

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ

Diseño de una Red para un Servicio Portador en la Ciudad de Arequipa

Tesis para optar el Título de Ingeniero de las Telecomunicaciones, que presenta el
bachiller:

Andrés Valdivieso Arispe
José Carlos Bustamante Miranda

ASESOR: Percy Fernández Pilco

Lima, abril del 2011

Resumen

El presente proyecto de tesis consiste en desarrollar un análisis de los diferentes aspectos que se presentan en el diseño de una red de un operador local, la cual posee una red de transporte compuesta por troncales de microondas, y una red de acceso se emplea la tecnología WIMAX fija. El lugar donde se desplegará dicha red es en la provincia de Arequipa, debido a que presenta características interesantes de desarrollo económico, asimismo es la segunda ciudad más poblada del Perú.

El primer capítulo de esta tesis nos muestra el marco teórico, cuyos temas principales son las transmisiones por microondas, la tecnología MPLS (Multi Protocol Label Switching) y WIMAX. El segundo capítulo nos dará una referencia clara del lugar donde se desarrollará este trabajo, abarcando un análisis demográfico, socioeconómico y del estado actual de las telecomunicaciones en la ciudad de Arequipa.

El tercer capítulo nos muestra la estimación del mercado meta, para luego definir los servicios a brindar, una vez implementada la red.

El cuarto capítulo abarca los temas de la planificación de la red, determinando la cantidad de recursos a necesitar y como estos serán distribuidos. Finalmente, el último capítulo nos muestra el balance económico del proyecto.

El quinto capítulo, se proponen los costos de inversión y de mantenimiento del proyecto. Por último se plantearan las conclusiones y recomendaciones que se han obtenido en la elaboración de este proyecto de tesis.

Índice

Índice	ii
Lista de Figuras	iv
Lista de Tablas	v
Glosario	vi
Introducción	8
1.MARCO TEÓRICO	9
1.1 Transmisiones Por Microondas	9
1.1.1 Espectro De Radio Frecuencia.....	9
1.1.1.1 Plan Nacional De Atribución De Frecuencias	10
1.1.2 Radiopropagación	12
1.1.2.1 Consideraciones De Línea De Vista.....	12
1.1.2.2 Radio De La Tierra Y Factor K	13
1.1.2.3 Mecanismos De Propagación Estándar.....	14
1.1.2.4 Mecanismos Anómalos De Propagación.....	14
1.1.3 Sistemas Punto A Punto De Microondas	15
1.1.3.1 Zona De Fresnel Y Reglas De Clearance	15
1.1.3.2 Presupuesto Del Enlace.....	16
1.1.4 Tecnologías De Multiplexación	16
1.1.4.1 La Jerarquía Digital Síncrona	16
1.1.4.2 Estructura De Multiplexación	17
1.1.4.3 Estructura De La Trama SDH.....	19
1.1.4.4 Ventajas De SDH.....	20
1.2 MPLS	20
1.2.1 Elementos De MPLS.....	21
1.2.2 Protocolos Importantes	23
1.2.3 Arquitectura De MPLS.....	23
1.2.4 Modo De Operación.....	24
1.2.5 Calidad De Servicio	25
1.2.5.1 Descripción General.....	25
1.2.5.2 Identificación De Las Clases De Servicio.....	26
1.2.6 Conclusiones Y Ventajas De MPLS	30
1.3 WiMAX	31
1.3.1 Qué es WiMAX	31
1.3.2 Capa Física Y MAC	31
1.3.2.1 Capa Física	31
1.3.2.2 Capa MAC.....	32
1.3.3 Ventajas Y Desventajas de WiMAX	33
2. ANÁLISIS DEMOGRÁFICO Y SITUACIÓN ACTUAL DE LAS TELECOMUNICACIONES EN LA PROVINCIA DE AREQUIPA	34
2.1 Información Socioeconómica De Arequipa Metropolitano	34
2.1.1 Datos Generales	34
2.1.2 Área Metropolitana De Arequipa	35
2.1.3 Crecimiento Poblacional.....	36
2.1.4 Información Económica De La Zona.....	38
2.2 Situación Actual De Las Telecomunicaciones En Arequipa	41
2.2.1 Telefonía Fija.....	41
2.2.2 Telefonía Móvil.....	42

2.2.3 Servicio De Internet.....	44
2.2.4 Televisión Por Cable	46
2.2.5 Comparación Entre Arequipa Departamento Y Región.....	47
3.DETERMINACION DE LA DEMANDA Y LOS SERVICIOS A BRINDAR	49
3.1 Análisis Del Mercado Corporativa En La Ciudad De Arequipa	49
3.1.1 Mercado Corporativo	49
3.1.2 Proyección Del Mercado Corporativo En Arequipa.....	52
3.1.3 Establecimiento Del Mercado Meta.....	54
3.2 Determinación De Los Servicios A Ofrecer	56
3.2.1 Análisis De La Competencia.....	57
3.2.1.1 Internet	57
3.2.1.2 VPN	59
3.2.2 Servicios A Ofrecer	60
3.2.2.1 VPN	60
3.2.3 Evolución Y Perspectiva De Los Servicios	61
4. INGENIERÍA DEL PROYECTO	66
4.1 Topología De La Red.....	66
4.1.1 Determinación Del Número De Estaciones Base.....	68
4.1.2 Plan De Canalización.	71
4.2 Red De Acceso	73
4.3 Red De Transporte	79
4.4 Especificaciones Técnicas Del Equipamiento.....	82
4.4.1 Terminales En El Local Del Cliente.	82
4.4.2 Equipamiento De La Red De Acceso	82
4.4.3 Equipamiento De La Red Transporte.....	85
4.5 Características Técnicas De La Infraestructura.....	86
4.5.1 Subsistema De Protección.	86
4.5.2 Subsistema De Energía.....	86
4.5.3 Torres	87
5. ANÁLISIS DE LOS COSTOS DE INVERSIÓN Y OPERACIÓN.....	89
5.1 Costos De Inversión E Instalación.....	89
5.1.1 Red De Transporte	89
5.1.2 Red De Acceso	90
5.2 Gastos De Operación Y Mantenimiento	91
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	93
Bibliografía	95

Lista De Figuras

FIGURA 1.1 ESQUEMA DE UN ENLACE LOS	12
FIGURA 1.2 ESQUEMA DE UN ENLACE N-LOS.....	13
FIGURA 1.3 ESQUEMA DE UN ENLACE NLOS.....	13
FIGURA 1.4 ESTRUCTURA DE MAPEO DEL SDH	18
FIGURA 1.5 ESTRUCTURA DEL CUADRO SDH.....	20
FIGURA 1.6 RED MPLS	22
FIGURA 1.7 ESTRUCTURA DE LA CABECERA MPLS	23
FIGURA 1.8 RED DE TRANSPORTE MPLS.....	27
FIGURA 2.1 MAPA DE LA PROVINCIA DE AREQUIPA.....	35
FIGURA 2.2 POBLACIÓN CENSADA Y TASA DE CRECIMIENTO EN AREQUIPA	36
FIGURA 2.3 POBLACION DE LOS DISTRITOS DE LA CIUDAD DE AREQUIPA	38
FIGURA 2.4 DISTRIBUCION DE LA PEA OCUPADA SEGUN RAMA DE ACTIVIDAD.....	40
FIGURA 2.5 EVOLUCION DE LINEAS EN SERVICIO DE TELEFONIA FIJA	41
FIGURA 2.6 EVOLUCION DE TELEFONIAFIJA EN AREQUIPA.....	42
FIGURA 2.7 EVOLUCION DE LINEAS EN SERVICIO DE TELEFONIA MOVIL.....	42
FIGURA 2.8 EVOLUCION DE TELEFONIA MOVIL EN AREQUIPA.	43
FIGURA 2.9 EVOLUCION DEL NUMERO DE SUSCRIPTORES DE INTERNET	46
FIGURA 2.10 EVOLUCION DEL NUMERO DE SUSCRIPTORES DE TV POR CABLE	47
FIGURA 2.11 SERVICIO DE TELECOMUNICACIONES EN EL DEPARTAMENTO Y REGION DE AREQUIPA.....	48
FIGURA 3.1 INTERNET 1:1 TELMEX VS TELEFONICA DEL PERU	58
FIGURA 3.2 INTERNET TELMEX 1:1 2:1 8:1.....	59
FIGURA 3.3 VPN TELMEX VS TELEFONICA	60
FIGURA 3.4 PROGRESO TECNOLOGICO	62
FIGURA 3.5 USO ACTUAL DE SERVICIOS SOPORTADOS POR WIMAX .	63
FIGURA 3.6 CRECIMIENTO DE EQUIPOS Y SERVICIOS WIMAX	63
FIGURA 3.7 COSTOS,CAPACIDAD Y GANANCIA EN REDES	64
FIGURA 3.8 CRECIMIENTO MPLS 2004-2006.....	64
FIGURA 3.9 CRECIMIENTO MPLS 2006-2008.....	65
FIGURA 3.10 RENTABILIDAD MPLS.....	65
FIGURA 4.1 FASES DE EXPANSION DE LA RED.	67
FIGURA 4.2 MERCADO META POR FASE.....	68
FIGURA 4.3 TOPOLOGIA DE LA RED.....	71
FIGURA 4.4 ELEMENTOS DE UN RADIOENLACE.	79
FIGURA 4.5 BREEZEMAX 3500 - TARJETAS.	83
FIGURA 4.6 BREEZEMAX 3500 – TARJETAS B.....	84
FIGURA 4.7 SISTEMA DE RESPALDO DE ENERGIA.....	87
FIGURA 4.8 TORRE AUTOSOPORTADA	88

Lista De Tablas

TABLA 1.1 CUADRO DE ATRIBUCIÓN DE BANDAS DE FRECUENCIAS .	11
TABLA 1.2 PLAN DE CANALIZACIÓN PARA EL RANGO DE 17700 A 19700 MHZ.....	12
TABLA 1.3 CALIDAD DE SERVICIO Y SUS PARAMETROS	28
TABLA 1.4 TIPO DE CALIDAD DE SERVICIO SEGUN LA ITU-T	29
TABLA 2.1 PRINCIPALES EMPRESAS POR RUBROS EN AREQUIPA	37
TABLA 2.2 DISTRIBUCIÓN DE LA PEA POR DISTRITOS	39
TABLA 2.3 EXPANSION DEL SERVICIO MOVIL Y FIJO POR DEPARTAMENTO.....	44
TABLA 2.4 EVOLUCION DEL NUMERO DE SUSCRIPTORES DE INTERNET.	45
TABLA 2.5 EVOLUCION DEL NUMERO DE SUSCRIPTORES DE TV POR CABLE.....	46
TABLA 2.6 SERVICIO DE TELECOMUNICACIONES EN DEPARTAMENTO Y REGION.....	47
TABLA 3.1 PRINCIPALES CENTROS COMERCIALES EN LA CIUDAD DE AREQUIPA.	51
TABLA 3.2 ESTABLECIMIENTOS CENSADOS POR CATEGORIA	52
TABLA 3.3 PROYECCION DE ESTABLECIMIENTOS DURANTE EL TIEMPO DE VIDA DEL PROYECTO.....	53
TABLA 3.4 NUMERO DE ESTABLECIMIENTOS POR ACTIVIDAD ECONOMICA A NIVEL DE DISTRITO PARA EL AÑO 2016.....	54
TABLA 3.5 MERCADO META POR DISTRITOS.....	55
TABLA 3.6 MERCADO META POR FASES	56
TABLA 3.7 APLICACIONES WIMAX.....	62
TABLA 4.1 CONSUMO DE BW POR SECTOR DE COMERCIO.	69
TABLA 4.2 DEMANDA DE BW Y NUMERO DE ESTACIONES BASE POR DISTRITO.....	70
TABLA 4.3 DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS POR EL MTC.....	72
TABLA 4.4 DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS	72
TABLA 4.5 SECTORIZACION DE LAS FRECUENCIAS	73
TABLA 4.6 CALCULO DE COBERTURA – EB AREQUIPA 1	78
TABLA 4.7 CALCULO DE LA ZONA DE FRESNEL DEL ENLACE 1	81
TABLA 4.8 PERDIDAS EN EL ESPACIO LIBRE DEL ENLACE 1	81
TABLA 4.9 EQUIPAMIENTO RED DE ACCESO	83
TABLA 4.10 CARACTERISTICAS DE LAS ANTENAS	84
TABLA 4.11 EQUIPAMIENTO DE LA RED DE TRANSPORTE.....	85
TABLA 4.12 ESPECIFICACIONES TECNICAS DE LAS ANTENAS	85
TABLA 5.1 CAPEX.....	91
TABLA 5.2 OPEX	92

Glosario

ATM	Asynchronous Transfer Mode
AU	Administrative Unit
AWG	Access Gateway
BPSK	Binary Phase Shift Keying
CPS	Common Part Sublayer
CS	Convergence Sublayer
DBW	Dedicated Bandwidth
FEC	Forwarding Equivalence Class
FTP	File Transfer Protocol
HGW	Home Gateway
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IETF	Internet Engineering Task Force
IP	Internet Protocol
LDP	Label Distribution Protocol
LER	Label Edge Router
LOS	Line of Sight
LSP	Label Switched Path
LSR	Label Switching Router
MAC	Medium Access Control
MPLS	Multiprotocol Label Switching
MSOH	Multiplexing Section Overhead
NLOS	None Line of Sight
N-LOS	Near Line of Sight
NSP	Network Service Provider
NT	Network Termination
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing
OFDMA	Orthogonal Frequency Division Multiple Access
PDH	Plesiochronous Digital Hierarchy
POH	Path Overhead
QAM	Quadrature Amplitude Modulation
QoS	Quality of Service
QPSK	Quadrature Phase Shift Keying

RF	Radio Frequency
RGW	Residential Gateway
RSOH	Regeneration Section Overhead
SBW	Statistical Bandwidth
SDH	Synchronous Digital Hierarchy
SDU	Service Data Units
SOH	Section Overhead
STM	Single Transfer Mode
TDM	Time Division Multiplexing
TTL	Time to Live
TU	Tributary Unit
TUG	Tributary Unit Group
UDP	User Datagram Protocol
VoIP	Voice over IP
Wi-Fi	Wireless Fidelity
WIMAX	Worldwide Interoperability for Microwave Access

Introducción

En la actualidad existe un gran crecimiento del sector empresarial, lo cual trae consigo una demanda de mayor competitividad y eficacia por parte de las organizaciones que lo forman. Para lograr esta competitividad y destacar en el mercado es de vital importancia la comunicación interna de la compañía. Pese al crecimiento actual ya comentado, las empresas se están expandiendo, contando cada vez con más locales que necesitan comunicarse con alto grado de eficiencia.

Una alternativa bastante factible para satisfacer el panorama anterior es la comunicación por medio de troncales de enlaces microondas, el cual se caracteriza por su implementación sencilla, a comparación de troncales de fibra óptica, ya que no es necesario realizar grandes obras civiles para su tendido. Por otro lado, realizar tendidos de fibra óptica demanda costos elevados así como mayor tiempo en la ejecución de los proyectos de implementación de la red.

Así mismo, debido a las diversas aplicaciones de comunicación que existen actualmente, es necesario priorizar la clase de información que se está enviando, lo cual se logrará mediante la red MPLS (Multi Protocol Label Switching).

El presente trabajo tiene como objeto mostrar el diseño de una red MPLS/VPN con un core de microondas para la ciudad de Arequipa. Así mismo, el modo de de acceso se basará en el estándar IEEE 802.16-2004 (WiMAX fija).

CAPÍTULO 1

MARCO TEÓRICO

1.1 Transmisiones Por Microondas

La transmisión por microondas es una alternativa de transmisión muy atractiva para aplicaciones que van desde brindar cobertura a áreas de población de países en desarrollo que no cuentan con una muy buena infraestructura, a la implementación rápida de redes de telecomunicaciones en países desarrollados e industrializados.

1.1.1. Espectro De Radio Frecuencia

Las ondas de radio y microondas son formas de energía electromagnética que comúnmente estas descritas con el termino de radio frecuencia o RF. Las emisiones de radio frecuencia pueden ser discutidas en términos de energía, radiación, o campo.

La radiación es la propagación de energía en forma de ondas a través del espacio, mientras que la radiación electromagnética puede ser descrita como ondas de energía eléctrica y magnética desplazándose juntas. Estas ondas son generadas por el movimiento de cargas eléctricas en objetos de metal conductivos o antenas.

La parte de radio frecuencia en el espectro electromagnético está definido generalmente en la zona donde las ondas electromagnéticas tienen frecuencias en el rango de 3kHz a 300GHz

1.1.1.1. Plan Nacional de Atribución de Frecuencias

El Plan Nacional de Atribución de Frecuencias (PNAF) tiene como objetivo la segmentación del Espectro Radioeléctrico de la República del Perú. Este plan contiene los cuadros de atribución de frecuencias de los diferentes servicios de telecomunicaciones, de tal forma que cada uno de estos opere en una banda asignada, a fin de minimizar las interferencias perjudiciales (causada por otros servicios u operadores) y poder asegurar su operatividad.

La red a implementar va brindar un servicio de radiocomunicación, el cual implica la transmisión, la emisión, o la recepción de ondas radioeléctricas para fines específicos de telecomunicación **[Sección III- Servicios Radioeléctricos -PNAF]**. Este servicio debe de operar con la autorización de la Administración Peruana de Telecomunicaciones cumpliendo con lo especificado en el cuadro de atribución de bandas de frecuencias y sus notas adicionales.

A continuación mostramos el cuadro de atribución de frecuencias establecido por el PNAF (Plan Nacional de Atribución de Frecuencia).

TABLA 1.1 CUADRO DE ATRIBUCIÓN DE BANDAS DE FRECUENCIAS

Fuente: [PNA2009]

REGION 2	PERU	NOTAS Y OBSERVACIONES
	ATRIBUCION	
21,2 - 21,4 EXPLORACION DE LA TIERRA POR SATELITE (pasivo) FIJO MOVIL INVESTIGACION ESPACIAL (pasivo)	21,2 - 21,4 FIJO Exploración de la tierra por satélite (pasivo) Móvil Investigación espacial (pasivo)	P92
21,4- 22 FIJO MOVIL	21,4- 22 FIJO MOVIL	P92
22 - 22,21 FIJO MOVIL salvo móvil aeronáutico	22 - 22,21 FIJO MOVIL salvo móvil aeronáutico	P92
22,21 - 22,5 EXPLORACION DE LA TIERRA POR SATELITE(pasivo) FIJO MOVIL salvo móvil aeronáutico RADIOASTRONOMIA INVESTIGACION ESPACIAL (pasivo)	22,21 - 22,5 FIJO Exploración de la tierra por satélite (pasivo) Móvil salvo móvil aeronáutico Radioastronomía Investigación espacial (pasivo)	P92
22,5 - 22,55 FIJO MOVIL	22,5 - 22,55 Fijo Móvil	P92
22,55 - 23 FIJO ENTRE SATELITES MOVIL	22,55 - 23 FIJO Entre Satélites Móvil	P92
23 - 23,55 FIJO ENTRE SATELITES MOVIL	23 - 23,55 FIJO Entre satélites Móvil	P92
23,55 - 23,6 FIJO MOVIL	23,55 - 23,6 FIJO Móvil	P92
23,6 - 24 EXPLORACION DE LA TIERRA POR SATELITE (pasivo) RADIOASTRONOMIA INVESTIGACION ESPACIAL (pasivo)	23,6 - 24 EXPLORACION DE LA TIERRA POR SATELITE (pasivo) RADIOASTRONOMIA INVESTIGACION ESPACIAL (pasivo)	

Según [PNA2009], P-92. Las bandas de 4 400 - 5 000 MHz, 5 925 - 6 425 MHz, 6 430 - 7 110 MHz, 7 125 - 8 275 MHz, 10 700 - 11 700 MHz, 12 750 - 13 250 MHz, 14 400 - 15 350 MHz, 17 700 - 19 700 MHz, 21,2 - 23,6 GHz y 37 - 38,6 GHz, pueden ser utilizadas para radioenlaces digitales para la prestación de servicios públicos de telecomunicaciones, según los planes de canalización correspondientes

Para los servicios de telecomunicaciones considerados en el Plan Nacional de Atribución de Frecuencias se elaboran planes de canalización de frecuencias. Según la resolución viceministerial N°102-98-MTC-15-03 se aprobó la canalización de bandas para servicios con sistemas de radioenlaces analógicos y digitales y para enlaces fijos y móviles auxiliares a la radiodifusión por televisión.

TABLA 1.2 PLAN DE CANALIZACIÓN PARA EL RANGO DE 17700 A 19700 MHZ

Fuente: [MTC2009]

Radiocanales de Ida		Radiocanales de retorno	
CANAL	FRECUENCIA	CANAL	FRECUENCIA
1	21.2250	1'	224.250
2	212.375	2'	224.375
3	212.500	3'	224.500
4	212.625	4'	224.625
5	212.750	5'	224.750
6	212.875	6'	224.875
7	213.000	7'	225.000
8	213.125	8'	225.125
9	213.250	9'	225.250
10	213.375	10'	225.375

1.1.2 Radiopropagación

1.1.2.1 Consideraciones de Línea de Vista

Las comunicaciones punto a punto operan considerando el aspecto de visibilidad. Este aspecto está referido al requerimiento de un camino libre entre las antenas parabólicas, este concepto es el de línea de vista (Line of Sight, LOS). La línea de vista existe cuando una camino directo no presenta obstrucciones (Edificios, arboles, lomas, etc.) entre dos puntos separados.

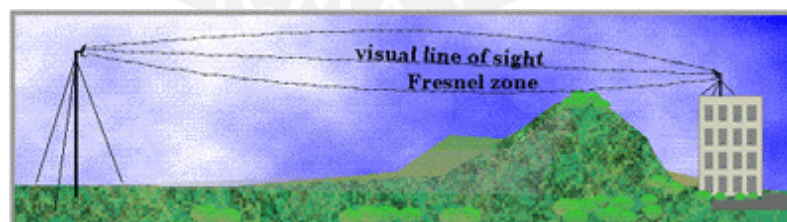


FIGURA 1.1 ESQUEMA DE UN ENLACE LOS

Fuente: [TMX2009]

N-LOS (Near line of Sight):

El término N-LOS describe un trayecto parcialmente obstruido entre la ubicación del transmisor de la señal y la del receptor de la señal.



FIGURA 1.2 ESQUEMA DE UN ENLACE N-LOS

Fuente: [TMX2009]

NLOS (None Line of Sight):

El término NLOS describe un trayecto totalmente obstruido entre la ubicación del transmisor de la señal y la ubicación del receptor de la señal.



FIGURA 1.3 ESQUEMA DE UN ENLACE NLOS

Fuente: [TMX2009]

1.1.2.2 Radio de la Tierra y Factor K

En el libre espacio, la onda electromagnética viaja en una línea recta debido a que el índice de refracción es constante. Sin embargo, dentro de la atmósfera de la tierra la velocidad de la onda es menor a que en el espacio libre, y el índice de refracción decrece con el aumento de la altitud. Por lo tanto, la propagación de la onda puede desviarse tanto para arriba como para abajo con respecto a la línea recta.

La refracción en la atmósfera está descrita por el índice de refracción el cual depende de condiciones como la humedad, temperatura, y presión de la atmósfera.

El factor del radio efectivo de la tierra, k , es definido como el factor que es multiplicado por el radio actual de la tierra para dar como resultado el radio efectivo de la tierra. El radio medio de la tierra en promedio es de 6,371 km.

El factor k , para un lugar en específico puede ser calculado a partir del gradiente de refractividad encontrado en datos locales. Es importante de tener presente que a menores valores de k , la línea de vista será menor; en otras palabras, se necesitarían antenas de mayor altura.

1.1.2.3 Mecanismos de Propagación Estándar

Los mecanismos de propagación estándar son aquellos mecanismos y procesos que ocurren en la presencia de una atmosfera estándar. Estos mecanismos de propagación son propagación en el espacio libre, reflexión, difracción.

Propagación en una atmosfera homogénea. El caso más simple de la propagación de una onda electromagnética es la transmisión de una onda entre un transmisor y receptor en una atmosfera homogénea (Espacio libre), la cual está definida como una región cuyas propiedades son isotrópicas, homogéneas, y libre de pérdidas.

Reflexión. Este mecanismo ocurre cuando una onda electromagnética golpea una superficie y una parte de la energía es reflejada y continua propagándose a lo largo de un camino que define un ángulo con la superficie.

Difracción. Esta ocurre cuando un cuerpo impenetrable obstruye el camino entre el transmisor y el receptor. La onda se tiende a curvar alrededor del objeto que obstruye.

1.1.2.4 Mecanismos Anómalos de Propagación

Las condiciones meteorológicas anómalas pueden ocurrir de manera que pueden cambiar considerablemente la propagación estándar. Una desviación de la refractividad atmosférica normal conduce a condiciones anómalas de propagación como las que vamos a detallar a continuación.

Subrefracción. Esta condición ocurre cuando los movimientos de la atmósfera producen una situación en la cual la distribución de la temperatura y humedad crea un incremento del valor de N (refractividad) con la altitud, produciendo que el camino de la onda se curve hacia arriba, y la energía se desplace fuera de la tierra.

Superrefracción. Las condiciones superrefractivas son asociadas con las variaciones de temperatura y humedad cercanas a la superficie de la tierra. Si la temperatura de la troposfera incrementa con la altura y/o el contenido de vapor de agua decrece rápidamente con la misma, el gradiente de refractividad decrecerá. Resultando que la onda de propagación será inclinada hacia abajo.

Entubamiento (Ducting). Ocurre cuando el gradiente de refractividad decrece más allá del gradiente crítico, y el radio de curvatura de la onda se hace menor que el de la tierra; de manera que golpeará a la misma y será sometida a la reflexión de la superficie.

1.1.3. Sistemas Punto a Punto de Microondas

Las comunicaciones de microondas punto a punto pueden ser logradas por una sola conexión, por ejemplo, un enlace de microondas entre dos estaciones localizadas a puntos fijos específicos o múltiples enlaces en cascadas realizados por un número de repetidores intermedios. La información transmitida puede ser voz, datos, o video. Un sistema de microondas digital consiste en tres componentes básicos.

- Un modem digital
- Una unidad de radio frecuencia.
- Una antena

1.1.3.1 Zona de Fresnel y Reglas de Clearance

El uso de la zona de Fresnel es para verificar si alguna obstrucción penetra la zona, si es que esto pasa existirá atenuación en la señal. La zona de Fresnel está especificada empleando un número ordinal que corresponde al múltiplo de media longitud de onda que representa la diferencia de la distancia del transmisor al receptor de la distancia directa.

El Clearance puede ser descrito como un criterio para garantizar la altura suficiente de las antenas de manera que en el peor caso de refracción, la antena receptora no se encuentre en la región de difracción.

1.1.3.2 Presupuesto del Enlace

El presupuesto del enlace (*Link Budget*) es un cálculo que implica los factores de ganancias y pérdidas asociados con las antenas, transmisores, líneas de transmisión, y el entorno de propagación, empleado para determinar la máxima distancia a la cual el transmisor y receptor pueden operar de manera satisfactoria.

1.1.4 Tecnologías de Multiplexación

1.1.4.1 La Jerarquía Digital Síncrona

SDH (Synchronous Digital Hierarchy) es el estándar internacional de comunicaciones aceptado por la UIT para redes de transmisión de alta capacidad. Básicamente, es un protocolo de transporte que multiplexa diferentes señales dentro de una jerarquía común flexible, y gestiona su transmisión de forma eficiente a través del medio a utilizar (fibra óptica o microondas).

Esta tecnología permite la transmisión de muchos tipos de tráfico tales como voz, video, multimedia y paquetes de datos como los que genera el protocolo IP (Internet Protocol). Para este fin su papel es el de gestionar el ancho de banda eficientemente, detectar fallos y solucionarlos de manera que sea transparente para las capas superiores.

Esta tecnología presenta las siguientes características principales:

- Multiplexación digital: El tráfico digital puede ser transmitido de manera más eficiente y permite la monitorización de fallas para brindar una mejor calidad de servicio.

- Esquemas de protección: Permite la disponibilidad permanente de tráfico. En el caso de que ocurra una falla, el tráfico puede ser conmutado a una ruta alternativa, de manera transparente para el usuario.

-Topologías en anillo: Este tipo de topología permite tener un camino de tráfico alternativo por otro el lado del anillo.

-Gestión de red: Una prestación importante es que la gestión de red se da desde un lugar remoto. Cuenta con software especializado que permiten gestionar los nodos y los caminos desde un solo computador.

-Sincronización: La sincronización debe de estar proporcionada por todos los elementos de la red para asegurar que la información transmitida no se pierda.

Prácticamente todas las redes troncales que están siendo implementadas en la actualidad utilizan SDH. Se espera que esta tecnología domine la transmisión durante unas décadas más, del mismo modo que lo hizo la tecnología PDH (Jerarquía Digital Plesiócrona).

1.1.4.2. Estructura de Multiplexación

La estructura de multiplexación define la forma en que la información es estructurada para construir un marco STM-1. Este modo de mapeo de contenedores está definido por las recomendaciones ITU-T.

La señal STM está construida mediante la estructura mapeada SDH. Las tasas de transmisión de los clientes son mapeadas en contenedores C, el cual es la unidad básica de empaquetamiento para los canales tributarios. Se tiene un tipo de contenedor para cada señal tributaria: C-4 para señales de 140 Mbps, C-3 para 45 y 34 Mbps, C-2 para 6,3 Mbps, C-12 para 2 Mbps, y C-11 para 1,5 Mbps.

Un contenedor virtual (VC) es el conjunto de un contenedor y una cabecera de camino POH (Path Overhead). Esta cabecera tiene como fin de monitorizar la calidad e indicar el tipo de contenedor; por lo tanto, el tamaño de POH va depender del tipo de contenedor. El contenedor virtual es la carga útil que viaja sin sufrir cambios a través de la red.

La siguiente etapa para formar nuestra señal STM consiste en añadir un puntero en una posición fija, el cual indica la posición del contenedor virtual (VC) dentro de la trama SDH. La unidad formada por el puntero y el contenedor virtual se denomina unidad administrativa AU (Administrative Unit), o también unidad tributaria TU (Tributary Unit).

Las unidades tributarias son empaquetados mediante un proceso de multiplexacion por entrelazado de byte, obteniendo una estructura denominada grupo de unidades tributarias o TUG (Tributary Unit Group). Finalmente los TUG son empaquetados a su vez en grupos de unidades administrativas o AUG (Administrative Unit Group). El grupo de unidades administrativas junto al SOH (Section Overhead) forman el STM-N.

La utilización de punteros en SDH, desempeñan básicamente dos funciones principales. La primera es la de identificar la posición de los VCs en la trama correspondiente, que será una AU o TU. De esta manera, permite asignar de forma flexible y dinámica el VC con la información útil dentro de la trama AU o TU. La segunda función del puntero es adaptar la velocidad binaria de los VC a la velocidad binaria del canal de transmisión.

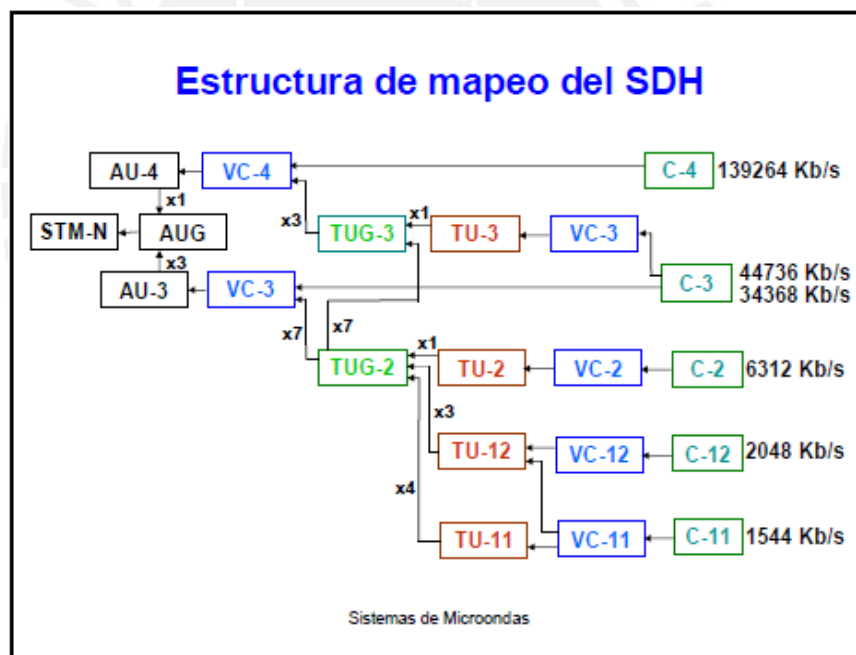


FIGURA 1.4 ESTRUCTURA DE MAPEO DEL SDH

Fuente: [UNI2007]

1.1.4.3. Estructura de la Trama SDH

La tasa de transmisión básica de SDH estándar es 155,520 Mbps (STM-1). La trama STM-1 consiste en 2430 bytes, los cuales se agrupan en un tren de bits agrupados en 8 bytes, que a su vez se arreglan en la forma de tramas que se repiten cada 125us. Estos bytes se organizan dentro de 270 columnas y 9 filas.

La trama se divide en dos partes:

-Sección de cabecera: Está constituida por las 9 primeras columnas y transporta la información diversa, necesaria para administrar la red, corregir errores, sincronizar y para acceder al contenido de la información que se encuentra en la parte de la carga de la trama. A su vez, esta sección está dividida en tres partes:

- RSOH (Regenerator Section Overhead)
- Puntero (Apuntador AU)
- MSOH (Multiplexing Section Overhead)

Los overheads (o taras) son bytes de información que se añaden a la carga con el fin de monitorizarla para la detección de errores. Incluyen además capacidad extra para señalización entre elementos de la sección, para envío de señales de alarma, sincronización, etc.

Los punteros sirven para indicar en qué lugar de carga comienza la información. La ventaja fundamental de este mecanismo radica en la reducción del número de buffers en los nodos, y por lo tanto, en el tiempo de espera que sufre una señal antes de ser transmitida.

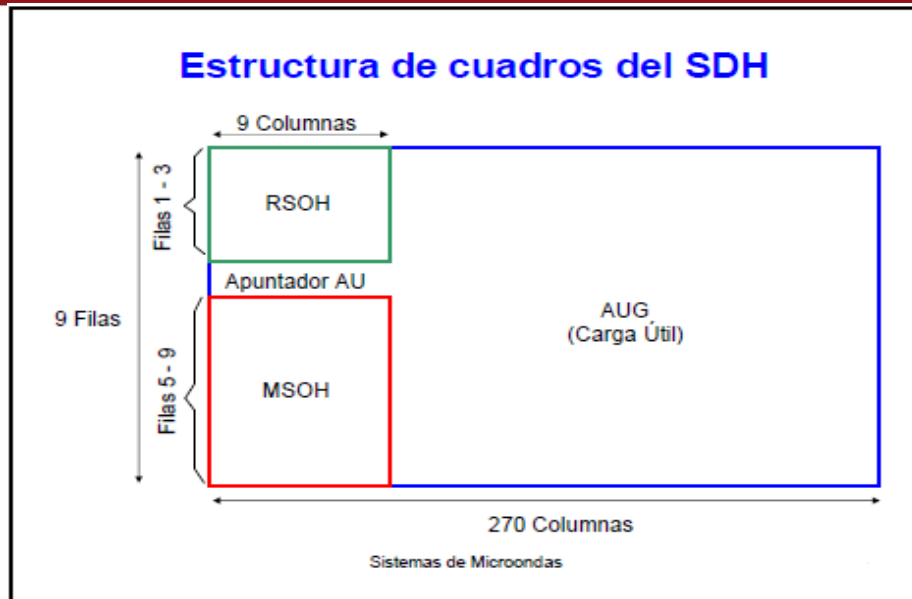


FIGURA 1.5 ESTRUCTURA DEL CUADRO SDH

Fuente: [UNI2007]

1.1.4.4 Ventajas de SDH

El sistema SDH tiene como ventaja principal es que es el primer sistema compatible usado alrededor del mundo. Además de esto, podemos detallar las siguientes ventajas:

- La provisión de la sección de la cabecera, la cual permite administrar los bytes de carga útil.
- La utilización de punteros permite una localización sencilla y rápida de las señales tributarias de la información.
- Compatibilidad entre equipos de diferentes suministradores.
- Posee una arquitectura flexible capaz de acomodar futuras aplicaciones, con tasas variadas de transmisión.

1.2 MPLS

MPLS viene de las siglas de Multiprotocol Label Switching y fue desarrollado por la IETF (Internet Engineering Task Force) y diversos fabricantes como Cisco System, IBM, entre otros. Inicialmente fue creada para unificar el servicio de transporte de datos para redes de capa de Enlace de Datos (por ejemplo ATM y Frame Relay) y

redes de capa de Red (por ejemplo basadas en IP) ya que existía incompatibilidad entre estas dos tecnologías [IET2001].

Actualmente la integración de tecnologías que proporciona MPLS es imprescindible para el funcionamiento eficiente de la red, ya que maximiza parámetros como velocidad, sincronismo y escalabilidad.

Adicionalmente, MPLS brinda la posibilidad de establecer niveles de Clases de Servicio (CoS) adecuadas para las aplicaciones de datos no críticos, datos críticos, voz y video. Al aplicar políticas de calidad de servicio (QoS) sobre el ancho de banda contratado, se configura el servicio asegurando un ancho de banda mínimo para cada tipo de tráfico y al mismo tiempo se define una política de encolamiento diferencial de paquetes en función de la Clase de Servicio en caso de que ocurra un incidente de congestión.

Otra bondad de MPLS es el soporte que brinda para la implementación de Ingeniería de Tráfico, lo cual se refleja al generar el camino que siguen los paquetes y restaurarlo cuando sea necesario.

1.2.1 Elementos de MPLS

Para comprender el funcionamiento de una red MPLS, es necesario conocer sus componentes básicos, los cuales serán presentados a continuación [DOM2009], [IET2001]:

- FEC (Forwarding Equivalence Class)

Grupo de paquetes pertenecientes a un mismo flujo, es decir, que el momento de ingresar a la red por el Router Ingress LER, este les asigna la misma etiqueta y por lo tanto son tratados con igual prioridad. Un FEC puede presentar flujos de diversas aplicaciones en caso sea conveniente, siempre y cuando los mismos recursos sean asignados a todo el tráfico que pertenece a un mismo FEC.

- LSP (Label Switched Path)

Camino que siguen los paquetes pertenecientes a un FEC determinado, de manera que provea las características necesarias que dicho tráfico requiere. Este camino es también comparado con un túnel o circuito virtual. Cabe destacar que los recursos son asignados según el SLA (Service Level Agreement), el cual es un

acuerdo de las características del servicio brindado entre el usuario y el proveedor. Además, el camino LSP también puede conmutar, estática o dinámicamente según sea necesario y/o acordado según el SLA.

- LSR (Label Switching Router)

Router encargado de conmutar paquetes según la etiqueta MPLS asignada. Este tipo de routers se encuentran dentro de la red MPLS y tienen como única función la de conmutar paquetes etiquetados.

- Ingress LER (Label Edge Router)

Este tipo de router se encuentra en el extremo de entrada de la red MPLS y tiene como función realizar la clasificación de paquetes en FEC y etiquetar apropiadamente los paquetes que se enviarán a través de la red según el SLA.

Se encargan de clasificar los paquetes en FEC y colocar las etiquetas. Son routers con alto nivel de procesamiento.

- Egress LER (Label Edge Router)

Este tipo de router se encuentra en el extremo de salida de la red MPLS y tiene como función realizar la clasificación de paquetes en FEC y extraer las etiquetas de cada paquete recibido, de manera que el paquete se obtiene en su forma inicial, es decir, antes del ingreso a la red MPLS. Al igual que los Ingress LER, estos routers deben contar con un alto nivel de procesamiento.

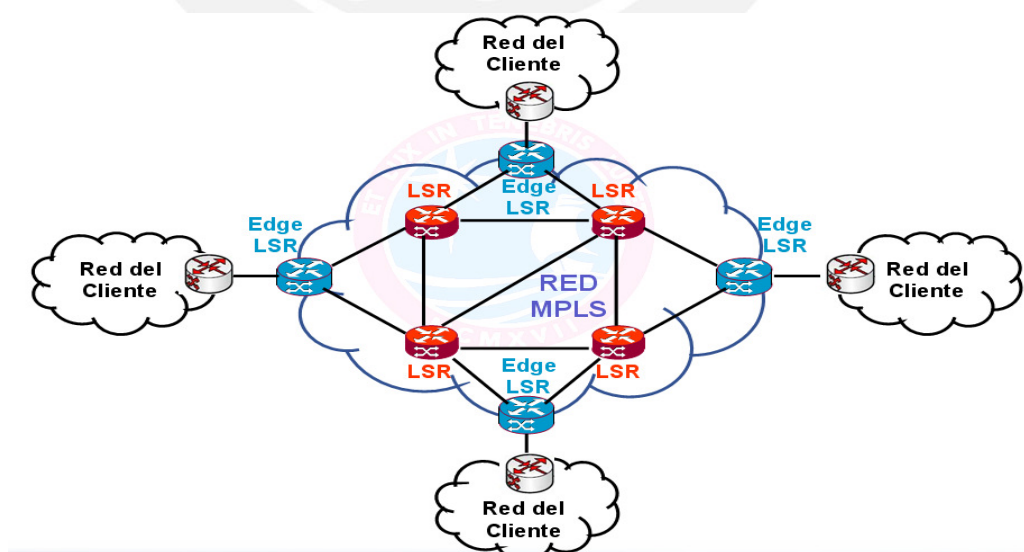


FIGURA 1.6 RED MPLS

Fuente: [DDA2009]

1.2.2 Protocolos Importantes

De forma similar a sus elementos, es importante saber los protocolos que rigen el funcionamiento de MPLS [DOM2009], [IET2001]:

- LDP (Label Distribution Protocol)

Es el protocolo encargado de identificar el LSP a seguir y de anunciar los requerimientos de tráfico cuando éste sea enviado. Es usado por los router LSR y LER.

- RSVP-TE Resource ReSerVation Protocol for Traffic Engineering

Este protocolo se encarga de realizar la reserva de recursos (Quality of Service) y establecer etiquetas en nodos MPLS estática o dinámicamente. Así mismo evita la congestión, provee recuperación ante caídas y el re enrutamiento de LSO mediante la creación dinámica de un camino entre nodos activos.

1.2.3 Arquitectura de MPLS

La cabecera MPLS añadida al paquete tiene un tamaño de 32 bits y se divide en 4 campos [DOM2009], [IET2001]:

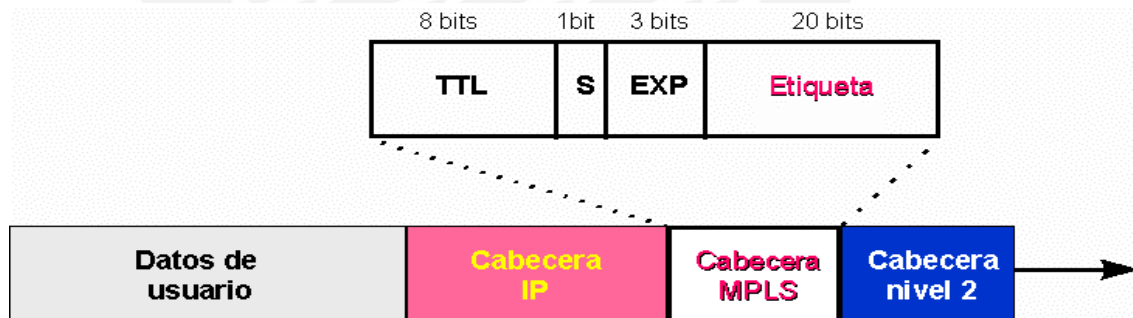


FIGURA 1.7 ESTRUCTURA DE LA CABECERA MPLS

Fuente: [UNN2005]

- Campo Label (Etiqueta)

Este campo consta de 20 bits y es en base a este campo que los LSR realizan la conmutación. Esta etiqueta es asignada por el Ingress LER y extraída por el Egress LER.

- Campo EXP (Experimental)

Campo de 3 bits, para uso experimental actualmente utilizado para la transmisión de información Diffserv.

- Campo S (Stacking)

Campo de 1 bit que permite el apilado jerárquico de etiquetas. En caso $S=0$ significa que hay más etiquetas apiladas, cuando $S=1$ estamos en la primera etiqueta añadida.

- Campo TTL (Time to Live)

Este campo consta de 8 bits, de manera similar al protocolo IP, va disminuyendo en cada salto hasta llegar a 0, luego de lo cual el paquete es descartado. Esto sirve principalmente para evitar los bucles que se pueden generar. Este campo reemplaza al TTL del protocolo IP en el tiempo que el datagrama se encuentra en la red MPLS.

1.2.4 Modo de Operación

El flujo que sigue la arquitectura MPLS se basa en la asignación y manejo de etiquetas. La asignación de etiquetas de tráfico a paquetes se da en el Ingress LER y la conmutación de las mismas toma lugar en los routers LSR. Las rutas que sigue el tráfico en la red MPLS dependerán de las tablas de enrutamiento establecidas y los caminos de contingencia previamente determinados.

Los pasos necesarios para el funcionamiento de una red MPLS son los siguientes [DOM2009]:

1. Asignación de etiquetas al tráfico proveniente de la LAN por medio de los Ingress LER.
2. Envíos de paquetes Hello por parte del Ingress LER hacia los routers vecinos. Esto permite, mediante paquetes tipo UDP (User Datagram Protocol) establecer sesión entre routers colindantes, de manera que se verifica que el router está activo.

3. Envío de paquete de inicio de sesión por medio de tráfico tipo TCP (Transmisión Control Protocol), mediante lo cual se relaciona la dirección de capa de red con la etiqueta asignada.
4. Finalmente, luego de establecidas las tablas de enrutamientos y la asignación de etiquetas correspondientes, se procede con el envío del tráfico.

1.2.5. Calidad de Servicio

En este capítulo se tratará uno de los conceptos y fundamentos principales que presentará la red a implementar. Esto se trata de la calidad de servicio o QoS (Quality Of Service) aplicada sobre la red MPLS.

1.2.5.1. Descripción General

La calidad de servicio definirá la manera que deberá ser tratado cierto flujo de datos dentro de la red, es decir, las características que este presentará. De esta manera se podrá dar un trato especial a cada tipo de aplicación y utilizar los recursos de la red necesarios y suficientes para su transporte. Mediante este mecanismo podremos determinar el delay, jitter y probabilidad de pérdida de los paquetes pertenecientes a aplicaciones específicas.

En la actualidad, la ITU-T (International Telecommunication Union) y la IETF (Internet Engineering Task Force) han propuesto diversas arquitecturas para dar solución a los requerimientos de Calidad de Servicios presentes en el mercado.

Entre los modelos propuestos por la ITU-T están:

- DBW (Dedicated Bandwidth o Capacidad de Transferencia con Anchura de banda Dedicada).
- SBW (Statistical bandwidth o Capacidad de Transferencia con anchura de banda Estadística).
- Best Effort o de transferencia de tipo mejor esfuerzo.

Estas arquitecturas definen las características del flujo de datos según los siguientes parámetros:

- IPTD (Retardo de transferencia de paquetes IP): Se refiere al retardo que sufre un paquete cuando es transmitido entre dos puntos de referencia cualesquiera, siendo estos puntos por lo general origen y destino.
- IPDV (Varianza del retardo de paquetes IP): Se refiere al jitter o variación del retardo. Esta variación difícilmente sigue algún comportamiento fijo o predecible, es decir, el valor que se obtiene de muestra en muestra es variable. Tráficos sensibles al retardo dependen mucho de este parámetro para su funcionamiento.
- IPER (Tasa de errores en los paquetes IP): Se refiere al porcentaje de paquetes enviados erróneamente en la transmisión total. Estos errores suelen darse por fallas en la codificación o decodificación.
- IPLR (Tasa de pérdida de paquetes IP): Se refiere al porcentaje de paquetes descartados Del total que hayan sido transmitidos. Estas pérdidas suelen darse por saturación del ancho de banda, expiración del TTL (tiempo de vida), etc.

La IETF ha propuesto modelos más actuales, utilizando nuevas tecnologías. Estos modelos son:

- IntServ o Arquitectura de Servicios Integrados
- DiffServ o Arquitectura de Servicios Diferenciados:
- Best Effort o de transferencia de tipo mejor esfuerzo.

No vamos a profundizar en detalle cada una de estas tecnologías, ya que no es el objetivo de la tesis. Se recomienda revisar el siguiente documento en caso se quiera más detalle: [DOM2007].

1.2.5.2. Identificación de las Clases de Servicios

Actualmente la ITU-T define las clases de servicio necesarias para satisfacer los requerimientos del usuario de manera que este perciba de manera transparente el rendimiento acordado con el ISP. En un inicio estos parámetros fueron acordados

para conexiones tipo T1 (1.544Mbps y/o E1 2.048) y garantizado a través de toda la red de transporte y acceso. Actualmente el servicio también está disponible para conexiones de mayor ancho de banda, como por ejemplo: T2 6.312Mbps, T3 44.736Mbps, T4 274.176Mbps y E2 8.448Mbps, E3 34.368Mbps, E4 139.264Mbps.

La tecnología de capa de enlace así como la del medio de transmisión serán provistos por el ISP/los IPS's y son considerados parte de la red IP, es decir, las clases son independientes de las diferentes tecnologías de acceso al medio que se dispongan/implementen dentro de la red del ISP o las diferentes tecnologías de cada ISP, según el caso respectivamente.

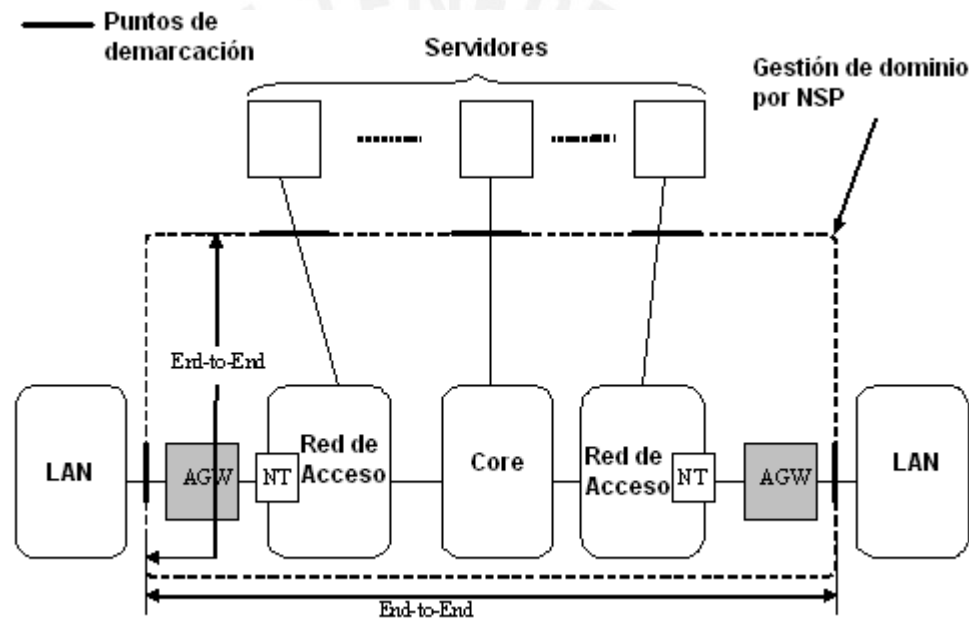


FIGURA 1.8 RED DE TRANSPORTE MPLS

Fuente: [DOM2009]

AGW (Access Gateway): Es el Gateway de acceso equivalente al HGW (Home Gateway).

NT (Network termination): Terminación de red.

NSP (Network Service Provider): Proveedor del servicio de red.

A continuación se presenta una tabla que contiene las clases de servicio principales y sus respectivos parámetros:

TABLA 1.3 CALIDAD DE SERVICIO Y SUS PARAMETROS

Fuente: [DOM2009]

Parámetro de Rendimiento	Objetivo de Calidad de Rendimiento	Clase de Calidad de Servicio QoS					
		Clase 0	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4	Clase 5
IPTD ¹	Límite superior en el IPTD medio	100 ms	400 ms	100 ms	400 ms	1000 ms	-
IPDV	Límite superior en el cuantil 1 – 1e-3 de IPTD menos IPTD mínimo	50 ms	50 ms	-	-	-	-
IPLR	Límite superior en probabilidad de pérdida de paquetes	1E-03	1E-03	1E-03	1E-03	1E-03	-
IPER	Límite Superior	1E-04					-

Clase 0: Aplicaciones en tiempo real de alta Interacción.

Esta clase está reservada para aplicaciones de tiempo real y alta interacción de datos, es decir necesitan el menor retardo y jitter posible. Así mismo, los porcentajes de errores y descarte de paquetes requieren minimizarse. Estas aplicaciones son en su mayoría de voz y video, como por ejemplo: Video de cámaras de seguridad y VoIP.

Clase 1: Aplicaciones en tiempo real

Esta clase es utilizada en aplicaciones de tiempo real, pero no necesariamente alta interacción. En este caso el jitter debe ser el mínimo posible, para poder brindar calidad en el servicio brindado, mas no es imprescindible reducir tanto el retardo como en aplicaciones de clase 0. Estas aplicaciones coinciden con las mencionadas en el punto anterior, con la diferencia que son usadas con menor interacción y tienen una calidad ligeramente más baja.

- Clase 2: Transacciones de datos con alta interacción

Esta clase es usada por aplicaciones generalmente basadas en datos, ya no en voz y video como en los casos anteriores. Al no ser aplicaciones en tiempo real, no requieren un jitter específico, pero debido a la importancia en su interacción deben contar con un retardo medio garantizado. Este tráfico es en su mayoría de comunicación y señalización con servidores.

- Clase 3: Transacciones de datos

Esta clase es usada por aplicaciones con menores requerimientos que la clase 2, debido a su baja interacción. Las aplicaciones características se basan en comunicación y señalización con servidores pero en menor frecuencia y volumen de uso.

- Clase 4: Exclusivo para aplicaciones de bajas pérdidas.

Esta clase es usada principalmente por aplicaciones que se caractericen por tener como principal requerimiento de baja pérdida de paquetes, más no de retardo o jitter determinados. Este tipo de aplicaciones son de tráfico de señalización de corta duración, como por ejemplo video streaming.

- Clase 5: Aplicaciones Tradicionales de Redes IP

Esta clase está designada para aplicaciones que no necesitan ningún tipo de prioridad, datos no tan importantes y comunes en las redes IP. La transferencia de paquetes funciona según el modelo Best Effort en el cual solo garantiza que el tráfico llegue al destino. Ejemplos de estas aplicaciones son: Email, HTTP (Hyper Text Transfer Protocol) y FTP (File Transfer Protocol).

La ITU-T también indica que en caso el ISP quiera brindar una Clase nueva o personalizada de servicio debe contar con un IPTD menor a 1000ms.

Cada una de las clases ya presentadas trabaja de una manera específica, la cual se detalla en la tabla a continuación:

TABLA 1.4 TIPO DE CALIDAD DE SERVICIO SEGUN LA ITU-T

Fuente: [DOM2009]

Parámetro de Rendimiento	Aplicaciones	Mecanismos de nodo	Técnicas de Red
Clase 0	Tiempo real, sensibles a la fluctuación de fase, alta interacción (VoIP, VTC)	Cola separada con servicio preferencial, preparación del tráfico	Encaminamiento y distancia limitados
Clase 1	Tiempo real, sensibles a la fluctuación de fase, alta interacción (VoIP, VTC)		Encaminamiento y distancia menos limitados
Clase 2	Datos transaccionales, altamente interactivas (señalización)	Cola separada, prioridad por supresión	Encaminamiento y distancia limitados
Clase 3	Datos transaccionales, interactivas		Encaminamiento y distancia menos limitados
Clase 4	Sólo pérdida baja (transacciones cortas, datos en grandes cantidades, flujo continuo de vídeo)	Cola larga, prioridad por supresión	Cualquier ruta/trayecto

Finalmente hay dos clases adicionales a las ya mencionadas, la Clase 6 y la Clase 7. Estas clases están todavía bajo prueba y destinadas a circuitos TDM, por lo cual no viene al caso entrar a detalle en ellas.

1.2.6 Conclusiones y Ventajas de MPLS

Luego de analizado éste protocolo, se llega a la conclusión que es una excelente alternativa actual para la implementación de backbones tanto alámbricos como inalámbricos.

A continuación presentamos las principales ventajas que presenta esta tecnología frente a otras en el mercado actual:

- Alta velocidad comparada con otros esquemas, como por ejemplo ATM (Asynchronous Transfer Mode): Esto es debido a la conmutación de etiquetas la cual se realiza de forma más rápida que en otras tecnologías. Así mismo el envío de paquetes requiere que los equipos internos de la red lean sólo el parámetro “Label” de la cabecera el cual representa el camino en la red, lo cual se ve reflejado en un procesamiento veloz de la cabecera.
- Implementación sencilla: Como ya se detalló, el procesamiento necesario para el funcionamiento de la red MPLS requiere mínima señalización entre nodos. Así mismo, los cambios que se presenten a nivel de topología de red no demandarán intervención de un administrador de la red.
- Compatibilidad con el resto de tecnologías: MPLS está basado tanto en capa de enlace (conmutación para envío del tráfico) como en capa de red (enrutamiento), de manera que es compatible con diversas tecnologías como por ejemplo: ATM, Frame Relay, Ethernet, PPP, IPv4 e IPv6.
- Ideal para implementar QoS de la ITU-T: La cabecera de MPLS cuenta con un campo experimental (EXP) de 3 bits, de manera que se pueden establecer 8 tipos de tráfico por el mismo LSP. De esta manera se brindará prioridad al tráfico perteneciente a las aplicaciones designadas por el cliente, basándonos en el modelo Qos de la ITU-T.

- Compatible con Ingeniería de Tráfico: Esto es posible ya que MPLS cuenta con enrutamiento dinámico, el cual es implementado por los protocolos de capa de red a través de tablas de enrutamiento y una evaluación de los recursos de la red.

1.3 WiMAX

1.3.1 Qué es WiMAX

Worldwide Interoperability for Microwave Access o Interoperabilidad Mundial para Acceso por Microondas, es una técnica de acceso inalámbrico que llena un vacío crítico en las redes de comunicaciones. Presenta menores costos de equipamiento y asegura la interoperabilidad en gran medida con el fin de reducir los riesgos para los operadores a implementar los servicios. WiMax debe de ser capaz de manejar tasas de transmisión superiores a los 70 Mbps. Por otro lado, esta tecnología cubre un radio de hasta 50 kms, proveyendo de acceso inalámbrico. Esta distancia se logra gracias a las frecuencias que son usadas y a la potencia del transmisor. En particular, para el estándar IEEE802.16 se han dispuesto de varias bandas de frecuencias.

- Bandas 10 – 66 GHz licenciada.
- Bandas por debajo de 11 GHz.
- Bandas no licenciadas (5 – 6 GHz)

1.3.2 Capas Física y MAC

El estándar IEEE802.16-2004 define perfiles para la capa Física y para la capa MAC (Medium Access Control). La capa física se encarga de manejar la interface aire y el esquema de modulación. Por otro lado, la capa MAC se encarga de los mecanismos de acceso al medio, control de potencia, etc.

1.3.2.1 Capa Física

El estándar IEEE802.16a/d define tres diferentes especificaciones para la capa Física PHY, las cuales trabajando en conjunto con la capa MAC brindan una confiable conexión.

- WirelessMAN –SCA:

Esta basada en la tecnología de portadora única y diseñada para operaciones NLOS (None Line of Sight) en frecuencias memoras a 11 GHz. Debe de soportar bien sea TDD (Time Division Duplex) o FDD (Frequency Division Duplex) para el uso del espectro y las modulaciones son Quadrature Phase Shift Keying (QPSK), Quadrature Amplitude Modulation (QAM) y Binary Phase Shift Keying (BPSK).

- WirelessMAN –OFDM:

Esta basada en la modulación OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) y diseñado para operaciones NLOS por debajo de los 11 GHz. Su orientación son principalmente los accesos fijos como residencias y empresas. Los símbolos OFDM están conformados por 256 subportadoras. Las modulaciones que se utilizan son: BPSK, QPSK, 16-QAM y 64-QAM (opcional en bandas no licenciadas).

- WirelessMAN –OFDMA:

Esta especificación está diseñada para enlaces NLOS en bandas de frecuencias por debajo de los 11 GHz. Basado en la modulación OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access), el acceso multiple se da mediante la asignación de un subconjunto de portadoras a un receptor individual.

1.3.2.2 Capa MAC

Fue diseñada para el entorno de acceso inalámbrico Punto- Multipunto. Los servicios requeridos por los usuarios finales son variados e incluyen TDM (Multiplexacion por división de tiempo) de voz y datos, conectividad IP (Internet Protocol) y empaquetamiento de voz sobre IP (VoIP). La capa MAC utiliza un esquema de autocorrección de solicitud y concesión del ancho de banda, con el fin de eliminar la sobrecarga y el retraso. Así mismo, permite un mejor manejo del QoS (Quality of Service) a comparación de los esquemas tradicionales. La capa MAC a su vez esta subdividida en tres subcapas: Convergencia, Parte Común y Seguridad.

-Convergence Sublayer (CS):

Se encarga de transformar los datos de las redes externas y pasarlos a la MAC CPS (Common Part Sublayer) convertidos en SDU (service data units), que son las unidades de datos que se transfieren entre capas adyacentes.

-Common Part Sublayer (CPS):

Es la principal subcapa, ya que provee los servicios de acceso, asignación de ancho de banda, establecimiento y mantenimiento de la conexión. También se hace a cargo del intercambio de los SDU con la capa de convergencia. Esta subcapa se encuentra ligada a la capa de seguridad.

-Security Sublayer:

Esta subcapa presta los servicios de autenticación, intercambio seguro de claves y encriptación. Permite proveer a los usuarios un servicio de banda ancha seguro a través de su conexión fija mediante el cifrado de las conexiones. Es en ella donde se realiza el intercambio de los PDUs (Protocol Data Unit) de la capa MAC con la capa Física.

1.3.3 Ventajas y desventajas de WiMAX

Luego de realizado el análisis de esta tecnología encontramos las siguientes ventajas frente a otras tecnologías:

- Gran capacidad de ancho de banda, de manera que 1 sola estación base puede abastecer a más de 50 usuarios.
- Compatibles con diversas tecnologías, de manera que puede transportar MPLS, ATM, Ethernet, etc.
- Convergencia de servicios: no sólo permite transporte, sino también la priorización de tráfico, de manera que diversas aplicaciones y servicios puedan ser transportados.
- Gran seguridad: A pesar de ser inalámbrico, consta de medidas de seguridad como autenticación y encriptación de datos. Ejemplo de algoritmos que utiliza son: 3DES y RSA.

Entre las desventajas están:

- Limitación de potencia: por lo cual se pueden prevenir interferencia.
- Alto consumo de baterías.

CAPÍTULO 2

ANÁLISIS DEMOGRÁFICO Y SITUACIÓN ACTUAL DE LAS TELECOMUNICACIONES EN LA PROVINCIA DE AREQUIPA

2.1 Información socioeconómica de Arequipa Metropolitano

2.1.1 Datos Generales

Arequipa, capital de la provincia homónima y del departamento de Arequipa, es considerada la segunda ciudad en importancia de este país. En las últimas décadas se ha convertido en un importante centro industrial, siendo un importante eje comercial en el sur del Perú.

La ciudad de Arequipa se encuentra ubicada a 772 kms de Lima, entre el área costera y la cordillera de los Andes Occidentales. Esta ubicación estratégica le permite ser una ciudad de enlace entre la zona costera, el altiplano y los valles andinos, la posicionan como el mayor centro urbano de la macroregión Sur. Entre los departamentos vecinos se encuentran: Moquegua, Tacna, Puno, Cuzco, Apurímac y Madre de Dios. Arequipa se encuentra a una altitud de 2.328 m.s.n.m. Posee un clima predominantemente seco en la estaciones de invierno, primavera y otoño; teniendo temperaturas no mayores a los 25°C y no menores a las de 10° C.

2.1.2 Área Metropolitana de Arequipa

La provincia de Arequipa cuenta con una población de 821, 692 habitantes, ocupando una superficie de 3000 km²; además la constituyen 29 distritos, de los cuales 16 distritos conforman el ámbito metropolitano, y 13 el ámbito rural. El 95.07 % se encuentra concentrado en el área metropolitana, llegando a densidades poblacionales de hasta 30.000 hab/km².

El modelo de ocupación en la ciudad de Arequipa es monocéntrico, con un centro histórico en donde se aglomeran la mayor cantidad de actividades económicas y de servicios, generando fuerzas centrifugas que implican una mayor expansión urbana, con la consiguiente reducción de tierras agrícolas en la campiña, y sobrepresión de los recursos.



FIGURA 2.1 MAPA DE LA PROVINCIA DE AREQUIPA

Fuente: [MAP2009]

2.1.3 Crecimiento Poblacional

Según el INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática), la tasa de crecimiento de la región de Arequipa ha sido de 1.6% (entre los años 1993 – 2007), superando a regiones como Piura, Lambayeque, Cajamarca, entre otras. Según [PEM2007], La ciudad de Arequipa ha demostrado un crecimiento demográfico sostenido, con tasas superiores al promedio nacional y departamental siendo el punto más alto el periodo intercensal 72-81 donde se elevó a 30% sobre la tasa nacional ; este crecimiento se debió principalmente por los flujos migratorios, los cuales eran del área rural al área urbana. La población de esta ciudad equivale al 95.07 % de la población provincial, y al 71.31 % de la población del departamento del mismo nombre.

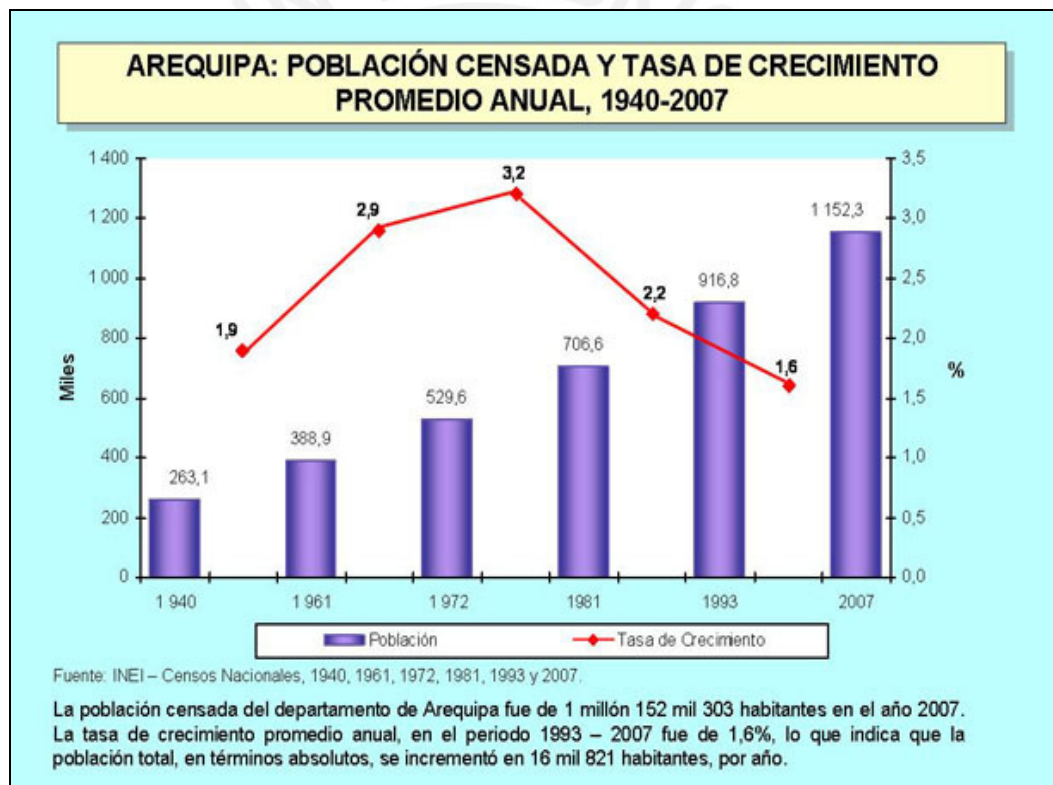


FIGURA 2.2 POBLACIÓN CENSADA Y TASA DE CRECIMIENTO EN AREQUIPA

Fuente: [INE2007]

Es importante también mencionar el comportamiento de la población en los distritos del área metropolitana. Durante el periodo intercensal 1940-1972 los distritos que más crecieron fueron Paucarpata, Mariano Melgar, Miraflores, los cuales se encontraban cercanos al área central de la ciudad; mientras que las áreas de menor crecimiento fueron aquellas que se encontraban más alejadas, en

su mayoría habitadas por población rural (Por ejemplo: Sabandía, Sachaca, Characato, Tiabaya, etc). En el siguiente periodo 1972 – 1993, el crecimiento se dio en las zonas intermedias más alejadas de la ciudad, estos distritos contaban con áreas eriazas o periféricas, de esta manera surgieron nuevos distritos como Alto Selva Alegre y Hunter, no consolidando el área urbana central sino expandiéndola. Actualmente, el crecimiento que presenta la ciudad de Arequipa es medio para la ciudad en general, con una tendencia de crecimiento hacia el cono norte, expandiéndose con ocupaciones recientes y desordenadas, ya que no se está optimizando el uso urbano y no llegan a un nivel de consolidación

TABLA 2.1 PRINCIPALES EMPRESAS POR RUBROS EN AREQUIPA

Fuente: [INE2007]

Municipios Metropolitanos	Extensión (Km ²)	Población	Viviendas
Arequipa	12,8	61,591	17,062
Alto Selva Alegre	6,98	72,696	18,638
Cayma	246,31	74,776	20,267
Cerro Colorado	174,9	113,171	35,805
Jacobo Hunter	20,37	46,092	10,543
José Luis Bustamante y Rivero	10,83	76,410	18,806
Mariano Melgar	29,83	52,144	12,843
Miraflores	28,68	50,704	13,133
Paucarpata	31,7	120,446	29,351
Sachaca	36,63	17,537	4,806
Socabaya	18,64	59,671	16,069
Yanahuara	2,2	22,890	6,626
Tiabaya	31,62	14,677	3,761

2.1.4 Información Económica de la Zona

La ciudad de Arequipa y Trujillo, son las dos primeras urbes de toda Latinoamérica con mayor crecimiento en sus PBI per cápita para el periodo 2003-2008. Así mismo, Arequipa se ubica dentro de las mejores 28 ciudades para hacer negocios en América Latina, según encuesta de América Economía [EAM2009]. Estos resultados se ven reflejados en fuertes inversiones por partes de empresas dedicadas al comercio formal de gran escala; por ejemplo: cadenas de supermercados, tiendas por departamentos, etc.

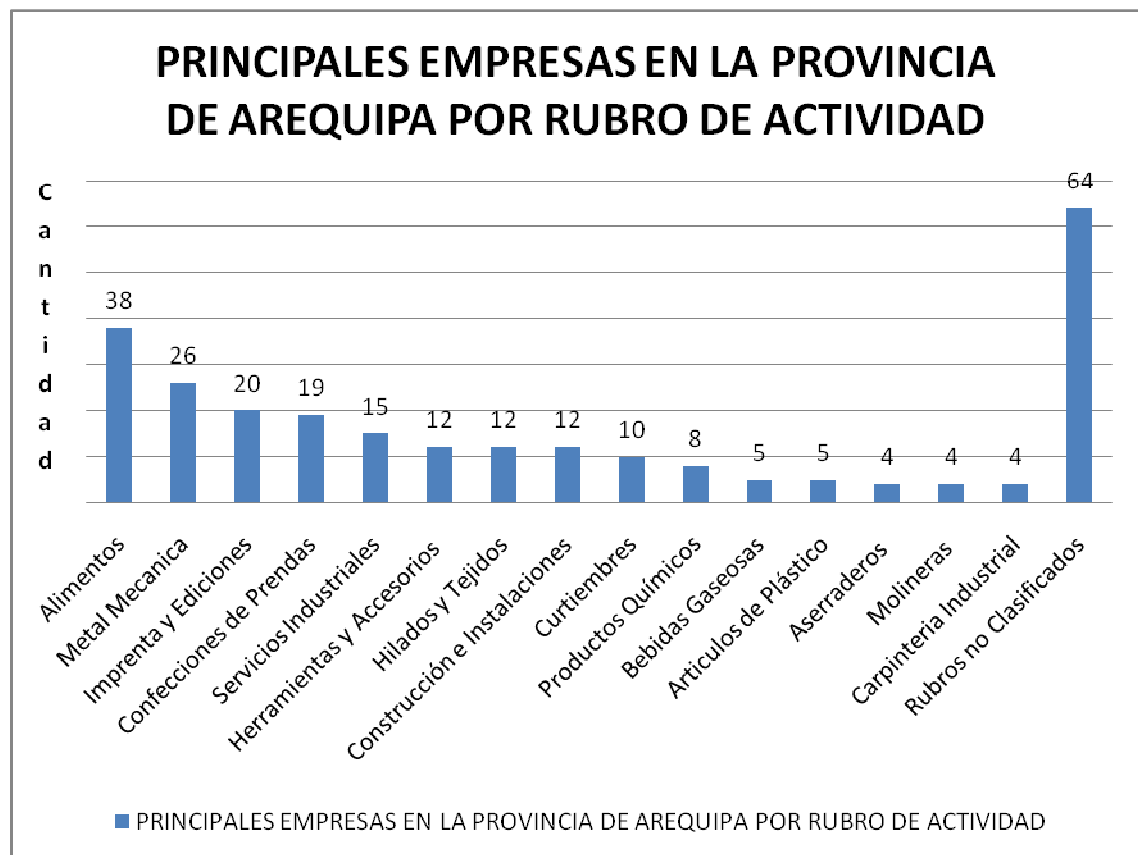


FIGURA 2.3 POBLACION DE LOS DISTRITOS DE LA CIUDAD DE AREQUIPA

Fuente: [PDC2008]

La población económicamente activa, PEA, es un término acuñado por las ciencias económicas para describir al grupo de personas que se encuentran aptas para trabajar (tanto las empleadas como las desempleadas). A continuación, analizaremos la PEA en los diferentes distritos que conforman la ciudad de Arequipa, detallando la cantidad de población ocupada y desocupada.

TABLA 2.2 DISTRIBUCIÓN DE LA PEA POR DISTRITOS

Fuente: [INE2007]

Distrito	Condición de actividad	2007
Arequipa	PEA	27162
	Ocupada	25924
	Desocupada	1238
Alto Selva Alegre	PEA	30242
	Ocupada	28509
	Desocupada	1733
Cayma	PEA	30405
	Ocupada	28625
	Desocupada	1780
Cerro Colorado	PEA	46591
	Ocupada	43680
	Desocupada	2911
Characato	PEA	2914
	Ocupada	2743
	Desocupada	171
Hunter	PEA	19041
	Ocupada	17571
	Desocupada	1470
Mariano Melgar	PEA	21456
	Ocupada	20187
	Desocupada	1269
Miraflores	PEA	21942
	Ocupada	20822
	Desocupada	1120
Paucarpata	PEA	50018
	Ocupada	46592
	Desocupada	3426
Sabandia	PEA	1575
	Ocupada	1502
	Desocupada	73
Sachaca	PEA	7102
	Ocupada	6680
	Desocupada	422

Socabaya	PEA	25526
	Ocupada	24005
	Desocupada	1521
Tiabaya	PEA	5883
	Ocupada	5373
	Desocupada	510
Yanahuara	PEA	9996
	Ocupada	9595
	Desocupada	401
Yura	PEA	6235
	Ocupada	5709
	Desocupada	526
José L. Bustamante y Rivero	PEA	32322
	Ocupada	30550
	Desocupada	1772

Por otro lado, la Población Económica Activa (PEA) ocupada se encuentra distribuida por rama de actividad según la siguiente manera.

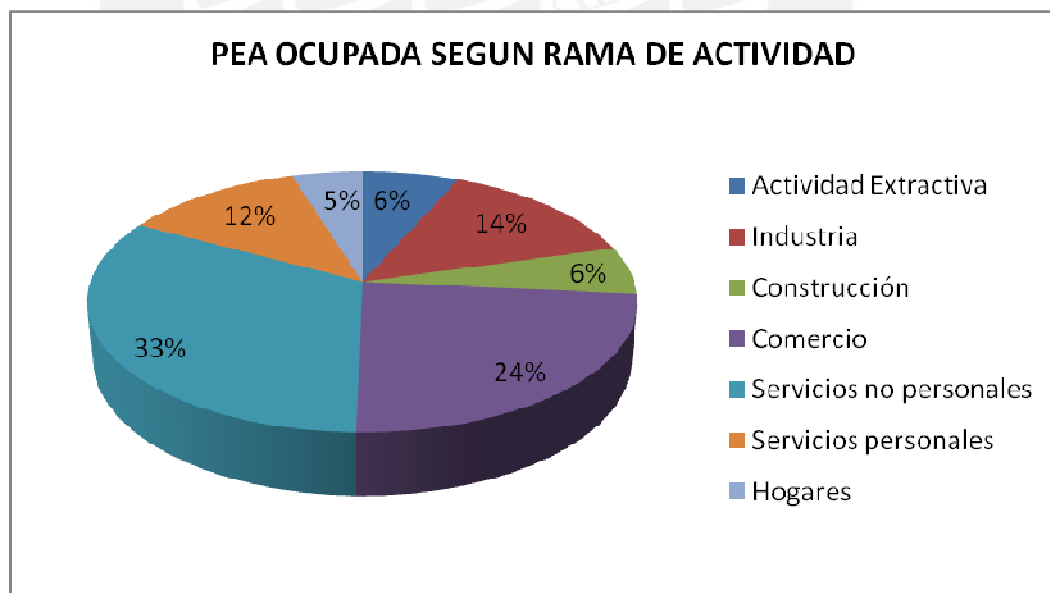


FIGURA 2.4 DISTRIBUCION DE LA PEA OCUPADA SEGUN RAMA DE ACTIVIDAD

Fuente: [EMT2001]

2.2 Situación Actual De Las Telecomunicaciones En Arequipa

En este punto trataremos un tema imprescindible para determinar la rentabilidad de nuestro proyecto en el departamento de Arequipa, este punto se trata de su situación actual a nivel de usuarios y servicio de telecomunicaciones.

Para tener una perspectiva más amplia dividiremos el análisis en los siguientes servicios:

2.2.1 Telefonía Fija

A continuación se presenta un cuadro que muestra la evolución que ha presentado el servicio de telefonía fija en los diversos departamentos del Perú entre el 2005 y 2009:

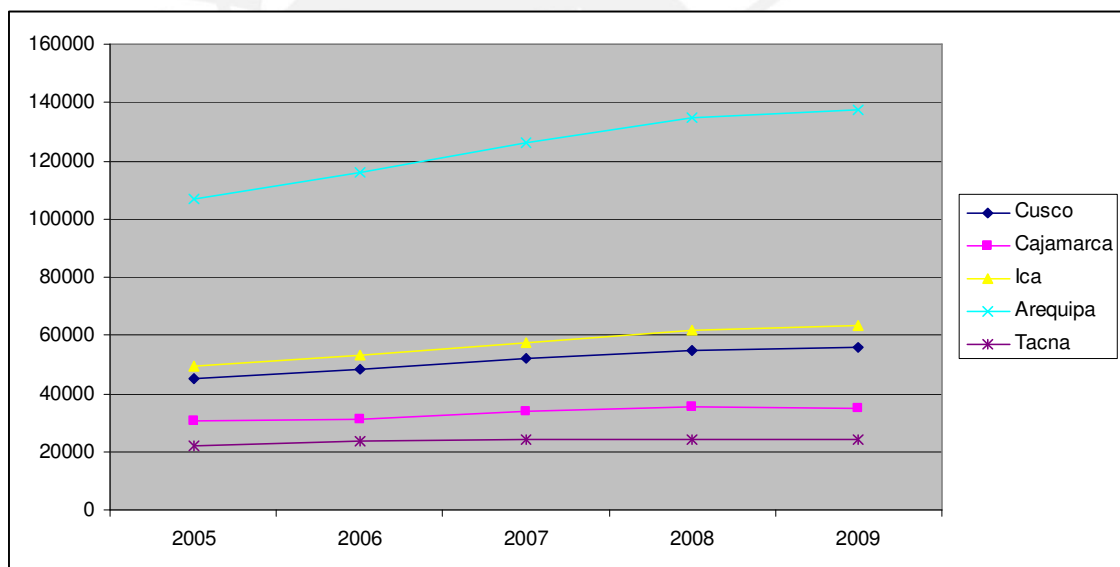


FIGURA 2.5 EVOLUCION DE LINEAS EN SERVICIO DE TELEFONIA FIJA

Fuente: [MTC2009]

En este cuadro se puede observar que Arequipa a comparación del resto de departamentos y observar su gran crecimiento al pasar de los años, contando con 106 961 usuarios de telefonía fija en el 2005 y terminando con 144 078 en el 2009. Este crecimiento demuestra como los habitantes de dicho departamento sienten las necesidades de los servicios de telecomunicaciones y cómo van identificándose con los mismos.

La siguiente gráfica presentará el crecimiento de usuarios de Telefonía en Arequipa de una manera más visual:

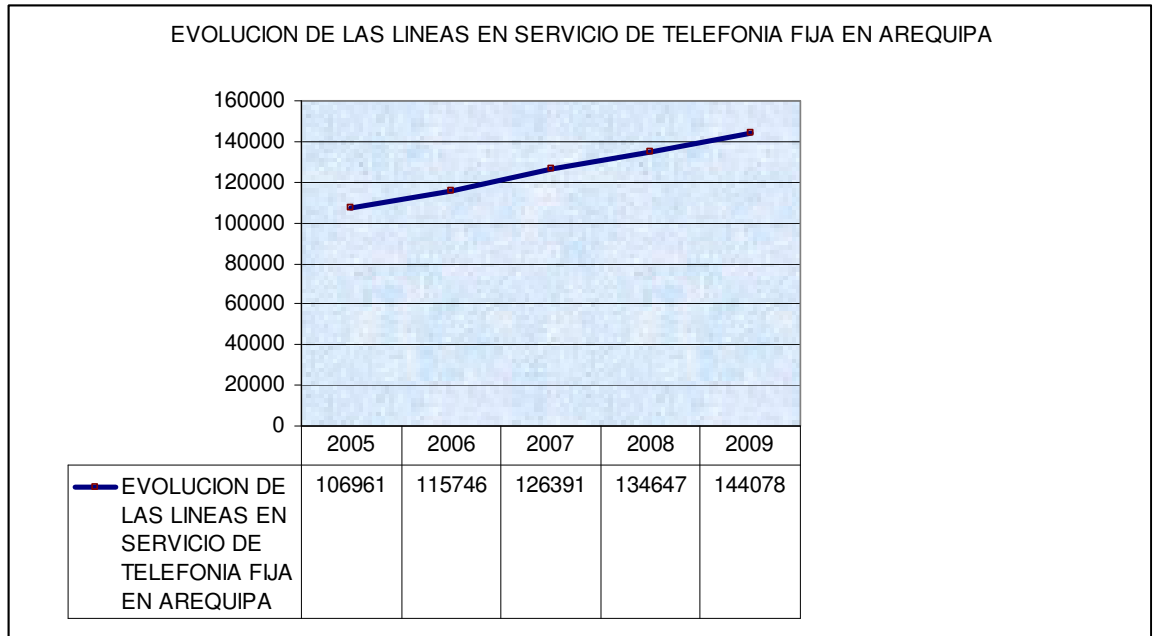


FIGURA 2.6 EVOLUCION DE TELEFONIAFIJA EN AREQUIPA

Fuente: [MTC2009]

2.2.2 Telefonía Móvil

A continuación se presenta un cuadro que muestra la evolución que ha presentado el servicio de telefonía móvil en los diversos departamentos del Perú entre el 2005 y 2009:

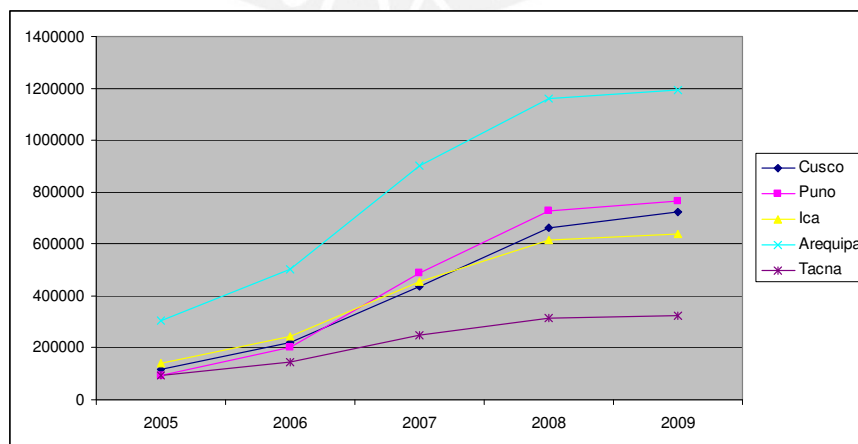


FIGURA 2.7 EVOLUCION DE LINEAS EN SERVICIO DE TELEFONIA MOVIL

Fuente: [MTC2009]

En este cuadro se puede observar que Arequipa a comparación del resto de departamentos y observar su gran crecimiento al pasar de los años, contando con 305259 usuarios de telefonía móvil en el 2005 y terminando con 1262199 en el 2009. Esto implica un crecimiento mayor al 300%, lo cual se interpreta como una gran demanda de servicios de telecomunicaciones y un nivel adquisitivo suficiente como para poder demandar más servicios.

A continuación se presenta una gráfica que refleja el crecimiento abrupto en demanda de comunicaciones móviles en los últimos años:

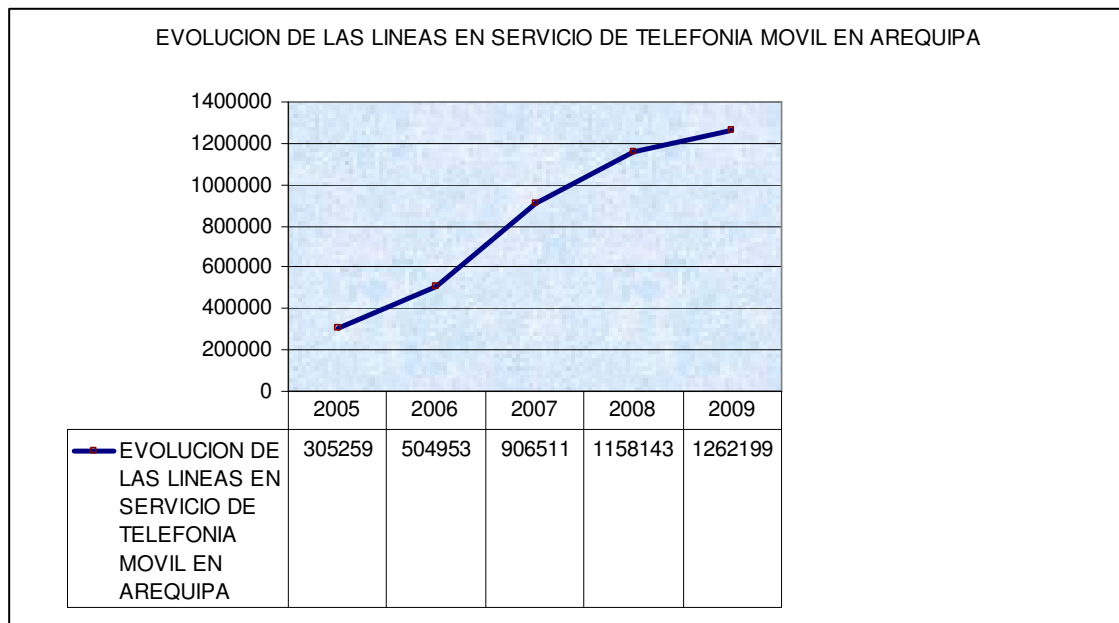


FIGURA 2.8 EVOLUCION DE TELEFONIA MOVIL EN AREQUIPA

Fuente: [MTC2009]

En la tabla que será presentada a continuación se puede apreciar los servicios de cobertura, tanto a nivel fijo cómo móvil y su crecimiento en cada departamento. De esta manera se observa cómo los servicios van abarcando más distritos a lo largo del tiempo.

TABLA 2.3 EXPANSION DEL SERVICIO MOVIL Y FIJO POR DEPARTAMENTO

Fuente: [MTC2009]

Departamento	2008		2009-mar		2009-jun		2009-sep		Total de distritos	% Cobertura a sep. 2009	
	Fija	Móvil	Fija	Móvil	Fija	Móvil	Fija	Móvil		Fija	Móvil
Amazonas	28	47	29	47	29	47	27	47	83	32,5%	56,6%
Ancash	59	125	60	128	73	128	84	128	166	50,6%	77,1%
Apurímac	33	44	32	44	36	44	37	54	80	46,3%	67,5%
Arequipa	65	92	66	92	82	93	87	95	109	79,8%	87,2%
Ayacucho	21	78	24	78	23	78	40	81	111	36,0%	73,0%
Cajamarca	50	107	50	108	55	108	65	108	127	51,2%	85,0%
Cusco	40	96	43	96	60	97	71	98	108	65,7%	90,7%
Huancavelica	21	57	23	60	27	61	29	61	94	30,9%	64,9%
Huánuco	22	54	22	54	26	54	34	57	76	44,7%	75,0%
Ica	30	39	30	39	31	40	36	40	43	83,7%	93,0%
Junín	78	112	77	112	98	112	108	112	123	87,8%	91,1%
La Libertad	55	72	57	71	67	71	72	71	83	86,7%	85,5%
Lambayeque	31	36	31	36	35	36	35	36	38	92,1%	94,7%
Lima y Callao	146	129	149	129	155	132	158	133	177	89,3%	75,1%
Loreto	28	25	29	24	32	25	34	25	51	66,7%	49,0%
Madre de Dios	8	8	8	8	8	8	8	8	11	72,7%	72,7%
Moquegua	11	13	11	13	11	14	11	14	20	55,0%	70,0%
Pasco	18	24	20	24	22	24	24	24	28	85,7%	85,7%
Piura	34	61	34	61	52	63	56	63	64	87,5%	98,4%
Puno	39	91	40	91	60	91	75	91	109	68,8%	83,5%
San Martín	40	65	41	65	46	65	45	67	77	58,4%	87,0%
Tacna	10	20	11	20	13	20	15	22	27	55,6%	81,5%
Tumbes	10	11	10	11	11	11	11	11	13	84,6%	84,6%
Ucayali	9	8	9	8	12	8	14	9	15	93,3%	60,0%
Total	886	1414	906	1419	1064	1430	1176	1455	1833	64,2%	79,4%

Nota: La cobertura del servicio móvil alude a la prestación del servicio en parte o todo el departamento, según sea el caso.
 TM: Telefónica Móviles S.A.C.
 AM: América Móvil Perú S.A.C.
 N: Nextel Perú S.A.
 Servicios Móviles: Telefonía móvil, PCS y Troncalizado digital
 Fuente: Empresas operadoras
 Elaboración: DGRAIC- MTC

En la tabla podemos observar como los servicios van ocupando cada vez más sectores de Arequipa, tanto en Telefonía fija como móvil. Así mismo se observa que el porcentaje de penetración en el mercado fluctúa entre el 79% (fija) y 87%(móvil) lo cual se interpreta como capacidad adquisitiva y requerimientos de servicios de telecomunicaciones.

2.2.3 Servicio de Internet

A continuación analizaremos el número de usuarios en Arequipa con servicio de Internet. Estos datos pueden relacionarse más directamente con el producto a ofrecer, ya que también consta de redes de datos.

TABLA 2.4 EVOLUCION DEL NUMERO DE SUSCRIPTORES DE INTERNET

Fuente: [MTC2009]

Departamento	2008-jun	2008-sep	2008-dic	2009-mar	2009-jun	2009-sep(p)	Var.% jun-09 / Jun-08
Amazonas	867	871	887	718	880	866	-0,12%
Ancash	14.024	15.194	16.029	12.866	17.371	17.783	26,80%
Apurimac	1.762	1.735	1.720	1.266	1.717	1.755	-0,40%
Arequipa	30.264	32.922	34.618	30.630	38.779	39.419	30,25%
Ayacucho	3.333	3.267	3.260	2.738	3.232	3.242	-2,73%
Cajamarca	7.916	8.003	8.124	6.608	8.387	8.624	8,94%
Cusco	10.937	11.360	11.677	9.550	12.576	12.670	15,85%
Huancavelica	965	943	939	698	947	959	-0,62%
Huánuco	3.934	4.102	4.158	4.330	4.383	4.466	13,52%
Ica	13.380	14.031	14.549	12.504	15.623	15.947	19,19%
Junín	11.756	12.439	13.093	10.494	14.180	14.575	23,98%
La Libertad	32.385	35.689	37.743	117.566	40.544	41.534	28,25%
Lambayeque	17.948	19.621	20.622	15.912	22.090	23.423	30,50%
Lima y Callao	450.617	483.172	509.864	483.674	554.469	570.352	26,57%
Loreto	681	730	654	1.244	7.201	6.702	884,14%
Madre de Dios	83	87	75	249	71	80	-3,61%
Moquegua	3.353	3.337	3.329	4.118	3.291	3.264	-2,65%
Pasco	1.376	1.413	1.401	1.116	1.339	1.319	-4,14%
Piura	19.844	20.371	20.971	17.408	21.859	22.267	12,21%
Puno	5.691	5.788	5.881	5.196	6.253	6.462	13,55%
San Martín	3.923	3.847	3.887	3.766	3.851	3.795	-3,26%
Tacna	7.878	8.669	9.021	8.162	9.878	10.090	28,08%
Tumbes	2.028	2.057	2.063	1.818	2.461	2.524	24,46%
Ucayali	4.126	4.266	4.332	3.791	4.513	4.654	12,80%
Total	649.071	693.914	728.897	756.422	795.895	816.772	25,84%

Fuente: Empresas Operadoras

(p): Cifra preliminar

Elaboración: DGRAIC – MTC

En la tabla presentada se puede observar que Arequipa es la segunda ciudad con mayor número de usuarios del servicio de Internet. Esto demuestra que los habitantes están familiarizados con esta clase de servicios y tienen necesidades actuales de comunicación de datos. Estos datos demuestran que un servicio de comunicación de datos priorizados tiene potencial en este departamento en especial.

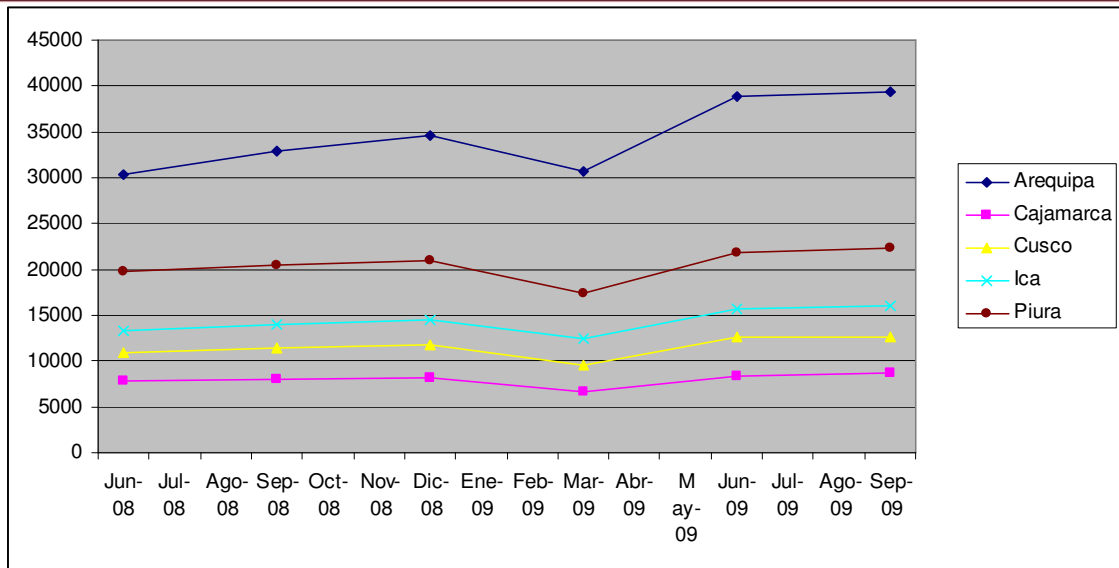


FIGURA 2.9 EVOLUCION DEL NUMERO DE SUSCRIPTORES DE INTERNET

Fuente: [MTC2009]

2.2.4 Televisión por Cable

Finalmente observamos la evolución del servicio de televisión por cable en cada departamento:

TABLA 2.5 EVOLUCION DEL NUMERO DE SUSCRIPTORES DE TV POR CABLE.

Fuente: [MTC2009]

Departamentos	2005	2006	2007	2008	2009-sep (p)
Piura	6.466	8.146	11.460	31.604	37.063
Arequipa	16.919	22.625	29.279	43.452	52.190
Cusco	10.179	14.112	17.040	19.035	22.717
La Libertad	18.858	24.741	30.464	42.455	48.253
Lambayeque	8.565	15.311	18.735	21.069	26.444
Lima y Callao	391.017	476.452	550.783	634.930	703.117
Otros*	10.207	17.942	48.241	122.173	152.382
Total	462.211	579.329	706.002	914.718	1.042.166
Provincias	71.194	102.877	155.219	279.788	339.049

Fuente: Empresas operadoras, OSIPTEL.

(*) Otros: Incluye Amazonas, Ancash, Apurímac, Ayacucho, Cajamarca, Huancavelica, Huanuco, Ica, Junín, Loreto, Madre de Dios, Moquegua, Pasco, Puno, San Martín, Tacna, Tumbes y Ucayali.

Elaboración: DGRAIC – MTC

(p): Cifra preliminar. Ver Nota al pie 29.

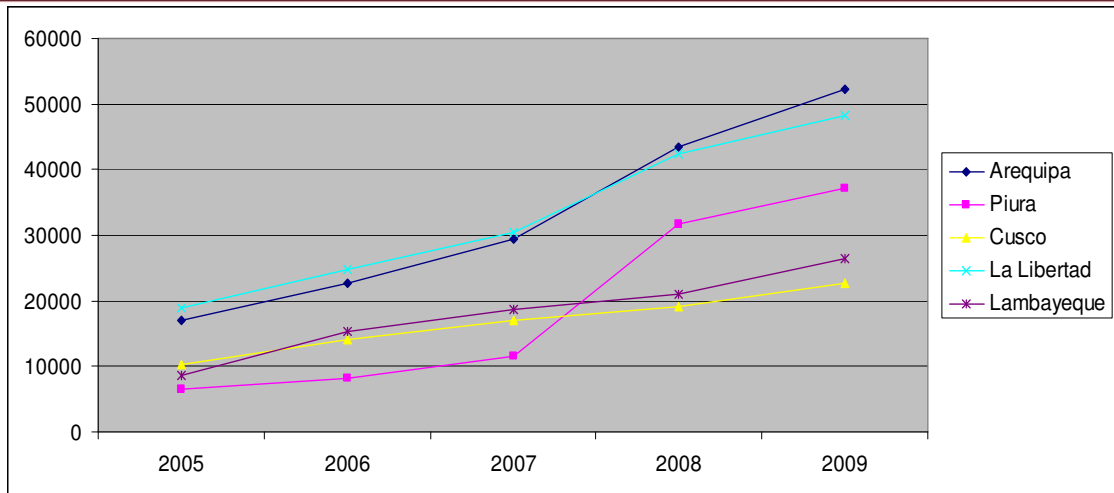


FIGURA 2.10 EVOLUCION DEL NÚMERO DE SUSCRIPTORES DE TV POR CABLE

Fuente: [MTC2009]

2.2.5 Comparación entre Arequipa Departamento y Región

Otro tema bastante importante para la selección del sector al que atacaremos es la cantidad de usuarios con capacidad adquisitiva en los diversos sectores de Arequipa. Según [INE2009] dicha población se encuentra en Arequipa Región, lo cual es constatado en las siguientes tablas:

TABLA 2.6 SERVICIO DE TELECOMUNICACIONES EN DEPARTAMENTO Y REGION

Fuente: [INE2007]

Servicio de información y comunicación	# Usuarios en Dpto	%	# Usuarios en Región	%
Dispone de servicio de teléfono fijo	88,508	28.6	78,226	34.4
Dispone de servicio de telefonía celular	153,299	49.5	124,363	54.6
Dispone de servicio de conexión a Internet	21,133	6.8	19,924	8.8
Dispone de servicio de conexión a TV por cable	38,416	12.4	32,282	14.2

Mediante la gráfica presentada a continuación se puede apreciar más fácilmente la concentración de usuarios de servicios de Telecomunicaciones en la provincia de Arequipa

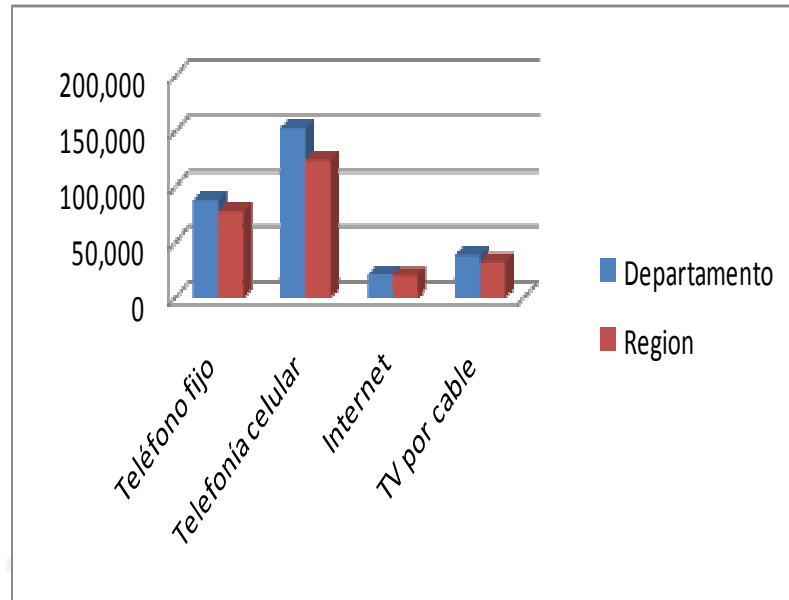


FIGURA 2.11 SERVICIO DE TELECOMUNICACIONES EN DEPARTAMENTO Y REGION DE AREQUIPA

Fuente: [INE2007]

Luego de observar las tablas y gráficas adjuntas podemos observar hay un gran sector a explotar tanto en Arequipa departamento como en Arequipa región. Mediante el core Inalámbrico que se diseñará se podrá transferir los servicios necesarios para el cliente, tanto datos, voz como video y esto será posible gracias a la calidad de servicio a implementar.

CAPITULO 3

DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA Y LOS SERVICIOS A BRINDAR

3.1. Análisis del Mercado Corporativa en la Ciudad de Arequipa

Luego del análisis realizado en el capítulo anterior, contamos con una mejor referencia respecto al mercado de las Telecomunicaciones en la ciudad de Arequipa. En el presente capítulo analizaremos el estudio del mercado meta, así mismo se determinarán los diferentes servicios a brindar.

3.1.1 Mercado Corporativo

Dado que la red a implementar brindará el transporte de información de nuestros diferentes clientes, tendremos que analizar cómo se encuentra el mercado corporativo en la ciudad de Arequipa. En otras palabras, analizaremos los diferentes sectores de comercio como por ejemplo:

- Entidades bancarias y financieras.
- Empresas del sector industrial.

- Centros comerciales.

-Entidades bancarias y financieras:

En la ciudad de Arequipa participan diferentes instituciones pertenecientes al sector financiero. Dentro de este universo podemos encontrar a las sucursales o agencias de bancos múltiples que actúan a nivel nacional, Instituciones de Micro Finanzas no Bancarias (IMFNB), cajas metropolitanas de diferentes regiones, y Empresas de Desarrollo de la Pequeña y Micro empresa (EDPYMES).

-Empresas del sector industrial:

Como ha sido mencionado en el capítulo anterior la ciudad de Arequipa es la segunda ciudad más industrializada del Perú, después de Lima. Esto es debido a que la región sur, específicamente Arequipa, es más activa económicamente.

Con el fin de promover la industria manufacturera en la Región de Arequipa, se construyeron Parques Industriales entre los cuales podemos mencionar “Parque Industrial de Arequipa”, “Parque Industrial de Apima” y el “Parque Industrial de Río Seco”. Estos dos primeros son para grandes-medianas empresas y para pequeñas empresas respectivamente. Entre las principales industriales de Arequipa podemos mencionar las siguientes: Alicorp S.A.A., Alimentos Procesados S.A., Laive, La Ibérica, Manuel Muñoz Najar, Papelera Panamericana S.A., Consorcio Industrial Arequipa S.A.,⁵⁸ Omniagro, Backus & Jhonston, Corporación Aceros Arequipa, Cementos Yura, Moly- Cop Adesur, CMAC Arequipa, Egasa, Sociedad Eléctrica del Sur Oeste, Michel & Cia, Francky y Ricky , Francky y Ricky, Minera Arcata, Incapalca, entre otras.

A continuación se muestra un listado bastante representativo que incluye a 258 de las principales empresas industriales instaladas en el ámbito provincial, las mismas que están distribuidas en los siguientes rubros de producción.

-Centros comerciales:

La ciudad de Arequipa es un polo comercial importante, debiéndose esto gracias a un porcentaje alto de su PEA (Población Económicamente Activa). Se han invertido US\$ 123 millones de dólares en la construcción de centros comerciales modernos, las cuales están prevista que sean finalizadas entre junio y noviembre de este año [ELG2010].

TABLA 3.1 PRINCIPALES CENTROS COMERCIALES EN LA CIUDAD DE AREQUIPA

[Elaboración Propia]

Centros Comerciales	Número de Tiendas	Ubicación
Parque Lambramani*	75	Entre Cercado y Bustamante y Rivero
Real Plaza Arequipa*	55	Cayma
Mall Aventura Plaza*	165	Paucarpata
CC. El Panorámico	165	Cercado de Arequipa

*Centros Comerciales aún en construcción.

Dentro de estos Centros Comerciales mencionados se ubicarán las tiendas “anclas”, entre las cuales podemos mencionar Supermercados Wong S.A., Maestro Home Center S.A.C, Supermercados Peruanos S.A, Cineplanet, Oeschle, Ripley S.A, Hipermercado Tottus S.A, Sodimac Perú S.A, Saga Falabella S.A, entre otras.

A continuación mostramos un cuadro donde nos lista los establecimientos censados por categoría durante el Censo Nacional Económico que fue realizado en el 2008 por el INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática). En la columna de principal nos indica que es la sede principal de la empresa (“Casa Matriz”), en la segunda columna nos lista las sucursales de una empresa.

TABLA 3.2 ESTABLECIMIENTOS CENSADOS POR CATEGORIA

Fuente: [INEI2008]

Distritos Metropolitanos de Arequipa	Categoria del establecimiento
	Principal y Sucursal
Arequipa	2620
Alto Selva Alegre	66
Cayma	154
Cerro Colorado	243
Jacobo Hunter	138
Mariano Melgar	131
Miraflores	340
Paucarpata	197
Sachaca	30
Socabaya	65
Tiabaya	9
Yanahuara	121
JL ByR	285
Total	4399

3.1.2 Proyección del Mercado Corporativo en la Ciudad de Arequipa

Luego de haber mostrado como se encuentran los sectores de comercio en Arequipa, procedemos a estimar nuestro mercado meta.

Anteriormente se mostró los establecimientos en el 2008, ahora tenemos que realizar una estimación del mercado para los años en los que nuestro proyecto se va a desarrollar, es decir a partir del 2011 y 5 años en adelante. Para este proceso nos basaremos en la tasa de crecimiento promedio anual de 6.3% (fuente: [INEI2008]) que tiene el departamento de Arequipa.

**TABLA 3.3 PROYECCION DE ESTABLECIMIENTO DURANTE EL TIEMPO DE VIDA
DEL PROYECTO**

[Elaboración Propia]

Distritos Metropolitanos de Arequipa	Categoría del establecimiento - Principal y Sucursal					
	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Arequipa	3147	3345	3556	3780	4018	4271
Alto Selva Alegre	79	84	90	95	101	108
Cayma	185	197	209	222	236	251
Cerro Colorado	292	310	330	351	373	396
Jacobo Hunter	166	176	187	199	212	225
Mariano Melgar	157	167	178	189	201	214
Miraflores	408	434	461	491	521	554
Paucarpata	237	252	267	284	302	321
Sachaca	36	38	41	43	46	49
Socabaya	78	83	88	94	100	106
Tiabaya	11	11	12	13	14	15
Yanahuara	145	154	164	175	186	197
JL ByR	342	364	387	411	437	465
Total	5284	5617	5971	6347	6747	7172

A continuación mostramos la lista de los establecimientos por actividad económica proyectados para el 2016, el cual es el año que tomaremos como referencia para el cálculo de nuestro mercado meta. Como se mencionó anteriormente las actividades se han agrupado básicamente en: Banca, Comercio e Industria.

TABLA 3.4. NUMERO DE ESTABLECIMIENTOS POR ACTIVIDAD ECONOMICA A NIVEL DE DISTRITO PARA EL AÑO 2016

[Elaboración Propia]

Distrito	2016		
	Banca	Comercio	Industria
Arequipa	21	3802	416
Alto Selva Alegre	1	100	7
Cayma	10	239	13
Cerro Colorado	1	357	40
Jacobo Hunter	1	211	13
Mariano Melgar	1	194	19
Miraflores	14	499	55
Paucarpata	0	289	32
Sachaca	1	46	3
Socabaya	1	95	11
Tiabaya	1	14	1
Yanahuara	4	180	18
JL ByR	5	446	19
Total	58	6471	646

3.1.3 Establecimiento del Mercado Meta.

Luego de haber mostrado como se encuentran los sectores de comercio en Arequipa, procedemos a estimar nuestro mercado meta. Nuestro mercado meta será del 30% del mercado total. Vale mencionar que esta meta se logrará por fases, la cuales serán detalladas más adelante.

TABLA 3.5 MERCADO META POR DISTRITOS

[Elaboración Propia]

Distrito	2016		
	Banca	Comercio	Industria
Arequipa	6	1140	125
Alto Selva Alegre	1	30	2
Cayma	3	72	4
Cerro Colorado	1	107	12
Jacobo Hunter	1	63	4
Mariano Melgar	1	58	6
Miraflores	4	150	17
Paucarpata	1	87	10
Sachaca	1	14	1
Socabaya	1	29	3
Tiabaya	1	4	0
Yanahuara	1	54	5
JL ByR	2	134	6
Total	24	1942	194

La siguiente tabla nos muestra el mercado meta en las diferentes etapas de expansión. La primera fase comprende la expansión en los distritos de Arequipa, José Luis Bustamante y Rivero, Miraflores y Cerro Colorado. La segunda fase comprende los distritos de Alto Selva Alegre, Paucarpata, Yanahuara Cayma y Mariano Melgar. Por último, la tercera fase comprende los distritos de Socabaya, Jacobo Hunter, Tiabaya, Sachaca y Sabandia. Estamos tomando como punto de partida (Fase 1º) a los distritos donde se concentra el mayor número de establecimientos económicos y a partir de estos expándenos la red a los demás lugares donde se presenta menor concentración de clientes.

TABLA 3.6 MERCADO META POR FASES

[Elaboración Propia]

FASE	DISTRITOS	TOTAL DE CLIENTES	MERCADO META (NUMERO DE CLIENTES)
1º	Arequipa	4271	1272
	JL.ByR	465	141
	Miraflores	554	170
	Cerro Colorado	396	120
2º	Paucarpata	321	97
	Cayma	251	78
	Yanahuara	197	60
	Alto Selva Alegre	33	11
	Mariano Melgar	214	65
3º	Socabaya	106	33
	Jacobo Hunter	225	68
	Tiabaya	15	5
	Sachaca	49	16
	Sabandia	0	0

3.2. Determinación de los Servicios a Ofrecer

Luego de haber analizado los servicios de telecomunicaciones que actualmente se están brindando en Arequipa y la necesidad del mercado presente en dicho departamento, se ha llegado a verificar la demanda de servicio de transporte de datos en el departamento de Arequipa todavía no está completamente satisfecha. En este caso, el transporte de datos se refiere tanto a servicios VPN entre sedes de una misma empresa, como al servicio de Internet con el que contará el cliente en cada una de sus sedes.

Para poder determinar el ancho de banda específico que se ofrecerá y el precio con el que se accederá al mercado tanto para VPN como para Internet, es necesario analizar la competencia actual en el departamento de Arequipa. En ambos casos se ha identificado a dos empresas que ya están brindando dichos servicios: TELMEX PERU S.A. y TELEFONICA DEL PERU S.A.

A continuación se analizará las características de los servicios de ambas empresas.

3.2.1 Análisis de la Competencia

3.2.1.1 Internet

En el caso de TELEFONICA DEL PERU S.A., este brinda a sus clientes corporativos sólo un tipo de Internet, cuyo overbooking es de 1:1, es decir el ancho de banda efectivo brindado es igual al ancho de banda ofrecido. La gama de velocidades disponibles es de 64, 128, 256, 512, 1024 y 2048 kbps TEL[2006].

En contraste a lo mencionado, TELMEX PERU S.A. brinda a sus clientes corporativos 4 tipos de servicios de Internet: Carrier Class (1:1), Premium Class(2:1), Corporate Classs (4:1) y Business Class (8:1). Así mismo, cuenta con una mayor gamas de velocidades, variando entre 64kbps y 102400kbps, según el tipo se servicio TMX [2010].El costo detallado se puede ver en TEL[2006] yTMX[2010].

A continuación mostraremos una tabla comparativa entre TELEFONICA DEL PERU S.A. y TELMEX PERU S.A. con respecto a la tarifa establecida para sus la modalidad de Internet 1:1 .

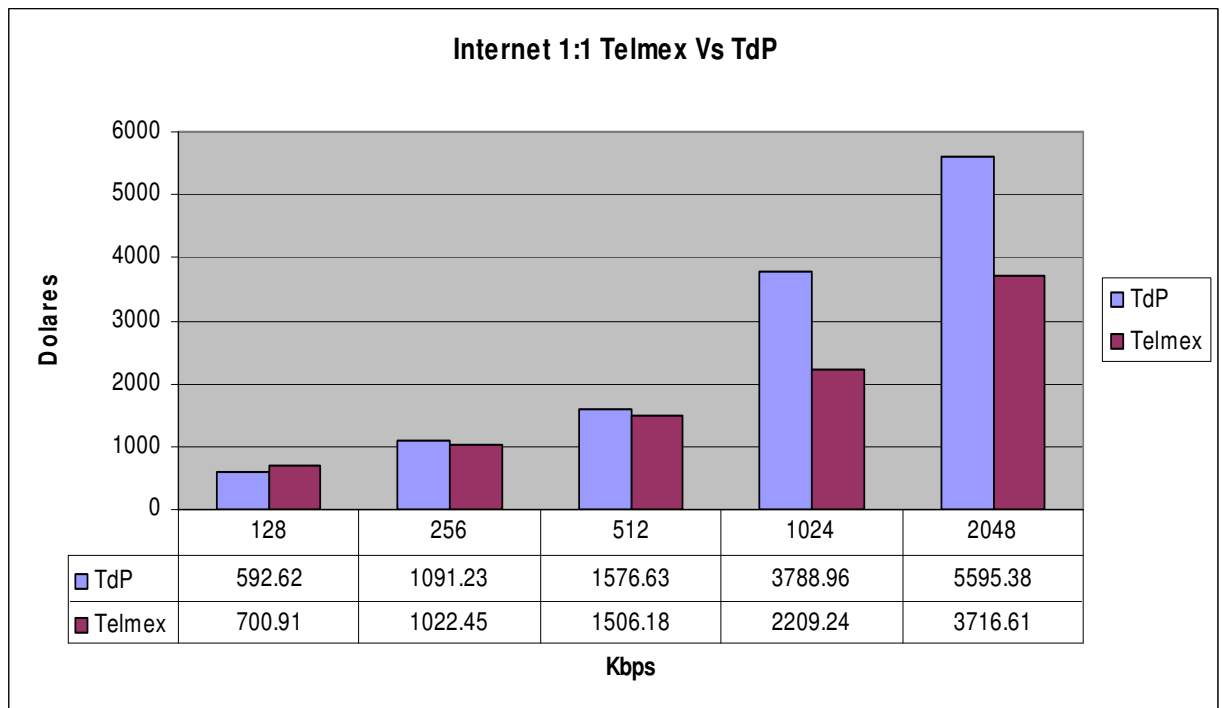


FIGURA 3.1 INTERNET 1:1 TELMEX VS TELEFONICA DEL PERU

[Elaboración Propia]

En esta tabla se visualiza el ancho de banda ofrecido con su respectiva tarifa para el servicio de Internet 1:1. Se puede observar que los precios de TELEFONICA DEL PERU S.A. son mayores a comparación de los precios de TELMEX PERU S.A. a pesar que brindan el mismo tipo de servicio. Esto tiene como causa el prestigio y fiabilidad que tiene TELEFONICA DEL PERU S.A. en el mercado debido a su largo tiempo de operación en el Perú, viéndose reflejado en precios más elevados.

Al ser una empresa nueva , se tomará una postura agresiva en el mercado, por lo que las tarifas serán menores que las de la competencia. Así mismo, al contar con una red completamente inalámbrica (tanto en transporte como en acceso), la inversión inicial no será tan fuerte y se podrá recuperar rápidamente.

Por otro lado, es necesario comprar los precios entre los diferentes servicios de Internet que brinda TELMEX PERU S.A. .

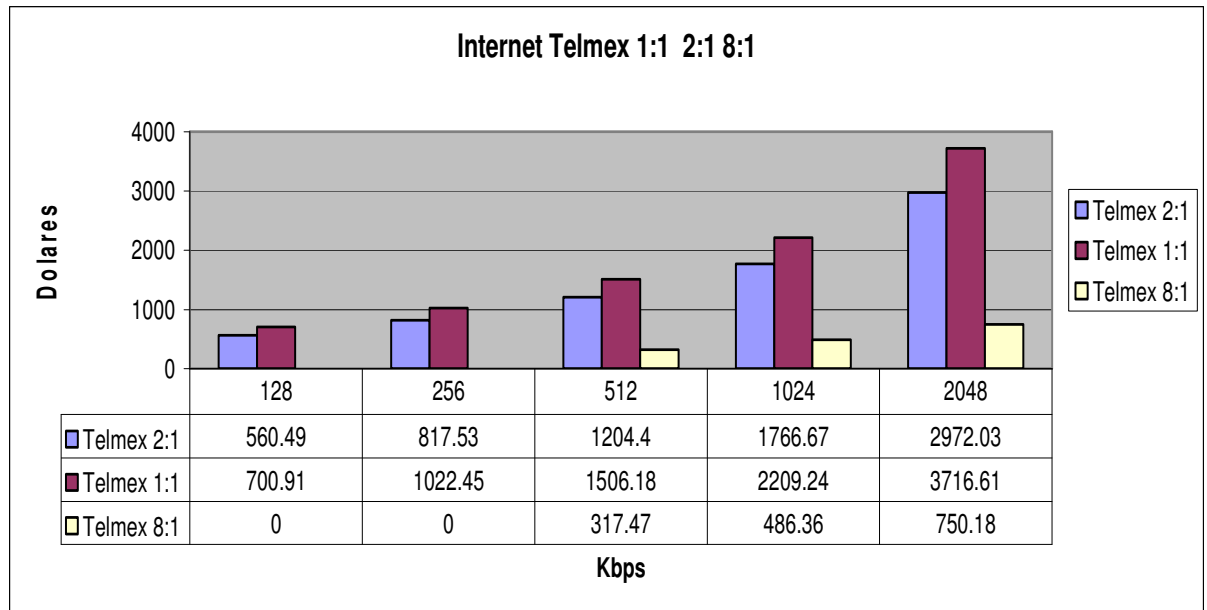


FIGURA 3.2 INTERNET TELMEX 1:1 2:1 8:1

[Elaboración Propia]

En esta tabla se puede verificar que el costo para cada uno de estos servicios difiere drásticamente, lo cual se traduce en una mayor cobertura del mercado, permitiéndole al cliente elegir el overbooking necesario para satisfacer los requerimientos de su empresa.

3.2.1.2 VPN

En lo relacionado al servicio VPN, este se refiere a la interconexión entre todas las sedes del cliente, formando entre estas una red privada de toda la empresa. Actualmente TELEFONICA DEL PERU S.A. brinda este servicio por medio de 2 clases: Plata y Oro . La clase plata está orientada para comunicación exclusiva de datos, mientras que la clase Oro permite calidad en servicios de voz y video TEL[2010].

Por otro lado TELMEX PERU S.A. brinda el servicio VPN dividiendo el ancho de banda de acceso en tres clases de servicio: Cos1, Cos 2 y Cos3. Las 2 primeras clases se centran en comunicación de datos, según su prioridad y la tercera clase es para comunicación de voz y video TMX [2009]. A continuación observamos un cuadro comparativo de los precios de estas 2 empresas en el mercado.

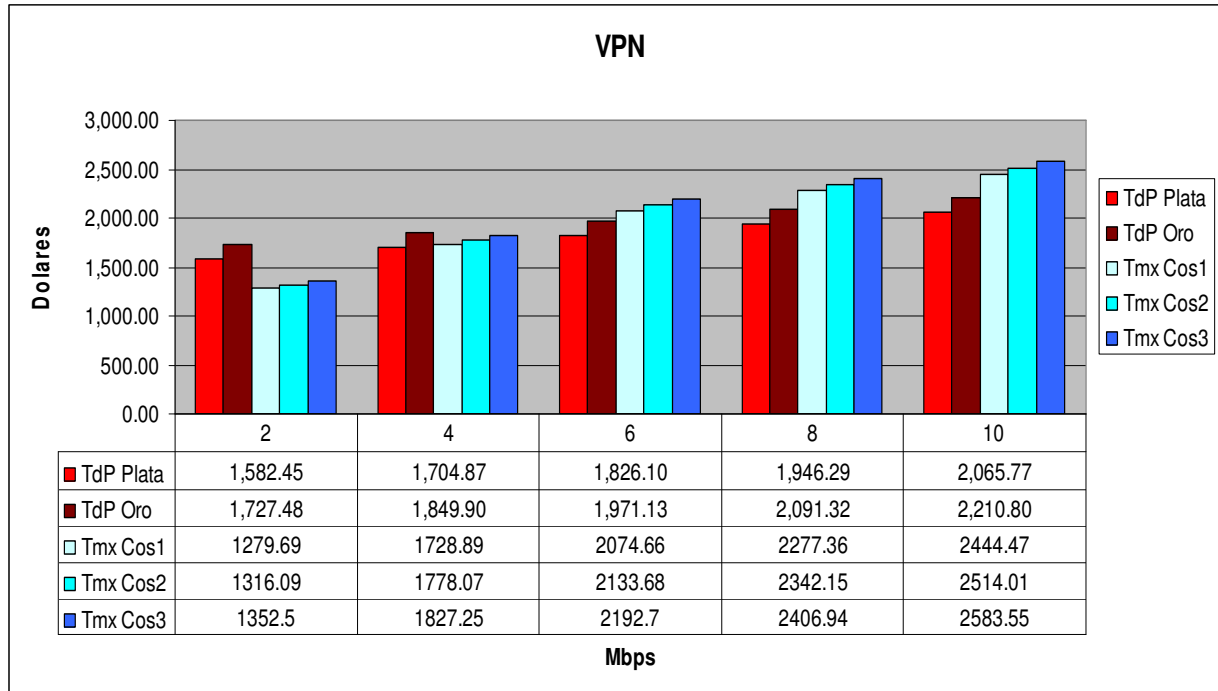


FIGURA 3.3 VPN TELMEX VS TELEFONICA

[Elaboración Propia]

En la tabla mostreada anteriormente podemos observar que las tarifas de ambas empresas son bastantes similares.

Considerando que la nuestra empresa recién está entrando al mercado así como también que basamos nuestra red en un core inalámbrico, optaremos por ofrecer precios más bajos, para ir captando clientes de distintos sectores lo más rápido posible.

3.2.2 Servicios a Ofrecer

3.2.2.1 VPN

Como resultado de evaluar los productos ya establecidos en el mercado, se optó por dividir los servicios VPN ofrecidos en las siguientes clases:

- Clase A : clase orientada a comunicación de aplicaciones de red con menor prioridad, como por ejemplo transferencia de archivos entre 2 ordenadores.
- Clase A + : clase orientada a comunicación de aplicaciones de red con alta prioridad , como por ejemplo comunicación hacia servidores.

- Clase S : clase orientada a la comunicación de aplicaciones de voz y video .

Cada una de estas clases contará con la siguiente gama de velocidades:

- 128 Kbps, 256 Kbps, 512 Kbps, 1 Mbps, 2 Mbps, 3 Mbps, 4Mbps, 5Mbps, 6Mbps, 7Mbps, 8Mbps, 9Mbps y 10Mbps.

Mediante este grupo de clases, el usuario final podrá tener calidad en sus servicios y administrar sus recursos de una manera más eficiente.

Las tarifas serán definitivamente menores a la de la competencia, pero para poder establecerlas es necesario evaluar el costo de implementación de la red, lo cual se estableceremos más adelante.

3.2.3 Evolución y Perspectivas de los Servicios

Las necesidades del mercado de las telecomunicaciones van regidas por los siguientes puntos:

- Mayores ancho de banda: Capacidad de transmisión de servicios de voz, dato y video.
- Simplicidad de redes: Interoperabilidad a través de una integración de redes y dispositivos.
- Movilidad: Conectividad móvil, donde quieras y cuando quieras.

Por otro lado, los usuarios requieren una excelente calidad en el servicio, mayores anchos de banda, ubicuidad, demanda por contenidos y su compartición de manera rápida y segura. Toda esta comunicación la logran a través de las diversas aplicaciones como por ejemplo: Aplicaciones P2P, música, video, juego multiplayer, etc. Esta demanda de servicios en aumento hace pensar que se requieren tecnologías de acceso y de transporte lo suficientemente robustas capaces de brindar calidad de servicio a las diferentes aplicaciones usadas.

TABLA 3.7 APLICACIONES WIMAX.

Fuente: [WIM2005]

WiMAX Clases de Servicio			
Descripción de la clase	¿Tiempo real?	Tipo de Aplicación	Ancho de banda
Juegos Interactivos	Sí	Juegos Interactivos	50-85 kbps
VoIP, Video Conferencia	Sí	VoIP	4 - 64 kbps
		Video llamada	32 - 384 kbps
Streaming media	Sí	Música , Voz	5 - 128 kbps
		Video Clips	20 - 384 Kbps
		Películas	> 2 Mbps
Tecnología de la Información	No	Envío de Mensajes Instantáneo	< 250 byte
		Navegar por la Web	> 500 kbps
		E-mail (con adjuntos)	> 500 kbps
Descarga de Contenidos de Información	No	Descarga de Películas	> 1 Mbps
		Peer-to-Peer	> 500 kbps

Asimismo, los servicios que se ofrecían por los operadores han ido aumentando a través del tiempo así como su requerimiento de ancho de banda. En un principio solo se ofrecía voz, texto , y en la actualidad el transporte de datos crece de manera importante.

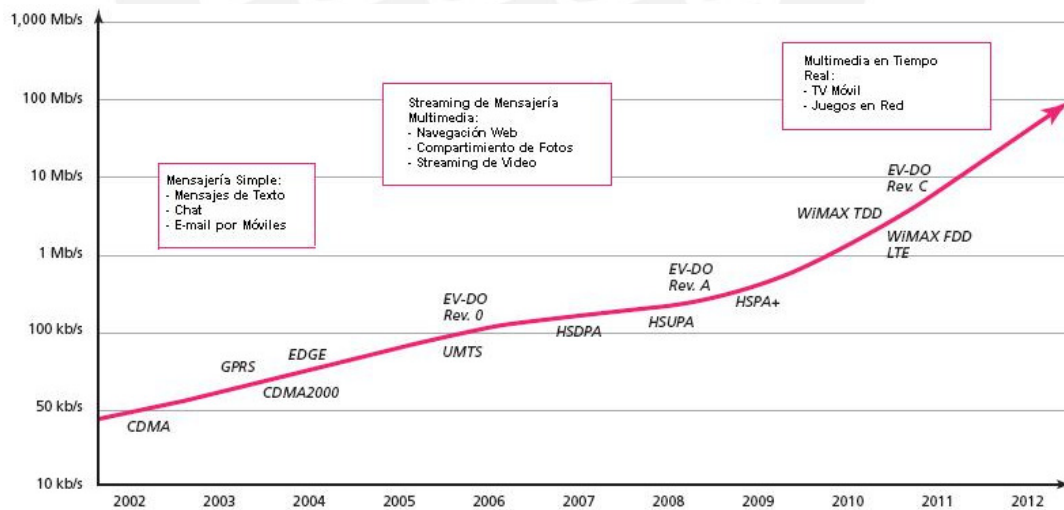


FIGURA 3.4 PROGRESO TECNOLÓGICO

[EVO2011]

Como se puede ver en el gráfico anterior, los servicios de telecomunicaciones se vuelven más exigentes y diversos. La manera de dar solución a todo esto es tener una red capaz de soportar todos los tipos de tráfico, sin descuidar la calidad del servicio. Esto se logra a través de una red basada en el protocolo IP.

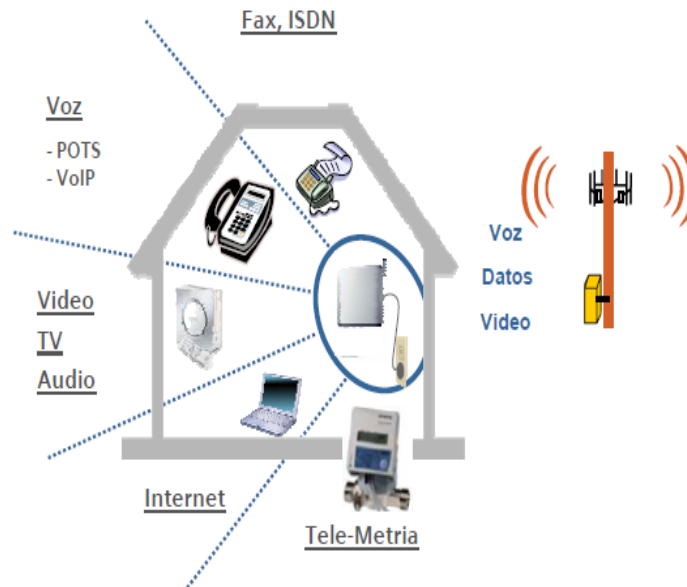


FIGURA 3.5 USO ACTUAL DE SERVICIOS SOPORTADOS POR WIMAX

Fuente: [SIEM2007]

Según estudios realizados por Infonetics Research en el mercado internacional, podemos observar cómo irán aumentando los equipos y clientes Wimax globalmente a medida que el tiempo pasa. Esto refleja el alto potencial de crecimiento que la tecnología Wimax posee en la actualidad.

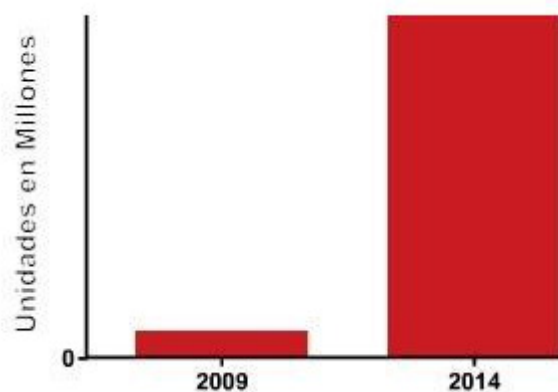


FIGURA 3.6 CRECIMIENTO DE EQUIPOS Y SERVICIOS WIMAX

[INFO2010]

De otro lado, con la creciente demanda de servicios los operadores deben de proveerse de redes de transporte robustas capaces de manejar tales cantidades de información. La tecnología MPLS está siendo desplegada, por varios proveedores de servicio de telecomunicaciones, como la principal en redes de transporte. Esto con el fin de consolidar redes integrales, reduciendo gastos de operación y converger en una infraestructura flexible y confiable.

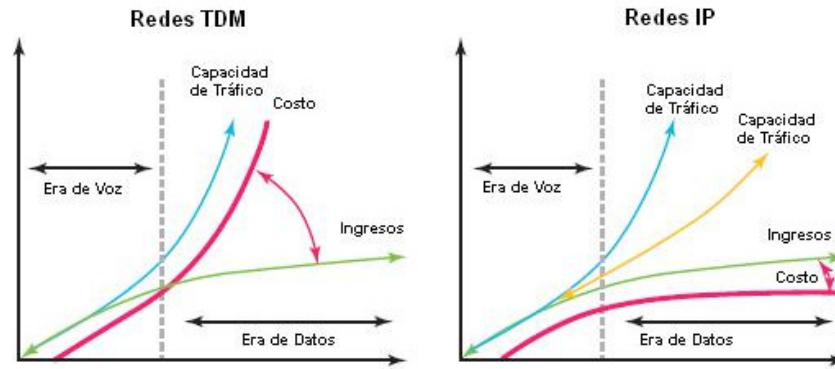


FIGURA 3.7 COSTOS, CAPACIDAD Y GANANCIA EN REDES DE TRANSPORTE.

[EVO2011]

Además se puede observar cómo ha ido creciendo constantemente el tráfico IP/MPLS globalmente, lo que permite realizar un estimado y determinar que MPLS seguirá ese comportamiento en los próximos años:

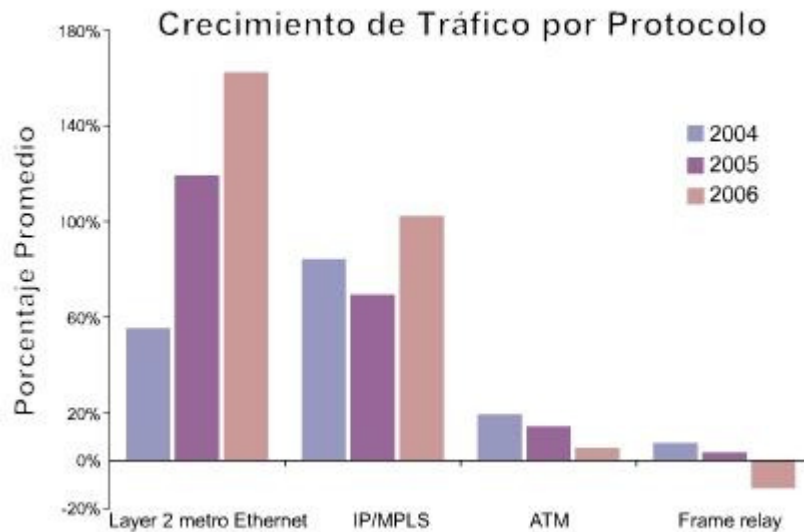


FIGURA 3.8 CRECIMIENTO MPLS 2004-2006

[INFO2006]

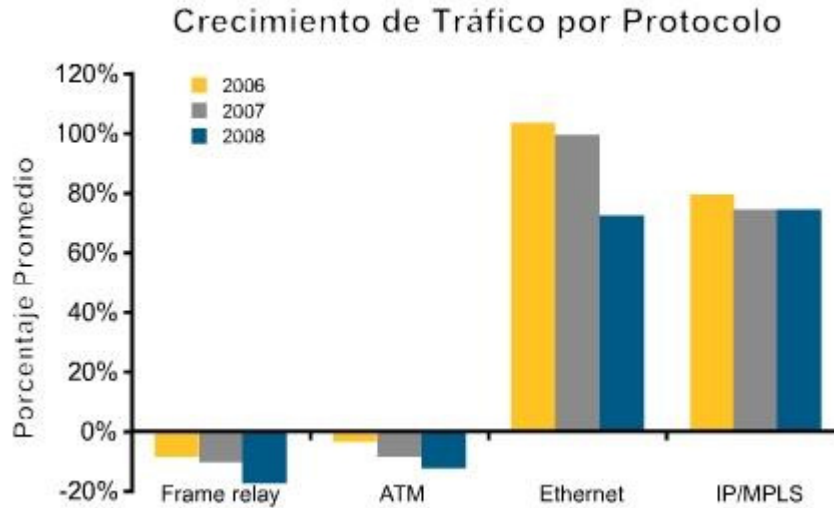


FIGURA 3.9 CRECIMIENTO MPLS 2006-2008
[INFO2008]

Finalmente, mediante una predicción realizada a través de estudios confiables de Infonetics Research, podemos estimar la rentabilidad que ofrecerá la tecnología Ethernet / MPLS en el año 2014. Esto nos da una idea de que esta tecnología se encuentra en pleno desarrollo y será intensificado en los años venideros.

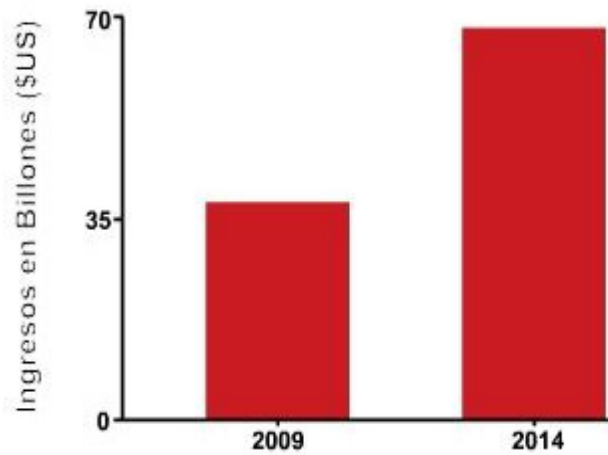


FIGURA 3.10 RENTABILIDAD MPLS
[MPLS2010]

CAPITULO 4: INGENIERÍA DEL PROYECTO

Luego de haber realizado la estimación del mercado, y saber donde se concentra la mayor actividad económica y por ende, la mayor demanda de ancho de banda, procederemos a determinar la cobertura de la red a diseñar.

4.1 Topología de la Red

La implementación del proyecto será dividida en 3 fases, de manera que se tenga una penetración gradual en el mercado. Para poder determinar el orden de las fases y las zonas involucradas en las mismas, se ha tomado como base la demanda estimada del servicio, empezando por los distritos con mayor mercado potencial. A continuación se muestra las fases de expansión de las cuales constará la red a implementar en Arequipa.

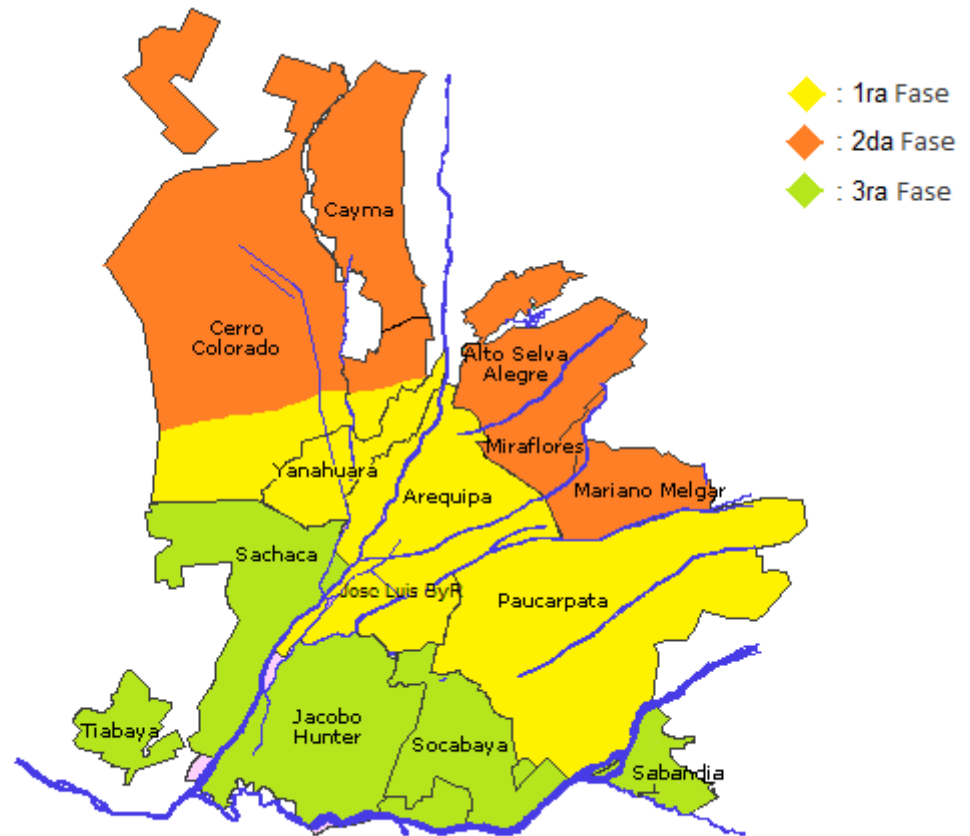


FIGURA 4.1 FASES DE EXPANSION DE RED

Fuente: [Elaboración propia]

Como se analizó en el capítulo anterior, los distritos con mayor densidad de mercado corporativo son: Arequipa, José Luis Bustamante y Rivero y Paucarpata. Se adicionará a esta fase el distrito de Yanahuara por motivos de practicidad, debido a su ubicación geográfica. Estos distritos abarcan el 61.7% del mercado objetivo total en Arequipa Metropolitana y se encuentran ubicados al centro de Arequipa, por lo que constituirán la primera fase del proyecto.

La zona Norte de Arequipa, formada por los distritos de Cerro Colorado, Cayma, Alto Selva Alegre, Miraflores y Mariano Melgar, también constituye un importante sector de consumidores potenciales, abarcando un 29.1% del mercado meta, de manera que serán parte de la 2da fase del proyecto.

Finalmente se implementará la 3ra fase, la cual abarca toda la zona Sur formada por los distritos de Tibaya, Sachaca, Jacobo Hunter, Socabaya y Sabandía. Estos distritos presentan una fracción más pequeña del mercado meta, motivo por el cual serán implementados en la última etapa del proyecto.

En la siguiente figura podemos visualizar el porcentaje del mercado meta que abarcará cada fase :

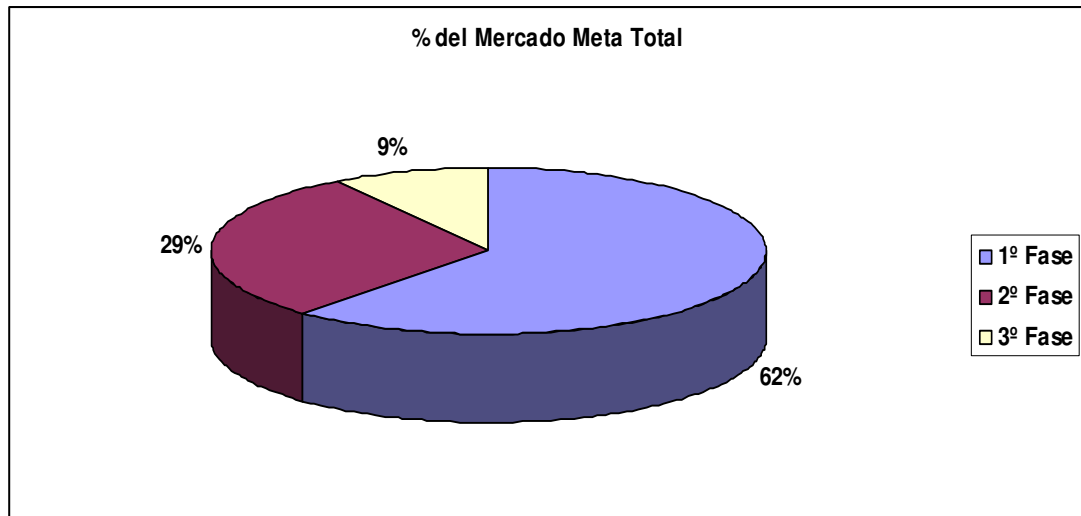


FIGURA 4.2 MERCADO META POR FASE

Fuente: [Elaboración propia]

4.1.1 Determinación del Número de Estaciones Base.

Para poder determinar el número de estaciones base que la red necesitará en cada una de sus etapas nos basaremos en los datos hallados y tablas plasmadas referentes al mercado meta establecido en el capítulo 3. Dicha información refleja el consumo promedio actual de ancho de banda orientado a comunicación entre sedes (VPN).

En la **tabla 3.2** se tienen número de organizaciones por rubro económico en Arequipa Metropolitana. Esta tabla nos permite seleccionar solo las empresas que cuentan con sedes secundarias, es decir, que potencialmente requieren el servicio de interconexión VPN

Para poder visualizar mejor estos datos y simplificar calcular, se optó por agrupar las actividades económicas presentadas en 4 rubros: Industria, Comercio, Banca y Otros. Luego de lo cual se proyectó el crecimiento del mercado al año de implementación del proyecto (2010) y se estableció un mercado meta del 50%, obteniendo la **tabla 3.4**.

De esta manera se puede llegar a estimar el número de empresas que podrían requerir el servicio VPN por distrito.

Mediante una recopilación de datos de las empresas proveedoras de servicios VPN más importantes en Arequipa Metropolitana, se han obtenido los valores promedios de consumo de ancho de banda para interconexión en sedes en la zona.

Con estos datos mencionados en las tablas, realizamos un promedio para tomarlo como base para la planificación de nuestra red.

TABLA 4.1 CONSUMO DE ANCHO DE BANDA POR SECTOR DE COMERCIO

Fuente: [Elaboración propia]

Sectores de Comercio PROMEDIO	TOTAL(Mbps)
Entidades Bancarias	1.594
Entidades Industriales	3.16
Entidades Comerciales	2.207
Otros	2.6

Finalmente se procede a multiplicar el estimado de ancho de banda por consumir según el rubro de comercio por el número de clientes en cada distrito, obteniendo así el ancho de banda total por distrito. Para diseñar una red no sólo efectiva, sino también eficiente, es necesario dimensionarla de acuerdo al consumo de ancho de banda en la hora pico. Esto se fundamenta en que no todos los usuarios van a estar consumiendo todo su ancho de banda al mismo tiempo, de manera que se pueda diseñar una red acorde a las necesidades reales.

Al ser un servicio de interconexión de voz, datos y video en tiempo real y orientado al sector corporativo, es recomendable estimar una concentración de usuarios en la hora pico de un 50%. Cabe resaltar que el overbooking que se brindará será de 1:1, es decir, se le asegurará al usuario el 100% del ancho de banda contratado. Las estaciones base que irradiarán el servicio serán del fabricante Alvarion , y tienen una capacidad de 432Mbps por 6 sectores (mayor detalle en el cap 5). Para este diseño se utilizará solo el 70% de capacidad de transmisión en cada BTS, de modo que no estén operando bajo stress. Conociendo el ancho de banda

consumido por distrito, y el número de usuarios en la hora pico podemos estimar el ancho de banda necesario por fase , lo cual nos permitirá establecer el número de estaciones base (BTS) que se implementarán en cada una de las fases del proyecto.

TABLA 4.2 DEMANDA DE ANCHO DE BANDA Y NÚMERO DE ESTACIONES BASE POR DISTRITO

Fuente: [Elaboración Propia]

FASE	DISTRITOS	NÚMERO DE CLIENTES			ANCHO DE BANDA		# DE BTS
		BANCA	COMERCIO	INDUSTRIA	BW TOTAL(Mbps)	BW HORA CARGADA (Mbps)	
1º	Arequipa	6	1140	25	2604.544	1642.103	5.43
	JL.ByR	2	134	6	317.886		
	Yanahuara	1	54	5	136.572		
	Paucarpata	1	87	10	225.203		
2º	Miraflores	4	150	17	391.146	532.910	3
	Cerro Colorado	1	107	12	275.663		
	Cayma	3	72	4	176.326		
	Alto Selva Alegre	1	30	2	74.124		
	Mariano Melgar	1	58	6	148.56		
3º	Socabaya	1	29	3	75.077	137.213	1
	Jacobo Hunter	1	63	4	153.275		
	Tiabaya	1	4	0	10.422		
	Sachaca	1	14	1	35.652		
	Sabandia	0	0	0	0		

La tabla presentada refleja que con 10 estaciones bases, implementadas en 3 etapas se logrará satisfacer la demanda estimada en los distritos de Arequipa Metropolitana. La distribución de las estaciones base satisficará la necesidad de ancho de banda en cada distrito.

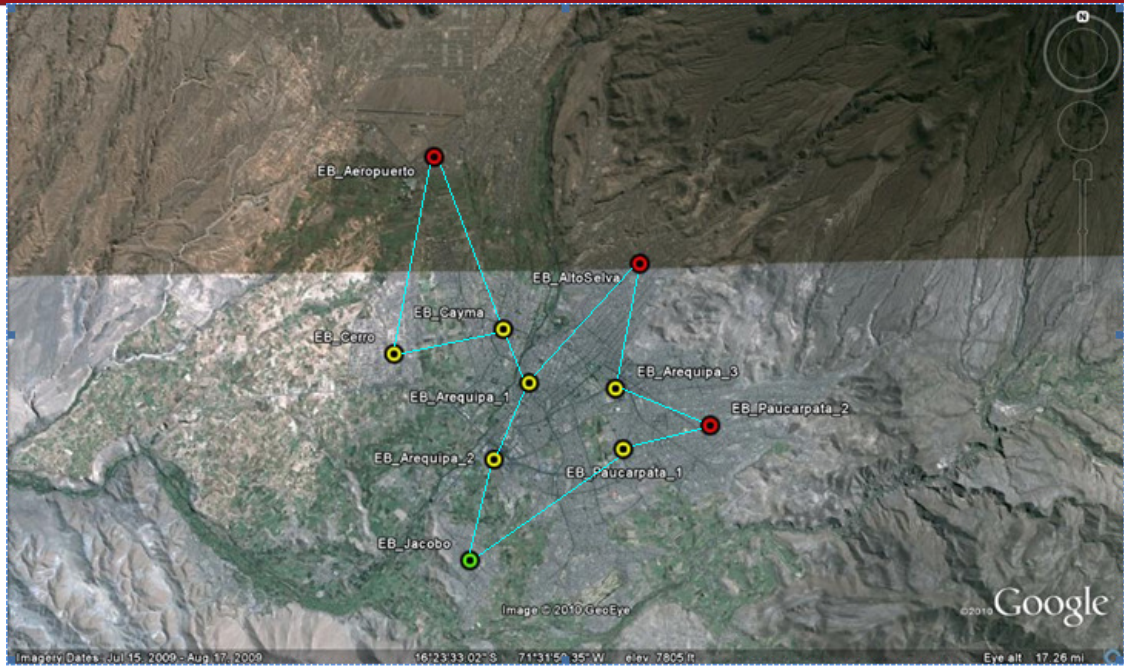


FIGURA 4.3 TOPOLOGIA DE LA RED

Fuente: [Elaboración propia]

El criterio utilizado para determinar el número de estaciones base se basó en la necesidad de cubrir la capacidad estimada de los usuarios en la hora cargada. Sin embargo, por motivos de la geografía, el número de estaciones base necesaria para lograr la cobertura deseada de nuestra red de acceso podría ser distinto al determinado aplicando este criterio de capacidad, por lo que la conclusión final respecto al número de estaciones base a utilizar se dará una vez realizados los cálculos de propagación respectivos.

4.1.2 Plan de Canalización

El espectro en la ciudad de Arequipa para las frecuencias de operación de WiMAX (Bandas 3400 – 3600 MHz) se encuentra distribuido de la siguiente manera por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones. El número 2 en el siguiente cuadro indica la restricción de su disponibilidad, razón por la cual solo podremos tener cuenta los canales desde la A hasta H4.

TABLA 4.3. DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS POR EL MTC

Fuente:[MTC2007]

AREA DE ASIGNACION	CANALES							
	A – E	B - F	C - G	D1 - H1	D2 - H2	D3 - H3	D4 - H4	D5 - H5
Provincia	3400-	3425-	3450-	3475-	3480-	3485-	3490-	3495-
	3425	3450	3475	3480	3485	3490	3495	3500
	3500-	3525-	3550-	3575-	3580-	3585-	3590-	3595-
	3525	3550	3575	3580	3585	3590	3595	3600
Arequipa	NXP	TDP	AMP	TMX	TMX	TMX	2	2

Para fines de diseño, asumiremos que los canales A y E se encuentran libres. Se utilizarán canales de 3,5 MHz empleando la técnica de duplexaje FDD (Frequency Division Multiplexing) de manera que se tendrán 7 portadoras para UL (Uplink) y otras 7 para DL (Downlink). Por otro lado, la separación entre los canales de UL y DL serán de 100 MHz.

TABLA 4.4 DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS

Fuente: [Elaboración Propia]

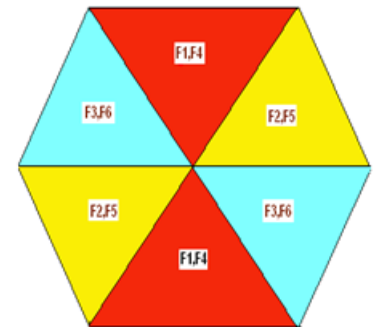
Distribución de Frecuencias Nº Canal	Frecuencias (MHz)	
	UL	DL
1	3402	3502
2	3405.5	3505.5
3	3409	3509
4	3412.5	3512.5
5	3416	3516
6	3419.5	3519.5
7	3423	3523

Cada celda contará con 6 sectores de los cuales se tendrá un par de frecuencias por sector. Se recomienda tomar pares separados para evitar posible problemas de interferencia entre antenas cercanas. En el siguiente gráfico se muestra la distribución de los pares de frecuencia por sector.

TABLA 4.5. SECTORIZACION DE FRECUENCIAS

Fuente:[Elaboración Propia]

Distribución de Frecuencias		Frecuencias	
Nº Canal	Color	UL	DL
1	Red	3402	3502
2	Amarillo	3405.5	3505.5
3	Cian	3409	3509
4	Red	3412.5	3512.5
5	Amarillo	3416	3516
6	Cian	3419.5	3519.5
7	Marrón	3423	3523



4.2 Red de Acceso

En este capítulo se procederá a desarrollar los cálculos de propagación necesarios para cada una de las estaciones bases a implementar. Esto es imprescindible para poder conocer el alcance y cobertura que tendrá cada estación base en Arequipa Metropolitana sobre los usuarios establecidos previamente como mercado meta.

La ubicación de las estaciones base fue determinada de acuerdo a los requisitos de ancho de banda que se proyectó previamente, el alcance y potencia en cada sector varía según la necesidad del área a cubrir.

El conjunto de equipos que se usarán pertenecen a la plataforma Breezemax 3500, del fabricante Alvarion ALV [2010], y presentan 2 soluciones:

Equipo CPE Indoor:

Potencia de la Estación Base:

$P_{tx} = 34 \text{ dBm}$

Ganancia del Transmisor (Estación Base):

$G_{tx} = 17 \text{ dBi} = 14.86 \text{ dB}$

Ganancia del Receptor (Equipo Usuario): Grx = 17 dBi = 14.86 dB
Sensibilidad Rx Max : -80 dBm (QAM64)

Equipo CPE Outdoor:

Potencia de la Estación Base: Ptx = 34 dBm
Ganancia del Transmisor (Estación Base) : Gtx = 17 dBi = 14.86 dB
Ganancia del Receptor (Equipo Usuario): Grx = 54dBi = 51.86 dBm
Sensibilidad Rx Max: -80 dBm (QAM64)

OBS: en este caso sólo se considerará pérdidas de espacio libre, ya que se busca tener línea de vista con la antena de la EB.

Para poder hallar la potencia de recepción del usuario y corroborar que el nivel de señal en el enlace es óptimo se utiliza la siguiente fórmula:

$$PRX (dBm) = PTX + GTX + GRX - LRF - PI$$

Siendo:

PRX: Potencia de recepción (dBm) PTX: Potencia de transmisión (dBm)

GTX: Ganancia de la antena transmisora (dBi)

GRX: Ganancia de la antena receptora (dBi)

LRF: Pérdidas RF (dB)

Pl.: Pérdidas de propagación – Path loss (dB)

Los primeros parámetros han sido definidos en la hoja de datos del fabricante Alvarion y ya fueron mencionados. Las pérdidas RF se consideran por motivos prácticos 2.5 dB. El parámetro que queda pendiente es entonces el de Path Loss. Para hallar las pérdidas de propagación se aplicará el método COST 231-Walfisch-Ikegami. Este método a sido diseñado para operar en los siguientes entornos:

- Celdas grandes y pequeñas.- La antena de la estación base se sitúa por encima de los tejados de los edificios, por lo tanto las pérdidas de propagación están determinadas en su mayoría por la difracción y la dispersión en los tejados de los edificios cercanos al equipo receptor.
- Micro celdas.- La antena de la estación base se sitúa por debajo de los tejados de los edificios, por lo que en este caso las pérdidas de propagación dependen de la difracción y la dispersión alrededor de los edificios.

El método COST 231-Walfisch-Ikegami fue diseñado para operar entre las frecuencias de 800 MHz y 2000MHz, no obstante se ha demostrado en varios experimentos y proyectos que en la banda de 3400 MHz – 3600 MHz también se logran resultados positivos.

Las fórmulas que contiene este método y permiten hallar las pérdidas de propagación son las siguientes:

$$L_b = L_o + L_{rts} + L_{msd}$$

Siendo:

L_o : Perdida en el espacio libre

L_{rts} : Perdida por difracción y dispersión del techo a la calle

L_{msd} : Perdida por difracción multipantalla

Para la pérdida en el espacio libre se tiene,

$$L_o = 32.4 + 20 \text{ Log } (D) + 20 \text{ Log } (F_c)$$

Siendo:

F_c : Frecuencia de portadora en MHz.

D : Distancia entre transmisor y receptor (Km)

Para la pérdida por difracción y dispersión del techo a la calle se tiene,

$$L_{rts} = -16.9 - 10 \text{ Log } (W) + 10 \text{ Log } (F_c) + 20 \text{ Log } (\Delta H_m) + L_{ori} \quad \text{para } H_m < H_r \quad (4)$$

$$L_{rts} = 0 \quad \text{para } L_{rts} < 0$$

Siendo:

W : Ancho de la calle, se puede considerar la mitad de la separación de edificios.

$\Delta H_m = H_r - H_m$, siendo H_r la altura de los edificios, $3m \times \text{No de pisos}$

H_m : altura de la estación móvil, se asume 1.5m

$$\begin{array}{ll}
 L_{ori} & = -10 + 0.354 \Phi & 0^\circ < \Phi < 35^\circ \\
 & = 2.5 + 0.075 (\Phi - 35) & 35^\circ < \Phi < 55^\circ \\
 & = 4 - 0.114 (\Phi - 55) & 55^\circ < \Phi < 90^\circ
 \end{array}$$

Siendo:

Φ : ángulo entre el rayo directo y el eje de la calle

Para la pérdida por difracción multipantalla se tiene,

$$Lmsd = Lbeh + Ka + Kd \text{ Log } (D) + Kf \text{ Log}(Fc) - 9 \text{ Log } (b)$$

$$Lmsd = 0 \text{ para } Lmsd < 0$$

$$Lbeh = -18 \text{ Log } (1 + \Delta Hb) \quad \text{para } Hb > Hr$$

$$Lbeh = 0 \quad \text{para } Hb < Hr$$

$$Ka = 54 \quad \text{para } Hb > Hr (8)$$

$$= 54 - 0.8 \Delta Hb \quad \text{para } D > 0.5 \text{ y } Hb < Hr$$

$$= 54 - 1.6 \Delta Hb.D \quad \text{para } D < 0.5 \text{ y } Hb < Hr$$

$$Kd = 18 \quad \text{para } Hb > Hr$$

$$= 18 - 15 \Delta Hb / Hr \quad \text{para } Hb < Hr$$

$Kf = -4 + 0.7 [(Fc / 925) - 1]$, para ciudades medianas y centros suburbanos

$Kf = -4 + 1.5 [(Fc / 925) - 1]$, para ciudades metropolitanas

Siendo:

Hb: altura de la antena

Hr: altura de los edificios

b: separación de edificios

$\Delta Hb = Hb - Hr$,

“Ka” representa el incremento de pérdidas de propagación en el caso en que las antenas de las estaciones base estén por debajo de los edificios adyacentes. “Kd y Kf” ajustan la dependencia de la difracción según la distancia y la frecuencia.

A base de éste método se procederá a calcular los valores de cada uno de sus parámetros para finalmente llegar a la potencia de recepción estimada y verificar si está dentro de la sensibilidad del equipo.

1ra Fase

Las estaciones base involucradas en esta etapa se encargarán la zona de Arequipa Metropolitana con mayor demanda, por lo que será necesario una mayor concentración de radio propagación.

EB Arequipa 1

El radio de cobertura para cada uno de sus sectores será de 0.75 Km, lo cual será suficiente para cubrir el área objetivo. Se muestran los resultados hallados para cada una de las frecuencias utilizadas en enlace de la EB con cada uno de los usuarios, teniendo como referencia al más alejado. Además, al encontrarse en el centro de Arequipa, se tienen construcciones de mayor altura y calles más estrechas, comparando con otros distritos. Los datos de éste tipo fueron estimados a través de Google-Earth.

Para hallar los parámetros de la señal se uso el método descrito anteriormente: Cost 231. A continuación se presenta una tabla que indica los valores de cada parámetro involucrado en el método Cost 231 y el valor de pérdida de propagación.

TABLA 4.6 CALCULO DE COBERTURA – EB AREQUIPA 1

Fuente: [Elaboración Propia]

Fc	R	W	ΔHm	Φ	Lori	Ka	Kd	Kf	Lbeh	ΔHb	b	Lo	Lrts	Lmsd	Lb
3402	0.75	15	6	30	1.3	54	18	-	-	8	25	100.54	23.47	14.49	138.50
3405.5	0.75	15	6	40	2.9	54	18	-	-	8	25	100.54	25.10	14.50	140.15
3409	0.75	15	6	60	1.2	54	18	-	-	8	25	100.55	23.38	14.51	138.44
3412.5	0.75	15	6	30	1.3	54	18	-	-	8	25	100.56	23.48	14.52	138.56
3416	0.75	15	6	40	2.9	54	18	-	-	8	25	100.57	25.12	14.53	140.22
3419.5	0.75	15	6	60	1.2	54	18	-	-	8	25	100.58	23.39	14.53	138.51
3423	0.75	15	6	30	1.3	54	18	-	-	8	25	100.59	23.50	14.54	138.63

De los parámetros expresados en la tabla se obtienen:

PTX INDOOR -40.28

PTX OUTDOOR -39.32

Podemos observar que la potencia de recepción en ambos casos se encuentra dentro de la sensibilidad de recepción máxima del equipo (-80dB), por lo que se corrobora que todos los usuarios tendrán un buen nivel de señal.

Los resultados obtenidos para el resto de estaciones base se encuentran en los anexos adjuntos a la tesis.

4.3 Red de Transporte

La red de transporte tiene como función de interconectar las diferentes estaciones base que han sido desplegadas. Esto se logrará mediante enlaces de microondas punto a punto, razón por la cual analizaremos los cálculos de pérdidas en el espacio libre.

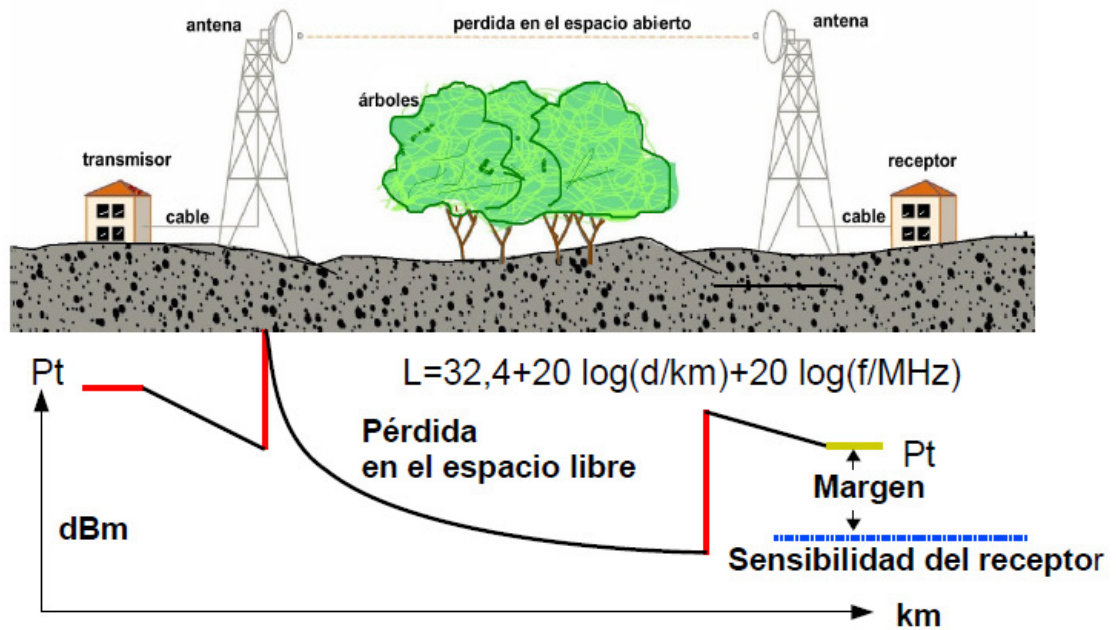


FIGURA 4.4 ELEMENTOS DE UN RADIO ENLACE

Fuente: [WIL2007]

Para realizar nuestros enlaces analizaremos las consideraciones de Fresnel y la sensibilidad de receptor.

-Sensibilidad del receptor:

La sensibilidad del receptor mínima se calcula aplicando la siguiente fórmula.

$$P_{RX} (dBm) = P_{tx} + G_{tx} + G_{rx} - L_{RF} - L$$

P_{tx} = Potencia de Transmisión

G_{tx} = Ganancia de la antena transmisora

G_{rx} = Ganancia de la antena receptora

L_{RF} = Pérdidas en el cable ()

L = Pérdidas en el espacio libre. Se calcula sabiendo la frecuencia de operación y la distancia ente la antena transmisora y receptora.

-Zona de Fresnel:

La zona de Fresnel tal como fue explicada en el capítulo 1 es un concepto muy importante ya que nos va determinar la zona libre de obstáculos que hay que considerar en un enlace microonda punto a punto, además de la línea de vista entre las antenas transmisoras y receptora.

$$r_n = \sqrt{\frac{n \cdot \lambda \cdot d_1 \cdot d_2}{d}}$$

r_n = Es el radio de la enésima zona de Fresnel.

d_1 = Es la distancia del transmisor al obstáculo.

d_2 = Es la distancia desde el obstáculo al receptor.

d = Es la distancia total del enlace.

λ = La longitud de onda.

A continuación mostramos los cálculos para cada enlace.

Anillo Oeste:

Enlace 1: F1N1 O – F2 N3 O.

- Zona de Fresnel:

Para estos enlaces se utilizarán las frecuencias de 21,2 GHz, tal como fue explicado en el capítulo 1 puede ser utilizado para radioenlaces. A continuación se muestra el cálculo de la zona de Fresnel.

TABLA 4.7 CALCULO DE LA ZONA DE FRESNEL DEL ENLACE 1.

Fuente: [Elaboración Propia]

Frecuencia (GHz)	Distancia(Km)	Radio de Fresnel(m)	Radio Optimo(m)
21.2	4.8	2.51	2.008

- Pérdidas en el espacio libre:

Este valor permite estimar la sensibilidad del receptor a utilizar. Este enlace presenta el siguiente valor de L_0 :

TABLA 4.8 PERDIDAS EN EL ESPACIO LIBRE DEL ENLACE 1

Fuente: [Elaboración Propia]

Distancia(km)	Frecuencia(MHz)	L_0 (dB)
4.8	21200	132.55

- Sensibilidad:

Según los datos de P_{tx} , G_{rx} , G_{tx} y L_{RF} , que son proporcionados por los fabricantes de los equipos, podemos obtener la sensibilidad del receptor que se necesitará. Se ha utilizado un equipo PASOLINK del fabricante NEC, el detalle del mismo será explicado en el subcapítulo siguiente.

$$P_{tx} = 19 \text{ dBm (2XSTM-1)}, G_{rx} + G_{tx} = 86.5 \text{ dB}, L_{RF} = 2.5 \text{ dB}, L_0 = 132.55$$

$$\text{Sensibilidad} = 29.55 \text{ dBm}$$

Para los enlaces restantes se ha seguido el mismo procedimiento, los cuales se encuentran en los anexos adjuntos a la tesis.

4.4 Especificaciones técnicas del equipamiento

En el presente subcapítulo se mostrarán los principales equipos así como sus especificaciones técnicas tanto de los equipos de la red de transporte como de los de acceso y los equipos terminales.

4.4.1 Terminales en el local del cliente

En el local cada cliente se contará con 3 equipos principales, los cuales son:

- CISCO871-K9,Dual Ethernet Security Router
- Alvarion BMAX CPE ODU PRO 3.5
- Alvarion BMAX CPE IDU PRO 3.5

Los routers de la serie Cisco 870 brindan servicios concurrentes seguros que incluyen firewall, VPNs y Wireless LAN a altas velocidades. Están orientados para ser desplegados en oficinas, cuyas redes LAN serán conectadas a redes mayores, generalmente mediante conexiones VPN seguras. Adicionalmente, cuenta con una gran capacidad de despliegue y facilidad de gestión.

4.4.2 Equipamiento para la red de acceso.

Actualmente hay una gran gamma de empresas dedicadas a la implementación de sistemas inalámbricos, por lo que se han tomado en cuenta 3 de las más reconocidas a nivel internacional, las cuales son: Alvarion, Huawei Technologies y Lucent Technology.

TABLA 4.9 EQUIPAMIENTO RED DE ACCESO

Fuente: [Elaboración Propia]

Especificaciones	ALVARION	ALCATEL - LUCENT	Huawei
Modelo	BreezeMax 3500	9116	BTS3706
Banda de frecuencia	2.3, 2.5 y 3.5 Ghz	2.5 y 3.5 Ghz	2.5 y 3.5 Ghz
Potencia Tx	34dBm	35dBm	25 dBm
Sensibilidad Rx	-80 dBm (QAM64)	-81.5dBm (QAM64)	-96 dBm (QPSK)
Capacidad	432 Mbps	45 Mbps	180-360 Mbps

Se puede observa claramente que la estación base con mayor ancho de banda es el perteneciente a la plataforma BreezeMax 3500 de Alvarion. Esta plataforma Wimax cuenta también con equipos a nivel de usuario y tiene un alcance de aproximadamente 30Km de radio, motivo por el cual será nuestra elección.

En la figura se muestra la asignación de slots para cada tarjeta en el equipo BreezeMAX 3500 y cada tarjeta con su asignación de puertos.

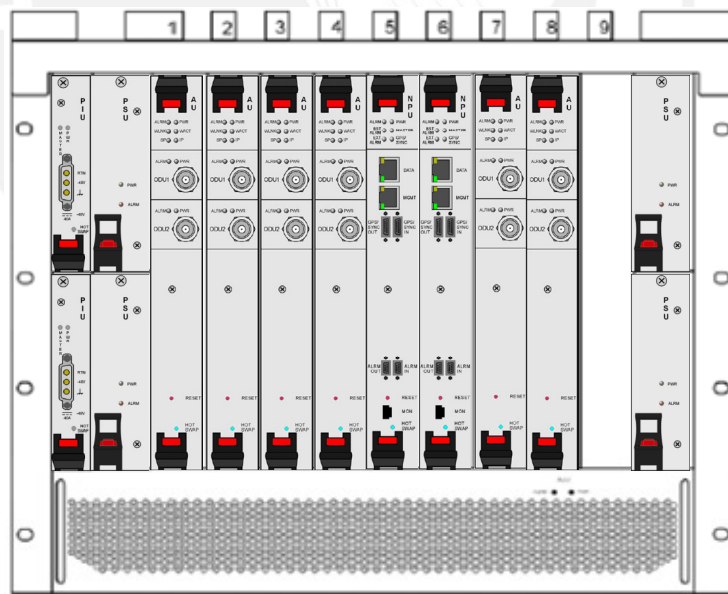


FIGURA 4.5 BREEZEMAX 3500 – TARJETAS

Fuente [TES2006]

Slot →		1	2	3	4	5	6	7	8	9
PIU	PSU									PSU
		A U IDU 2 C H	A U IDU 2 C H	A U IDU 2 C H	A U IDU 2 C H	N P U	N P U	A U IDU 2 C H	A U IDU 2 C H	A U IDU 2 C H
PIU	PSU									PSU

FIGURA 4.6 BreezeMax3500 – Tarjetas B

Fuente [TES2006]

El inventario de equipos de la estación base BreezeMax 3500 cuenta con los siguientes equipos:

- 1 Shelf
- 4 Power Supply Unit
- 2 Network Processor Unit
- 2 Power Interface Unit
- 6 Indoor Unit (IDU)
- 4 Power Feeder
- 12 Outdoor Unit (ODU)

Adicionalmente, cabe mencionar que usaremos antenas BS ANT 60V/3.3-3.8, las cuales cuentan con las siguientes características:

Tabla 4.10. CARACTERISTICAS DE LAS ATENAS

[Elaboración Propia]

Frecuencias Soportadas	3.3 - 3.8 Ghz
Polarización	Vertical
Azimuth (3dB beamwidth)	60°
Elevación (3dB beamwidth)	7°

4.4.3 Equipamiento de la red de transporte.

Para el equipamiento de esta red tomaremos en cuenta equipos de dos fabricantes líderes en este ámbito los cuales son NEC y ALCATEL-LUCENT.

TABLA 4.11. EQUIPAMIENTO DE RED DE TRANSPORTE

[Elaboración Propia]

Especificaciones	ALCATEL-LUCENT	NEC
Modelo	9600 Y	Pasolink
Banda de frecuencia	14.5GHz - 40 GHz	4 GHz - 38 GHz
Potencia Tx	20 dBm@20 GHz	19 dBm @ 18 GHz
Sensibilidad Rx	68.5 dBm	67.5 dBm
Capacidad	51Mbps - 311 Mbps	STM-1 - 2XSTM-1

Para el caso de las antenas a necesitar para los enlaces de microondas se han recogido datos de dos fabricantes importantes como lo son ANDREW y RFS. A continuación se detallan los datos más importantes de estos equipos.

TABLA 4.12. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE ANTENAS PUNTO A PUNTO

[Elaboración Propia]

Especificaciones	ANDREW	RFS
Modelo	VHLPX	SB2-220BB
Tipo de antena	Punto a Punto	Punto a Punto
Ganancia(dBi)	46.7	41
Front/Back (dB)	74.00	66dBm
Frecuencia(GHz)	21.2-23.6	21.2-23.6

4.5 Características Técnicas de la Infraestructura.

Una parte importante que se debe de tener en cuenta para el diseño de una red es la infraestructura civil, la cual contemplara los subsistemas de protección y de energía entre otros aspectos.

4.5.1 Subsistema de Protección

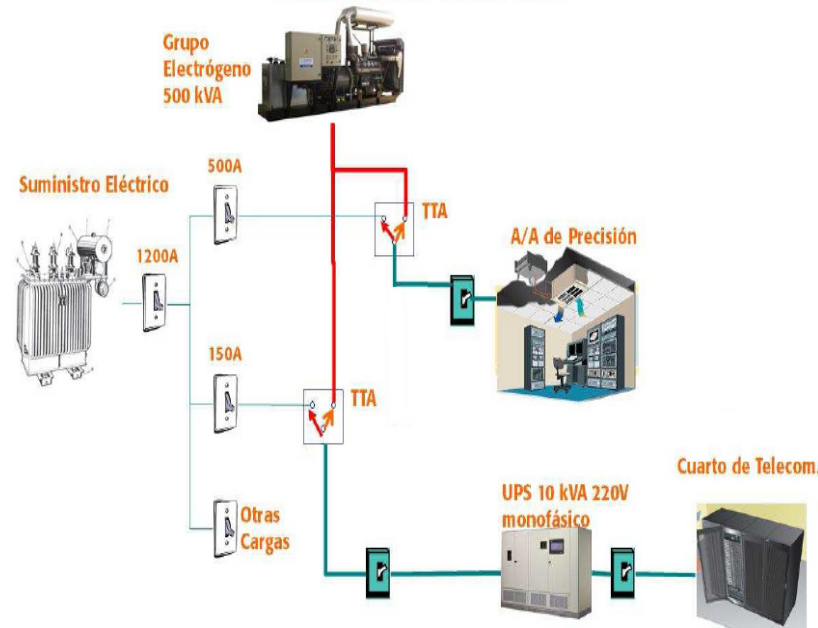
Será necesario la instalación de un sistema de puesta a tierra el cual garantice la seguridad de las personas y la funcionalidad de los equipos. Estos trabajos deberán ser realizados por un proveedor autorizado el cual garantizará el correcto funcionamiento del sistema.

El subsistema de protección cumplirá los siguientes objetivos:

- Protección y seguridad humana.
- Protección del equipamiento de telecomunicaciones.
- Compatibilidad EM (Electromagnética)
- Continuidad de operación.

4.5.2 Subsistema de Energía

Los subsistemas de energía tienen como rol el de suministrar energía a los equipos de telecomunicaciones la energía requerida para su normal operación. Por otro lado, tienen la función de suministrar energía con el fin de que su operación no se vea interrumpida ante un evento del corte de servicio del suministro eléctrico. El hecho de que los equipos sensibles deben seguir trabajando lleva a usar un sistema de generación de mayor autonomía, usualmente grupos electrógenos.


FIGURA 4.7 SISTEMA DE RESPALDO DE ENERGIA

Fuente: [INFRA10]

4.5.3 Torres

Para el equipamiento de las torres se tiene pensado instalar las de tipo auto soportadas ya que son las que presentan mayor robustez, y el área donde son instaladas es menor a comparación de otros tipos. Según se ha verificado con otros operadores que brindan este servicio, las antenas tienen que estar ubicadas a una altura aproximada de 25 – 30 mts. Razón por la cual las antenas auto soportadas tendrán una altura de 15 mts, para ser ubicadas sobre viviendas de 3 o más pisos.



FIGURA 4.8 TORRE AUTO SOPORTADA

Fuente [TMXAQP]

Por otro lado, existe la posibilidad de rentar un espacio en las torres ya instaladas de los diferentes operadores presentes, como sería el caso de Telmex Perú, Telefónica Móviles y Claro.

CAPITULO 5

ANÁLISIS DE LOS COSTOS DE INVERSIÓN Y OPERACIÓN

5.1 Costos de Inversión e Instalación

En esta subcapítulo se mostrará la inversión inicial que se realizará para la implementación de la red propuesta. Se tomará en cuenta los precios de los fabricantes de los diferentes equipos de telecomunicaciones y de infraestructura que se utilizarán.

5.1.1 Red de Transporte

Para la red de transporte se tomará en cuenta los radios enlaces de la opción del fabricante NEC ya que es uno de los principales proveedores de los operadores nacionales. A continuación se detalla los puntos adicionales que se incluirán en este análisis.

- Radio Enlaces.
- Sistema de energía para los radio enlaces.

- Sistema de protección
- Sistema puesta a tierra
- Torres
- Otros

5.1.2 Red de Acceso

Para esta parte tomaremos en cuanto tanto los equipos de acceso como los equipos terminales ubicados en el local del cliente (CPE). A continuación se detalla los equipos que se incluirán:

- Estación Base
- Antenas
- CPE ODU PRO
- CPE IDU PRO
- Router (ubicado en el local del cliente)

Luego de haber detallado los puntos en los cuales vamos a invertir con el fin de implementar nuestra red, se detalla a continuación una tabla del CAPEX.

TABLA 5.1. CAPEX

[Elaboración Propia]

Equipos de la red de transporte	Cantidad	Precio(US\$)	Total(US\$)
Radio Enlaces	11	25000	275000
Antena	22	1200	26400
Feeders	44	47	2068
Conectores	88	33	2904
ADM Alcatel -Lucent 1663	11	20000	220000
Equipos WiMAX	Cantidad	Precio(US\$)	Total(US\$)
BTS Alvarion	10	66052	660520
Antenas	120	518	62160
Infraestructura	Cantidad	Precio(US\$)	Total(US\$)
Sistema de puesta a tierra	10	500	5000
Sistema de protección contra rayos	10	360	3600
Torres (RHON de 14 mts)	10	904	9040
Luz de Balizaje	10	110	1100
Instalación	10	3500	35000
Banco de Baterías	10	15000	150000
Rectificador	10	615	6150
CPE	Cantidad	Precio(US\$)	Total(US\$)
ODU	3340	512	1710080
IDU	3340	55	183700
Router	3340	350	1169000
TOTAL US\$			3012872

5.2 Gastos de Operación y Mantenimiento

Ahora detallaremos los costos de operación y mantenimiento los cuales son vitales para tener un buen desempeño de la red así como para cumplir de manera satisfactoria con los acuerdos de nivel de servicio (SLA).

Los mantenimientos correctivos y preventivos serán realizados por dos ingenieros residentes y dos técnicos. Se tomará en cuenta el alquiler del site para la ubicación de la BTS, como se mencionó anteriormente, estas pueden estar ubicadas en instalaciones de operadores ya existentes.

Asimismo, se contará con diferentes áreas, las cuales se complementaran para garantizar el correcto funcionamiento de la red a través de los a

Por último, se está incluyendo el costo del impuesto por utilización del espectro radioeléctrico.

TABLA 5.2. OPEX

[Elaboración Propia]

Personal de Mantenimiento	Cantidad	Precio(US\$)	Total(US\$)
Ventas	2	9600	19200
Ingenieros	3	12000	36000
Personal Técnico	3	8400	25200
Infraestructura y otros pagos generales	Cantidad	Precio(US\$)	Total(US\$)
Alquiler del Site	10	5400	54000
Canon del espectro radioeléctrico	1	6455.17	6455.17
Gastos generales y margen de error	Cantidad	Precio(US\$)	Total(US\$)
Otros Gastos	0	0	15312
Margen de error	0	0	7042.76
TOTAL US\$			163209.931

CAPITULO 6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Al terminar el presente trabajo de tesis se puede concluir lo siguiente.

- El mercado corporativo de Arequipa Metropolitano cuenta con un gran potencial (54673) de entidades empresariales. Este potencial se ve reflejado en el crecimiento bastante importante que ha tenido durante estos últimos años. Es por esto que esta ciudad puede ser un escenario atractivo para la implementación de una red de un operador local que brinde servicios como los expuesto anteriormente
- Durante el desarrollo de la tesis se investigó sobre tecnologías de transmisión y de acceso inalámbricas. Se pudo comprobar que pueden soportar altas capacidades de transmisión así como son capaces de ser escalables y flexibles, con una instalación más rápida y de menor costo a comparación de las redes alámbricas.
- La utilización de una tecnología de conmutación de etiquetas de paquetes como MPLS permite garantizar niveles de servicio adecuados a los

requerimientos del cliente. Adicionalmente, esta tecnología permite brindar clases de servicio flexibles, adecuándose a cada perfil de cliente.

- Los costos tanto de Inversión como de Mantenimiento de una red inalámbrica son menores a comparación de las redes que utilizan medios de transmisión físicos, como fibra óptica, entre otros. Esta diferencia de costos también se verá reflejada en el precio final que será ofrecido al cliente.

RECOMENDACIONES

Se sugieren, a continuación, algunas recomendaciones a tener en cuenta sobre el proyecto:

- Se recomienda la implementación de la red WiMAX propuesta en la ciudad de Arequipa, pues cuenta con un mercado que puede estar dispuesto a pagar por los servicios que brindaría dicha red.
- Se recomienda un estudio posterior de los nuevos puntos de concentración de entidades empresariales, con el fin de planificar una expansión de la red, así como la optimización de la misma
- Por último, se recomienda brindar el servicio adicional de conexión a internet, el cual solo se realizaría mediante una interconexión con un proveedor de servicio de Internet (ISP).

BIBLIOGRAFIA

- [ALV2010] ALVARION, Hoja de Datos BreezeMax 3500. URL: http://www.ranember.com/alvarion/breezemax2300_2500_3500.pdf
- [DDA2009] Ingeniero Daniel Díaz Ataucuri – Curso: Redes de Banda Ancha Ciclo 2009
- [DOM2009] DOMENICO, JAVIER IGOR / GARCIA, LUNA VICTORIA "Medición y análisis de tráfico en redes MPLS". Tesis para optar el grado de Ingeniero de las Telecomunicaciones 2009.
- [EAM2009] EL COMERCIO. Encuesta de "América Economía", Lima 14 de Mayo de 2009.
- [ELC2010] EL COMERCIO, Invierten US\$ 123 millones en tres centros comerciales en Arequipa, Jueves 04 de febrero de 2010
- [EMT2001] MINISTERIO DE TRABAJO Y PROMOCION DEL EMPLEO. PEEL – Estadísticas del Mercado de Trabajo.
- [IETF2001] IETF, RFC 3031: Multiprotocol Label Switching Architecture, 2001. URL: <http://www.ietf.org/rfc/rfc3031.txt>.
- [IEE1999] "IEEE 802.11b-1999 Standard: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications: Higher-Speed Physical Layer Extension in the 2.4 GHz Band". IEEE Computer Society Año 1999.
- [INE2007] INEI. "Censos Nacionales 2007: XI de Población y VI de Vivienda". Sistema de consulta de datos, Perú 2007.
- [INEI2008] INEI. "IV Censo Nacional Económico 2008"
- [INFRA10] Sistemas de respaldo de energía – Curso Infraestructura de Redes de Telecomunicaciones.
- [MAP2009] Guía de calles de la ciudad de Arequipa: <http://www.guiacalles.com>.
- [MTC2009] MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, Estadísticas de Servicios Públicos de Telecomunicaciones a Nivel Nacional - Dirección General de Regulación y Asuntos Internacional de Comunicaciones.
- [MTC2009] MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. PLAN DE CANALIZACION.

- [MTC2007] Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Bandas atribuidas a servicios públicos.[MTN2004] Lehpamer, Harvey. Microwave Transmission Networks: Planning, Design, and Deployment. New York: McGraw-Hill, 2004.
- [PDC2008] MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE AREQUIPA, Plan de Desarrollo Concertado de la Provincia de Arequipa 2008-2021.
- [PEM2007] MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE AREQUIPA. La Población y el Empleo.URL: <http://www.muniarequipa.gob.pe>.
- [PNA2009] MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. PLAN NACIONAL DE ATRIBUCION DE FRECUENCIAS.URL: http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_115.pdf.
- [TEL2010] TELEFONICA DEL PERU S.A.A. - Tarifas Oficiales en el servicio IP VPN con acceso Ethernet. URL: <http://www.telefonica.com.pe/tarifas/pdf/oficiales/PP-TE-009-10.pdf>.
- [TES2006] Diseño de una Estación Celular para la localidad de Laredo, Trujillo. Presentado por: José Rafael Guerra Amaya
- [TEL2006] TELEFONICA EMPRESAS PERU S.A.A. –Tarifas Oficiales en el servicio InfoInternet Empresarial.URL: <http://www.telefonica.com.pe/tarifas/pdf/oficiales/13%20InfoInternet%20Empresarial.pdf>.
- [TMX2009] TELMEX PERU S.A. GUIA DE OPERACIÓN 3.5 GHz
- [TMXVPN] TELMEX PERU S.A – Tarifas de Red Privada Virtual URL: <http://190.81.59.252/Tarifas/Upload/50.pdf>.
- [TMX2010] TELMEX PERU S.A – Tarifas de Acceso dedicado a Internet URL: <http://190.81.59.252/Tarifas/Upload/56.pdf>.
- [TMXAQP] TELMEX PERU S.A. – Estación Base ubicada en el distrito de José Luis Bustamante y Rivero de la ciudad de Arequipa.
- [UNI2007] Ing. Marcial Antonio López Tafur – Curso Sistemas de Comunicaciones por Microondas – 2007. Presentación PDF “Jerarquía Digital Sincrónica (SDH)”. Diapositiva N° 18, N°24
- [WIL2007] Cálculo de Radioenlace. Desarrollado por Sebastian Buettrich. URL : <http://willac.net>

- [WIM2005] WIMAX FORUM – Can WIMAX address your Applications?. URL:http://www.wimaxforum.org/technology/downloads/Can_WiMAX_Address_Your_Applications_final.pdf
- [EVO2011] ALCATEL LUCENT –Implementación de IP/MPLS en redes móviles.URL:<http://next-generation.tmcnet.com/topics/end-to-end-ip-transformation/articles/53915-deploying-ipmpls-mobile-networks.htm>
- [SIEM2007] SIEMENS–WIMAX Aplicaciones y Servicios URL:<http://www.mtc.gob.pe/portal/comunicacion/politicas/eventos/milla/exposiciones/WiMAX%20%20Aplicaciones%20y%20Servicios.pdf>.
- [INFO2010] INFONETICS–WIMAX Equipamiento, Dispositivos y Suscriptores.URL:<http://www.infonetics.com/pr/2010/4Q09-WiMAX-Market-Highlights.asp>.
- [INFO2006] INFONETICS –IP/MPLS, MetroE como Areas de Inversión de Operadores de Redes Convergentes.URL:<http://www.infonetics.com/pr/2006/sp05.rs.nr.asp>.
- [INFO2008] INFONETICS –Reporte de Operadores de Incremento de TráficoEthernet.URL:<http://www.infonetics.com/pr/2007/sp07.rs.nr.asp>.
- [MPLS2010] INFONETICS –Mercado de servicios Ethernet recibe impulso de nuevos intercambios Ethernet, backhaul móvil. URL:<http://www.infonetics.com/pr/2010/Ethernet-and-IP-MPLS-VPN-Services-Market-Highlights.asp>.