240.00
3	Suministro de escalerilla de 30 para recorrido de cables	1012.50	4	4 050.00
4	Instalación de soporte con doble anillo tubular para antenas de RF	163.80	4	327.60
5	Instalación de soporte tipo ménsula fija para Antenas de TX	20.48	4	143.36
<b>COSTO EN DÓLARES AMERICANOS SIN I.G.V.</b>			<b>USD</b>	<b>46049.96</b>

## BIBLIOGRAFÍA

1. Percy Fernandez Pilco, "IMT-2000: LA TERCERA GENERACIÓN DE LA TELEFONÍA MÓVIL", Revista Empresa Privada Año III Numero 32, 2001.
2. Harri Holma, "WCDMA FOR UMTS: Radio Access for Thrid Generation MobileCommunications", John Wiley & Sons, 2001.
3. Luis Mendo Tomas, "TESIS DOCTORAL: CAPACIDAD DE SISTEMAS CELULARES W-CDMA", Universidad Politécnica de Madrid - Madrid, 2001.
4. Carlos Navarro, "HACIA LA TERCERA GENERACION CELULAR: ESTANDARES, DATOS E INTELIGENCIA", Lucent Technologies– Mundo electrónico. Numero 287, CETISA - BOIXAREU Editores - Barcelona, 1998.
5. Clint Smith, "3G Wireless Networks", McGraw-Hill - New York, 2002.
6. Harri Holma and Antti Toskala, „WCDMA for UMTS – Radio Access for Third Generation Mobile Communications“, John Wiley & Sons, 2004.
7. Kaaranen Heikki, Ahtiainen Ari, Laitinen Laura, Naghian Siamak, Niemi Valtteri, „UMTS NETWORKS – Architecture, Mobility and Services, John Wiley & Sons, 2001.
8. Victor Hinostroza, "Técnicas de acceso múltiple, Universidad Autónoma de la ciudad de Juárez, México, 2007.
9. Paradells Aspas Josep, „VI CATEDRA DE TELECOMUNICACIONES – Comunicaciones Móviles de Tercera Generación“, 2008.
10. Mats Nilsson, "NORMAS DE ACCESO DE RADIO DE TERCERA GENERACIÓN". Ericson Review No 3, 1999. [http://www.ericsson.com/ericsson/corpinfo/publications/review/1999\\_03/files/es1999031.pdf](http://www.ericsson.com/ericsson/corpinfo/publications/review/1999_03/files/es1999031.pdf).
11. "Mobile WiMAX – Part I: A Technical Overview and Performance Evaluation", WiMAX Forum, 2006.
12. Dit UPM, "UTRAN: Protocolos de radio", Universidad Politécnica de Madrid, España, 2007.
13. The ETSI UMTS Terrestrial Radio Access (UTRA) ITU-R RTT – Candidate Submission, 2007. <http://www.comlab.hut.fi/opetus/238/utra.pdf>

14. Chevallier Christopher, Brunner Christopher, Garavaglia Andrea, P. Murray Kevin, R. Baker Kenneth, „WCDMA (UMTS) Deployment Handbook – Planning and Optimization Aspects“. John Wiley & Sons, 2006.
15. “Perfil Sociodemográfico del Departamento de Ancash”, Oficina Departamental Ancash - INEI, 2007.
16. Sitio oficial del Ministerio de Transportes y Comunicaciones URL: <http://www.mtc.gob.pe/portal/comunicacion/concesion/registros/mf/banda824.html>
17. Diagnóstico de las distorsiones generadas por la Regulación para la prestación de servicios públicos de Telecomunicaciones en áreas rurales de Perú, Ministerio de Transporte del Perú (MTC), 2009.
18. INEI, Tecnologías de Información y Comunicaciones en los Hogares, ENAHO 2003/2004, Lima, 2005.
19. Unión Internacional de Telecomunicaciones <http://www.itu.int/home/imt.html>
20. Ibrahim Ghaleb, “IMT-2000 (3G) Standars Overview”, Universidad de Alexandria – Facultad de Ingeniería, 2002.
21. MTC, “Latinoamérica rumbo a la convergencia de las telecomunicaciones: Perú crecimiento potencial de las Tics”, 2005.
22. INEI, Principales Indicadores demográficos, sociales y económicos de Ancash, Censos Nacionales 2007: Población y Vivienda, 2008.
23. Sitio oficial del Instituto Nacional de Estadística e Informática URL: <http://www.inei.gob.pe>.
24. MTC, “ESTADÍSTICAS DE SERVICIOS PÚBLICOS DE TELECOMUNICACIONES A NIVEL NACIONAL”, Secretaría de comunicaciones, 2007.
25. OSIPTEL, “Estudio sobre network access points” [http://www.osiptel.gob.pe/OsiptelDocs/gcc/noticias\\_publicaciones/presentaciones/2007/PresentacionConsultoriaNAP.pdf](http://www.osiptel.gob.pe/OsiptelDocs/gcc/noticias_publicaciones/presentaciones/2007/PresentacionConsultoriaNAP.pdf) , 2007.
26. Sitio oficial del Fondo de Inversión en Telecomunicaciones (FITEL) URL: <http://www.fitel.gob.pe/>
27. FITEL, “Elaboración del Estudio de Línea de Base para el Programa de Implementación del Servicio de Banda Ancha para Localidades Aisladas”, [http://www.fitel.gob.pe/documentos.php?ID=72&tipo=H&pagina=contenidos/Archivos/pres\\_apoyo\\_lb\\_bas.pdf](http://www.fitel.gob.pe/documentos.php?ID=72&tipo=H&pagina=contenidos/Archivos/pres_apoyo_lb_bas.pdf), 2008
28. La brecha de inversión en infraestructura de servicios públicos en el Perú. INSTITUTO PERUANO DE ECONOMÍA – IPE. Lima, 2006.
29. Alfredo Magan, “ESTUDIO DE BANDA ANCHA EN EL PERU 2005-2010”. Lima, 2006.
30. Marcial López, “Sistema de comunicaciones de Microondas”, UNI-FIEE, 2005: <http://aniak.uni.edu.pe/sdemicro/CH%202%20%20Planificacion%202005-1.pdf>

31. Pablo Díaz, "Soluciones Prácticas para la Puesta a Tierra, Mc Graw Hill, México, 2001.
32. Eltek Energy (Notas), "Conceptos de Sistemas de Energía y Protección", Lima, 2006.
33. AC Data Systems Surge Suppression Solutions (Notas),"Surge Suppression Solutions", Idaho - EEUU, 2002.
34. PMI, Guía de los fundamentos de la Dirección de Proyectos" PMI, 2004
35. Daniel Guillén. Tesis para optar por el título de Ingeniero. "Diseño de una red de telefonía móvil de tercera generación WCDMA para la ciudad de Tacna", 2009.
36. Andrew, Product Specifications: HP10-57W, 2010.  
<http://awapps.commscope.com/catalog/andrew/pdf/part/HP10-57W-D3A.aspx?id=27334>
37. Huawei Technologies, datasheets WCDMA distributed base station dbs3800  
[www.laneros.com/attachment.php?attachmentid=138125&d...](http://www.laneros.com/attachment.php?attachmentid=138125&d...)
38. Miguel Romero, Tesis para optar por el título de Ingeniero. "Diseño de una red HSDPA para la ciudad de Arequipa", 2009.
39. Definición y modelos de torres autosoportadas. Fuente en internet,  
<http://www.taringa.net/posts/apuntes-y-monografias/4819539/Torres-de-celulares.html>.