



PONTIFICIA **UNIVERSIDAD CATÓLICA** DEL PERÚ

Esta obra ha sido publicada bajo la licencia Creative Commons
Reconocimiento-No comercial-Compartir bajo la misma licencia 2.5 Perú.

Para ver una copia de dicha licencia, visite
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ

DISEÑO DE UNA RED IMS PARA LA CIUDAD DE ICA

Tesis para optar el título de Ingeniero de las Telecomunicaciones presentado por los bachilleres:

Claudia Francesca Cabrejos Escajadillo
Ernesto Adolfo Cuesta Alvear

ASESOR: Ing. Percy Fernández Pilco

Lima, Setiembre del 2009

Resumen

El primer capítulo muestra el estado del arte de la tecnología IMS (IP Multimedia Subsystem), es decir, su estandarización, la evolución de su arquitectura y algunas aplicaciones o casos de estudio de esta tecnología.

El segundo capítulo contempla un estudio de la tecnología IMS, en donde se presentan los elementos de su arquitectura, los protocolos y señalización que se emplea, los servicios que esta tecnología ofrece, así como los fabricantes de IMS en el mercado de las telecomunicaciones.

El tercer capítulo involucra un análisis socioeconómico de la ciudad de Ica basado en información recopilada durante el trabajo de campo realizado en la misma ciudad. Esta información nos permitirá dimensionar el impacto de nuestra red, así como los diversos servicios a ofrecer a los usuarios.

En el cuarto capítulo se plasmará el diseño de la red piloto, el que involucra la red de acceso, transporte y el core de la red IMS. Además se muestran los cálculos correspondientes a la cobertura de los nodos B, así como la capacidad de estos.

En el quinto y último capítulo realizaremos una evaluación económica del proyecto, la cual implica los costos de inversión (CAPEX), los costos de operación y mantenimiento (OPEX), así como los ingresos de la empresa a lo largo de las fases del proyecto. Esta información permitirá conocer la rentabilidad de una red IMS.

Dedicatoria,

A mis padres Luis y Gertrudes,
por su apoyo incondicional, paciencia, comprensión,
y sobre todo: su profundo amor.

A mis hermanos Renzo y Cristian,
por ayudarme a ser cada día mejor.

Claudia

A mis padres Rómulo y Margarita,
por su preocupación, comprensión y apoyo constante,
y por el amor que siempre me han demostrado.

A mi hermano Daniel,
por tantos momentos gratos y por enseñarme a mejorar.

A mi madrina Vilma,
por su gran apoyo, incluso antes de ingresar a la universidad.

Ernesto

Agradecimientos,

A Dios, por iluminar mi vida, llenarla de bendiciones al tener una familia maravillosa y por darme siempre la fortaleza necesaria para concluir la presente tesis y esta etapa tan importante en mi vida.

A mis padres y hermanos, por ayudarme a crecer y enfrentar los obstáculos que se me presentan en la vida. Gracias por guiarme y apoyar las decisiones que tomo.

A mi asesor, el Ing. Percy Fernández Pilco, por su inmensa dedicación y apoyo en el desarrollo de esta tesis; así como por la confianza que depositó en nosotros para realizar un proyecto de esta envergadura.

A mi familia, por su confianza incondicional; especialmente a mi primo Erick, por apoyarme y alentarme a ser mejor y lograr lo que me propongo.

A todos mis amigos, su compañía le dio otro matiz a la universidad; de manera especial a Gianfranco, por su constante preocupación y cariño, y por demostrarme que una verdadera amistad no tiene límites ni fronteras.

A Ernesto, por su inmenso amor, paciencia y comprensión. Por enseñarme que el camino de a dos es siempre mejor.

Claudia

Agradecimientos,

A Dios, por enseñarme el camino para ser mejor y por darme una familia tan maravillosa. Por poner en mi camino a aquellas personas que me ayudaron a culminar esta importante fase de mi vida, y que me seguirán ayudando a diario a mejorar como persona.

A mis padres y hermano, por darme la oportunidad de estudiar en una universidad tan prestigiosa. Gracias por todos los consejos y por su apoyo incondicional.

A mi asesor, el Ing. Percy Fernández Pilco, por motivarnos y darnos la confianza para realizar este proyecto. Por darnos su constante apoyo y orientación. Gracias por guiarnos en este último año de nuestra etapa universitaria.

A mi familia, por su preocupación constante y apoyo. En especial a mi madrina Vilma, que me apoyó inmensamente en mis primeros años en Lima.

A mis compañeros y amigos, por demostrarme lo que es la unidad y por haber hecho tan especial mi paso por la universidad. Gracias a todos aquellos que me enseñaron a ser mejor como alumno y como persona.

A mi amigo, el profesor Enrique Larios, por confiar en mí y haberme dado la oportunidad de enseñar por primera vez lo poco que sabía. Gracias por la amistad y el apoyo desinteresado de siempre.

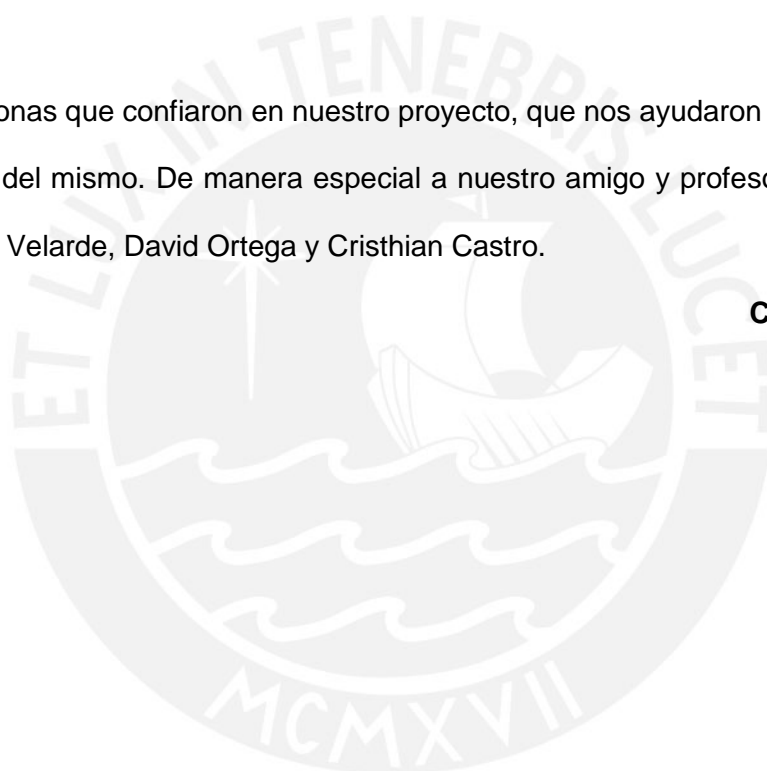
A Claudia, por el gran amor compartido. Por la confianza entregada, la paciencia y la comprensión para realizar juntos este proyecto.

Ernesto

Agradecimientos,

A las personas que confiaron en nuestro proyecto, que nos ayudaron y orientaron en el desarrollo del mismo. De manera especial a nuestro amigo y profesor Enrique Larios, Ing. Edgar Velarde, David Ortega y Cristhian Castro.

Claudia y Ernesto



Índice

Resumen	ii
Dedicatoria	iii
Agradecimientos	iv
Índice	vii
Lista de Figuras	x
Lista de Tablas	xi
Introducción	1
Capítulo 1 Estado del Arte de IMS	2
1.1 Consideraciones generales de la tecnología IMS	2
1.1.1 La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT)	2
1.1.1.1 Third Generation PartnerShip Project (3GPP)	3
1.1.1.2 Third Generation PartnerShip Project 2 (3GPP2)	3
1.1.2 Internet Engineering Task Force (IETF)	4
1.1.3 Open Mobile Alliance (OMA)	4
1.2 Evolución de la arquitectura IMS	4
1.2.1 Release 5	5
1.2.2 Release 6	5
1.2.3 Release 7	6
1.3 Aplicaciones y casos de estudio de la tecnología	6
1.3.1 Aplicaciones	6
1.3.2 Caso de estudio de la convergencia de los servicios web e IMS usando servicios de comunicación instantánea	7
1.3.2.1 Combinando tecnologías web e IMS en un solo servicio	8
1.3.2.2 Usando un portal web	11
1.3.2.3 Usando una API de servicios web	11
Capítulo 2 Estudio de la tecnología IMS	12
2.1 Arquitectura de las redes IMS	12
2.1.1 CSCF: Call Session Control Function	14
2.1.2 Bases de Datos : HSS (Home Subscriber Server) y SLF (Subscriber Location Function)	16
2.1.3 Servidores de Aplicación (SA)	17
2.1.4 MRF: Multimedia Resource Function	19
2.1.5 BGCF: Breakout Gateway Control Function	19
2.1.6 PSTN/CS Gateway	20
2.2 Protocolos de la red IMS	21
2.2.1 SIP : Session Initiation Protocol	21
2.2.2 SDP : Session Description Protocol	23
2.2.3 RTP: Real Time Protocol	24
2.2.4 Diameter	25
2.2.5 MEGACO – H.248 (Media Gateway Control Protocol)	25
2.3 Señalización de la red IMS	25
2.3.1 Pre-Requisitos para la operación en IMS	26
2.3.2 Red de Acceso IP	28
2.3.3 Descubrimiento P-CSCF	29
2.3.4 Nivel de registro IMS	31
2.3.5 Establecimiento de una sesión	34
2.4 Servicios que ofrece la tecnología IMS	37
2.4.1 Presencia	37

2.4.2 Mensajería	38
2.4.3 Conferencia	39
2.4.4 Push-to-talk	39
2.5 Información sobre fabricantes de esta tecnología en el mercado	40
2.5.1 Alcatel-Lucent	40
2.5.2 Ericsson	40
2.5.3 Huawei	41
2.5.3 Nokia-Siemens	42
Capítulo 3 Determinación de necesidades para las comunicaciones en la ciudad de Ica	43
3.1 Análisis socioeconómico de la ciudad de Ica	44
3.1.1 Número de habitantes	44
3.1.2 Perfil del ciudadano	46
3.1.3 Población económicamente activa (PEA)	51
3.2 Impacto de las tecnologías de banda ancha en la ciudad Ica	52
3.3 Obtención de información cartográfica y toma de fotos de la ciudad de Ica	54
3.4 Determinación de parámetros que permitan dimensionar la demanda del servicio	56
3.5 Determinación de la posible demanda del servicio	57
3.6 Determinación de paquetes a ofrecer según necesidades y sectores	59
Capítulo 4 Diseño de la red piloto	63
4.1 Diseño de la red de Acceso	64
4.1.1 Topología de la red	64
4.1.2 Perfil del ciudadano	66
4.1.3 Cobertura de los nodos B	67
4.1.3.1 Modelos de propagación	67
4.1.3.1.1 Modelo de Okumura-Hata	67
4.1.3.1.2 Modelo de Cost 231 Walfisch-Ikegami	69
4.1.3.2 Determinación de capacidad de los nodos B	77
4.1.3.2.1 Ejemplo de tráfico de voz	78
4.1.3.2.2 Ejemplo de tráfico de datos	79
4.1.3.2.3 Capacidad necesaria para los enlaces de transporte	81
4.2 Diseño de la red de transporte	86
4.2.1 Comprobación del enlace con software de simulación Radiomobile	93
4.3 Diseño del core IMS	96
4.3.1 Nokia-Siemens Networks	96
4.3.2 Huawei	97
4.3.3 Alcatel-Lucent	99
4.3.4 Solución final ALU C-IMS	102
4.4 Determinación y especificaciones técnicas de los diferentes equipos a utilizar en la red piloto	103
4.4.1 Red de acceso	103
4.4.2 Red de transporte	105
4.4.3 Core IMS	106
4.5 Determinación de las características técnicas de la infraestructura del proyecto	112
4.5.1 Subsistema de protección	112
4.5.2 Subsistema de energía	113
4.5.3 Torres	114

Capítulo 5 Evaluación económica de la red piloto	116
5.1 inversión inicial	116
5.2 Costos de operación y mantenimiento	118
5.3 Evaluación económica del proyecto y período de recupero del capital....	121
Conclusiones	124
Recomendaciones	126
Bibliografía	127



Lista de Figuras

FIGURA 1.1 – Evolución de la Arquitectura IMS	9
FIGURA 1.2 – Arquitectura caso de estudio	12
FIGURA 1.3 – Tecnologías web e IMS en un solo servicio (1)	13
FIGURA 1.4 – Tecnologías web e IMS en un solo servicio (1)	15
FIGURA 2.1 – Arquitectura IMS estandarizada por 3GPP	18
FIGURA 2.2 – Tres tipos de servidores de aplicaciones.....	23
FIGURA 2.3 – Gateway PSTN/CS interconectando una red basada en conmutación de circuitos	26
FIGURA 2.4 – Trapezoide SIP	28
FIGURA 2.5 – Pre-Requisitos para obtener un servicio IMS	33
FIGURA 2.6 – Proceso para obtener dirección IP en GPRS	35
FIGURA 2.7 – Proceso para obtener dirección IP en GPRS	37
FIGURA 2.8 – Registro en el nivel IMS	39
FIGURA 2.9 – Establecimiento de una sesión IMS básica (Parte 1).....	42
FIGURA 2.10 – Establecimiento de una sesión IMS básica (Parte 2).....	43
FIGURA 3.1 – Número de Habitantes en el Departamento de Ica.....	44
FIGURA 3.2 – Crecimiento del Número de Habitantes al año 2010.....	45
FIGURA 3.3 – Distribución de los ciudadanos por sexo.....	46
FIGURA 3.4 – Distribución de los ciudadanos por edad	47
FIGURA 3.5 – Distribución de los ciudadanos Zona de Residencia.....	48
FIGURA 3.6 – Distribución de los ciudadanos Zona de Residencia.....	49
FIGURA 3.7 – Población Económicamente Activa (PEA).....	51
FIGURA 3.8 – Proyección de Crecimiento de la PEA Ocupada.....	52
FIGURA 3.9 – Tecnologías de banda ancha en los hogares.....	53
FIGURA 3.10 – Ubicación de las estaciones base de Nextel de Perú y América Móvil en la ciudad de Ica haciendo uso del GPS Garmin.....	56
FIGURA 3.11 – Proyección de Usuarios de la Red IMS por fases.....	59
FIGURA 4.1 – Cobertura de la red IMS.....	66
FIGURA 4.2 – Topología de la Red.....	87
FIGURA 4.3 – Radio enlaces con RadioMobile.....	93
FIGURA 4.4 – Radio enlace ICA CENTRO – LAS DUNAS.....	94
FIGURA 4.5 – Radio enlace ICA CENTRO – MAESTROS.....	95
FIGURA 4.6 – Radio enlace ICA CENTRO – HUACACHINA.....	95
FIGURA 4.7 – Arquitectura IMS de Nokia-Siemens Networks.....	96
FIGURA 4.8 – Arquitectura IMS de Huawei.....	97
FIGURA 4.9 – Arquitectura IMS de Alcatel-Lucent.....	99
FIGURA 4.10 – Análisis de soluciones IMS.....	101
FIGURA 4.11 – Solución final compacta C-IMS.....	103
FIGURA 4.12 – Ejemplo de Instalación del Sistema de Puesta a Tierra.....	113
FIGURA 4.13 – Subsistema de energía típico.....	114
FIGURA 4.14 – Estación base América Móvil – Ica.....	115

Lista de Tablas

TABLA 3.1 – Crecimiento Anual Promedio de los Habitantes de la ciudad de Ica.....	45
TABLA 3.2 – Distribución de los ciudadanos por sexo.....	46
TABLA 3.3 – Distribución de los ciudadanos por edades.....	47
TABLA 3.4 – Distribución de los ciudadanos por zona de residencia.....	48
TABLA 3.5 – Distribución de los ciudadanos por ocupación.....	49
TABLA 3.6 – Población Económicamente Activa (PEA).....	51
TABLA 3.7 – Tecnologías de banda ancha en los hogares.....	53
TABLA 3.8 – Ubicación de las estaciones base de Nextel de Perú y América Móvil en la ciudad de Ica.....	55
TABLA 3.9 – Paquetes de servicio ofrecidos para el sector hogar.....	60
TABLA 3.10 – Paquetes de servicio ofrecidos para el sector joven.....	60
TABLA 3.11 – Paquetes de servicio ofrecidos para el sector ejecutivo.....	61
TABLA 3.12 – Paquetes de servicio ofrecidos para el sector empresarial.....	61
TABLA 4.1 – Resumen Nodo B : ICA CENTRO.....	64
TABLA 4.2 – Resumen Nodo B : LAS DUNAS.....	65
TABLA 4.3 – Resumen Nodo B: MAESTROS.....	65
TABLA 4.4 – Resumen Nodo B: HUACACHINA.....	66
TABLA 4.5 – Valores de L_{ori}	71
TABLA 4.6 – Valores de K_a	71
TABLA 4.7 – Valores de K_d	72
TABLA 4.8 – Valores de K_f	72
TABLA 4.9 – Parámetros de las estaciones base.....	72
TABLA 4. 10 – Parámetros para el enlace Uplink.....	73
TABLA 4. 11 – Parámetros para el enlace Downlink.....	75
TABLA 4. 12 – Potencia de Recepción en el límite del Uplink.....	76
TABLA 4. 13 – Potencia de Recepción en el límite del Downlink.....	77
TABLA 4. 14 – Distribución del servicio y proyección del mercado para las tres fases del proyecto.....	78
TABLA 4. 15 – Especificaciones Técnicas MPR 9500.....	87
TABLA 4. 16 – Canalización de frecuencias para los enlaces microondas.....	88
TABLA 4. 17 – Potencia de recepción del enlace de retorno.....	92
TABLA 4. 18 – Parámetros para la simulación.....	94
TABLA 4. 19 – Cuadro Comparativo de Nodos B.....	104
TABLA 4. 20 – Cuadro Comparativo de RNC.....	105
TABLA 4. 20 – Características MRP 9500.....	106
TABLA 4. 21 – Especificaciones técnicas del ALU 5420 CTS.....	107
TABLA 4. 22 – Especificaciones técnicas del ALU 5020 MGC-8.....	108
TABLA 4. 23 – Especificaciones técnicas del ALU 7510 MGW.....	109
TABLA 4. 24 – Especificaciones técnicas del ALU 5900 MRF.....	110
TABLA 4. 25 – Especificaciones técnicas del ALU 1300 XMC.....	111
TABLA 5.1 – Costos de Inversión de la red IMS.....	117
TABLA 5.2 – Costos de Operación y Mantenimiento de la red en el año 1.....	119
TABLA 5.3 – Costos de Operación y Mantenimiento de la red en el año 2.....	119
TABLA 5.4 – Costos de Operación y Mantenimiento de la red en el año 3.....	120
TABLA 5.5 – Costos de Operación y Mantenimiento de la red en el año 4.....	120
TABLA 5.6 – Costos de Operación y Mantenimiento de la red en el año 5.....	121
TABLA 5.7 – Ingresos Brutos Anuales.....	122
TABLA 5.8 – Flujo del proyecto.....	123
TABLA 5.9 – Recuperación real de la inversión.....	123

Introducción

Los operadores, a pesar de que el mercado de voz basado en conmutación de circuitos se ha convertido en un servicio básico, no encuentran rentable el hecho de solo proveer y cobrar por llamadas. Por otro lado, los servicios basados en conmutación de paquetes no son muchos aún, en consecuencia, los proveedores no están obteniendo grandes ganancias.

Así, los operadores necesitan encontrar la forma de proveer servicios más atractivos basados en conmutación de paquetes, de tal manera que los usuarios se interesen aún más en el dominio basado en conmutación de paquetes. Es bajo este concepto que nace la idea de IMS (IP Multimedia Subsystem).

El presente tema de tesis contempla el diseño de una red piloto para la ciudad de Ica haciendo uso de la tecnología IMS, la cual permitirá brindar nuevos y diferentes servicios con mucha mejor performance de la que se viene teniendo hoy en día.

El diseño de la red mencionada estará basado en un estudio profundo de la tecnología y una evaluación sobre las ventajas y desventajas de las prestaciones que ofrece; para ello también se realizará un estudio de campo en dicha ciudad a fin de obtener información real que permita predecir el impacto que causará el tentativo despliegue de esta red.



Capítulo 1

Estado del Arte de IMS

1.1 Consideraciones generales de la tecnología IMS

La tecnología IMS (IP Multimedia Subsystem) ha ido evolucionando en estos últimos años, cada vez con mejores prestaciones y servicios. Aunque aún no se tiene un estándar definido, existen equipos de estandarización encargados de hacerlo.

A continuación se detallan los equipos de estandarización más relevantes y el estado en el que se encuentran sus investigaciones.

1.1.1 La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT)

La UIT es la organización más importante de las Naciones Unidas en lo que concierne a las tecnologías de información y la comunicación [UIT2009].

Se encarga de regular las telecomunicaciones a nivel mundial, en las distintas entidades gubernamentales o del sector privado.

Con respecto a la tecnología IMS, la UIT formó dos equipos de estandarización, cada uno de los cuales ha definido arquitecturas de IMS similares, pero con algunas diferencias.

Estos equipos de estandarización son conocidos como el 3GPP y el 3GPP2.

1.1.1.1 Third Generation Partnership Project (3GPP)

El 3GPP fue definido como un proyecto para el desarrollo de un sistema móvil de tercera generación para el estándar GSM.

De esta manera, 3GPP definió en su Release 5, la primera arquitectura IMS, la cual era independiente de la red de acceso. Sin embargo, esta arquitectura se centró en las redes de acceso de WCDMA y el core de paquetes de GPRS.

La arquitectura IMS hace posible la comunicación IP punto a punto con todo tipo de clientes y con la calidad de servicio solicitada, ya que ésta es el corazón del core IP.

El desarrollo del Release 5 fue congelado en marzo del 2002 y por lo tanto las características que aún faltaban terminar fueron pospuestas para el siguiente Release, es decir, el 6.

El Release 6 contiene el desarrollo completo de todas las características que faltaban profundizar en el Release 5 y también otras nuevas, como la operación integrada con WLAN.

1.1.1.2 Third Generation Partnership Project 2 (3GPP2)

El 3GPP2 fue definido como un proyecto para el desarrollo de un sistema móvil de tercera generación para la comunidad ANSI.

3GPP2 ha definido a IMS como parte de la solución de Dominio Multimedia (MMD), la cual también contiene un subsistema de paquetes de datos (PDS).

El MMD y la red de acceso de CDMA2000 forman el core de la red de tercera generación all-IP de 3GPP2.

La arquitectura del core de la red de 3GPP2 está basada en el core del 3GPP Release 5, pero existen algunas diferencias debido a que se usan distintos tipos de paquetes y tecnologías de acceso.

1.1.2 Internet Engineering Task Force (IETF)

La IETF es un equipo de estandarización que asume la tarea de desarrollo y evolución de Internet y su arquitectura, así como asegurar una operación segura de esta red.

La 3GPP utiliza los protocolos desarrollados por la IETF cuando se necesitan, tales como SIP, SDP, RTP, DIAMETER. La 3GPP genera requerimientos para un problema específico y le encarga a la IETF que obtenga una solución. En caso de que alguna solución no sea satisfactoria, se solicita una extensión del protocolo usado.

1.1.3 Open Mobile Alliance (OMA)

Es una alianza que, al igual que la IETF, trabaja en colaboración con la 3GPP y la 3GPP2. En este caso existe un acuerdo en el cual la OMA genera requerimientos para IMS, luego 3GPP y 3GPP2 se encargan de hacer extensivo estos nuevos requerimientos, de tal manera que no existan dos versiones distintas de IMS.

De la misma manera que la 3GPP, la OMA también genera requerimientos a la IETF, de tal manera que ésta le devuelva una solución desarrollada en base a sus protocolos y extensiones.

1.2 **Evolución de la arquitectura IMS**

La evolución de la arquitectura IMS se ha venido desarrollando a través de los distintos releases establecidos por los equipos de estandarización.

La arquitectura de la red núcleo de IMS casi no varía a medida que avanzan los releases. Esta arquitectura será explicada detalladamente en el siguiente capítulo. Lo que varía en cada uno de los releases son las redes de acceso.

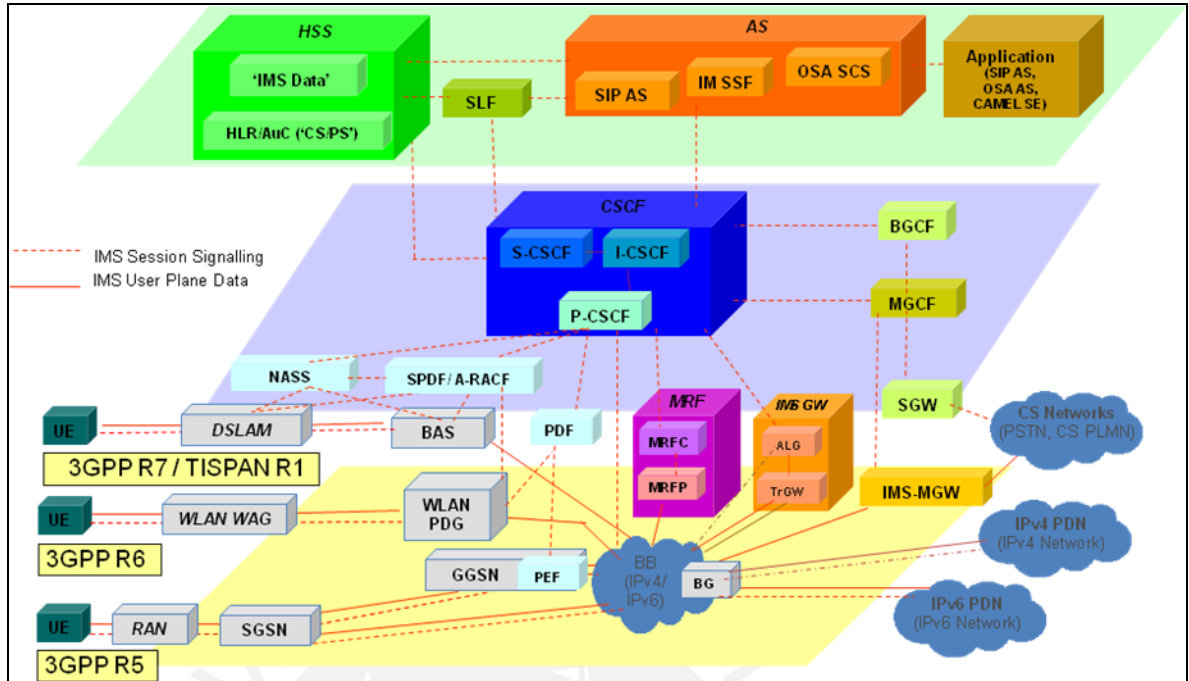


FIGURA 1.1 – Evolución de la Arquitectura IMS

Fuente: "A Single Killer App? Not in Today's Personalized World". [NOR2007]

1.2.1 Release 5

Como se puede apreciar en la figura 1.1, el release 5 de 3GPP solamente contempla a los usuarios de telefonía móvil, es decir, los que usan una red de acceso de radio (RAN). En este tipo de acceso se encuentran los usuarios de UMTS, CDMA2000 y GSM/GPRS, aunque estos últimos no aprovecharían enteramente la capacidad de una red IMS debido al ancho de banda limitado con el que trabajan.

1.2.2 Release 6

En el release 6 se incorpora el acceso para redes inalámbricas tales como WLAN y WIMAX. Es necesaria también la implementación de un Gateway para este tipo de acceso, el cual es llamado Wireless Lan Gateway (WAG), su función es hacer que los datos de la red de acceso sean entendidos por la red núcleo.

1.2.3 Release 7

El release 7 nace de la colaboración entre la 3GPP, 3GPP2 y el release 1 de TISPAN. En este release se implementa todo el acceso de las redes fijas, principalmente las redes DSL y Ethernet, para brindar mejores servicios de ancho de banda, servicios de voz continuos y servicios multimedia. Es necesario implementar un Servidor de Acceso de Banda Ancha (BAS) para comunicar los datos entre la red de acceso y la red núcleo.

1.3 **Aplicaciones y casos de estudio de la tecnología**

1.3.1 Aplicaciones

Las aplicaciones que puede soportar una arquitectura IMS son muy variadas, debido a que existen distintos releases de IMS, en los que convergen diversas tecnologías. Algunas de las aplicaciones que son posibles con IMS son las siguientes:

- Identificador de llamada enviado a teléfonos, televisores y computadoras: Estos servicios ya están disponibles para los consumidores e incluso se pueden personalizar con fotos para cada identificador.
- Disposición de llamada en tiempo real: Es la aplicación que permite enrutar una llamada entrante de un teléfono móvil a uno fijo en tiempo real.
- Los correos de voz, alertas de correo electrónico u otro tipo de mensajes pueden ser enviados a cualquier dispositivo conectado a la red local, ya sea al teléfono, televisor o computadora, y el usuario puede escuchar o responder los mensajes desde cualquiera de estos dispositivos.
- Click-to-call desde los televisores o computadoras: Luego de escuchar o leer algún mensaje, el usuario puede iniciar una llamada con un simple click, ya sea en el control remoto del televisor o con el ratón de la computadora. Esta aplicación tiene aún mas potencial en el mundo de la publicidad - por ejemplo, luego de ver un comercial de pizza, el usuario podría simplemente usar el control remoto para solicitar una de su preferencia.

- Mensajes de texto desde teléfonos móviles a televisores y computadoras: Por ejemplo, para que el usuario pueda discutir su programa de televisión favorito con sus contactos.

Algunas de las aplicaciones que se proyectan para el futuro son:

- Compartir fotos a todos los dispositivos de la red local.
- Mensajes multimedia a los televisores y computadoras.
- Los usuarios podrán recibir alertas de marcadores de los partidos de su equipo preferido, sin importar lo que esté viendo en el momento. De la misma manera podrán solicitar lo videos de los momentos más importantes del partido al servidor VoD (Video on Demand).

1.3.2 Caso de estudio de la convergencia de los servicios web e IMS usando servicios de comunicación instantánea

En esta solución de OpenCall Software, grupo de HP, se detallan tres casos de integración de servicios web e IMS. El primero combina las características de cada tecnología para ofrecer un grupo de servicios más enriquecidos para ambos ambientes. El segundo muestra un enfoque de un portal web para mostrar a usuarios que no usan IMS las características de sus servicios. Finalmente, el tercero generaliza el enfoque del portal web en uno que exponga una API al mundo que no usa IMS.

La figura 1.2 muestra la arquitectura utilizada para esta solución:

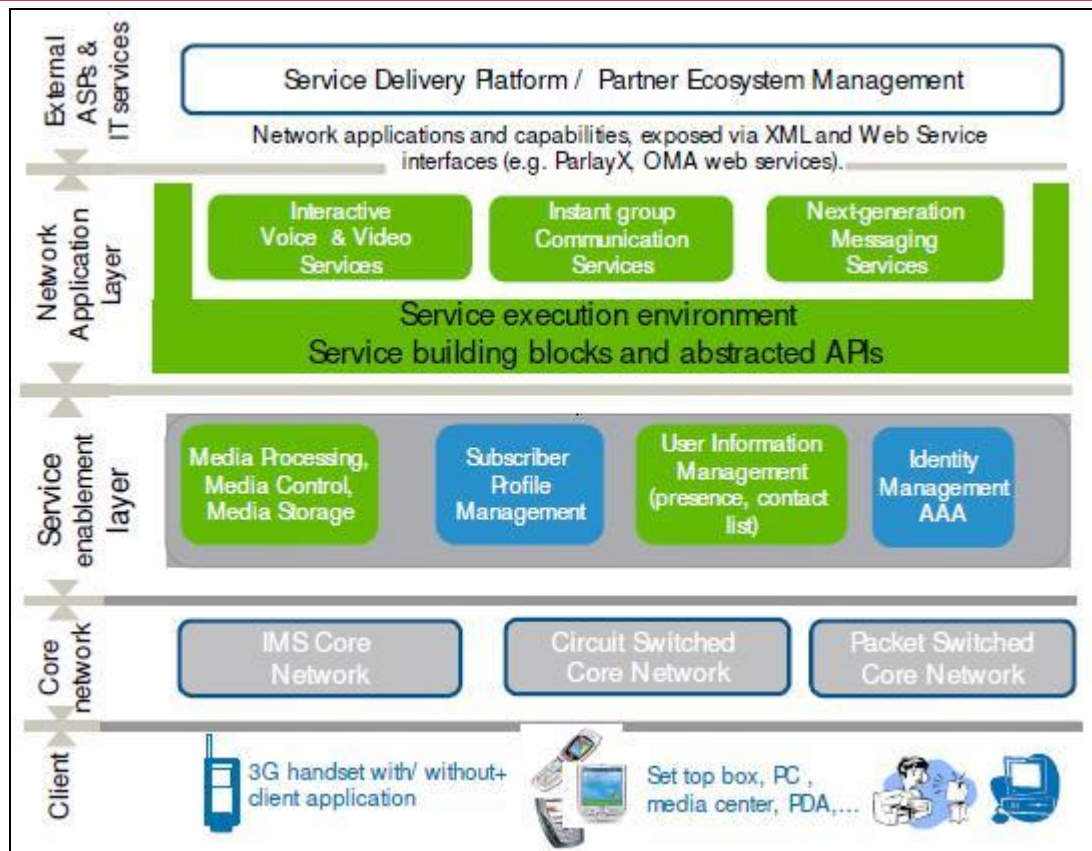


FIGURA 1.2 – Arquitectura caso de estudio

Fuente: "Study Case on the convergence of Web Services and IMS Using Instant Communication Services" [MAN2007]

1.3.2.1 Combinando tecnologías web e IMS en un solo servicio

En este caso se muestra cómo los servicios ya existentes pueden ser combinados de manera que entreguen una mejor experiencia al usuario. De esta manera, los proveedores de servicio que buscan obtener las mayores ganancias de sus inversiones, no tienen que volver a desarrollar nuevos servicios, sino, mejorar y enriquecer los que ya tienen.

Pero un enfoque como éste, no viene sin desafíos técnicos. Por ejemplo, si quisiéramos que nuestros servicios se vendan fácilmente, entonces éstos deben ser diseñados y desarrollados de tal manera que sean independientes de cualquier acceso o dispositivo en particular. Para lograr que esta combinación de

bloques de servicios independientes sea implementada y para comprobar que sea viable, se usa un API de Java de mayor nivel.

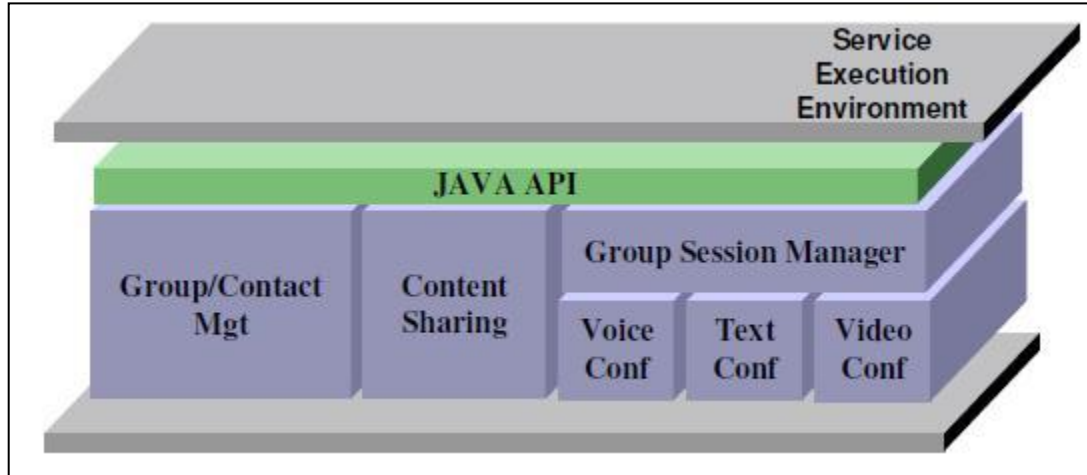


FIGURA 1.3 – Tecnologías web e IMS en un solo servicio (1)

Fuente: "Study Case on the convergence of Web Services and IMS Using Instant Communication Services" [MAN2007]

La solución desarrollada muestra la manera en que ambas tecnologías se benefician una de otra. Por ejemplo, un miembro de un grupo puede elegir compartir contenido con otros miembros del grupo, usando cualquiera de los medios posibles. Así, se puede compartir el contenido de manera síncrona o asíncrona. Compartir contenido de manera síncrona, se refiere a hacerlo mientras el usuario se encuentra en una sesión de grupo en vivo (conferencia de voz). Para lograrlo se usa el protocolo MSRP, el cual envía el contenido a todos los usuarios que se encuentran en la sesión de grupo, y a la vez lo almacena en el servidor para que pueda ser descargado vía web (HTTP). Para compartir el contenido de manera asíncrona, la solución usa HTTP y servicios web para almacenar el contenido en un repositorio, y luego usa el protocolo SIP para notificar a todos los usuarios del grupo que un nuevo contenido está disponible.

Otro de los desafíos fue el de contar con la capacidad para desarrollar servicios web y servicios IMS, y correlacionarlos para que funcionen en conjunto. Esto se logró agregando un nuevo contenedor a un ambiente de J2EE existente, llamado JBOSS. En este contenedor se especificó la conectividad de IMS y sus protocolos de red asociados.

Adicionalmente, otro desafío fue el contar con una aplicación cliente capaz de soportar los servicios IMS y Web, y de proporcionar la experiencia de usuario que se esperaba. Para lograrlo, el cliente fue desarrollado en el sistema operativo Symbian. Éste es responsable de administrar todos los protocolos y de levantar los servicios. Un ejemplo de su funcionamiento y experiencia de usuario se muestra en la figura 1.4.

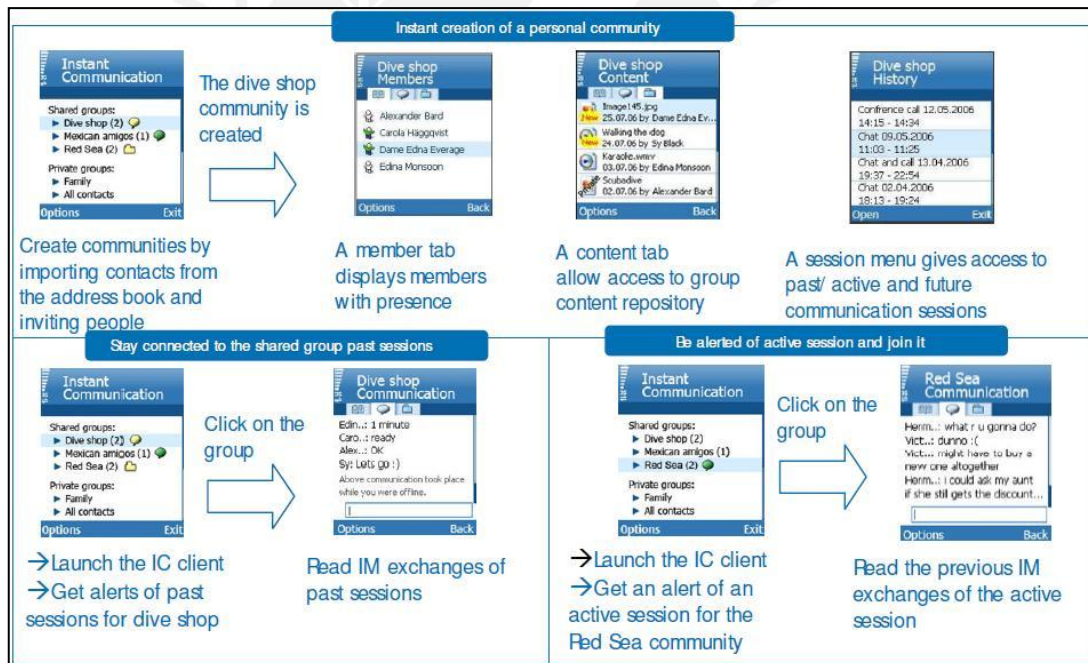


FIGURA 1.4 – Tecnologías web e IMS en un solo servicio (1)

Fuente: "Study Case on the convergence of Web Services and IMS Using Instant Communication Services" [MAN2007]

1.3.2.2 Usando un portal web.

Este portal web se desarrolló con la idea de brindar una experiencia casi total de los servicios IMS a los usuarios que no cuenten con equipos que soporten esta tecnología. Con esta facilidad, cualquier usuario que tenga un navegador web podrá desplegar los servicios IMS. Para lograr esto se usó la tecnología Java RMI, que es un mecanismo de comunicación estandarizado entre contenedores Java.

1.3.2.3 Usando una API de servicios web

En este segundo enfoque, la meta fue que todos los componentes que se vieron anteriormente, sean presentados como servicios web, facilitando a los diseñadores la creación de servicios de comunicación de grupos. Como en la mayoría de los casos, los servicios web son simplemente interfaces de programación de aplicaciones (APIs) que pueden ser accedidas desde cualquier punto de la red y ser ejecutadas en un sistema remoto que contenga los servicios solicitados. Esta solución tiene la ventaja de ofrecer a ambos, proveedores de servicios y aplicaciones cliente, el acceso a ella. Entre las interfaces de servicio web que ofrece la solución se tienen:

- Acceso a presencia del suscriptor.
- Acceso a información de grupo.
- Controlador/administrador de la conferencia de grupo.



Capítulo 2

Estudio de la tecnología IMS

2.1 Arquitectura de las redes IMS

Las redes celulares han evolucionado de redes basadas en conmutación de circuitos a redes basadas en conmutación de paquetes. IMS se presenta como el siguiente paso en esta evolución.

Antes de conocer la arquitectura IMS es importante mencionar que 3GPP no estandariza nodos, sino más bien, funciones; lo que significa que la arquitectura IMS es una colección de funciones unidas mediante interfaces estandarizadas.

La figura 2.1 muestra un panorama de la arquitectura IMS estandarizada por 3GPP (sólo se muestran las interfaces de señalización más relevantes).

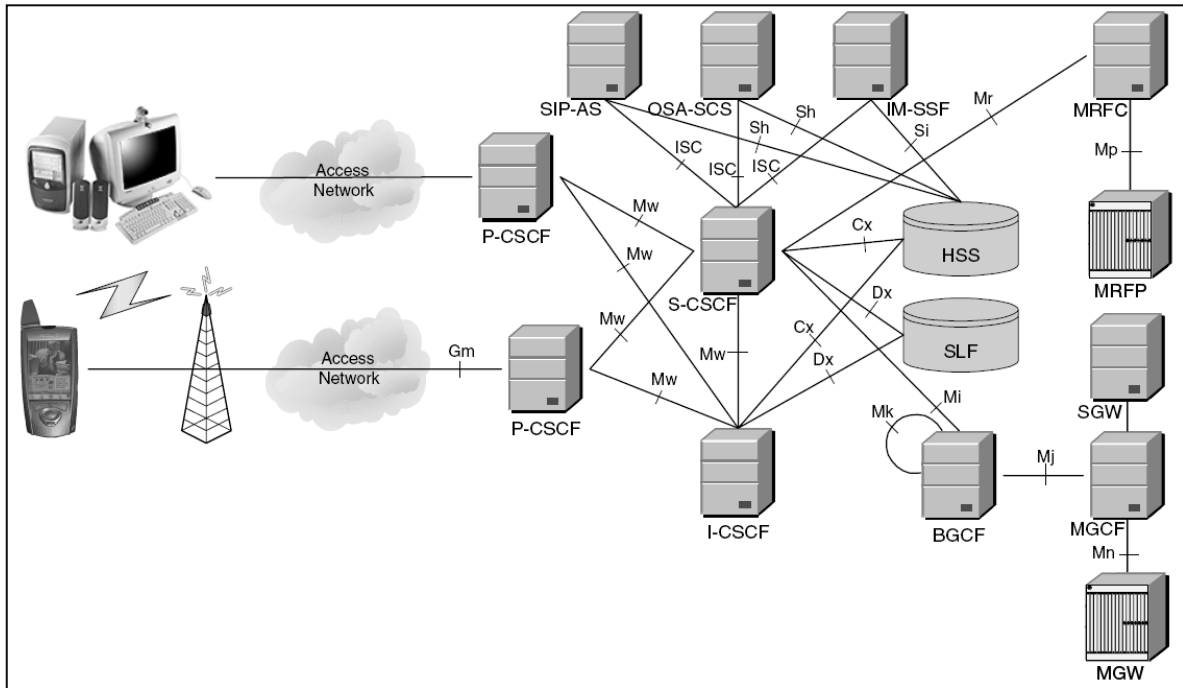


FIGURA 2.1 - Arquitectura IMS estandarizada por 3GPP

Fuente: "The 3G IP Multimedia Subsystem" [CAM2006]

Al lado izquierdo, se muestra el terminal IMS, normalmente denominado UE (User Equipment). El terminal IMS se conecta a la red de paquetes, como lo es la red GPRS, a través de un enlace radio.

A pesar de que la figura muestra un terminal IMS conectándose a la red usando un enlace radio, IMS soporta otros tipos de equipos (PDAs (Personal Digital Assistants), computadoras, etc) y accesos (WLAN, ADSL, etc).

El resto de la figura 2.1 muestra los nodos incluidos en el núcleo de la red IMS, estos nodos son:

- Una o más bases de datos de usuario llamadas HSSs (Home Subscriber Servers) y SLFs (Subscriber Location Functions).
- Uno o más servidores SIP, conocidos en conjunto como CSCFs (Call/Session Control Functions).
- Uno o más servidores de aplicaciones ASs (Application Servers).

- Una o más MRFs (Media Resource Functions), cada una de ellas dividida en: MRFC (Media Resource Function Controllers) y MRFP (Media Resource Function Processors).
- Una o más BGCFs (Breakout Gateway Control Functions).
- Uno o más gateways PSTN, cada uno compuesto de: gateway de señalización SGW (Signaling Gateway), MGCF (Media Gateway Controller Function) y MGW (Media Gateway).

A continuación se pasará a describir cada uno de los elementos que forman parte de la arquitectura, así como la operación de éstos en el sistema:

2.1.1 CSCF: Call Session Control Function

El CSCF (Call/Session Control Function), que es un servidor SIP, es un nodo esencial en la arquitectura IMS. El CSCF procesa señalización SIP en IMS. Hay tres tipos de CSCFs, dependiendo de la funcionalidad que ésta provea. A pesar de ser conocidas como CSCFs, cada una de ellas pertenece a una de las tres siguientes categorías:

- P-CSCF: Proxy CSCF

El P-CSCF es el primer nodo de contrato (en el plano de señalización) entre el terminal IMS y la red IMS. Desde el punto de vista de SIP, el P-CSCF actúa como un servidor proxy SIP de entrada/salida, lo cual significa que todos los requerimientos del terminal IMS o destinados hacia éste viajan a través del P-CSCF (en la dirección que corresponda). El P-CSCF es asignado al terminal IMS durante el registro IMS y no se cambiará de P-CSCF hasta que éste acabe.

El P-CSCF cumple diversas funciones, de las cuales varias de ellas están relacionadas a la seguridad. Primero, establece un número de asociaciones de seguridad IPsec hacia el terminal IMS, las cuales ofrecen protección integral.

Una vez que el P-CSCF autentica al usuario, le confirma su identidad al resto de los nodos de la red, de tal manera que no se necesitarán futuras

autenticaciones del usuario en los distintos nodos ya que estos creen en la información enviada por el P-CSCF.

Adicionalmente, el P-CSCF verifica que las solicitudes SIP (SIP Requests) enviadas por el terminal IMS sean correctas.

El P-CSCF también cuenta con un compresor y descompresor de mensajes SIP, lo cual permitirá reducir el tiempo de transmisión de un mensaje SIP largo comprimiéndolo y enviándolo por la interface aire, para ser descomprimido posteriormente en el destino del mensaje.

El P-CSCF debe incluir un PDF (Policy Decision Function), los cuales deben estar integrados o implementación como una sola unidad. El PDF autoriza el uso de recursos y maneja también la Calidad de Servicio QoS (Quality of Service).

- I-CSCF: Interrogating CSCF

El I-CSCF es un servidor proxy SIP localizado en el borde del dominio administrativo.

Además de la función de servidor proxy SIP, el I-CSCF tiene una interface hacia la SLF (Subscriber Location Functions) y la HSS (Home Subscriber Servers). Esta interface está basada en el protocolo "Diameter". El I-CSCF obtiene la información de la ubicación del usuario y enruta las peticiones SIP hacia el destino apropiado (típicamente el S-CSCF).

Adicionalmente, el I-CSCF puede encriptar partes de los mensajes SIP que contengan información importante como el número de servidores en el dominio, nombres de los DNS o su capacidad. Esta funcionalidad es conocida como THIG (Topology Hiding Inter-Network Gateway), es opcional y no es usualmente empleada en las redes.

- S-CSCF: Serving CSCF

El S-CSCF es el nodo central del plano de señalización. Es esencialmente un servidor SIP, pero también realiza control de sesión. Adicionalmente a la función de servidor SIP, el S-CSCF también actúa como un registrador SIP, lo cual significa que mantiene un vínculo entre la ubicación del usuario (por ejemplo: la dirección IP del terminal con que el usuario está conectado) y la

dirección SIP de registro del usuario, también conocida como PUI (Public User Identity).

Así como el I-CSCF, el S-CSCF también implementa una interface Diameter hacia la HSS, cuyas principales funcionalidades son:

- Obtener de la HSS los vectores de autenticación del usuario que está tratando de acceder a la red IMS.
- Obtener de la HSS el perfil del usuario. El perfil del usuario incluye el perfil del servicio, que es un conjunto de factores desencadenantes que puede provocar que un mensaje SIP sea enrutado hacia uno o más servidores de aplicación.
- Informar a la HSS que ese es el S-CSCF designado al usuario mientras dure el registro.

Toda la señalización SIP que los terminales IMS envíen, y toda la señalización que los terminales IMS reciban, irá vía el S-CSCF designado. El S-CSCF revisa todos los mensajes SIP y determina si la señalización SIP debe visitar uno o más servidores de aplicación en la ruta hacia el destino final. Esos servidores de aplicación podrían prestar algún servicio al usuario.

Una de las funciones más importantes del S-CSCF es la de proveer servicios de enrutamiento SIP. Además de ello, el S-CSCF cuida que los usuarios realicen operaciones no autorizadas.

2.1.2 Bases de Datos : HSS (Home Subscriber Server) y SLF (Subscriber Location Function)

La HSS es el almacén central de información relacionada al usuario. Técnicamente, la HSS es una evolución de la HLR (Home Location Register), que es un nodo GSM. La HSS contiene toda la información de suscripción relacionada al usuario requerida para llevar a cabo sesiones multimedia. Esta información incluye, entre otros ítems, información de ubicación, seguridad (incluyendo información de autenticación y autorización), información del perfil del usuario (incluyendo los servicios al que el usuario está suscrito) y el S-CSCF designado al usuario.

Una red puede contener más de un HSS en caso el número de los suscritos sea tan grande que no pueda ser manejado por una sola HSS. En cualquier caso, toda la información relacionada a un usuario en particular está registrada en una única HSS.

Redes con una sola HSS no necesitan un SLF (Subscription Locator Function), mientras que las redes con más de una HSS sí requieren de un SLF, que es una base de datos simple que relaciona direcciones de los usuarios a HSSs. Un nodo que consulta una SLF con la dirección del usuario como entrada, obtendrá como salida la HSS que contiene toda la información relacionada a dicho usuario.

Es importante mencionar que tanto la HSS como el SLF implementan el protocolo "Diameter".

2.1.3 Servidores de Aplicación (SA)

Los servidores de aplicación son entidades SIP que *reciben* y ejecutan servicios. Dependiendo del servicio a ejecutarse, los SA pueden operar como proxy SIP, SIP UA (User Agent), o SIP B2BUA (Back-to-Back User Agent).

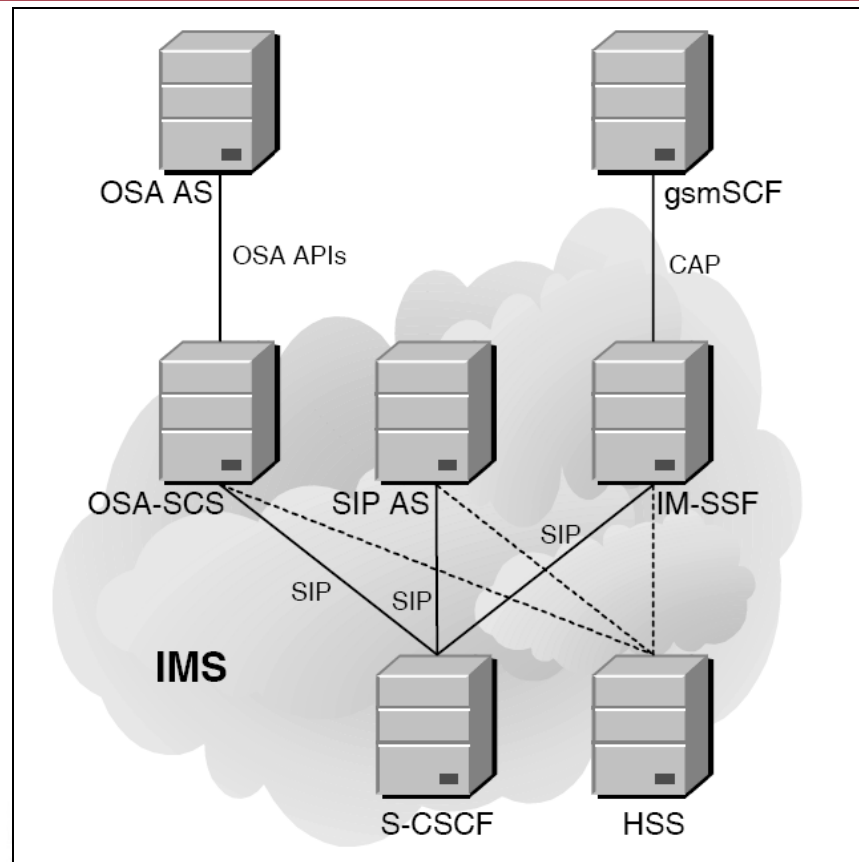


FIGURA 2.2 – Tres tipos de servidores de aplicaciones
 Fuente: “The 3G IP Multimedia Subsystem” [CAM2006]

A continuación se detallan 3 tipos de SA:

- SIP AS (Application Server)
 Este es el servidor de aplicación que recibe y ejecuta servicios multimedia IP basados en el protocolo SIP. Se espera que los nuevos servicios IMS sean desarrollados en servidores de aplicación SIP.
- OSA SCS: Open Service Architecture Service Capability Server
 Este servidor de aplicación tiene una interface hacia la OSA AS (Open Service Architecture - Application Server). Hereda todas las capacidades OSA, especialmente la capacidad de acceder a la seguridad IMS desde redes externas.
 Este nodo actúa, por un lado como un servidor de aplicación (intermediario entre el S-CSCF y SIP), y por otro lado como una interface entre el OSA AP y el OSA API (OSA Application Programming Interface).

- IM-SSF (IP Multimedia Service Switching Function)

Este servidor de aplicación especializado permite el reuso de servicios CAMEL (Customized Applications for Mobile network Enhanced Logic) que fueron desarrollados por GSM en IMS. El IM-SSF permite a la gsmSCF (GSM Service Control Function) controlar la sesión IMS.

Actúa, por un lado como un servidor de aplicaciones (intermediario entre el S-CSCF con SIP), y por otro como un SSF (Service Switching Function) con una interface hacia la gsmSCF basada en CAP (CAMEL Application Part).

Adicionalmente a las interfaces SIP, los SA pueden proveer opcionalmente una interface hacia la HSS. Las interfaces hacia la HSS desde el SIP-AS y el OSA-SCS están basadas en el protocolo Diameter y son usadas para cargar o descargar información relacionada al usuario que está almacenada en la HSS. La interface hacia la HSS desde el IM-SSF está basada en MAP (Mobile Application Part).

2.1.4 MRF: Multimedia Resource Function

Provee una red local con la habilidad de equilibrar recursos multimedia, transcodificación entre diferentes códecs, obtener estadísticas, y realizar cualquier tipo de análisis multimedia.

La MRF está dividida en un nodo en el plano de señalización llamado MRFC (Media Resource Function Controller) y en un nodo en el plano multimedia denominado MRFP (Media Resource Function Processor). La MRFC actúa como un SIP UA y contiene una interface SIP hacia la S-CSCF. La MRFC controla los recursos en la MRFP, que es la que implementa todas las funciones multimedia, a través de una interface H.248.

2.1.5 BGCF: Breakout Gateway Control Function

Es esencialmente un servidor SIP que cuenta con la función de enrutamiento basado en números telefónicos. El BGCF es usado solamente en sesiones

que son iniciadas por un terminal IMS y destinadas a un usuario en la red de conmutación de circuitos, como la PSTN o la PLMN.

Las funciones más importantes del BGFC son:

- Seleccionar una red apropiada para *interworking* con el dominio de la conmutación de circuitos.
- Seleccionar un Gateway PSTN/CS apropiado si es que el interworking ocurre en la misma red donde la BGFC está ubicada.

2.1.6 PSTN/CS Gateway

El gateway PSTN provee una interface hacia la red de conmutación de circuitos, permitiendo a los terminales IMS realizar y recibir llamadas hacia y desde las PSTN (o cualquier otra red basada en conmutación de circuitos).

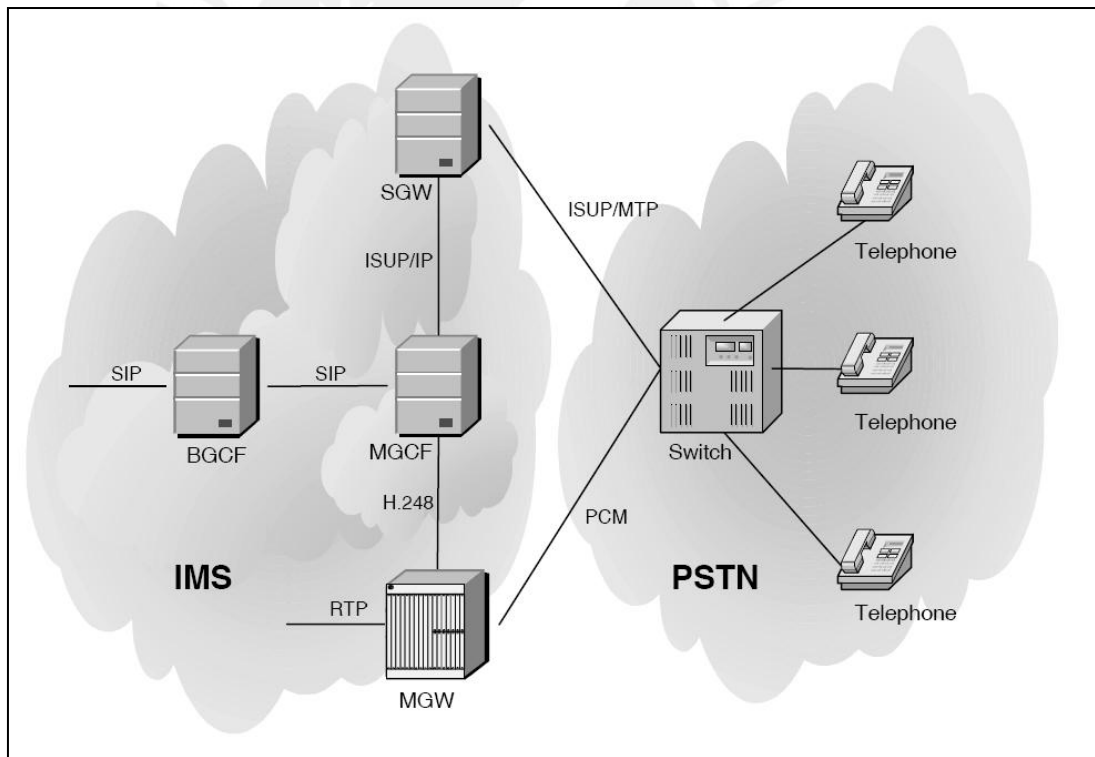


FIGURA 2.3 – Gateway PSTN/CS interconectando una red basada en conmutación de circuitos

Fuente: “The 3G IP Multimedia Subsystem” [CAM2006]

La figura 2.3 muestra el BGCF y el Gateway PSTN que interconecta a la red PSTN. El Gateway PSTN está compuesto de:

- SGW: Signaling Gateway

El Gateway de señalización interconecta el plano de señalización de la red basada en conmutación de circuitos.

- MGCF: Media Gateway Control Function

Es el nodo central del Gateway PSTN/CS. Implementa un mecanismo que se encarga de la conversión del protocolo de control de llamadas. Además, controla los recursos en el MGW. El protocolo usando entre el MGCF y el MGW es el H.248.

- MGW: Media Gateway

Es el que interconecta el plano multimedia de la PSTN o de la red basada en conmutación de circuitos. Por un lado, el MGW envía y recibe información multimedia sobre el protocolo RTP (Real Time Protocol), y por el otro usa uno o más time slots PCM (Pulse Code Modulation) para conectarse a la red de conmutación de circuitos.

Adicionalmente, el MGW realiza transcodificación cuando el terminal IMS no soporta el códec usado en el lado de conmutación de circuitos.

2.2 Protocolos de la red IMS

2.2.1 SIP : Session Initiation Protocol

SIP es un protocolo de la capa de aplicación que es empleado para establecer, modificar y terminar sesiones multimedia en una red basada en IP. Sus aplicaciones incluyen voz, video, juegos, mensajería, control de llamadas y presencia, pero no está limitado solo a esas.

Está basado en HTTP (Hyper Text Transfer Protocol) y SNMP (Simple Management Protocol).

SIP fue creado con los siguientes objetivos de diseño en mente:

- Protocolo de transporte neutralizado

- Capaz de correr sobre protocolos fiables (TCP, SCTP) y no fiables (UDP).
- Separación de la señalización de la información multimedia
- Capacidad para extenderse
- Movilidad

Los elementos dentro del protocolo SIP pueden ser clasificados en: User Agents (UAs) e intermediarios (servidores). En el mundo ideal, las comunicaciones entre dos puntos finales (UAs) ocurren sin necesidad de intermediarios, pero no siempre se da el caso en el que el administrador de red y los proveedores de servicios quieran tener todo el tráfico en la red.

La figura 2.4 muestra una configuración típica de red, denominada “Trapezoide SIP”.

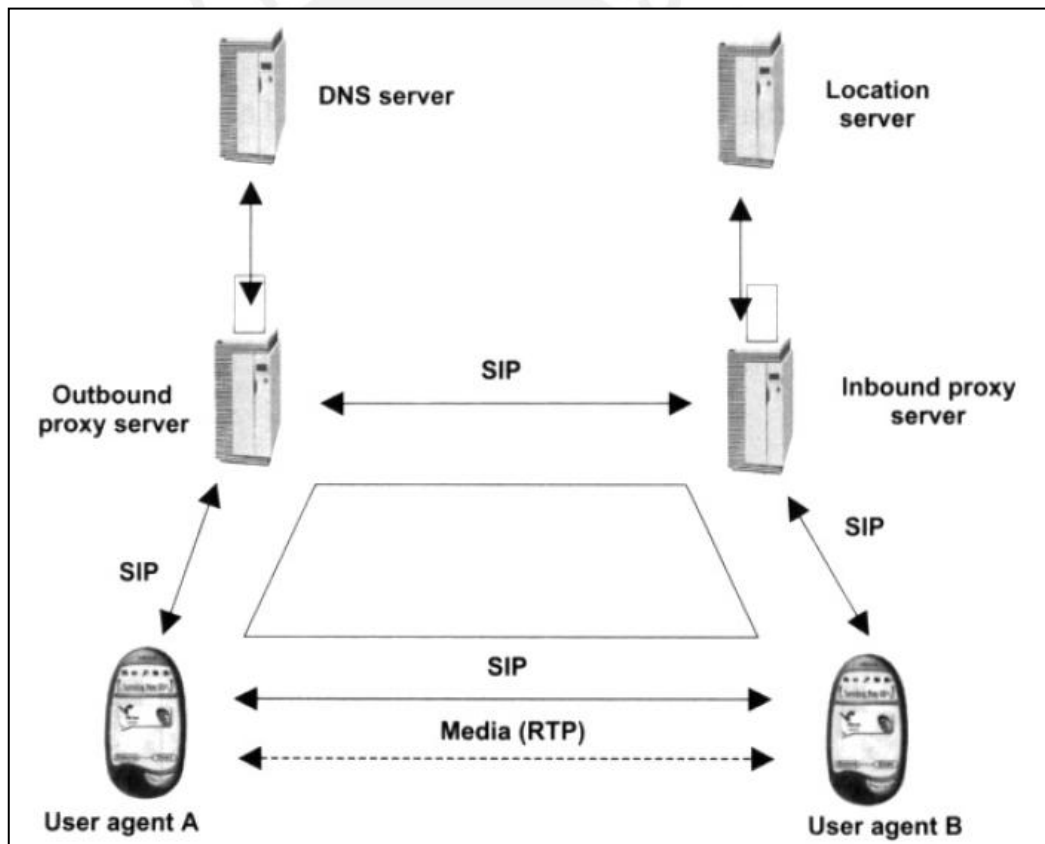


FIGURA 2.4 – Trapezoide SIP

Fuente: “The IMS” [POI2004]

Los UA SIP o terminales son el punto final de los diálogos: envían y reciben requerimientos y respuestas SIP y son el punto final del flujo multimedia; éstos

son usualmente los UE (User Equipment) que tienen una aplicación en el terminal o un hardware dedicado. Los UAs constan de dos partes: UAC (User Agent Client) que es la aplicación que inicia los requerimientos, y el UAS (User Agent Server) que es el que acepta, redirecciona o rechaza los requerimientos y envía respuestas a los requerimientos en nombre del usuario.

Los intermediarios SIP son entidades lógicas por donde pasan los mensajes SIP en su camino hacia su destino final. Estos intermediarios son usados para enrutar y redireccionar los requerimientos. Los servidores pueden ser:

- Servidores Proxy
- Servidores de redireccionamiento
- Servidores de ubicación
- Registradores
- Servidores de Aplicación
- B2BUA (Back-to-back-user-agent)

2.2.2 SDP : Session Description Protocol

El protocolo SDP es un protocolo de la capa de aplicación cuyo fin es describir las sesiones multimedia. Es un protocolo basado en texto. Al describirse una sesión, el usuario que llama y el que es llamado indican sus respectivas capacidades de recibo, formatos multimedia y sus puertos y/o dirección de recepción.

Las capacidades del intercambio se pueden especificar en el momento de la negociación de la sesión o cuando la sesión está en curso.

Los mensajes SDP tienen tres niveles de información, y aparecen en el siguiente orden:

- Descripción de la sesión de nivel
Incluye el identificador de la sesión y otros parámetros del nivel de sesión, como la dirección IP o la información acerca de la sesión y/o su creador.

- Descripción del calendario
Tiempos de inicio y fin, tiempos de repeticiones y una o más descripciones del nivel multimedia.
- Formato y tipo de sesión multimedia
Protocolo de transporte, número de puerto y uno o más parámetros del nivel multimedia. Nótese que la dirección multimedia debe ser diferente a la dirección de señalización.

El modelo Offer/Transfer de SDP.

Es usado por dos entidades con el fin de establecer acuerdo en la descripción de la sesión (por ejemplo, los códecs). El oferente (offerer) indica en la oferta la descripción del tipo de sesión que se desea establecer. El que responde a la oferta indica también el tipo de sesión deseada pero desde su otro punto de vista. El modelo Offer/Transfer puede ser usado para crear sesiones o para modificar sesiones ya existentes.

2.2.3 RTP: Real Time Protocol

Es un protocolo para enviar data end-to-end en tiempo real. Además, contiene servicios end-to-end de envío de data en tiempo real: identificación de tipo de carga útil (códec), numeración secuenciada y monitorización de envío. RTP no provee calidad de servicio (QoS Quality of Service), pero sí se puede monitorear la QoS usando el protocolo de control RTP (RTCP – Real Time Control Protocol).

Los paquetes RTCP son transmitidos periódicamente a todos los participantes de la sesión. Hay cuatro funciones del RTCP:

- Proveer un Feedback en la calidad de servicio de la distribución de la data de tiempo real.
- Llevar el identificador del origen RTP.
- Permitir intervalos de distribución ajustables de paquetes RTCP.
- Transmitir información de control de sesión.

2.2.4 Diameter

Es un protocolo AAA (Authentication, Authorization and Accounting) desarrollado por la IETF. El protocolo Diameter es usado para proveer servicios AAA para un rango de tecnologías de acceso. En lugar de construir el protocolo desde cero, Diameter está basado en RADIUS (Remote Authentication Dial In User Service), que fue usado anteriormente para proveer servicios AAA, al menos para accesos Dial-Up y servidores terminales.

En realidad, el protocolo Diameter está dividido en dos partes: el protocolo base Diameter y las aplicaciones Diameter. El protocolo base es usado para enviar unidades de data Diameter, negociar capacidades y manejar errores. Las aplicaciones Diameter definen funciones específicas de aplicaciones. Actualmente, IMS hace uso de dos aplicaciones: Diameter SIP y Diameter credit control.

2.2.5 MEGACO – H.248 (Media Gateway Control Protocol)

Este protocolo es usando entre un MGW (Media Gateway) y un controlador (MGW Controller) para manejar la señalización y la gestión de sesión durante una conferencia multimedia. El MGW y el controlador MGW guardan una relación maestro/esclavo.

El protocolo maneja un conjunto de comandos que son usados para manipular las entidades lógicas descritas en el modelo de conexión, pudiendo cada comando llevar un número de parámetros llamados descriptores.

Los descriptores con un nombre y una lista de ítems, alguno de los cuales pueden tener valores.

2.3 Señalización de la red IMS

En la sección 2.2.1 se vio la forma en la que es empleado el protocolo SIP. 3GPP es una de las aplicaciones de SIP, en la que es usado en un ambiente inalámbrico. El resultado de la evaluación de SIP en el ambiente inalámbrico llevó a la definición de un conjunto de requerimientos que acomoda a SIP en las redes de la

3GPP. La implementación de soluciones para estos requerimientos inalámbricos permitió a la 3GPP establecer el uso de un número de opciones y extensiones para SIP y otros protocolos.

Se considera como función de la 3GPP el crear un perfil de utilización de SIP y otros protocolos en IMS. Se le denomina perfil ya que no hay diferencias con respecto al uso de SIP en la Internet. Sin embargo, la 3GPP ha determinado la implementación de un número de extensiones y opciones tanto en los nodos de la red IMS como en los terminales. Este capítulo se centra en describir cómo SIP es usando en IMS, así como en resaltar diferencias en la utilización de SIP con respecto a la Internet pública.

Los medios inalámbricos tienen un número de requerimientos estrictos para los protocolos de control de sesión, como SIP. Estos requerimientos van desde seguridad absoluta hasta la capacidad de proveer los mismos servicios sin importar si la estación móvil esté ubicada en la red local o en la red de visita.

2.3.1 Pre-Requisitos para la operación en IMS

Antes de que un terminal IMS comience cuando tipo de operación relacionada a IMS hay un número de pre-requisitos que deben de cumplirse. La figura 2.5 muestra una vista general de los pre-requisitos.

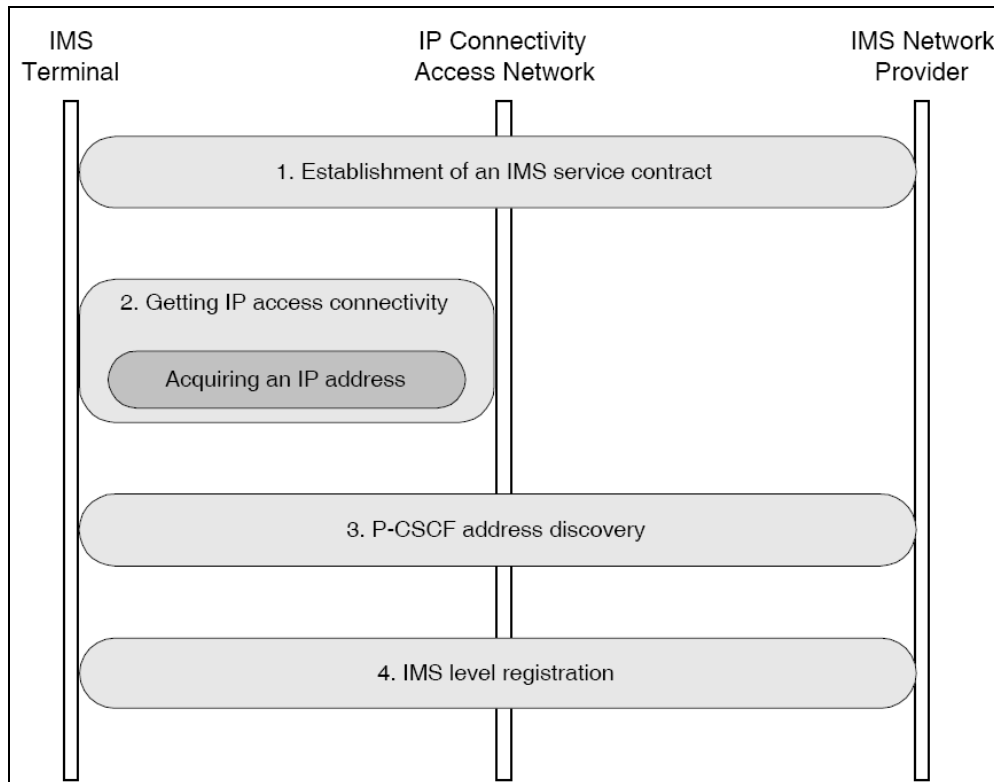


FIGURA 2.5 – Pre-Requisitos para obtener un servicio IMS

Fuente: “The 3G IP Multimedia Subsystem” [CAM2006]

Primero, el proveedor de servicios IMS tiene que autorizar al usuario final el uso del servicio IMS. Típicamente, esto requiere una suscripción o contrato firmado entre el operador de la red IMS y el usuario.

Segundo, el terminal IMS necesita tener acceso a un IP-CAN (IP Connectivity Access Network) como GPRS (en redes GSM/UMTS), ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line), o WLAN (Wireless Local Access Network). IP-CAN provee acceso a una red local IMS o a una red de visita. Como parte de este pre-requisito, el terminal IMS necesita adquirir una dirección IP, la cual es asignada dinámicamente por el operador IP-CAN por un periodo de tiempo determinado.

Cuando esos dos pre-requisitos han sido cumplidos, el terminal IMS tiene que descubrir la dirección IP de el P-CSCF que va a estar actuando como un servidor proxy SIP de entrada/salida. Toda la señalización SIP enviada por el terminal IMS atraviesa este P-CSCF. Cuando el proceso de descubrimiento del P-CSCF esta completado, el terminal IMS puede enviar

y recibir señalización SIP hacia o desde el P-CSCF. El P-CSCF es asignado permanentemente para la duración del registro IMS, un proceso que se dará típicamente cuando el terminal IMS sea prendido o apagado. Una vez que todos los requisitos previos hayan sido cumplidos, el terminal IMS se registra en la capa de aplicación SIP de la red IMS; esto es realizado a través de un registro SIP. Los terminales IMS deben registrarse con la red IMS antes de iniciar o recibir cualquier otra señalización SIP. El proceso de registro IMS permite a la red IMS localizar al usuario, autenticarlo, establecer asociaciones de seguridad y autorizar el establecimiento de sesiones.

2.3.2 Red de Acceso IP

Existen múltiples tipos de redes de acceso IP, como DSL (Digital Subscriber Lines), Dial-up Lines, etc. En medios inalámbricos están las redes de acceso de paquetes, como GPRS o WLANs (Wireless Local Access Networks). Los procesos de registro y adquisición de IP son diferentes para cada caso.

Por ejemplo, en GPRS, el terminal IMS primero debe pasar por un conjunto de procesos, los cuales involucran varios nodos, que van desde el SGSN hacia la HLR y el GGSN. Los procedimientos están ilustrados en la figura 2.6. Una vez que estos procesos están completos, el terminal envía un mensaje *Activate PDP Context Request* hacia el SGSN pidiendo conexión hacia una red IPv4 o IPv6. El mensaje incluye un requerimiento de conexión hacia un APN (Access Point Name) particular y un tipo de conexión de paquetes. En el caso de un terminal IMS el APN indica la conexión deseada a la red IMS y el tipo de conectividad indica si es IPv4 o IPv6. El SGSN, dependiendo del APN y el tipo de conexión de red, escoge un GGSN apropiado. El SGSN envía un mensaje *Create PDP Context Request* hacia el GGSN, el cuál es el responsable de asignar la dirección IP.

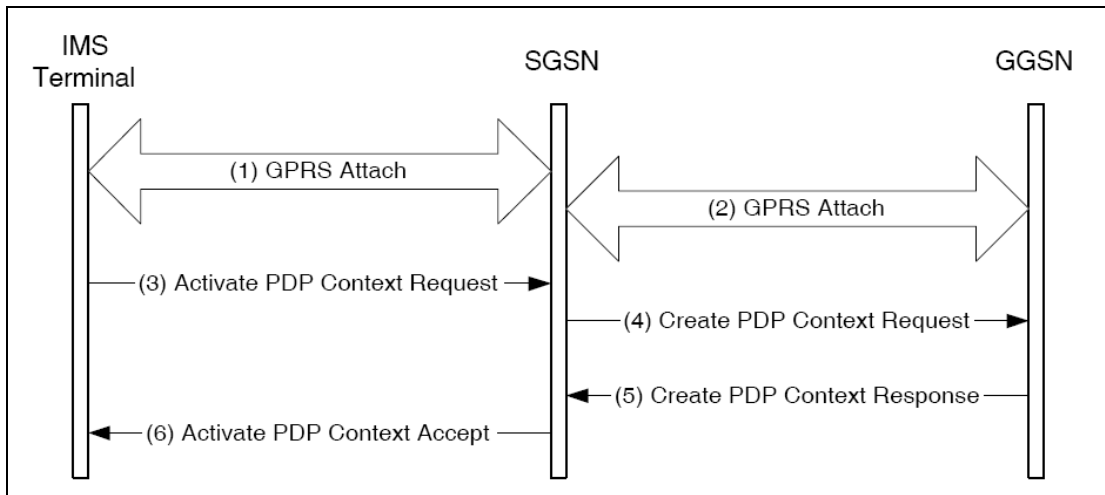


FIGURA 2.6 – Proceso para obtener dirección IP en GPRS

Fuente: “The 3G IP Multimedia Subsystem” [CAM2006]

2.3.3 Descubrimiento P-CSCF

El descubrimiento P-CSCF es el proceso en el cual el terminal IMS obtiene la dirección IP del P-CSCF. En este caso, el P-CSCF actúa como un servidor proxy SIP de entrada/salida para el terminal IMS.

El descubrimiento P-CSCF puede tener lugar de distintas maneras:

- Integrado dentro del proceso que da acceso al IP-CAN
- Como un proceso solo

El proceso de descubrimiento P-CSCF depende del tipo de IP-CAN, si es la red GPRS, una vez que los procesos para acceder a la red GPRS están completos, el terminal está autorizado de usar la red GPRS. Luego, el terminal IMS realiza un proceso llamado *Activate PDP Context Procedure*. El objetivo principal de este proceso es el de configurar el terminal IMS con una dirección IP, pero en este caso el terminal IMS también descubre la dirección IP del P-CSCF.

La versión independiente del proceso de descubrimiento P-CSCF está basada en el uso de DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) o DHCPv6 para direcciones IPv6, y de DNS (Domain Name System).

En DHCPv6, el terminal IMS no necesita saber la dirección del servidor DHCP ya que este puede enviar mensajes DHCP hacia una dirección IP reservada multicast. Si se está usando DHCP (for IPv4), el terminal envía un mensaje de descubrimiento broadcast a su subred local.

El proceso para DHCPv6 está ilustrado en los pasos 1 y 2 de la figura 2.7. Una vez que el terminal IMS tiene conectividad con el IP-CAN, envía un mensaje DHCPv6 *Information-Request* (1) donde solicita las opciones DHCPv6 de los servidores SIP. En el caso de IMS, el P-CSCF juega el rol de un servidor proxy SIP de entrada/salida, entonces el servidor DHCP retorna un mensaje DHCP *Reply* (2) que contiene uno o más nombres de dominio y/o direcciones IP para uno o más P-CSCF.

Finalmente, el terminal IMS descubre la dirección IP del P-CSCF y puede enviar señalización SIP al P-CSCF asignado, el cual será el encargado de reenviar la señalización SIP al siguiente salto. Un aspecto importante que hay que resaltar es que el terminal IMS no necesita preocuparse acerca de posibles cambios en la dirección del P-CSCF, ya que no es variable.

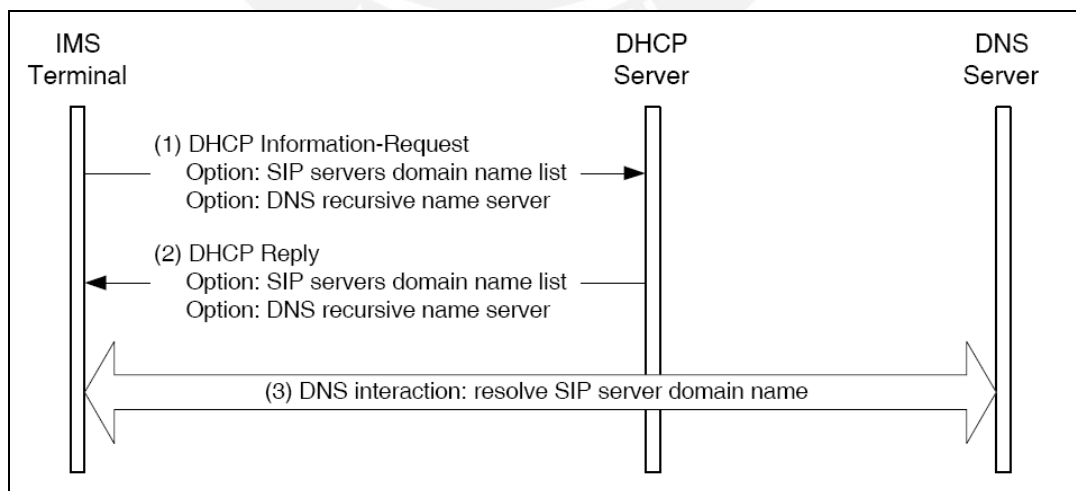


FIGURA 2.7– Proceso para obtener dirección IP en GPRS

Fuente: “The 3G IP Multimedia Subsystem” [CAM2006]

2.3.4 Nivel de registro IMS

Una vez que se hayan cumplido los pasos mencionados en los puntos anteriores, el terminal puede iniciar su registro a nivel IMS.

A pesar de que el proceso de registro sea casi similar, independientemente de la presencia de un ISIM o un USIM, existen algunas diferencias.

En esta sección se describirá el acceso a IMS con una aplicación ISIM.

El proceso de registro IMS satisface los siguientes requerimientos en dos viajes ida y vuelta:

- El usuario une un PUI (Public User Identity) a una dirección de contacto (éste es el propósito principal de un requerimiento *SIP REGISTER*).
- La red local autentica el usuario.
- El usuario autentica la red local.
- La red local autoriza el registro SIP y el uso de los recursos IMS.
- En el caso de que el P-CSCF esté ubicado en la red de visita (visited network), la red local verifica si es que existe un acuerdo entre la red local y la red de visita, y autoriza el uso del P-CSCF.
- La red local informa al usuario acerca de otras posibles identidades que el operador de la red local haya asignado exclusivamente a ese usuario.
- El terminal IMS y el P-CSCF negocian el mecanismo de seguridad que tendrá lugar en la señalización restante.
- El P-CSCF y el terminal IMS establecen un conjunto de asociaciones de seguridad que protegen la integridad de los mensajes SIP enviados entre el P-CSCF y el terminal.

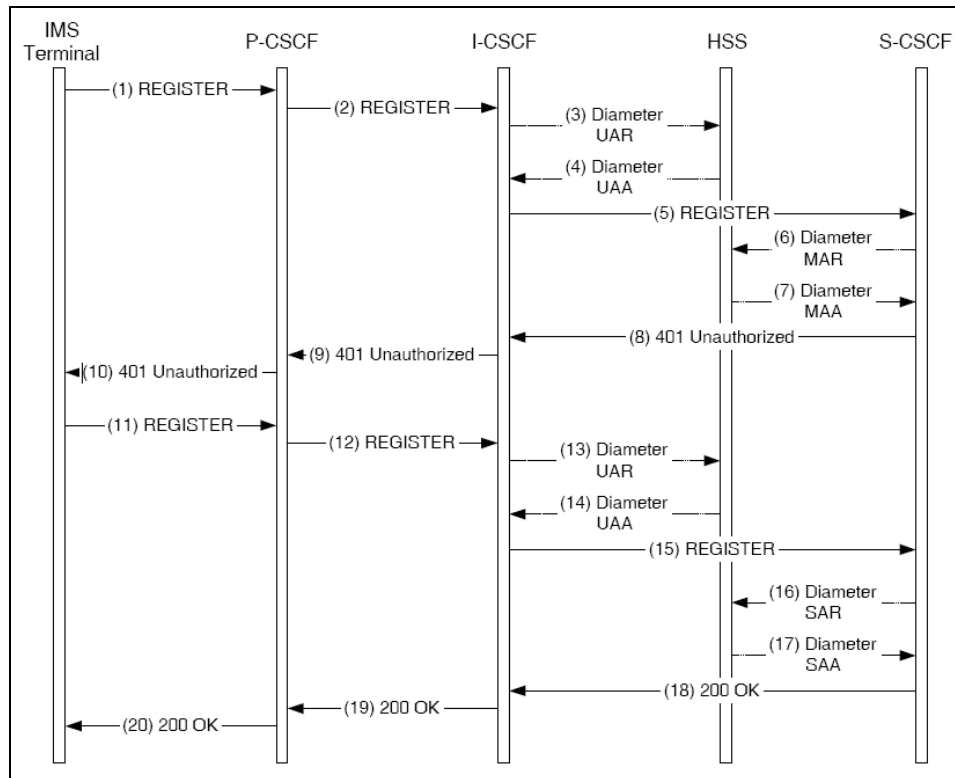


FIGURA 2.8 – Registro en el nivel IMS

Fuente: “The 3G IP Multimedia Subsystem” [CAM2006]

De acuerdo a la figura 2.8, el terminal IMS genera un requerimiento *SIP REGISTER* (1) incluyendo los siguientes parámetros:

- Registration URI (Uniform Resource Identifiers): Es el SIP URI que identifica el dominio de la red local usado para direccionar el requerimiento *SIP REGISTER*.
- Public User Identity: Es el SIP URI que representa el ID del usuario en registro.
- Private User Identity: Es la identidad que es usada solo para propósitos de autenticación, no para enrutamiento.
- Contact address: Es el SIP URI que incluye la dirección IP del terminal IMS o el nombre de host con que el cual se puede ubicar al usuario.

Luego, el P-CSCF reenvía el requerimiento *SIP REGISTER* hacia el I-CSCF en la red local (2). Con el fin de llevar a cabo un primer paso de autorización y de descubrir si es que ya ha sido asignado un S-CSCF al usuario, el I-CSCF envía un mensaje Diameter-User-Authentic-

Request (UAR) hacia la HSS (3). La HSS responde con un mensaje Diameter-User-Authentication-Answer (UAA) (4).

La selección del S-CSCF está basada en las capacidades recibidas de la HSS en el Diameter UAA. El I-CSCF tiene una tabla configurada de S-CFCS operando en la red local y las capacidades que soporta cada uno. Esto permite al I-CSCF elegir, a través de un reenvío del requerimiento SIP REGISTER, al S-CSCF (5).

Posteriormente, el S-CSCF contacta la HSS con dos propósitos: por un lado, el S-CSCF necesita obtener información de autenticación de datos para realizar la autenticación para este usuario en particular; mientras que por otro lado, necesita guardar el S-CSCF URI en la HSS, de tal manera que cualquier petición futura a la HSS para el mismo usuario retorne información de enrutamiento hacia ese S-CSCF. Con este propósito, el S-CSCF envía un mensaje *Diameter-Multimedia-Auth-Request* (MAR) (6). La HSS guarda el S-CSCF URI en los datos del usuario y responde con un mensaje *Diameter-Multimedia-Auth-Answer* (MAA) (7). Luego, dado que la HSS incluye uno o más vectores de autenticación en el mensaje MAA, el S-CSCF envía un mensaje SIP 401 (Unauthorized) (8), el cuál es reenviado vía el I-CSCF y el P-CSCF (9 y 10).

Cuando el terminal IMS recibe el mensaje SIP 401 (Unauthorized) como respuesta, se da cuenta de que hay una negativa y produce una respuesta adecuada (normalmente credenciales) para esa negativa. La respuesta a esa negativa está incluida en un nuevo mensaje de requerimiento *SIP REGISTER* (11) hacia el P-CSCF. De la misma forma que en los pasos anteriores, el P-CSCF reenvía el *SIP REGISTER* hacia el I-CSCF (12), el cual envía un nuevo mensaje Diameter UAR (13). La diferencia en este caso es que el mensaje Diameter UAA (14) incluye información de enrutamiento.

Luego, el S-CSCF recibe el requerimiento *REGISTER* que incluyen las credenciales del usuario (15), las cuales deben ser validadas con los

vectores de autenticación provistos por la HSS en el mensaje Diameter MAA (7). Si la autenticación resulta exitosa, el S-CSCF envía un mensaje Diameter SAR hacia la HSS (16) con el propósito de informarle que el usuario se encuentra registrado y para descargar el perfil su perfil (17).

Por último, pero no menos, el S-CSCF envía una respuesta 200 (OK) al requerimiento *REGISTER* para indicar que se ha dado correctamente. La respuesta 200 (OK) atraviesa el mismo I-CSCF y P-CSCF (19) que el mensaje REGISTER atravesó. Finalmente, el terminal IMS obtiene la respuesta 200 (OK). En este momento, el proceso de registro está completo.

2.3.5 Establecimiento de una sesión

Esta sección contemplará el proceso de establecimiento de una sesión IMS básica. Se asumirá que un terminal IMS está estableciendo sesión con otro terminal IMS y que ambos soportan las mismas capacidades.

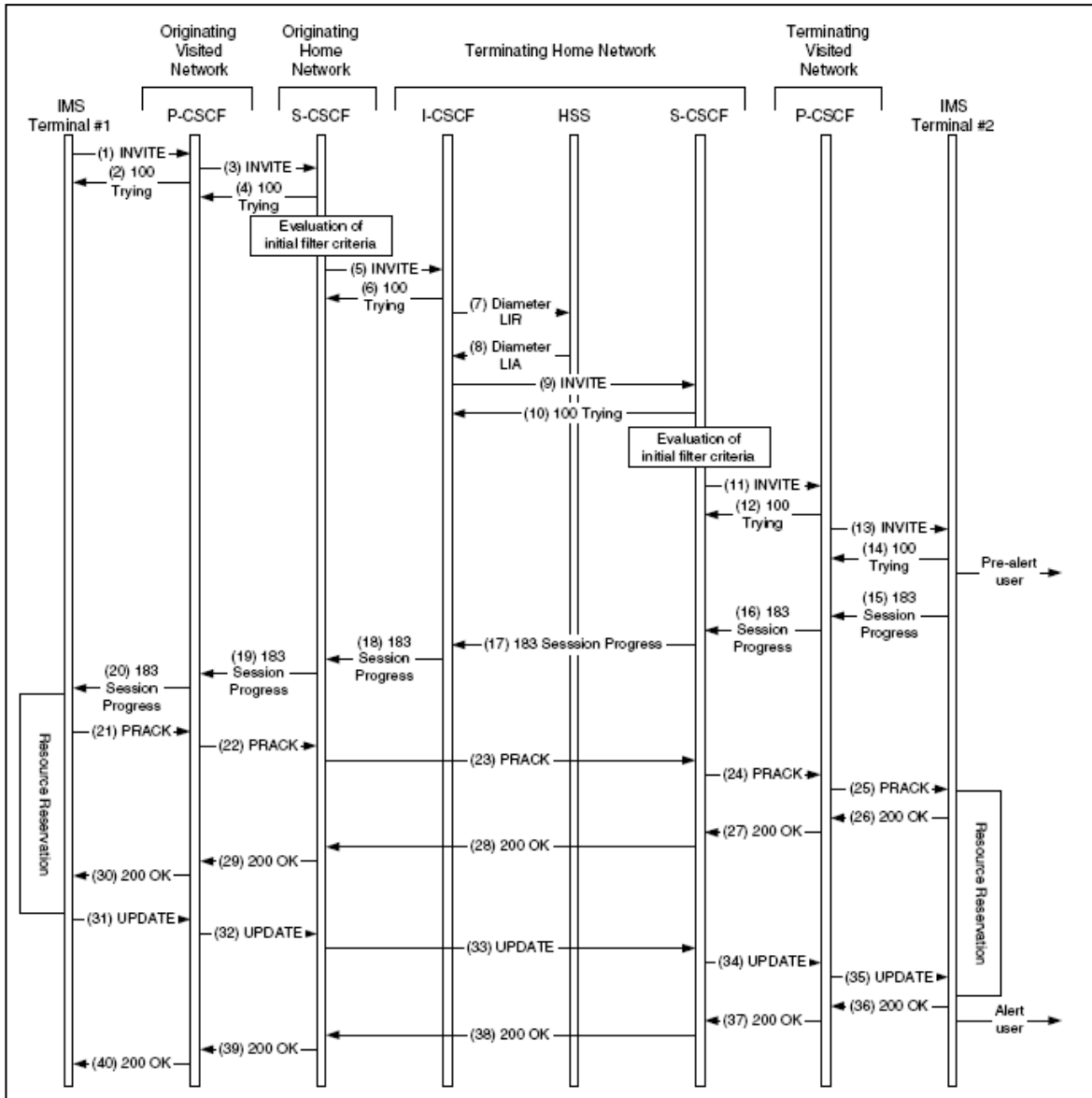


FIGURA 2.9 – Establecimiento de una sesión IMS básica (Parte 1)
Fuente: "The 3G IP Multimedia Subsystem" [CAM2006]

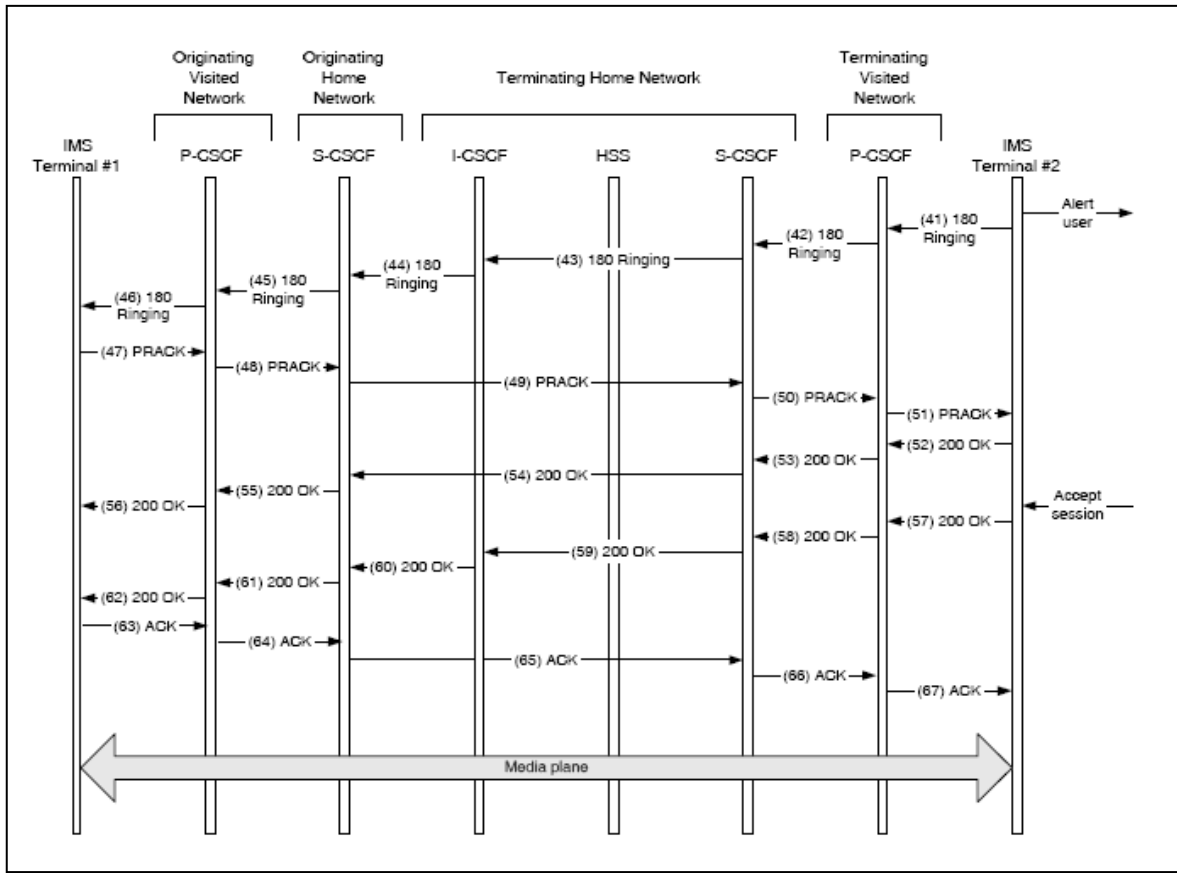


FIGURA 2.10 – Establecimiento de una sesión IMS básica (Parte 2)

Fuente: “The 3G IP Multimedia Subsystem” [CAM2006]

En las figuras 2.9 y 2.10 se asume que ambos usuarios están moviéndose hacia una red fuera de sus respectivas redes locales, como cuando un usuario se encuentra fuera de su respectivo país, esto hace que aparezcan dos redes de visita en las figuras. También se asume que cada uno de los usuarios tiene diferentes contratos con los operadores, es por ello que existen dos redes locales. Adicionalmente, se asume que el P-CSCF está ubicado en una red de visita.

Tanto en la figura 2.9 como 2.10 debe observarse que existe una completa separación entre el plano de señalización y el de medios, ya que el primero atraviesa una serie CSCFs, mientras que el segundo sólo atraviesa routers IP (GGSNs en algunos casos). Otra observación es que la señalización SIP va a través del *originating* P-CSCF así como del *originating* S-CSCF en todas las circunstancias. El P-CSCF debe estar presente en toda la señalización que se intercambie ya que él es el que comprime y

descomprime SIP en la interface hacia el terminal. El S-CSCF es atravesado en todas las solicitudes ya que permite la activación de los servicios que usuario haya solicitado. Dado que el S-CSCF se encuentra siempre en la red local, los servicios siempre están disponibles para el usuario.

En la figura 2.9 se puede observar la interacción del protocolo Diameter entre el I-CSCF y la HSS, esto se da ya que es necesario que el I-CSCF descubra la dirección del S-CSCF que sirve al usuario destino.

De ambas figuras, se puede observar que la señalización SIP atraviesa los nodos *originating* y *terminating* del P-CSCF y S-CSCF.

2.4 Servicios que ofrece la tecnología IMS

2.4.1 Presencia

El servicio de presencia es en esencia dos cosas: involucra mostrar el estado de un usuario ante sus contactos, y viceversa. La información de presencia debe incluir:

- Disponibilidad de la persona y el terminal
- Capacidades del terminal
- Actividad actual
- Ubicación

Está previsto que el servicio de presencia facilite las comunicaciones móviles, no sólo la mensajería instantánea que es la que ha sido el principal motor de este nuevo servicio. La mensajería instantánea ha sido el más interactivo de los servicios de comunicación en tiempo casi real en la Internet, mientras que el servicio de presencia es una gran solución si se desea saber si un contacto está disponible, antes de empezar de empezar una sesión de chat con él. Sin embargo, en el mundo de las comunicaciones móviles, se tiene previsto que el servicio de presencia no sólo soporte mensajería instantánea, sino que también sea usado como un indicador de la posibilidad de participar en cualquier tipo de sesión, incluyendo llamadas telefónicas, video y juegos:

todas las comunicaciones móviles estarán basadas en el servicio de presencia.

Los servicios y aplicaciones de presencia-específica y presencia-mejorada estarán disponibles en un futuro cercano. Un ejemplo típico de una aplicación de presencia-específica es el de un directorio de contactos en el terminal con información de presencia de cada contacto, volviéndolo de esta manera dinámico. La información de presencia dinámica sería lo primero que el usuario vería antes de establecer la comunicación.

2.4.2 Mensajería

En la actualidad, hay disponibles muchas formas de servicios de mensajería. En general, mensajería implica enviar un mensaje desde una entidad hacia otra. Los mensajes pueden tomar muchas formas, incluir varios tipos de información y ser enviados de diferentes modos. Es usual el enviar o recibir mensajes multimedia, así como mensajes de texto, y ser enviados ya sea en tiempo real como muchos sistemas de mensajería de hoy en día, o como un correo electrónico.

La mensajería en IMS puede tomar tres formas:

- Mensajería Inmediata (Immediate Messaging)

Es el mensaje instantáneo tradicional que funciona en una red IMS. Emplea el método "MESSAGE" del protocolo SIP para enviar mensajes (típicamente de texto pero también pueden ser multimedia, como sonidos o imágenes) de un usuario a otro en tiempo casi real.

- Mensajería basada en sesiones (Session-based messaging)

En este tipo de mensajería, el usuario forma parte de la sesión en el cuál generalmente los mensajes son de texto. Como en cualquier otro tipo de sesión, los mensajes de sesión tiene un tiempo predeterminado de vida: una sesión de mensajería comienza cuando los participantes inician la sesión, y termina cuando los participantes cierra la sesión. Luego de que la sesión esté iniciada, los datos van de un usuario hacia otro.

Haciendo uso de la funcionalidad de conferencia, las sesiones basadas en mensajería pueden contar con aplicaciones similares a las conferencias modernas de hoy en día.

- Mensajería con entrega diferida (Deferred Delivery Messaging)
Hacen referencia al Servicio de Mensajería Multimedia (MMS: Multimedia Messaging Service).

2.4.3 Conferencia

Una conferencia es una conversación entre múltiples participantes. Las conferencias no están limitadas solamente a audio, la popularidad de las conferencias de video y texto conocidas como chatting ha ido creciendo en los últimos años. Esta popularidad es debida a la habilidad de simular comunicaciones cara a cara haciendo uso de herramientas como compartir archivos y transmitir emociones a través del video, todo esto en tiempo real.

2.4.4 Push-to-talk

Debido a que no es necesario el despliegue de nuevas tecnologías de radio, se espera que el Push-to-Talk, sea uno de los primeros servicios IMS que los operadores opten por brindar. Este servicio puede funcionar correctamente en enlaces de bajo ancho de banda y altos retardos, lo que no sería posible en otro tipo de servicios como son las llamadas de voz.

El servicio Push-to-Talk es un servicio del tipo walkie-talkie. Los usuarios presionan un botón cuando ellos quieren decir algo, pero ellos no hablan hasta que el terminal les indique que pueden hacerlo. En este punto, los usuarios pueden decir lo que ellos deseen y cortar la comunicación soltando el botón.

A diferencia de las llamadas de voz, que son full-duplex, el Push-to-Talk es un servicio half-duplex, lo que significa que solo un usuario puede hablar en un determinado momento.

Las sesiones Push-to-Talk pueden tener más de dos participantes. En un determinado momento, un usuario habla y el resto escucha.

2.5 Información sobre fabricantes de esta tecnología en el mercado

Actualmente existen en el mercado diversos fabricantes de esta tecnología, a continuación se mencionan los principales a nivel mundial.

2.5.1 Alcatel-Lucent

Alcatel-Lucent ofrece soluciones basadas en arquitectura IMS, que pueden ser configuradas de acuerdo a las necesidades del proveedor de servicios. Con un enfoque orientado a usuario, la solución IMS End-to End de Alcatel-Lucent permite a los proveedores de servicio ofrecer comunicación interpersonal (vía web, multimedia, mensajería y servicios de voz), continuidad de experiencia de usuario a través de dispositivos y redes, acceso instantáneo en cualquier lugar y personalización de auto-servicio, entregando servicios combinados para distintos estilos de vida, tanto para consumidores como para miembros de la empresa proveedora.

Esta solución ofrece los siguientes beneficios de valor agregado:

- Comunicación instantánea en cualquier lugar.
- Información de contactos sincronizada y presencia.
- Continuidad de la comunicación a través de dispositivos y redes distintas.
- Personalización instantánea de servicios.
- Comunicaciones multimedia (mensajería instantánea, mensajería multimedia, mensajería de texto) con múltiples comunidades.
- Más servicios innovadores.

2.5.2 Ericsson

La solución IMS de Ericsson ofrece comunicación punto a punto completa entre operadores fijos y móviles. Esta solución combina medios como voz, texto, imágenes y video, al mismo tiempo que brinda al usuario la posibilidad de personalizar su experiencia de comunicación, de tal manera que pueda compartir su experiencia diaria con todos sus contactos. Además, gracias al servicio de presencia, los usuarios pueden tener un mejor control de cómo, dónde y con quién se contactarán.

La solución incluye el core IMS y los servicios estandarizados, tales como:

- Suite de comunicación multimedia (MCS)
- Presencia (PGM)
- Push-to-talk sobre celulares (PoC)
- Telefonía Multimedia
- Aplicaciones, como weShare

2.5.3 Huawei

Huawei lanza la solución de servicio integrado IMS sobre la base de las especificaciones 3GPP con el fin de hacer uso de todos los recursos de red existentes, al mismo tiempo que reduce el costo de operación, evita las inversiones reiterativas, reduce los costos de construcción de la red, reduce los obstáculos de acceso del usuario e implementa el desarrollo sustentable de la red del operador.

La solución IMS integrada provee servicios multimedia integrados y componentes activadores, entre ellos:

- Servicio de conferencia: llamadas a usuarios en línea, organización de conferencias de multimedia y de voz. Provee a los usuarios varias operaciones de conferencia y sólida experiencia de servicio.
- Servicio PoC (PTT en celular): cumple con las normas OMA PoC, este servicio brinda soluciones completas de extremo a extremo, principalmente sesiones Ad-hoc, sesiones grupales pre-definidas y chat.
- Servicio de mensajería: provee la función de mensajes al instante y actúa como gateway de mensajes para interoperar con otros sistemas de mensajes (SMS, MMS).
- Servicio de Mensajes Unificados: permite la transferencia inteligente y conversión de mensajes de acuerdo con la intención del usuario y la información de ubicación.
- Componente activador Presencia (información del estado de usuario)
- Componente activador Grupo (lista de comunicación, grupo)

2.5.4 Nokia-Siemens

La solución de IMS de Nokia-Siemens optimiza el core de negocio de los operadores, ofreciendo un amplia cartera de aplicaciones multimedia y las mejores comunidades de desarrolladores SIP, mientras que también incluye VoIP y convergencia.

Esta solución ofrece interoperabilidad asegurada entre redes de conmutación fijas y móviles y redes de cable. Además, asegura la continuidad de las llamadas de voz y de VoIP.

Nokia-Siemens es una de las compañías líder en desarrollos de IMS, con más de 155 referencias de implementaciones de IMS y de aplicaciones para multimedia y de convergencia fija-móvil.



Capítulo 3

Determinación de necesidades para las comunicaciones en la ciudad de Ica

El presente capítulo contempla un análisis socioeconómico de la ciudad de Ica, de la provincia y departamento del mismo nombre. La información presente fue obtenida del Gobierno Regional de Ica, en el trabajo de campo realizado en la misma ciudad del 11 al 15 de Marzo del 2009, con el fin de obtener información más orientada y propia de la misma.

Ica es un departamento eminentemente costero, aunque tiene parte de sierra. Es importante recalcar que Ica abarca casi íntegramente la parte del desierto costero peruano. Su división política comprende cinco provincias: Chincha, Pisco, Ica, Palpa y Nazca y un total de 43 distritos. La temperatura promedio anual 22°C y un clima cálido y seco durante el día.

3.1 Análisis socioeconómico de la ciudad de Ica

Esta información permitirá el desarrollo de la ingeniería del proyecto ya que facilitará el dimensionamiento de nuestra red piloto.

Así mismo, este análisis permitirá conocer de una mejor manera como está distribuida la población sobre el territorio de la ciudad de Ica, dónde se encuentran las principales fuentes de ingreso, la población económicamente activa, etc.

Con la información obtenida y desde un punto de vista social, determinaremos en que territorio será más conveniente trabajar el diseño de la red piloto para la ciudad de Ica.

3.1.1 Número de habitantes

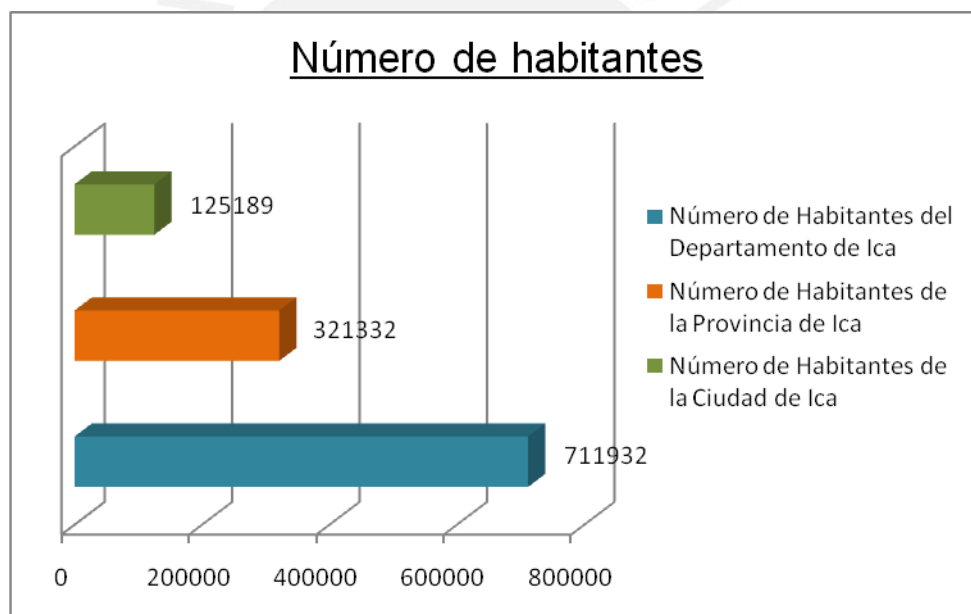


FIGURA 3.1 – Número de Habitantes en el Departamento de Ica

Fuente: Elaboración Propia

Datos obtenidos de: “Sistema de Consulta de Datos de Centros Poblados (CPPP) y Población Dispersa” [CCPP2007] [ANEXO I]

Se observa que, al año 2007, en la provincia de Ica reside el 45.14% de la población del Departamento de Ica, lo que es bastante significativo tomando en consideración que el Departamento de Ica está formado por 5 provincias.

Así mismo, la ciudad de Ica tiene el 38.96% del total de habitantes de la provincia de Ica, la cual está conformada por 14 ciudades.

Proyección de crecimiento del número de habitantes en la ciudad de Ica

Con información del Censo del 1993 y los datos presentados en el punto anterior, se tiene lo siguiente:

Año	Número de habitantes	Crecimiento Anual Promedio	
		Absoluto	Tasa
1993	106 381	1342	7.14%
2007	125 189		

TABLA 3.1 – Crecimiento Anual Promedio de los Habitantes de la ciudad de Ica

Fuente: Elaboración Propia

Entonces, con la información deducida de crecimiento anual promedio en la ciudad de Ica se puede conocer un estimado del número de habitantes en la ciudad de Ica en el año 2010, siendo el resultado un total de 129 218 habitantes.

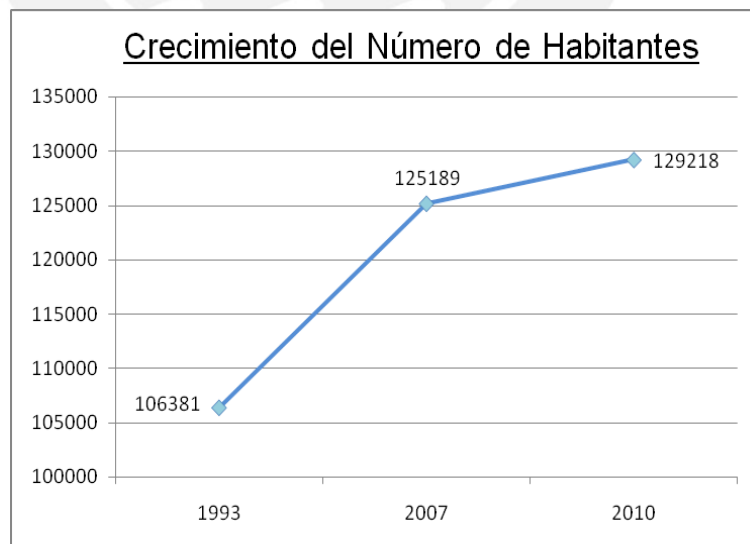


FIGURA 3.2 – Crecimiento del Número de Habitantes al año 2010

Fuente: Elaboración Propia

3.1.2 Perfil del ciudadano

Distribución por sexo (ciudad de Ica)

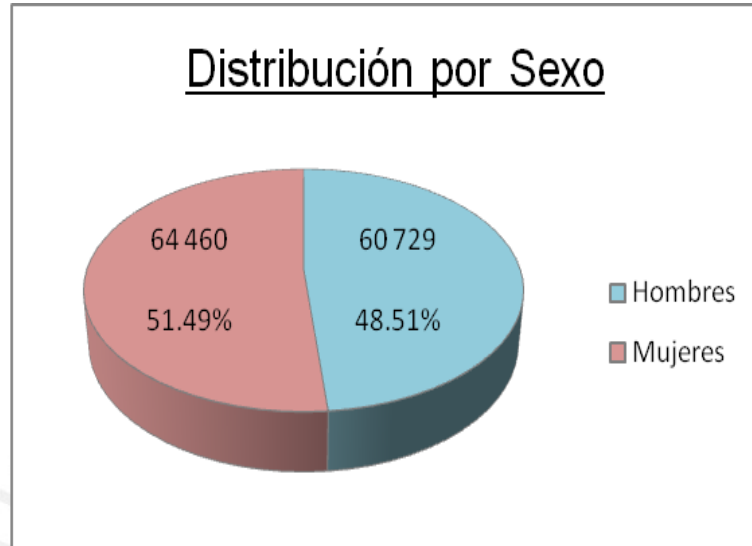


FIGURA 3.3 – Distribución de los ciudadanos por sexo

Fuente: Elaboración Propia - Datos de: [CCPP2007]

Sexo	Número de habitantes	Porcentaje	Acumulado
Hombre	60 729	48.51%	48.51%
Mujer	64 460	51.49%	100%
Total	125 189	100%	100%

TABLA 3.2 – Distribución de los ciudadanos por sexo

Fuente: Elaboración Propia - Datos de: [CCPP2007]

Distribución por edades (ciudad de Ica)

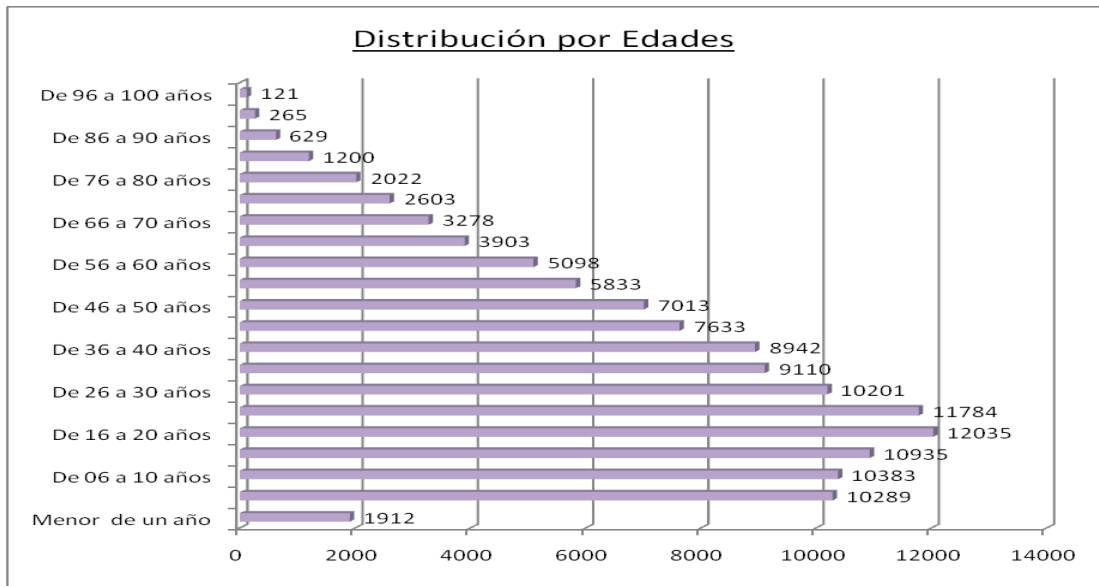


FIGURA 3.4 – Distribución de los ciudadanos por edad

Fuente: Elaboración Propia - Datos de: [CCPP2007]

Edades	Número de habitantes	Porcentaje	Acumulado
Menor de un año	1912	1.53%	1.53%
De 01 a 05 años	10289	8.22%	9.75%
De 06 a 10 años	10383	8.29%	18.04%
De 11 a 15 años	10935	8.73%	26.77%
De 16 a 20 años	12035	9.61%	36.39%
De 21 a 25 años	11784	9.41%	45.80%
De 26 a 30 años	10201	8.15%	53.95%
De 31 a 35 años	9110	7.28%	61.23%
De 36 a 40 años	8942	7.14%	68.37%
De 41 a 45 años	7633	6.10%	74.47%
De 46 a 50 años	7013	5.60%	80.07%
De 51 a 55 años	5833	4.66%	84.73%
De 56 a 60 años	5098	4.07%	88.80%
De 61 a 65 años	3903	3.12%	91.92%
De 66 a 70 años	3278	2.62%	94.54%
De 71 a 75 años	2603	2.08%	96.62%
De 76 a 80 años	2022	1.62%	98.23%

De 81 a 85 años	1200	0.96%	99.19%
De 86 a 90 años	629	0.50%	99.69%
De 91 a 95 años	265	0.21%	99.90%
De 96 a 100 años	121	0.10%	100.00%
Total	125189	100.00%	100.00%

TABLA 3.3 – Distribución de los ciudadanos por edades

Fuente: Elaboración Propia - Datos de: [CCPP2007]

De los datos anteriores, se observa que el sexo con mayor presencia en la ciudad de Ica es el femenino, y la edad predominante está entre los 16 y 25 años, ya que estos corresponden al 17.56% del total de habitantes.

Distribución por zona de residencia (ciudad de Ica)

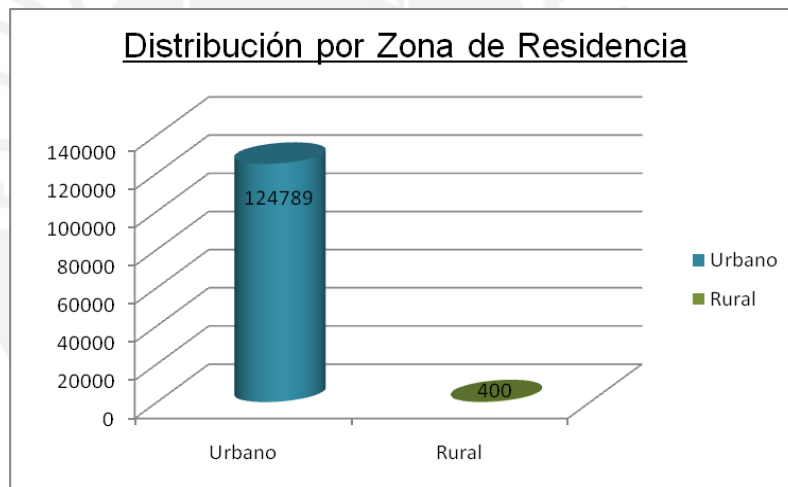


FIGURA 3.5 – Distribución de los ciudadanos Zona de Residencia

Fuente: Elaboración Propia - Datos de: [CCPP2007]

Zona	Número de habitantes	Porcentaje	Acumulado
Urbano	124 789	99.68%	99.68%
Rural	400	0.32%	100%
Total	125 189	100%	100%

TABLA 3.4 – Distribución de los ciudadanos por zona de residencia

Fuente: Elaboración Propia - Datos de: [CCPP2007]

De los gráficos anteriores, podemos concluir que un porcentaje muy elevado de la población, 99.68%, reside en zona urbana, mientras que un pequeño porcentaje, sólo el 0.32% reside en zona rural.

Distribución por ocupación (ciudad de Ica)

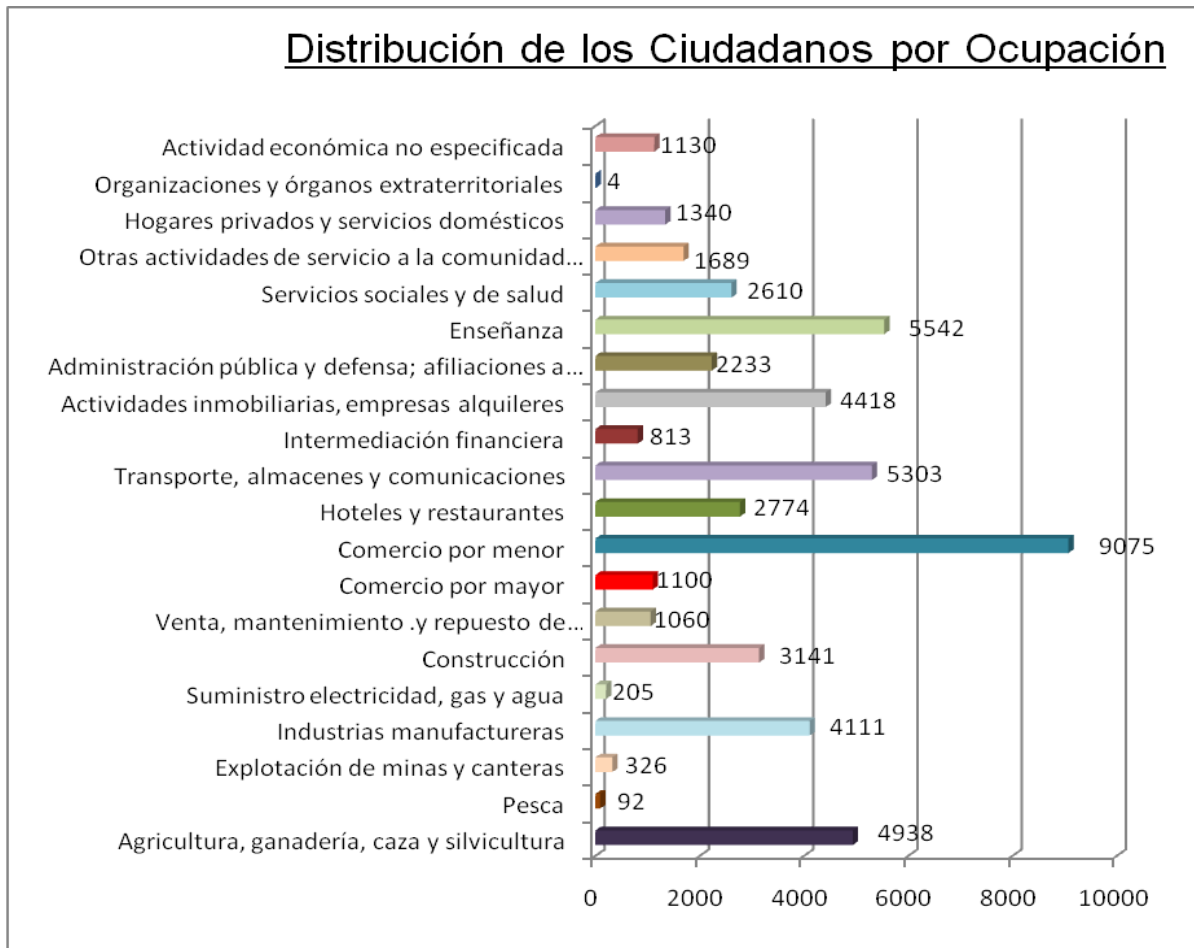


FIGURA 3.6 – Distribución de los ciudadanos Zona de Residencia

Fuente: Elaboración Propia - Datos de: [CCPP2007]

Categorías	Casos	Porcentaje	Acumulado
Agricultura, ganadería, caza y silvicultura	4938	9.51%	9.51%
Pesca	92	0.18%	9.69%
Explotación de minas y canteras	326	0.63%	10.32%
Industrias manufactureras	4111	7.92%	18.24%

Suministro electricidad, gas y agua	205	0.39%	18.63%
Construcción	3141	6.05%	24.69%
Venta, mantenimiento .y repuesto de vehículos: automóviles y motocicletas	1060	2.04%	26.73%
Comercio por mayor	1100	2.12%	28.85%
Comercio por menor	9075	17.48%	46.33%
Hoteles y restaurantes	2774	5.34%	51.68%
Transporte, almacenes y comunicaciones	5303	10.22%	61.89%
Intermediación financiera	813	1.57%	63.46%
Actividades inmobiliarias, empresas alquileres	4418	8.51%	71.97%
Administración pública y defensa; afiliaciones a seguros	2233	4.30%	76.27%
Enseñanza	5542	10.68%	86.95%
Servicios sociales y de salud	2610	5.03%	91.98%
Otras actividades de servicio a la comunidad ,social y personales	1689	3.25%	95.23%
Hogares privados y servicios domésticos	1340	2.58%	97.82%
Organizaciones y órganos extraterritoriales	4	0.01%	97.82%
Actividad económica no especificada	1130	2.18%	100.00%
Total	51904	100%	100%
No Considerados	73285		

TABLA 3.5 – Distribución de los ciudadanos por ocupación

Fuente: Elaboración Propia - Datos de: [CCPP2007]

Con respecto a la ocupación de los habitantes de Ica, podemos observar que la gran mayoría de los ciudadanos se dedican al comercio por menor, teniendo alrededor de 9075 personas, lo que equivale al 17.48% del total de personas consideradas en dicha distribución. Otras actividades importantes son la educación o enseñanza (10.68%), transporte, almacenes y comunicaciones (10.22%), agricultura, ganadería, caza y silvicultura (9.51%), y las industrias manufactureras (7.92%) ya que tienen un porcentaje bastante representativo del total de personas consideradas.

3.1.3 Población económicamente activa (PEA)

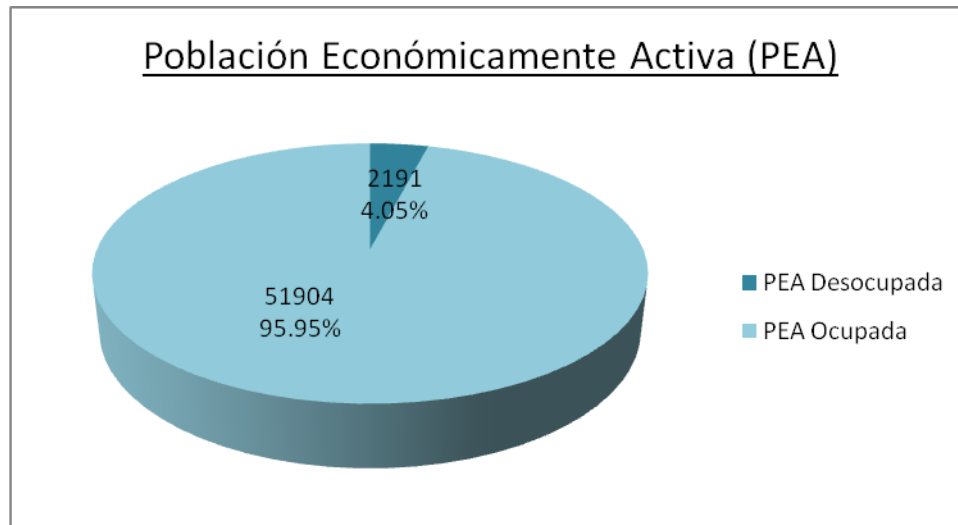


FIGURA 3.7 – Población Económicamente Activa (PEA)

Fuente: Elaboración Propia - Datos de: [CCPP2007]

Categorías	Número de habitantes	Porcentaje	Acumulado
PEA Ocupada	51 904	45.94%	45.94%
PEA Desocupada	2 191	1.94%	47.88%
No PEA	58 893	52.12%	100%
Total	112 988	100%	100%
No Considerados	12 201		

TABLA 3.6 – Población Económicamente Activa (PEA)

Fuente: Elaboración Propia - Datos de: [CCPP2007]

Según los resultados del último censo del 2007, el departamento de Ica registra un crecimiento del PEA bastante significativo: 3.7% anual. Con este valor va a ser posible realizar una proyección del crecimiento de la PEA ocupada, sólo que será aplicado únicamente para la ciudad de Ica.

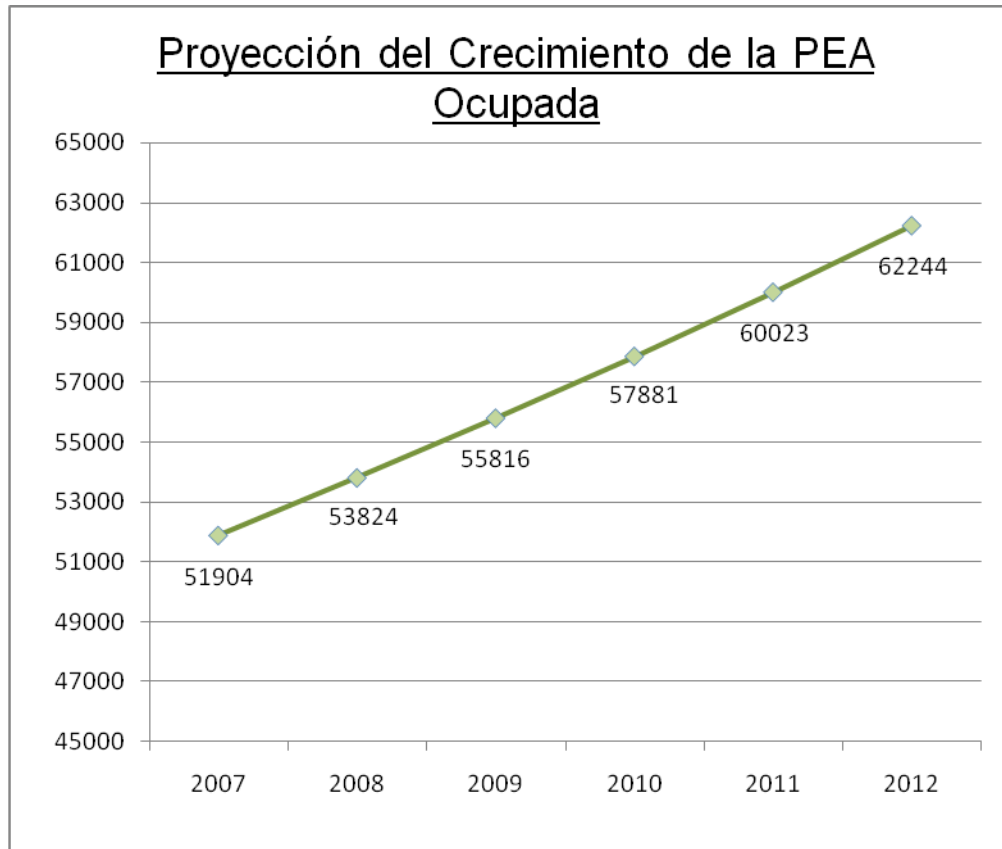


FIGURA 3.8 –Proyección de Crecimiento de la PEA Ocupada

Fuente: Elaboración Propia

3.2 Impacto de las tecnologías de banda ancha en la ciudad Ica

Hoy en día, Ica es uno de los departamentos del Perú con mayor presencia de tecnologías de la información.

De la data recopilada en el Gobierno Regional de Ica y posteriormente procesada, se pudo conocer cuáles son las tecnologías de banda ancha con la que cuentan los ciudadanos de Ica.

Hogares que cuentan con Tecnologías de Banda Ancha

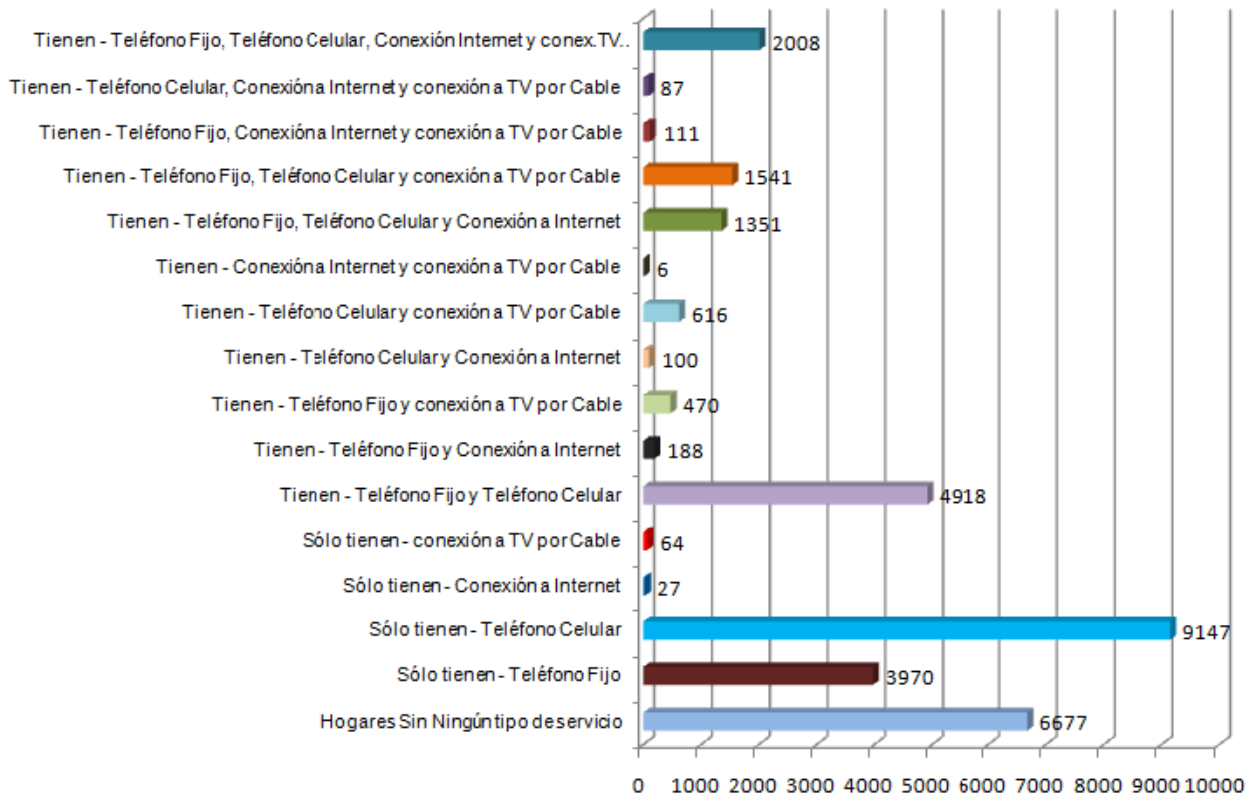


FIGURA 3.9 – Tecnologías de banda ancha en los hogares

Fuente: Elaboración Propia - Datos de: [CCPP2007]

Categorías	Número de hogares	Porcentaje	Acumulado
Hogares Sin Ningún tipo de servicio	6677	21.35%	21.35%
Sólo tienen - Teléfono Fijo	3970	12.69%	34.04%
Sólo tienen - Teléfono Celular	9147	29.24%	63.28%
Sólo tienen - Conexión a Internet	27	0.09%	63.36%
Sólo tienen - conexión a TV por Cable	64	0.20%	63.57%
Tienen - Teléfono Fijo y Teléfono Celular	4918	15.72%	79.29%
Tienen - Teléfono Fijo y Conexión a Internet	188	0.60%	79.89%
Tienen - Teléfono Fijo y conexión a TV por Cable	470	1.50%	81.39%
Tienen - Teléfono Celular y Conexión a Internet	100	0.32%	81.71%
Tienen - Teléfono Celular y conexión a TV	616	1.97%	83.68%

por Cable			
Tienen - Conexión a Internet y conexión a TV por Cable	6	0.02%	83.70%
Tienen - Teléfono Fijo, Teléfono Celular y Conexión a Internet	1351	4.32%	88.02%
Tienen - Teléfono Fijo, Teléfono Celular y conexión a TV por Cable	1541	4.93%	92.95%
Tienen - Teléfono Fijo, Conexión a Internet y conexión a TV por Cable	111	0.35%	93.30%
Tienen - Teléfono Celular, Conexión a Internet y conexión a TV por Cable	87	0.28%	93.58%
Tienen - Teléfono Fijo, Teléfono Celular, Conexión Internet y conex.TV por Cable	2008	6.42%	100.00%
Total	31281	100.00%	100.00%
Ignorado	130		

TABLA 3.7 – Tecnologías de banda ancha en los hogares

Fuente: Elaboración Propia - Datos de: [CCPP2007]

Con los datos mostrados podemos observar que a pesar de que existe aún un número significativo de hogares que no cuentan con servicios de banda ancha, 21.35%; la penetración de las telecomunicaciones en la ciudad de Ica es grande.

Existe un alto número de hogares cuyos usuarios cuentan como único medio de comunicación sólo con teléfonos fijos (3970 hogares), pero hay más del doble de hogares que cuentan sólo con teléfonos celulares (9147), lo cual es un dato importante para el desarrollo de esta tesis.

Con respecto a las diversas tecnologías de banda ancha disponibles en la ciudad de Ica (Teléfono fijo+ Teléfono Celulares + Conexión Internet + Conexión TV por Cable), estas han ido ingresando a los hogares de forma masiva, inclusive con 2, 3 o hasta 4 servicios simultáneamente.

3.3 Obtención de información cartográfica y toma de fotos de la ciudad de Ica

El trabajo de campo realizado en la ciudad de Ica durante el mes de Marzo del 2009 tuvo como principal objetivo no sólo recopilar información socioeconómica de la ciudad de Ica, sino también obtener información cartográfica de la ciudad, la cual acompañada de fotos nos permitiría realizar una mejor evaluación de la misma.

Para la realización del trabajo de campo fue necesario contar con los siguientes equipos:

- Computadora portátil
- Cámara fotográfica
- GPS Garmin
- Software Source Map

Con la ayuda de este último, proporcionado por la universidad junto con el GPS Garmin, pudimos visitar y ubicar todas las estaciones base en la ciudad de Ica de la red GSM de América Móvil S.A.C. y de la red iDEN de Nextel del Perú, las cuales se muestran en el cuadro a continuación:

Nombre de la Estación	Coordenadas	Operador
Ayabaca	14°4'14.2" S 75°43'59" W	Nextel del Perú
Las Dunas	14°2'44.3" S 75°44'59.4" W	Nextel del Perú
Tinguiña	14°4'26.2" S 75°43'22.2" W	Nextel del Perú
Av. 7	14°3'41" S 75°43'19" W	América Móvil
Ica Centro	14°3'48" S 75°43'40" W	América Móvil
Ica Comercial	14°3'35" S 75°44'12" W	América Móvil
Huacachina	14°5'17" S 75°45'45" W	América Móvil
Puente Blanco	14°4'17" S 75°44'16" W	América Móvil
Jerónimo Cabrera	14°4'34" S 75°43'19" W	América Móvil
Los Maestros	14°4'51" S 75°44'12" W	América Móvil
Nicolás de Rivera	14°4'11" S 75°43'32" W	América Móvil
Raúl Boza	14°4'47" S 75°43'42" W	América Móvil
La Angostura	14°2'30" S 75°44'29" W	América Móvil
Las Dunas	14°3'10" S 75°44'51" W	América Móvil

TABLA 3.8– Ubicación de las estaciones base de Nextel de Perú y

América Móvil en la ciudad de Ica

Fuente: Elaboración Propia

Con las coordenadas mostradas en la tabla anterior y con la ayuda del GPS se logró conseguir el siguiente mapa:



FIGURA 3.10 – Ubicación de las estaciones base de Nextel de Perú y América Móvil en la ciudad de Ica haciendo uso del GPS Garmin

Fuente: Elaboración Propia

La figura anterior muestra la posición de cada una de las estaciones base visitadas, las cuales fueron grabadas como “waypoints” en el GPS, transferidas a la computadora portátil mediante un adaptador, y visualizadas haciendo uso del software “Map Source”.

Así mismo, se tomaron fotos a todas las estaciones base en mención, las cuales se pueden ubicar en el ANEXO II.

3.4 Determinación de parámetros que permitan dimensionar la demanda del servicio

Los parámetros que podrían ser útiles para dimensionar la demanda de los servicios a ofrecer son los siguientes:

- La población económicamente activa (PEA).
- El crecimiento de la población económicamente activa (PEA).
- Las principales actividades económicas de los habitantes de la ciudad de Ica.
- La manera en que han impactado las tecnologías de banda ancha en la ciudad, traducida en número de hogares que cuentan con dichos servicios.

3.5 Determinación de la posible demanda del servicio

Datos:

- PEA ocupado: 51 904 habitantes
- Número de hogares: 31 411
- Número de hogares que no cuentan con ningún tipo de tecnología de banda ancha: 6 677

A fin de poder realizar cálculos, se realizaran las siguientes suposiciones:

- El número de PEA ocupado se encuentra distribuida equitativamente en el número total de hogares, de tal manera que hay como mínimo un PEA ocupados por hogar.
- El total de habitantes de la ciudad de Ica se encuentra distribuido en los 31 411 hogares, es decir, viven aproximadamente 4 personas por hogar.

El proyecto tendrá una vigencia de 5 años, divididos en 3 fases ya que sabemos que las tecnologías evolucionan con bastante rapidez.

Por lo tanto,

$$\text{PEA con tecnologías de banda ancha (PEA}_T) = 1 \times 24\,734$$

$\text{PEA con tecnologías de banda ancha (PEA}_T) = 24\,734 \text{ habitantes}$
--

$$\text{PEA sin tecnologías de banda ancha (PEA}_{ST}) = 1 \times 6\,677$$

PEA sin tecnologías de banda ancha (PEA_{ST}) = 6 677 habitantes

PRIMERA FASE (Año 1)

- 50% de PEA_T : 12 367 habitantes

Primera fase de demanda = $PEA_{ST} + 50\%PEA_T$

PRIMERA FASE DE DEMANDA = 19 044 usuarios

SEGUNDA FASE (Años 2 y 3)

- 70% de $50\%PEA_T$: 8 657 habitantes
- Factor de Crecimiento del PEA:
 - Año 2: 1 920 habitantes
 - Año 3: 1 992 habitantes
 - Total: 3 912 habitantes

Segunda fase de demanda = 70% de $50\%PEA_T +$ Factor de Crecimiento PEA

SEGUNDA FASE DE DEMANDA = 12 569 usuarios

TERCERA FASE (Años 4 y 5)

- 30% de $50\%PEA_T$: 3 711 habitantes
- Factor de Crecimiento del PEA:
 - Año 4: 2 065 habitantes
 - Año 5: 2 142 habitantes
 - Total: 4 207 habitantes

Tercera fase de demanda = 70% de 50%PEA_T + Factor de Crecimiento PEA

TERCERA FASE DE DEMANDA = 7 918 usuarios

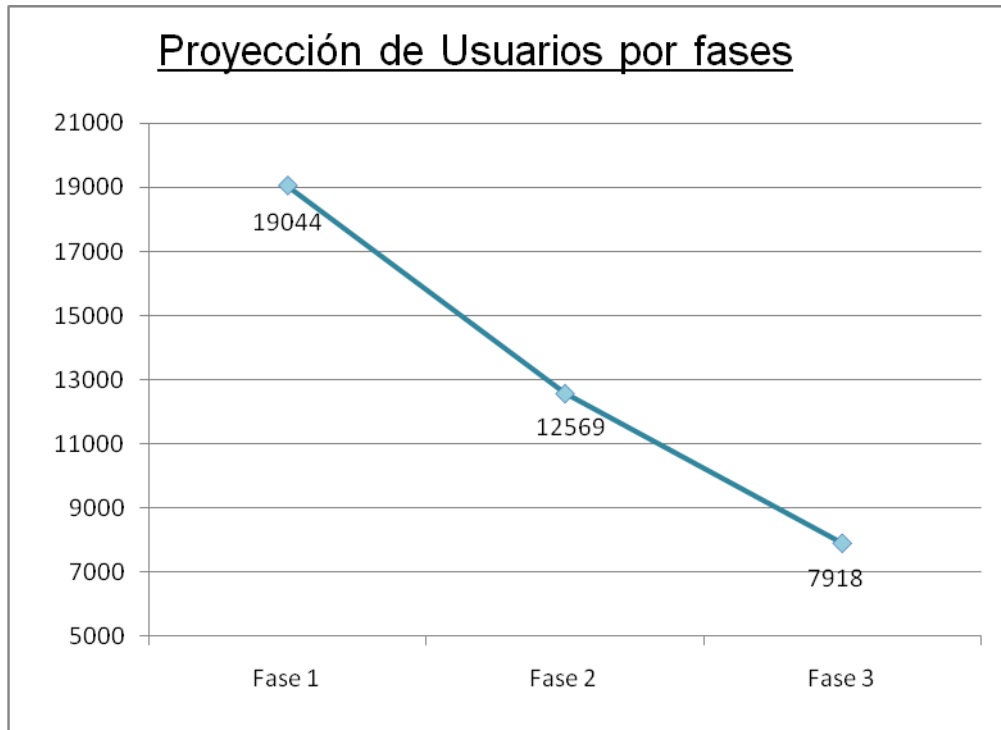


FIGURA 3.11 – Proyección de Usuarios de la Red IMS por fases
Fuente: Elaboración Propia

3.6 Determinación de paquetes a ofrecer según necesidades y sectores

Para determinar los paquetes a ofrecer nos enfocaremos en sectores específicos, los cuales tienen distintas necesidades y capacidad adquisitiva.

Podemos mencionar los siguientes sectores, y los servicios que se ofrecerá a cada uno de éstos.

Sector Hogar (H): Existen alrededor de 6600 hogares que no cuentan con ningún tipo de tecnología de banda ancha y alrededor de 9000 que sólo cuentan con telefonía celular. Por lo tanto se buscará penetrar en dichos

hogares a través de la telefonía fija y el internet de banda ancha. Los paquetes que se ofrecerán son los siguientes:

Paquete	Telefonía Fija				Internet		
	On-net Fijo	On-net Móvil	Off-net Fijo	Off-net Fijo	Velocidad / Cantidad	500 Kbps	1500 Kbps
Paquete 1	Gratis	50 min.	100 min	10 min	300 Mb	\$ 15.00	-
Paquete 2	Gratis	100 min.	200 min	20 min	Ilimitado	\$ 30.00	\$ 50.00

TABLA 3.9 - Paquetes de servicio ofrecidos para el sector hogar

Fuente: Elaboración Propia

Hay que tener en cuenta que los precios de los paquetes se encuentran asociados a la velocidad de transmisión del servicio de internet contratado.

Sector Joven (J): El grupo de habitantes entre 16 y 20 años está formado por alrededor de 12 000 habitantes, lo cual lo convierte en un mercado potencial. Los planes que se ofrecerán están orientados a los pasatiempos de estos jóvenes escolares o universitarios, tales como: actualizaciones en sus redes sociales (facebook, twitter, etc) descargar música MP3, compartir archivos, entre otros. Así como también se considerará algunos minutos de llamadas de videoconferencia.

Paquete	Voz	Datos (1000 Kbps)	Video (64 Kbps)	Presencia	Precio
Paquete 1	50 min.	50 Mb	5 min.	Si	\$ 15.00
Paquete 2	100 min.	100 Mb	10 min.	Si	\$ 30.00

TABLA 3.10 - Paquetes de servicio ofrecidos para el sector joven

Fuente: Elaboración Propia

Sector Ejecutivo (E): Este sector contempla a los jóvenes que forman parte de la PEA, los cuales son solteros en su mayoría y no tienen mayores necesidades como las personas adultas, por lo tanto pueden solventar un

plan más completo y acorde a sus pasatiempos y necesidades. Los servicios a ofrecer son los siguientes:

Paquete	Voz	Datos (1000 Kbps)	Video (64 Kbps)	Presencia	Precio
Paquete 1	200 min.	200 Mb	20 min.	Si	\$ 50.00
Paquete 2	300 min.	300 Mb	30 min.	Si	\$ 75.00

TABLA 3.11 - Paquetes de servicio ofrecidos para el sector ejecutivo

Fuente: Elaboración Propia

Sector Empresa (Em): En este rubro se crearán distintos planes y servicios de valor agregado que serán ofrecidos individualmente o en grupo. Los servicios a ofrecer son los siguientes:

Servicio móvil	Voz (on-net / off-net)	Datos (1000 Kbps)	Video (64 Kbps)	Presencia	Precio
Plan corporativo	Libre/150 min.	200 Mb	30 min.	Si	\$ 25.00
Valor agregado	Descripción				Precio
IP Centrex	<p>Este servicio ofrece una central telefónica virtual a las empresas con las funcionalidades de una central telefónica básica, tales como anexos, transferencia de llamadas, buzón de voz, conferencias; y también cuenta con funciones avanzadas, tales como videoconferencia, IVR, entre otros. Las ventajas de este servicio son muy claras:</p> <ul style="list-style-type: none"> - No invertir en equipos propios, que puedan exceder las capacidades necesarias. - No hay necesidad de preocuparse por el mantenimiento. - No hay necesidad de preocuparse por la obsolescencia de los equipos. 				\$ 50.00

	El precio del servicio varía según el número de anexos y líneas. El que se muestra es un precio aproximado.	
Fax Virtual	Este servicio permite el envío y recepción de fax por medio virtual, en el formato deseado (doc, pdf, etc.). Además de ofrecer un espacio virtual donde se almacenan todos los faxes recibidos y enviados. De esta manera se evita la compra de equipos y se ahorra tiempo en la transferencia de estos archivos.	\$ 15.00
Presencia	El servicio de presencia ofrecerá a las empresas la posibilidad de suscribir a sus clientes en su base de datos e informarles sobre promociones cuando pasen cerca a uno de sus establecimientos. Este servicio debe contar con autorización del cliente para que la empresa pueda obtener su ubicación.	\$ 20.00
Internet Banda Ancha	Se ofrecerá internet de banda ancha a una velocidad de 1.5 Mbps.	\$ 30.00

TABLA 3.12 - Paquetes de servicio ofrecidos para el sector empresarial

Fuente: Elaboración Propia



Capítulo 4

Diseño de la red piloto

El presente capítulo contempla la ingeniería del proyecto, es decir, el diseño de la red de acceso, transporte y el core en sí mismo de la red IMS propuesta.

El diseño de esta red IMS está orientado hacia un operador de telefonía móvil cuya red de acceso se basa en la tecnología W-CDMA (Wideband Code Division Multiple Access) y que pretende iniciar a operar en la ciudad de Ica.

En base al análisis realizado en el capítulo anterior, será posible dimensionar el tamaño de la red en la etapa inicial y la ubicación de los Nodos B que servirán a los usuarios de la red IMS dependiendo del sector al que se le desee dar cobertura.

4.1 Diseño de la red de Acceso

Como se mencionó en capítulos anteriores, para IMS la red de acceso es transparente e independiente, es decir; sea una red de acceso iDEN, GMS, UMTS, WIMAX, WLAN, WiFi, Bluetooth, etc; el core IMS será siempre el mismo.

Para este diseño, se tomará como referencia una red de acceso UMTS basada en tecnología W-CDMA.

4.1.1 Topología de la red

En esta sección se contemplará la ubicación de los nodos B, sus respectivas coordenadas y parámetros de radiofrecuencia básicos.

El primer nodo B y punto central de la topología estrella a dimensionar será él que se encuentre en el centro de la ciudad. Éste contará con una torre ventada de 30m con las antenas colocadas en la cima de ésta. Dicha estación base recibirá el nombre de ICA CENTRO y sus coordenadas son 14°3'48" latitud sur y 75°43'40" longitud oeste. La sectorización será la siguiente:

Sector	Azimuth	Tilt	Anillo de Cobertura
1	30°	5°	Zona Residencial
2	140°	3°	Zona comercial y residencial
3	280°	3°	Zona comercial, residencial, plaza de armas.

TABLA 4.1 – Resumen Nodo B: ICA CENTRO

Fuente: Elaboración Propia

Para el segundo nodo B se empleará una torre ventada cuyas antenas se encontrarán en la cima de esta y a una altura de 30m. Esta estación está ubicada en un lugar estratégico ya que le dará cobertura tanto a zonas residenciales como comerciales, así mismo al principal Hotel de Ica “Las Dunas” y al Estadio José Picasso Peralta. La estación base ha sido

denominada LAS DUNAS y sus coordenadas son 14°3'10" latitud sur y 75°44'51" longitud oeste. La sectorización será la siguiente:

Sector	Azimuth	Tilt	Anillo de Cobertura
1	30°	3°	Zona Residencial
2	150°	0°	Zona comercial, Estadio José Picasso Peralta
3	270°	3°	Hotel Las Dunas, Residencial La Angostura

TABLA 4.2 – Resumen Nodo B: LAS DUNAS

Fuente: Elaboración Propia

El tercer nodo B también empleará, de la misma forma que el mencionado anteriormente, una torre ventada, cuyas antenas se encontrarán en la cima de ésta, pero ahora a una altura de 26m. El nombre de la estación base es MAESTROS y sus coordenadas son 14°4'51" latitud sur y 75°44'12" longitud oeste.

Sector	Azimuth	Tilt	Anillo de Cobertura
1	13°	3°	Zona Comercial, Mercado La Palma
2	140°	2°	Coca Cola Ica, Zona Residencial y Comercial
3	280°	0°	Universidad San Luis Gonzaga de Ica, Hospital Regional, Zona Residencial.

TABLA 4.3 – Resumen Nodo B: MAESTROS

Fuente: Elaboración Propia

El último nodo B empleará también una torre ventada cuyas antenas se encontrarán en la cima de esta a una altura de 35m. El principal y único objetivo de esta estación base es darle cobertura al principal atractivo turístico de la ciudad de Ica, el oasis Huacachina. Tomando como referencia lo anterior, el nombre de la estación base es HUACACHINA y sus coordenadas son 14°5'17" latitud sur y S 75°45'45" longitud oeste.

Sector	Azimuth	Tilt	Anillo de Cobertura
1	60°	5°	Huacachina
2	310°	8°	Huacachina

TABLA 4.4 – Resumen Nodo B: HUACACHINA

Fuente: Elaboración Propia

A fin resumir lo explicado en los puntos anteriores, se presenta la siguiente gráfica que ilustra la ubicación de los Nodos B en la ciudad de Ica y la cobertura deseada.

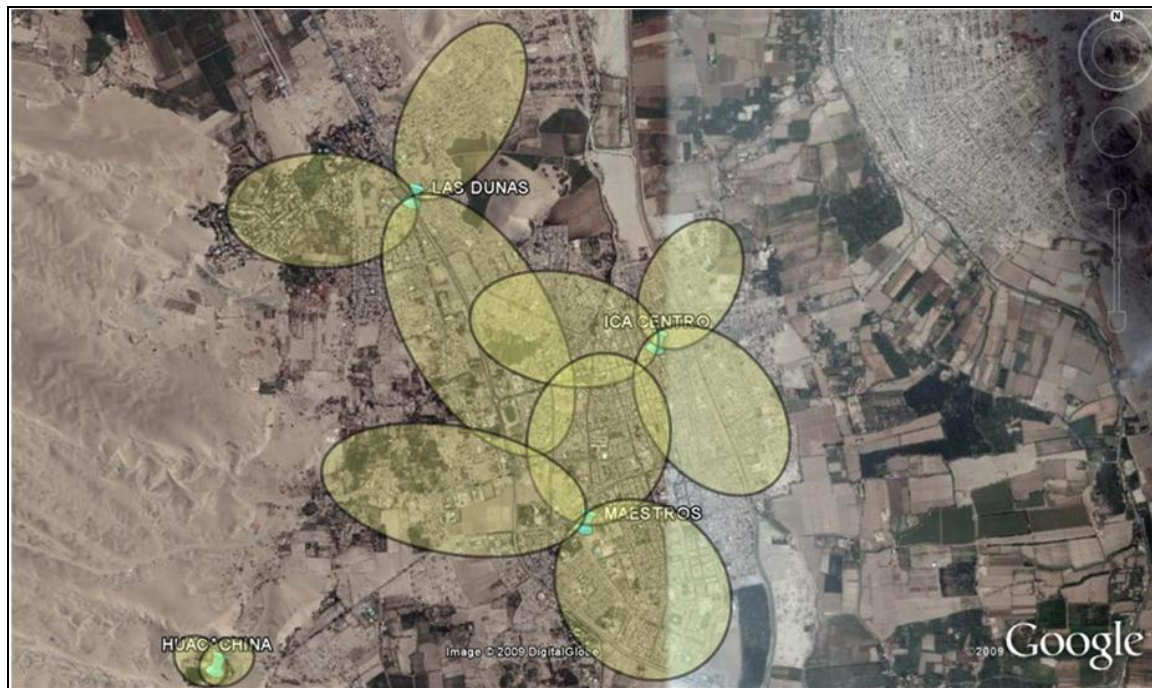


FIGURA 4.1 Cobertura de la red IMS

Fuente: Elaboración Propia – Google Earth

4.1.2 Frecuencia de Operación

El presente diseño se presenta como una alternativa para un futuro o actual operador de una red UMTS, el cual podría querer migrar su red core por una IMS sin la necesidad de cambiar su red de acceso.

De lo anterior, se va a optar por proponer el diseño para un operador de telecomunicaciones que se encuentre brindando servicios 3G y que desee

empezar a operar en la ciudad de Ica con una red UMTS basado en tecnología W-CDMA en la banda de 850MHz: de 835 a 845 MHz en el Uplink y de 880 a 890 MHz en el Downlink.

4.1.3 Cobertura de los nodos B

Para poder calcular la cobertura planteada en la sección anterior, será necesario elegir uno de los modelos de propagación para comunicaciones móviles que se presentarán a continuación, los cuales consideran para su evaluación diversos factores como lo son:

- Tipo de población : Urbano, Suburbano o Rural
- Clima: Atenuación a causa de lluvias, fading
- Atenuaciones

4.1.3.1 Modelos de Propagación

Los modelos de propagación nos permiten conocer cuál es la atenuación de la onda de radios tras atravesar diversos obstáculos entre la antena transmisora y la antena receptora.

Los factores que afectan de manera positiva a la cobertura podrían ser: la sensibilidad del receptor, ganancia de la antena, potencia de transmisión, altura de la torre, etc; mientras que los que afectan de manera negativa serían las atenuaciones de los cables, obstáculos como edificios o árboles, baja eficiencia de antenas, etc.

A continuación se proponen los dos modelos de propagación más empleados por los operadores celulares.

4.1.3.1.1 Modelo de Okumura-Hata

Es una fórmula empírica de los datos de las pérdidas de propagación provistos por Okumura (Japón) y es válido en el rango de la frecuencia de VHF y UHF, entre los 150 y 1500

MHz. Hata agregó las pérdidas dentro de un área urbana. De estas mediciones se obtuvieron curvas de la intensidad de campo para medio urbano y diferentes alturas efectivas de antenas para las bandas de 150, 450 y 1900 MHz y una potencia radiada de 1KW. La altura de la antena receptora es de 1.5 m., valor típico en aplicaciones móviles. [DGUIL2008]

Este modelo calcula la atenuación tomando en cuenta el porcentaje de edificios en el trayecto Tx-Rx, así como características del terreno.

Entorno Urbano

$$L_{\text{urbano}}(\text{dB}) = 69.55 + 26.16 \log f_c - 13.82 \log h_{te} - a(h_{re}) + (44.9 - 6.55 \log h_{te}) \log d$$

Donde

- f_c : frecuencia de la portadora [MHz]
- h_{te} : altura de la antena transmisora (de 30 a 200 m)
- h_{re} : altura de la antena receptora (de 1 a 10 m)
- $a(h_{re})$: factor de corrección para la altura efectiva de la antena móvil que está en función del tipo de área de servicio.
- d : distancia entre transmisor y receptor [Km]

Valores de $a(h_{re})$

- Ciudades pequeñas y medianas:

$$a(h_{re}) = (1.1 \log f_c - 0.7) h_{re} - (1.56 \log f_c - 0.8) \text{ dB}$$

- Ciudades grandes:

$$a(h_{re}) = 8.29 (\log 1.54 h_{re})^2 - 1.1 \text{ dB} \quad \text{para } f_c < 300 \text{ MHz}$$

$$a(h_{re}) = 3.2 (\log 11.75 h_{re})^2 - 4.97 \text{ dB} \quad \text{para } f_c > 300 \text{ MHz}$$

Para ambientes Sub-urbanos

$$L \text{ (dB)} = L_{\text{urbano}} \text{ (dB)} - 2 [\log (f_c / 28)]^2 - 5.4$$

Para áreas Rurales

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

4.1.3.1.2 Modelo de Cost 231 Walfisch- Ikegami

El objetivo de este método es mejorar los cálculos que se obtienen haciendo uso del método anterior. Es posible aplicar este modelo en los siguientes escenarios:

- Celdas grandes y pequeñas: La antena de la estación base se encuentra por encima de los tejados de los edificios, de tal manera que las pérdidas de propagación están determinadas principalmente por la difracción y la dispersión en los tejados de los edificios cercanos al móvil. [DGUIL2008]
- Micro Celda: La antena de la estación base se sitúa por debajo de los tejados de los edificios, estando entonces determinada la propagación por la difracción y la dispersión alrededor de los edificios, los rayos principales se propagan en las calles de manera similar a como lo harían en grandes guías de onda.

El modelo COST-WI está restringido a frecuencias de 800 a 2000 MHz, altura h_B de 4 – 50 m, alturas h_m de 1 – 3 m y distancias de 0.02 – 5 km. En cuanto la exactitud puede indicarse que es aceptable cuando $h_B > h_R$. En cambio cuando

$h_B \ll h_R$ el error de predicción es mayor ya que aparecen modos de propagación no considerados en el modelo como son el efecto de guía de onda por las calles y la difracción en las esquinas. Así mismo debe utilizarse con precaución cuando $h_B < h_R$ ya que no se tienen las suficientes mediciones para validarlo.

La atenuación consta de tres términos:

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

Donde,

L_o : Pérdida del espacio libre

L_{rst} : Pérdida por difracción y dispersión del techo a la calle

L_{msd} : Pérdida por difracción multi-pantalla

Pérdida del espacio libre (L_o)

Formula obtenida del factor $20 \log (4 \pi d / \lambda)$ de la ecuación de Friis, que convertido a decibeles (dB) se obtiene:

$$L_o = 32.46 + 20 \log (f_c) + 20 \log (d)$$

Donde,

f_c : Frecuencia de portadora en MHz.

d : Distancia entre transmisor y receptor (1 a 20Km)

Pérdida por difracción y dispersión del techo a la calle (L_{rst})

$$L_{rst} = -16.9 - 10 \log (W) + 10 \log (f_c) + 20 \log (\Delta h_R) + L_{ori}$$

Donde,

W : Ancho de la calle, se puede considerar la mitad de la separación de edificios (b)

$W = b/2$. También se puede considerar $b = (20 \text{ a } 50\text{m})$

$h_R = 3\text{m} \times \text{N}^\circ \text{ de pisos}$, es la altura de los edificios

h_m : altura del móvil, se asume 1.5m

$$\Delta h_R = h_R - h_m$$

Valores de L_{ori}	
$-10 + 0.357 \varphi$	$0^\circ < \varphi < 35^\circ$
$2.5 + 0.075 (\varphi - 35)$	$35^\circ < \varphi < 55^\circ$
$4 - 0.114 (\varphi - 55)$	$55^\circ < \varphi < 90^\circ$

TABLA 4.5 – Valores de L_{ori}

Fuente: Elaboración Propia

Donde,

φ es el ángulo entre el rayo directo y el eje de la calle

Pérdida por difracción multi-pantalla (L_{msd})

Si este valor es menor a cero, se toma el L_{msd} igual a cero.

$$L_{msd} = L_{bsh} + K_a + K_d \log(d) + K_f \log(f_c) - 9 \log(b)$$

Donde,

$$L_{bsh} = -18 \log(1 + \Delta h_B)$$

$$\Delta h_B = h_B - h_R, \text{ si } \Delta h_B < 0 \text{ entonces } L_{bsh} = 0$$

h_B : altura de la antena

h_R : altura de los edificios

Valores de K_a	
54	$\Delta h_B > 0$
$54 - 0.8 \Delta h_B$	$\Delta h_B < 0 \text{ y } d > 0.5$
$54 - 1.6 \Delta h_B \cdot d$	$\Delta h_B < 0 \text{ y } d < 0.5$

TABLA 4.6 – Valores de K_a

Fuente: Elaboración Propia

Valores de K_d	
18	$\Delta h_B > 0$
$18 - 15 \Delta h_B / h_R$	$\Delta h_B < 0$

TABLA 4.7 – Valores de K_d

Fuente: Elaboración Propia

Valores de K_f	
$- 4 + 0.7 [(f_c / 925) - 1]$	Para ciudades medianas y centros suburbanos
$4 + 1.5 [(f_c / 925) - 1]$	Para ciudades metropolitanas

TABLA 4. 8 – Valores de K_f

Fuente: Elaboración Propia

K_a 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.

K_d y K_f ajustan la dependencia de la difracción en función de la distancia y la frecuencia.

Del análisis presentado se optará por elegir el último modelo de propagación, el Modelo COST 231 Walfisch- Ikegami, ya que además de poder evaluarse en la banda de 850MHz, nos va a permitir conocer detalladamente la pérdida de propagación del móvil.

Los datos necesarios para poder realizar los cálculos se muestran en la tabla a continuación.

Estación base	Sector	Altura Antenas (m)	Distancia máxima de cobertura (Km)	Altura Edificios (m)
ICA CENTRO	1	30	1	6
	2		1.5	9
	3		1.5	15

LAS DUNAS	1	30	1.2	3
	2		2.4	15
	3		1.7	12
MAESTROS	1	26	1.5	15
	2		1.5	9
	3		2	12
HUACACHINA	1	35	0.3	9
	2		0.3	9

TABLA 4. 9 – Parámetros de las estaciones base

Fuente: Elaboración Propia

Haciendo uno de los datos proporcionados en la tabla anterior, se realizaran los cálculos a modo de ejemplo del sector 1 de la estación base ICA CENTRO, tanto para el Uplink como para el Dowlink.

- Uplink ($f_c = 837.5$ MHz)

Para desarrollar los cálculos en el uplink, se tomarán en cuenta los siguientes parámetros.

Transmisor (UE)		Receptor (Nodo B)	
Potencia de Tx (0.6W)	27.7815 dBm	Sensibilidad	- 126.2 dBm
Ganancia de Antena	0 dBi	Ganancia de Antena	15 dBi
Atenuación del cuerpo	3 dB	Pérdida cables (10m)	1.5 dB
PIRE	24.7815 dBm	Pérdida conectores	0 dB

TABLA 4. 10 – Parámetros para el enlace Uplink

Fuente: Elaboración Propia

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

$$L_o = 32.46 + 20\log(f_c) + 20\log(d)$$

$$L_o = 32.46 + 20\log(837.5) + 20\log(1)$$

$$L_o = 90.919$$

$$L_{rst} = -16.9 - 10\log(W) + 10\log(f_c) + 20\log(\Delta h_R) + L_{ori}$$

$$W = 10$$

$$\Delta h_R = 6 - 1.4 = 4.5$$

$$\Phi = 80^\circ$$

$$L_{ori} = 2.5 + 0.075 (45) = 5.875$$

$$L_{rst} = -16.9 - 10\log(10) + 10\log(837.5) + 20\log(4.5) + 5.875$$

$$L_{rst} = 21.269$$

$$L_{msd} = L_{bsh} + K_a + K_d \log(d) + K_f \log(f_c) - 9 \log(b)$$

$$b = 20$$

$$K_a = 54$$

$$K_d = 18$$

$$K_f = -4 + 0.7 [(f_c / 925) - 1]$$

$$K_f = -4 + 0.7 [(837.5 / 925) - 1] = -4.066$$

$$\Delta h_B = h_B - h_R$$

$$\Delta h_B = 30 - 6 = 24$$

$$L_{bsh} = -18 \log(1 + \Delta h_B)$$

$$L_{bsh} = -18 \log(1 + 24) = -25.163$$

$$L_{msd} = L_{bsh} + K_a + K_d \log(d) + K_f \log(f_c) - 9 \log(b)$$

$$L_{msd} = -25.163 + 54 + 18 \log(1) - 4.066 \log(837.5) - 9 \log(20)$$

$$L_{msd} = 5.261$$

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

$$L_b = 90.919 + 21.269 + 5.261 = 117.441$$

$$P_{Rx} = P_{Tx} + G_{Tx} + G_{Rx} - L_b - L_{cables}$$

$$P_{Rx} = 24.7815 + 0 + 15 - 117.441 - 1.5 = -73.1595$$

Dado que la potencia del receptor es - 73.1595 y la sensibilidad del equipo receptor es - 126.2 dBm, podemos concluir en que el enlace está asegurado ya que está llegando con una potencia mayor a la mínima aceptada por el receptor.

- Downlink ($f_c = 882.5$ MHz)

Para desarrollar los cálculos en el downlink, se tomarán en cuenta los siguientes parámetros.

Transmisor (Nodo B)		Receptor (UE)	
Potencia de Tx (40W)	46.0206 dBm	Sensibilidad	- 95 dBm
Ganancia de Antena	15 dBi	Ganancia de Antena	0 dBi
Atenuación del cable	1.5 dB	Atenuación cuerpo	3 dB
PIRE	59.5206 dBm		

TABLA 4. 11 – Parámetros para el enlace Downlink

Fuente: Elaboración Propia

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

$$L_o = 32.46 + 20\log(f_c) + 20\log(d)$$

$$L_o = 32.46 + 20\log(882.5) + 20\log(1)$$

$$L_o = 91.374$$

$$L_{rst} = -16.9 - 10\log(W) + 10\log(f_c) + 20\log(\Delta h_R) + L_{ori}$$

$$W = 10$$

$$\Delta h_R = 6 - 1.4 = 4.5$$

$$\Phi = 80^\circ$$

$$L_{ori} = 2.5 + 0.075 (45) = 5.875$$

$$L_{rst} = -16.9 - 10\log(10) + 10\log(882.5) + 20\log(4.5) + 5.875$$

$$L_{rst} = 21.496$$

$$L_{msd} = L_{bsh} + K_a + K_d \log(d) + K_f \log(f_c) - 9 \log(b)$$

$$b = 20$$

$$K_a = 54$$

$$K_d = 18$$

$$K_f = -4 + 0.7 [(f_c / 925) - 1]$$

$$K_f = -4 + 0.7 [(882.5 / 925) - 1] = -4.032$$

$$\Delta h_B = h_B - h_R$$

$$\Delta h_B = 30 - 6 = 24$$

$$L_{\text{bsh}} = -18 \log (1 + \Delta h_B)$$

$$L_{\text{bsh}} = -18 \log (1 + 24) = -25.163$$

$$L_{\text{msd}} = L_{\text{bsh}} + K_a + K_d \log (d) + K_f \log (f_c) - 9 \log (b)$$

$$L_{\text{msd}} = -25.163 + 54 + 18 \log (1) - 4.032 \log (882.5) - 9 \log (20)$$

$$L_{\text{msd}} = 5.251$$

$$L_b = L_o + L_{\text{rst}} + L_{\text{msd}}$$

$$L_b = 91.374 + 21.496 + 5.251 = 118.121$$

$$P_{\text{Rx}} = P_{\text{Tx}} + G_{\text{Tx}} + G_{\text{Rx}} - L_b - L_{\text{cables}}$$

$$P_{\text{Rx}} = 46.0206 + 15 + 0 - 118.121 - 1.5 = -58.6004$$

De la misma manera que para el Uplink, dado que la potencia del receptor es -58.6004 dBm y la sensibilidad de este es -95 dBm, en enlace sí se podrá realizar ya que está llegando con una potencia mayor a la mínima aceptada por el receptor, que para este caso es el UE.

De la misma manera como se realizaron los cálculos para el sector 1 de la estación base ICA CENTRO, se realizaron para los demás sectores de todas las estaciones base, tanto en el Uplink como en el Downlink, obteniendo los resultados que se muestran en las siguientes tablas.

Estación base	Sector	L_o	L_{rst}	L_{msd}	L_b	P_{Rx}
ICA CENTRO	1	90.919	21.269	5.261	117.441	-73.1595
	2	94.442	25.706	9.412	129.560	-85.2785
	3	94.442	30.812	11.902	137.156	-92.8745
LAS DUNAS	1	92.503	25.706	7.667	125.876	-81.5945
	2	98.524	30.812	15.576	144.912	-100.6305
	3	95.529	28.629	11.536	135.694	-91.4125
MAESTROS	1	94.442	30.812	14.150	139.404	-95.1225
	2	94.442	25.706	10.981	131.129	-86.8475

	3	97.768	28.629	15.399	141.796	-97.5145
	1	80.462	25.706	0	106.168	-61.8865
HUACACHINA	2	80.462	25.706	0	106.168	-61.8865

TABLA 4. 12 – Potencia de Recepción en el límite del Uplink

Fuente: Elaboración Propia

Estación base	Sector	L_o	L_{rst}	L_{msd}	L_b	P_{Rx}
ICA CENTRO	1	91.374	21.496	5.251	118.121	-55.6004
	2	94.896	25.933	9.420	130.249	-67.7284
	3	94.896	31.039	11.910	137.845	-75.3244
LAS DUNAS	1	92.958	25.933	7.676	126.567	-64.0464
	2	98.978	31.039	15.584	145.601	-83.0804
	3	95.983	28.856	11.545	136.384	-73.8634
MAESTROS	1	94.896	31.039	14.158	140.093	-77.5724
	2	94.896	25.933	10.989	131.818	-69.2974
	3	98.222	28.856	15.407	142.486	-79.9654
HUACACHINA	1	80.916	25.933	0	106.849	-44.3284
	2	80.916	25.933	0	106.849	-44.3284

TABLA 4. 13 – Potencia de Recepción en el límite del Downlink

Fuente: Elaboración Propia

Analizando las tablas 4.13 y 4.14 podemos concluir que para el enlace Uplink las 4 estaciones base cumplen con tener potencia de recepción mayor a la sensibilidad del nodo B, del mismo modo que para el enlace Downlink en el cuál la potencia de recepción es mayor a la sensibilidad del UE.

4.1.3.2 Determinación de Capacidad de los Nodos B

En base al análisis realizado en el capítulo 3, se estimará el mercado potencial a los largo de las 3 fases de nuestro proyecto distribuida por

estaciones base y por el tipo de servicio que se contrate tal y como se muestra en la tabla 4.14.

Es importante recalcar que sólo se evaluará el tráfico proyectado en la primera fase del proyecto.

Servicios	FASE 1					FASE 2										FASE 3									
	Año 1					Año 2					Año 3					Año 4					Año 5				
	H	J	E	Em	Total	H	J	E	Em	Total	H	J	E	Em	Total	H	J	E	Em	Total	H	J	E	Em	Total
ICA CENTRO	3500	3000	1500	600	8600	1500	1500	680	120	3800	1240	780	205	75	2300	1270	800	183	67	2320	740	300	150	50	1340
LAS DUNAS	2900	1500	1060	520	5980	1200	450	550	100	2300	750	320	250	80	1400	580	310	200	60	1150	600	270	100	50	1020
MAESTROS	2300	1044	600	450	4394	730	401	300	50	1481	528	230	230	40	1028	499	200	160	40	899	429	250	120	30	829
HUACACHINA	5	10	10	45	70	10	15	20	65	110	15	40	45	50	150	20	30	50	70	170	20	40	55	75	190
TOTAL					19044					7691					4878					4539					3379

TABLA 4. 14 – Distribución del servicio y proyección del mercado para las tres fases del proyecto

Fuente: Elaboración Propia

4.1.3.2.1 Ejemplo de tráfico de voz

Tomando en consideración la primera fase del proyecto, para la estación base ICA CENTRO se tiene:

Para el primer año el plan H tiene 3300 usuarios que consumen 260 minutos mensuales cada uno, es decir, consumen 8.6 minutos al día; y 200 usuarios que consumen 420 minutos mensuales cada uno, es decir 14 minutos al día. El plan J tiene 1500 usuarios que consumen 50 minutos mensuales cada uno, es decir 1.6 minutos al día; y 1500 usuarios que consumen 100 minutos mensuales cada uno,

es decir, 3.3 minutos al día. El plan E tiene 800 usuarios que consumen 200 minutos mensuales cada uno, es decir 6.6 minutos al día; y 700 usuarios que consumen 300 minutos mensuales cada uno, es decir, 10 minutos al día. Finalmente, el plan Em tiene 600 usuarios que consumen 400 minutos al mes, es decir, 13.3 minutos al día.

Los cálculos se realizarán para la hora cargada, donde se conectarán al menos el 10% de los usuarios.

$$\text{Plan H} = 330 \text{ Usuarios H} \times 8.6 \text{ min} + 20 \text{ Usuarios H} \times 14 \text{ min}$$

$$\text{Plan H} = 3118 \text{ min}$$

$$\text{Plan J} = 150 \text{ Usuarios J} \times 1.6 \text{ min} + 150 \text{ Usuarios J} \times 3.3 \text{ min}$$

$$\text{Plan J} = 735 \text{ min}$$

$$\text{Plan E} = 80 \text{ Usuarios E} \times 6.6 \text{ min} + 70 \text{ Usuarios E} \times 10 \text{ min}$$

$$\text{Plan E} = 1228 \text{ min}$$

$$\text{Plan Em} = 60 \text{ Usuarios Em} \times 13.3 \text{ min}$$

$$\text{Plan Em} = 798 \text{ min}$$

$$\text{TRAFICO} = \frac{3118 + 735 + 1228 + 798 \text{ min}}{60 \text{ min}}$$

TRAFICO VOZ TOTAL = 97.98 Erl

De las tablas de Erlang B, para un bloqueo máximo del 2% serán necesarios 111 canales de tráfico, lo que es equivalente a 4E1s o 8Mbps.

4.1.3.2.2 Ejemplo de tráfico de datos

De la misma manera que con el tráfico de voz, se realizará la evaluación del tráfico de datos para la estación base ICA CENTRO durante la primera fase del proyecto.

Los cálculos se realizarán en la hora cargada donde se conectarán al menos el 5% de los usuarios.

Banda Ancha

$$\text{Plan H (Paquete 1)} = \frac{165 \text{ Usuarios} \times 500 \text{ Kbps} \times 7 \text{ min}}{60 \text{ min}} = 9625 \text{ Kbps}$$

$$\text{Plan H (Paquete 2.1)} = \frac{7 \text{ Usuarios} \times 500 \text{ Kbps} \times 7 \text{ min}}{60 \text{ min}} = 408.3 \text{ Kbps}$$

$$\text{Plan H (Paquete 2.2)} = \frac{3 \text{ Usuarios} \times 1500 \text{ Kbps} \times 7 \text{ min}}{60 \text{ min}} = 525 \text{ Kbps}$$

$$\text{Plan J (Paquete 1)} = \frac{75 \text{ Usuarios} \times 1000 \text{ Kbps} \times 2 \text{ min}}{60 \text{ min}} = 2500 \text{ Kbps}$$

$$\text{Plan J (Paquete 2)} = \frac{75 \text{ Usuarios} \times 1000 \text{ Kbps} \times 2 \text{ min}}{60 \text{ min}} = 2500 \text{ Kbps}$$

$$\text{Plan E (Paquete 1)} = \frac{40 \text{ Usuarios} \times 1000 \text{ Kbps} \times 2 \text{ min}}{60 \text{ min}} = 1334 \text{ Kbps}$$

$$\text{Plan E (Paquete 2)} = \frac{35 \text{ Usuarios} \times 1000 \text{ Kbps} \times 2 \text{ min}}{60 \text{ min}} = 1167 \text{ Kbps}$$

$$\text{Plan Em} = \frac{30 \text{ Usuarios} \times 1000 \text{ Kbps} \times 2 \text{ min}}{60 \text{ min}} = 1000 \text{ Kbps}$$

Video – Llamadas

Para este caso se asumirán como máximo 5 usuarios realizando video - llamadas por un minuto durante la hora pico, esto para los planes J, E, Em.

$$\text{Plan J} = \frac{5 \text{ Usuarios} \times 64 \text{ Kbps} \times 1 \text{ min}}{60 \text{ min}} = 5.3 \text{ Kbps}$$

$$\text{Plan E} = \frac{5 \text{ Usuarios} \times 64 \text{ Kbps} \times 1 \text{ min}}{60 \text{ min}} = 5.3 \text{ Kbps}$$

$$\text{Plan Em} = \frac{5 \text{ Usuarios} \times 64 \text{ Kbps} \times 1 \text{ min}}{60 \text{ min}} = 5.3 \text{ Kbps}$$

TRAFICO DATOS TOTAL = 19074.1 Kbps = 19.074 Mbps
--

TRAFICO TOTAL ICA CENTRO = 27.074 Mbps
--

4.1.3.2.3 Capacidad necesaria para los enlaces de transporte

Ahora se realizará el cálculo de las tres estaciones base restantes para conocer cuál será la capacidad de los enlaces microondas entre esas estaciones base e ICA CENTRO.

- LAS DUNAS

Trafico de voz

$$\text{Plan H} = 265 \text{ Usuarios H} \times 8.6 \text{ min} + 25 \text{ Usuarios H} \times 14 \text{ min}$$

$$\text{Plan H} = 2629 \text{ min}$$

$$\text{Plan J} = 75 \text{ Usuarios J} \times 1.6 \text{ min} + 75 \text{ Usuarios J} \times 3.3 \text{ min}$$

$$\text{Plan J} = 367.5 \text{ min}$$

$$\text{Plan E} = 66 \text{ Usuarios E} \times 6.6 \text{ min} + 46 \text{ Usuarios E} \times 10 \text{ min}$$

$$\text{Plan E} = 915.6 \text{ min}$$

$$\text{Plan Em} = 52 \text{ Usuarios Em} \times 13.3 \text{ min}$$

$$\text{Plan Em} = 692 \text{ min}$$

$$\text{TRAFICO} = \frac{2629 + 367.5 + 915.6 + 692 \text{ min}}{60 \text{ min}}$$

$$60 \text{ min}$$

TRAFICO VOZ TOTAL = 76.735 Erl

De las tablas de Erlang B, para un bloqueo máximo del 2% serán necesarios 89 canales de tráfico, lo que es equivalente a 3E1s o 6Mbps.

Banda Ancha

$$\text{Plan H (Paquete 1)} = \frac{140 \text{ Usuarios} \times 500 \text{ Kbps} \times 7\text{min}}{60\text{min}} = 8167 \text{ Kbps}$$

$$\text{Plan H (Paquete 2.1)} = \frac{8 \text{ Usuarios} \times 500 \text{ Kbps} \times 7\text{min}}{60\text{min}} = 466.6 \text{ Kbps}$$

$$\text{Plan H (Paquete 2.2)} = \frac{4 \text{ Usuarios} \times 1500 \text{ Kbps} \times 7\text{min}}{60\text{min}} = 700 \text{ Kbps}$$

$$\text{Plan J (Paquete 1)} = \frac{37 \text{ Usuarios} \times 1000 \text{ Kbps} \times 2\text{min}}{60\text{min}} = 1234 \text{ Kbps}$$

$$\text{Plan J (Paquete 2)} = \frac{37 \text{ Usuarios} \times 1000 \text{ Kbps} \times 2\text{min}}{60\text{min}} = 1234 \text{ Kbps}$$

$$\text{Plan E (Paquete 1)} = \frac{33 \text{ Usuarios} \times 1000 \text{ Kbps} \times 2\text{min}}{60\text{min}} = 1100 \text{ Kbps}$$

$$\text{Plan E (Paquete 2)} = \frac{24 \text{ Usuarios} \times 1000 \text{ Kbps} \times 2\text{min}}{60\text{min}} = 800 \text{ Kbps}$$

$$\text{Plan Em} = \frac{26 \text{ Usuarios} \times 1000 \text{ Kbps} \times 2\text{min}}{60\text{min}} = 866.6 \text{ Kbps}$$

Video – Llamadas

$$\text{Plan J} = \frac{5 \text{ Usuarios} \times 64 \text{ Kbps} \times 1\text{min}}{60\text{min}} = 5.3 \text{ Kbps}$$

$$\text{Plan E} = \frac{5 \text{ Usuarios} \times 64 \text{ Kbps} \times 1\text{min}}{60\text{min}} = 5.3 \text{ Kbps}$$

$$\text{Plan Em} = \frac{5 \text{ Usuarios} \times 64 \text{ Kbps} \times 1\text{min}}{60\text{min}} = 5.3 \text{ Kbps}$$

TRAFICO DATOS TOTAL = 14584.1 Kbps = 14.584 Mbps
--

TRAFICO TOTAL LAS DUNAS = 20.584 Mbps

- MAESTROS

Trafico de voz

Plan H = 210 Usuarios H x 8.6 min + 20 Usuarios H x 14 min

Plan H = 2086 min

Plan J = 52 Usuarios J x 1.6 min + 52 Usuarios J x 3.3 min

Plan J = 254.8 min

Plan E = 40 Usuarios E x 6.6 min + 20 Usuarios E x 10 min

Plan E = 464 min

Plan Em = 45 Usuarios Em x 13.3 min

Plan Em = 598.5 min

TRAFICO = 2086 + 254.8 + 464 + 598.5 min

60 min

TRAFICO VOZ TOTAL = 56.721 Erl

De las tablas de Erlang B, para un bloqueo máximo del 2% serán necesarios 68 canales de tráfico, lo que es equivalente a 3E1s o 6Mbps.

Banda Ancha

Plan H (Paquete 1) = 105 Usuarios x 500 Kbps x 7min = 6125 Kbps

60min

$$\text{Plan H (Paquete 2.1)} = \frac{7 \text{ Usuarios} \times 500 \text{ Kbps} \times 7 \text{ min}}{60 \text{ min}} = 408.3 \text{ Kbps}$$

$$\text{Plan H (Paquete 2.2)} = \frac{3 \text{ Usuarios} \times 1500 \text{ Kbps} \times 7 \text{ min}}{60 \text{ min}} = 525 \text{ Kbps}$$

$$\text{Plan J (Paquete 1)} = \frac{26 \text{ Usuarios} \times 1000 \text{ Kbps} \times 2 \text{ min}}{60 \text{ min}} = 887 \text{ Kbps}$$

$$\text{Plan J (Paquete 2)} = \frac{26 \text{ Usuarios} \times 1000 \text{ Kbps} \times 2 \text{ min}}{60 \text{ min}} = 887 \text{ kbps}$$

$$\text{Plan E (Paquete 1)} = \frac{20 \text{ Usuarios} \times 1000 \text{ Kbps} \times 2 \text{ min}}{60 \text{ min}} = 667 \text{ Kbps}$$

$$\text{Plan E (Paquete 2)} = \frac{10 \text{ Usuarios} \times 1000 \text{ Kbps} \times 2 \text{ min}}{60 \text{ min}} = 334 \text{ Kbps}$$

$$\text{Plan Em} = \frac{22 \text{ Usuarios} \times 1000 \text{ Kbps} \times 2 \text{ min}}{60 \text{ min}} = 733.3 \text{ Kbps}$$

Video – Llamadas

$$\text{Plan J} = \frac{5 \text{ Usuarios} \times 64 \text{ Kbps} \times 1 \text{ min}}{60 \text{ min}} = 5.3 \text{ Kbps}$$

$$\text{Plan E} = \frac{5 \text{ Usuarios} \times 64 \text{ Kbps} \times 1 \text{ min}}{60 \text{ min}} = 5.3 \text{ Kbps}$$

$$\text{Plan Em} = \frac{5 \text{ Usuarios} \times 64 \text{ Kbps} \times 1 \text{ min}}{60 \text{ min}} = 5.3 \text{ Kbps}$$

TRAFICO DATOS TOTAL = 9849.2 Kbps = 9.849 Mbps
--

TRAFICO TOTAL LAS DUNAS = 15.846 Mbps

- HUACACHINA

Trafico de voz

$$\text{Plan H} = 1 \text{ Usuarios H} \times 14 \text{ min}$$

$$\text{Plan H} = 14 \text{ min}$$

$$\text{Plan J} = 1 \text{ Usuarios J} \times 3.3 \text{ min}$$

$$\text{Plan J} = 3.3 \text{ min}$$

$$\text{Plan E} = 1 \text{ Usuarios E} \times 10 \text{ min}$$

$$\text{Plan E} = 10 \text{ min}$$

$$\text{Plan Em} = 5 \text{ Usuarios Em} \times 13.3 \text{ min}$$

$$\text{Plan Em} = 66.5 \text{ min}$$

$$\text{TRAFICO} = \frac{14 + 3.3 + 10 + 66.5 \text{ min}}{60 \text{ min}}$$

TRAFICO VOZ TOTAL = 1.6 Erl

De las tablas de Erlang B, para un bloqueo máximo del 2% serán necesarios 5 canales de tráfico, lo que es equivalente a 1E1s o 2Mbps.

Banda Ancha

$$\text{Plan H (Paquete 2.1)} = \frac{1 \text{ Usuarios} \times 500 \text{ Kbps} \times 7 \text{ min}}{60 \text{ min}} = 58.3 \text{ Kbps}$$

$$\text{Plan J (Paquete 1)} = \frac{1 \text{ Usuarios} \times 1000 \text{ Kbps} \times 2 \text{ min}}{60 \text{ min}} = 33.3 \text{ Kbps}$$

$$\text{Plan E (Paquete 1)} = \frac{1 \text{ Usuarios} \times 1000 \text{ Kbps} \times 2 \text{ min}}{60 \text{ min}} = 33.3 \text{ Kbps}$$

$$\text{Plan Em} = \frac{3 \text{ Usuarios} \times 1000 \text{ Kbps} \times 2 \text{ min}}{60 \text{ min}} = 100 \text{ Kbps}$$

Video – Llamadas

$$\text{Plan J} = \frac{1 \text{ Usuarios} \times 64 \text{ Kbps} \times 1 \text{ min}}{60 \text{ min}} = 1.1 \text{ Kbps}$$

$$\text{Plan E} = \frac{1 \text{ Usuarios} \times 64 \text{ Kbps} \times 1 \text{ min}}{60 \text{ min}} = 1.1 \text{ Kbps}$$

$$\text{Plan Em} = \frac{2 \text{ Usuarios} \times 64 \text{ Kbps} \times 1 \text{ min}}{60 \text{ min}} = 2.13 \text{ Kbps}$$

TRAFICO DATOS TOTAL = 229.23 Kbps

TRAFICO TOTAL HUACACHINA = 2.2 Mbps

4.2 Diseño de la red de Transporte

Para el diseño de nuestra red de transporte se tuvo que contemplar la investigación de equipos que puedan soportar altas capacidades de tráfico, ya que de acuerdo a los cálculos realizados en la sección anterior nuestra red manejará no sólo altos de niveles de tráfico de voz, sino también de datos. Adicionalmente, se considerará una configuración 1+ 1 para que el radio enlace se vea asegurado con un backup en paralelo de tal manera que se asegure confiabilidad y disponibilidad no sólo en la red de acceso, sino también en la red de transporte.

Basándonos en la información de la página web de MTC [MTC] acerca de la canalización para tramos cortos ya que las distancias son bastante pequeñas, se determinó emplear la banda de 23 GHz, banda licenciada por la que se tendrá que considerar el pago del Canon radioeléctrico, sin embargo se evitarán interferencias.

El equipo radio a emplearse en la red de transporte será el MPR 9500 del fabricante Alcatel – Lucent, el cual presenta las siguientes características que serán las más importantes para la realización de los cálculos de propagación en el espacio.

Rango de frecuencia	21.3 – 23.6 GHz
Modulación (30 Mbps)	64 QAM
Ganancia del Sistema para 10^{-3} BER	95.5 dBm
Potencia de Tx	16.5 dBm
Sensibilidad	-15 dBm
Configuración	1 + 1

TABLA 4. 15 – Especificaciones Técnicas MPR 9500

Fuente: Elaboración Propia – Datos de [ANEXO III]

La topología escogida para el presente diseño, es una topología estrella que consta de tres enlaces. El primero entre ICA CENTRO y LAS DUNAS de una distancia de 2.5 Km, el segundo entre ICA CENTRO y MAESTROS de una distancia de 1.7 Km, y el ultimo enlace entre ICA CENTRO y HUACACHINA de una distancia de 4.7 Km. Las figura 4.2 contempla el diseño de la red.

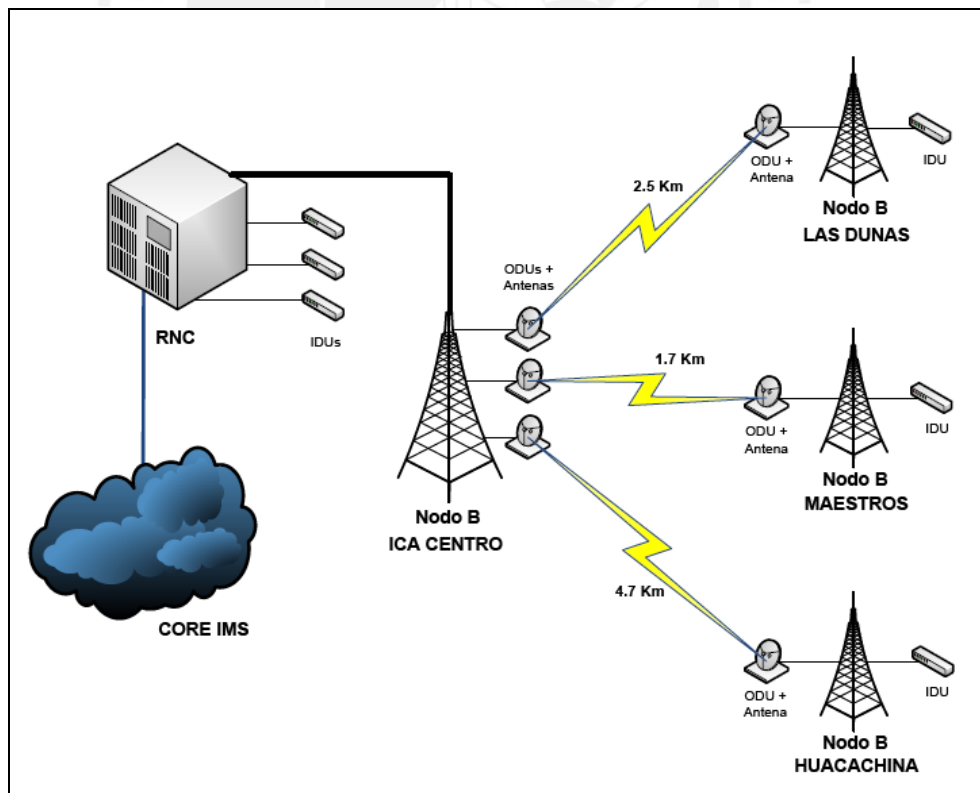


Figura 4.2 – Topología de la Red

Fuente: Elaboración Propia

El siguiente paso es la realización de los cálculos que considerarán los posibles problemas que se presentarán en el enlace como son los desvanecimientos (fading), pérdidas en los cables o conectores, atenuaciones atmosféricas como lluvia, nieblas, etc. A fin de poder hallar esto se realizará el modelamiento para propagación en el espacio libre, ya que al existir línea de vista entre el transmisor y el receptor, las pérdidas por obstáculos (difracción y reflexión) se considerarán nulas.

Para la canalización se empleará un ancho de banda de portadora de 7MHz en la banda de 23 GHz de 21.2 a 23.6 GHz. Los

Número de Canal	Frecuencia (MHz)	
	Ida	Retorno
10	21 290.5	22 522.5
20	21 360.5	22 592.5
30	21 430.5	22 662.5

TABLA 4. 16 – Canalización de frecuencias para los enlaces microondas

Fuente: Elaboración Propia

Para los cálculos emplearemos la ecuación de onda para propagación en el espacio libre:

$$P_{Rx} = P_{Tx} + G_{Tx} + G_{Rx} - L_e - L_{cables} - F_m$$

Donde,

- P_{Rx} es el nivel del receptor en dBm (nivel nominal de Rx)
- P_{Tx} es la potencia de transmisión de salida en dBm
- L_{cables} es la pérdida de cables y conectores en decibeles
- G_{Tx} y G_{Rx} son las ganancias de las antenas en dBi
- L_e es la pérdida en trayectoria por el espacio libre en dB, sin tomar en cuenta efectos como absorción, difracción, reflexión los cuales generan mayores atenuantes a la onda

$$L_e = 32.4 + 20 \log f_c \text{ (Mhz)} + 20 \log d \text{ (Km)}$$

- F_m es el margen de desvanecimiento o fading [TOMASI]

$$F_m \text{ (dB)} = \underset{\text{Efecto multipath}}{30 \log D} + \underset{\text{Sensibilidad del terreno}}{10 \log(6ABf)} - \underset{\text{confiabilidad}}{10 \log(1 - R)} - \underset{\text{constante}}{70}$$

Donde,

$$A = 1 \text{ y } B = 0.25$$

De lo observado en la hoja del fabricante del MPR 9500, el fabricante presente un valor de Ganancia del Sistema (GS), el cual se define de la siguiente manera:

$$G_S = P_{T_x} - P_{R_x \text{ min}} \geq - G_{T_x} - G_{R_x} + L_e + L_{\text{cables}} + F_m$$

- Enlace ICA CENTRO – LAS DUNAS

Se consideran los siguientes datos:

$$d = 2.5 \text{ Km}$$

$$P_{T_x} = 16.5 \text{ dBm}$$

$$G_S = 95.5 \text{ dBm}$$

$$L_e = 32.4 + 20 \log f_c + 20 \log d$$

$$L_e = 32.4 + 20 \log (21\ 290.50) + 20 \log (2.5)$$

$$L_e = 126.923$$

$$L_{\text{cables}} = 1.5 \text{ dB}$$

$$F_m \text{ (dB)} = 30 \log D + 10 \log(6ABf) - 10 \log(1 - R) - 70$$

$$F_m \text{ (dB)} = 30 \log 2.5 + 10 \log (6 \times 1 \times 0.25 \times 21.290) - 10 \log (1 - 0.9999) - 70$$

$$F_m \text{ (dB)} = -3.019$$

De la ganancia del sistema y la potencia de transmisión tenemos que

$$P_{R_x \text{ min}} = -79 \text{ dBm}$$

Y el máximo nivel de potencia de entrada lo da el fabricante, - 15dBm

$$-15 \text{ dBm} > P_{R_x} > -79 \text{ dBm}$$

Luego, se tiene que cumplir la desigualdad

$$G_S = P_{Tx} - P_{Rx \min} \geq -G_{Tx} - G_{Rx} + L_e + L_{cables} + F_m$$

Donde $G_{Tx} = G_{Rx} = 34.8$ dBi al ser antenas iguales en transmisión y recepción.

[ANEXO IV]

$$95.5 \geq -34.8 - 34.8 + 126.923 + 1.5 - 3.019$$

$$95.5 \geq 55.804 \rightarrow \text{Si se cumple la relación.}$$

Finalmente,

$$P_{Rx} = P_{Tx} + G_{Tx} + G_{Rx} - L_e - L_{cables} - F_m$$

$$P_{Rx} = 16.5 + 34.8 + 34.8 - 126.923 - 1.5 + 3.019$$

$$P_{Rx} = -39.304 \text{ dBm}$$

El valor de P_{Rx} se encuentra dentro del rango hallado anteriormente.

- Enlace ICA CENTRO – MAESTROS

Se consideran los siguientes datos:

$$d = 1.7 \text{ Km}$$

$$P_{Tx} = 16.5 \text{ dBm}$$

$$G_S = 95.5 \text{ dBm}$$

$$L_e = 32.4 + 20 \log f_c + 20 \log d$$

$$L_e = 32.4 + 20 \log (21\ 360.5) + 20 \log (1.7)$$

$$L_e = 123.601$$

$$L_{cables} = 1.5 \text{ dB}$$

$$F_m \text{ (dB)} = 30 \log D + 10 \log(6ABf) - 10 \log (1 - R) - 70$$

$$F_m \text{ (dB)} = 30 \log 1.7 + 10 \log (6 \times 1 \times 0.25 \times 21.3605) - 10 \log (1 - 0.9999) - 70$$

$$F_m \text{ (dB)} = -8.029$$

De la ganancia del sistema y la potencia de transmisión tenemos que

$$P_{Rx \min} = -79 \text{ dBm}$$

Y el máximo nivel de potencia de entrada lo da el fabricante, - 15dBm
 $- 15\text{dBm} > P_{\text{Rx}} > - 79\text{dBm}$

Luego, se tiene que cumplir la desigualdad

$$G_S = P_{\text{Tx}} - P_{\text{Rx min}} \geq - G_{\text{Tx}} - G_{\text{Rx}} + L_e + L_{\text{cables}} + F_m$$

Donde $G_{\text{Tx}} = G_{\text{Rx}} = 34.8 \text{ dBi}$ al ser antenas iguales en transmisión y recepción.

$$95.5 \geq - 34.8 - 34.8 + 123.601 + 1.5 - 8.029$$

$$95.5 \geq 47.472, \text{ Si se cumple la relación.}$$

Finalmente,

$$P_{\text{Rx}} = P_{\text{Tx}} + G_{\text{Tx}} + G_{\text{Rx}} - L_e - L_{\text{cables}} - F_m$$

$$P_{\text{Rx}} = 16.5 + 34.8 + 34.8 - 123.601 - 1.5 + 8.029$$

$$P_{\text{Rx}} = - 30.972 \text{ dBm}$$

El valor de P_{Rx} se encuentra dentro del rango hallado anteriormente.

- Enlace ICA CENTRO – HUACACHINA

Se consideran los siguientes datos:

$$d = 4.7 \text{ Km}$$

$$P_{\text{Tx}} = 16.5 \text{ dBm}$$

$$G_S = 95.5 \text{ dBm}$$

$$L_e = 32.4 + 20 \log f_c + 20 \log d$$

$$L_e = 32.4 + 20 \log (21\ 430.5) + 20 \log (4.7)$$

$$L_e = 132.463$$

$$L_{\text{cables}} = 1.5 \text{ dB}$$

$$F_m \text{ (dB)} = 30 \log D + 10 \log(6ABf) - 10 \log (1 - R) - 70$$

$$F_m \text{ (dB)} = 30 \log 4.7 + 10 \log (6 \times 1 \times 0.25 \times 21.4305) - 10 \log (1 - 0.9999) - 70$$

$$F_m \text{ (dB)} = 5.234$$

De la ganancia del sistema y la potencia de transmisión tenemos que

$$P_{R_{x \min}} = -79 \text{ dBm}$$

Y el máximo nivel de potencia de entrada lo da el fabricante, -15 dBm

$$-15 \text{ dBm} > P_{R_x} > -79 \text{ dBm}$$

Luego, se tiene que cumplir la desigualdad

$$G_S = P_{T_x} - P_{R_{x \min}} \geq -G_{T_x} - G_{R_x} + L_e + L_{\text{cables}} + F_m$$

Donde $G_{T_x} = G_{R_x} = 34.8 \text{ dBi}$ al ser antenas iguales en transmisión y recepción.

$$95.5 \geq -34.8 - 34.8 + 132.463 + 1.5 + 5.234$$

$$95.5 \geq 69.597 \rightarrow \text{Si se cumple la relación.}$$

Finalmente,

$$P_{R_x} = P_{T_x} + G_{T_x} + G_{R_x} - L_e - L_{\text{cables}} - F_m$$

$$P_{R_x} = 16.5 + 34.8 + 34.8 - 132.463 - 1.5 - 5.234$$

$$P_{R_x} = -53.097 \text{ dBm}$$

El valor de P_{R_x} se encuentra dentro del rango hallado anteriormente.

Los cálculos mostrados anteriormente corresponden sólo a un sentido, al realizar los cálculos para el retorno se obtienen los valores mostrados en la tabla 4.17.

Enlace	f_c (MHz)	d (Km)	L_e	F_m	P_{R_x} (dBm)
Las Dunas	22 522.5	2.5	127.411	-2.775	-40.556
Maestros	22 592.5	1.7	124.088	-7.786	-32.202
Huacachina	22 662.5	4.7	132.948	5.477	-43.371

TABLA 4. 17 – Potencia de recepción del enlace de retorno

Fuente: Elaboración Propia

Verificamos que para el enlace de retorno la potencia de recepción se encuentra dentro de los parámetros establecidos por el fabricante: $-15 \text{ dBm} > P_{R_x} > -79 \text{ dBm}$

4.2.1 Comprobación del Enlace con Software de Simulación RadioMobile

Luego de realizar los cálculos, se comprobarán estos datos mediante el RadioMobile, software que nos mostrará gráficamente cada enlace, así como el relieve, la zona de fresnel, obstáculos entre el enlace, etc. Esto, además de corroborar los datos obtenidos teóricamente, nos permite tener una aproximación más cercana a la realidad.

La figura 4.3 muestra el sistema a simular, que contiene los cuatro nodos B distribuidos de acuerdo a la topología estrella.

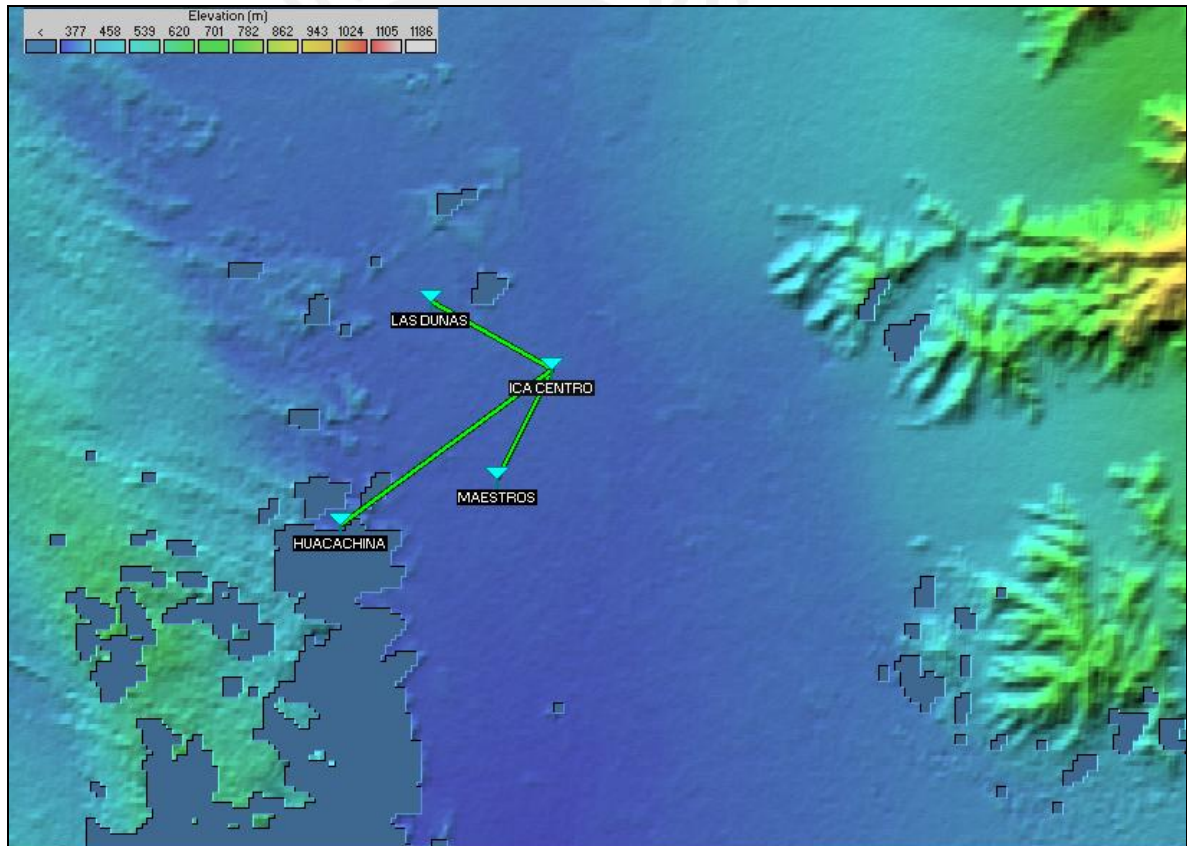


FIGURA 4. 3 – Radioenlaces con RadioMobile

Fuente: Elaboración Propia

Las figuras 4.4, 4.5 y 4.6 muestran la evaluación de los radioenlaces los cuales funcionan correctamente, haciendo uso de los datos de la tabla 4.18.

Rango de frecuencia	21.3 – 23.6 GHz
Polarización	Vertical
Potencia de transmisión	16.5 dBm
Sensibilidad mínima del Receptor	-79 dBm
Ganancia del Sistema para 10^{-3} BER	95.5 dBm

TABLA 4. 18 – Parámetros para la simulación

Fuente: Elaboración Propia

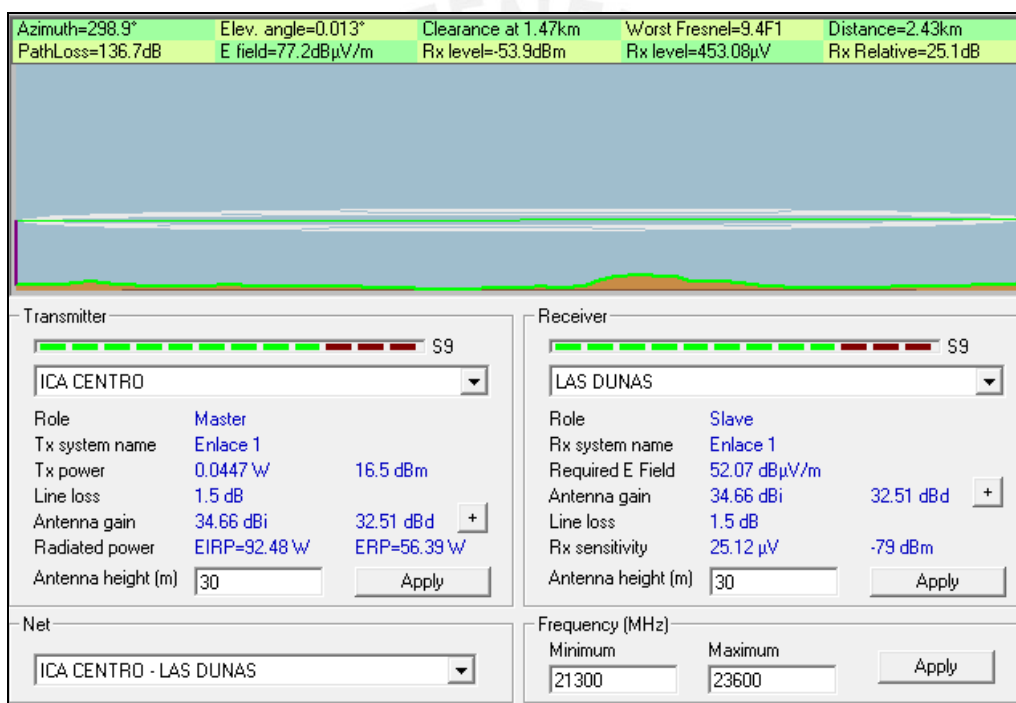


FIGURA 4. 4 – Radio enlace ICA CENTRO – LAS DUNAS

Fuente: Elaboración Propia

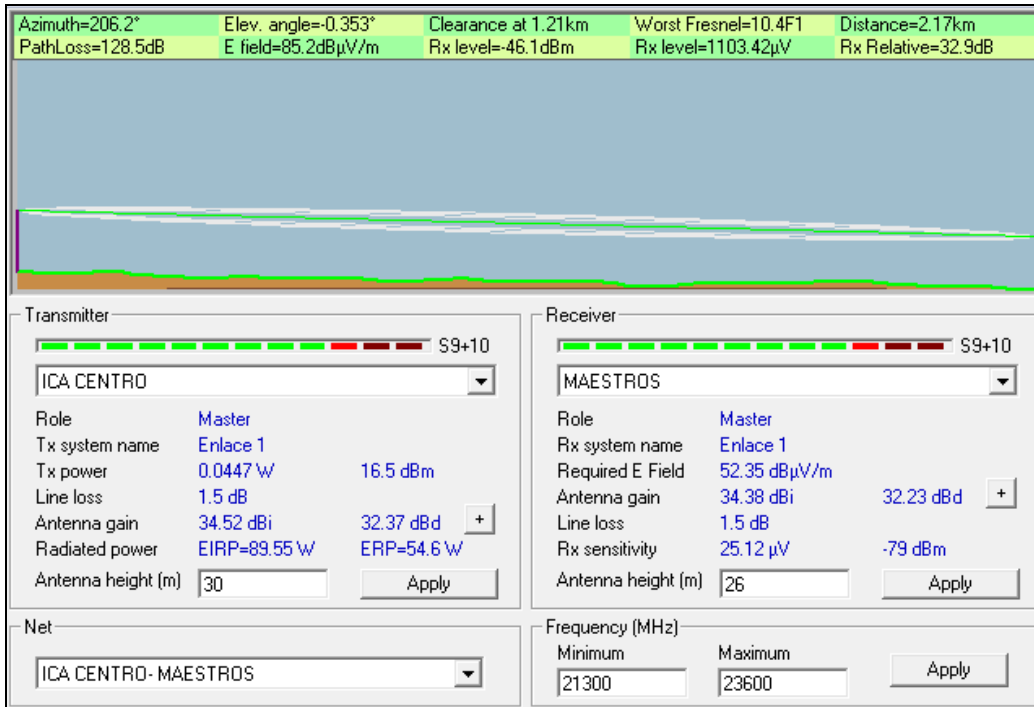


FIGURA 4. 5 – Radio enlace ICA CENTRO – MAESTROS

Fuente: Elaboración Propia

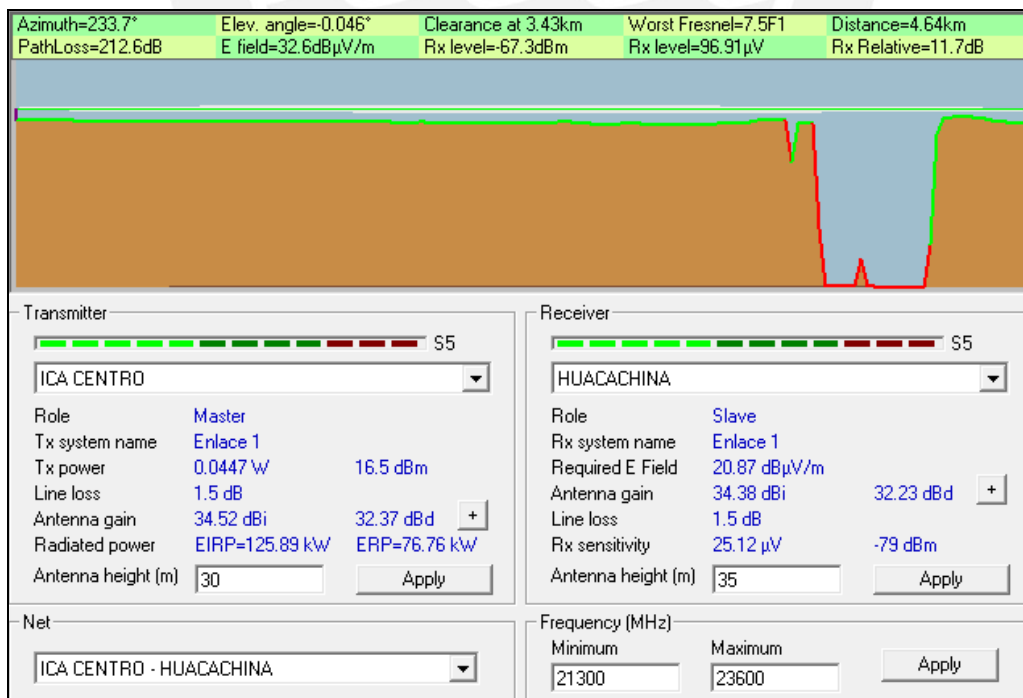


FIGURA 4. 6 – Radio enlace ICA CENTRO – HUACACHINA

Fuente: Elaboración Propia

4.3 Diseño del Core IMS

El core IMS es la parte más importante de esta red, debido a que contempla los equipos que harán posible la prestación de los servicios planteados con la calidad, interoperabilidad y escalabilidad que caracterizan a una red IMS.

Para este fin se han analizado las soluciones de tres importantes fabricantes de esta tecnología. En cada una de ellas se indican los beneficios y servicios que ofrecen, así como cada uno de los equipos que se utilizan en su solución.

4.3.1 Nokia-Siemens Networks

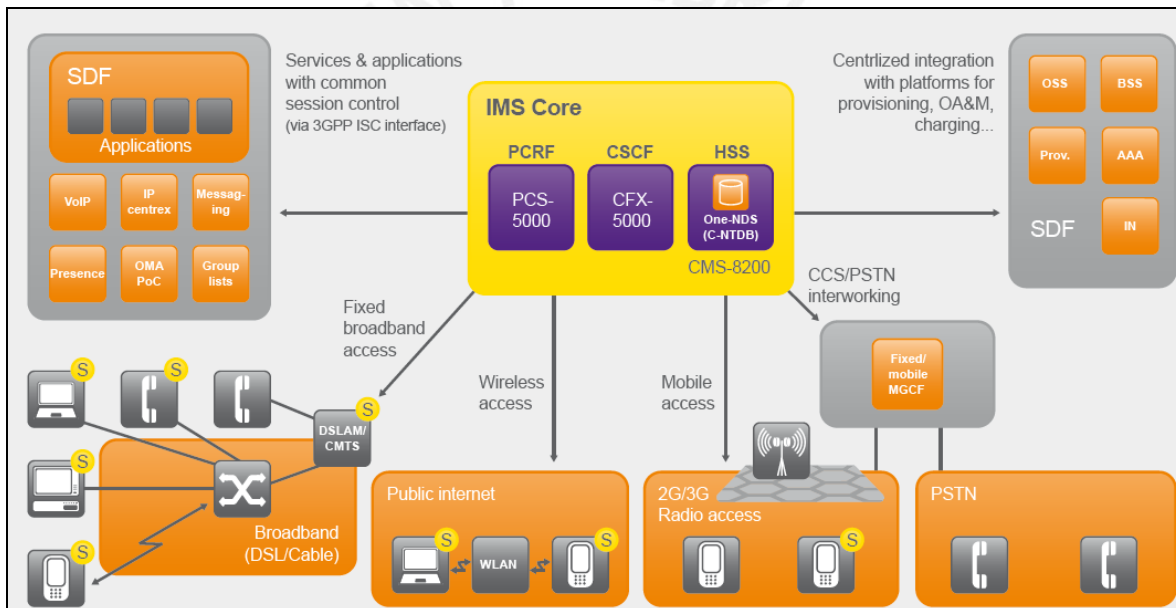


FIGURA 4.7 – Arquitectura IMS de Nokia-Siemens Networks

Fuente: “The Nokia Siemens Networks IP Multimedia Subsystem” [Anexo VI]

La solución mostrada en la figura 4.7 es una de las más completas de Nokia-Siemens Networks. Podemos observar que el core de esta solución contiene tres equipos importantes:

- PCS-5000: Es el encargado de la función de PCRF (Policy and Charging Rules Function), la cual contiene las políticas de control de acceso y uso de la red, y la función de control de saldos y facturación.

- CFX-5000: Es el equipo que se encarga de las funciones de control de sesión de los clientes (CSCF: Call Session Control Function). Realiza, entre otras tareas, el establecimiento y mantenimiento de la sesión de cada cliente en la red.
- CMS-8200: Es la base de datos centralizada de la red. Aquí se almacenan los datos de cada usuario para todos los servicios en los cuales tenga suscripción.

Ya que es una solución completa podemos ver que contiene una serie de servidores de aplicación que la proveen de servicios como VoIP, IP Centrex, mensajería, presencia, PoC y listas de grupos de contactos.

4.3.2 Huawei

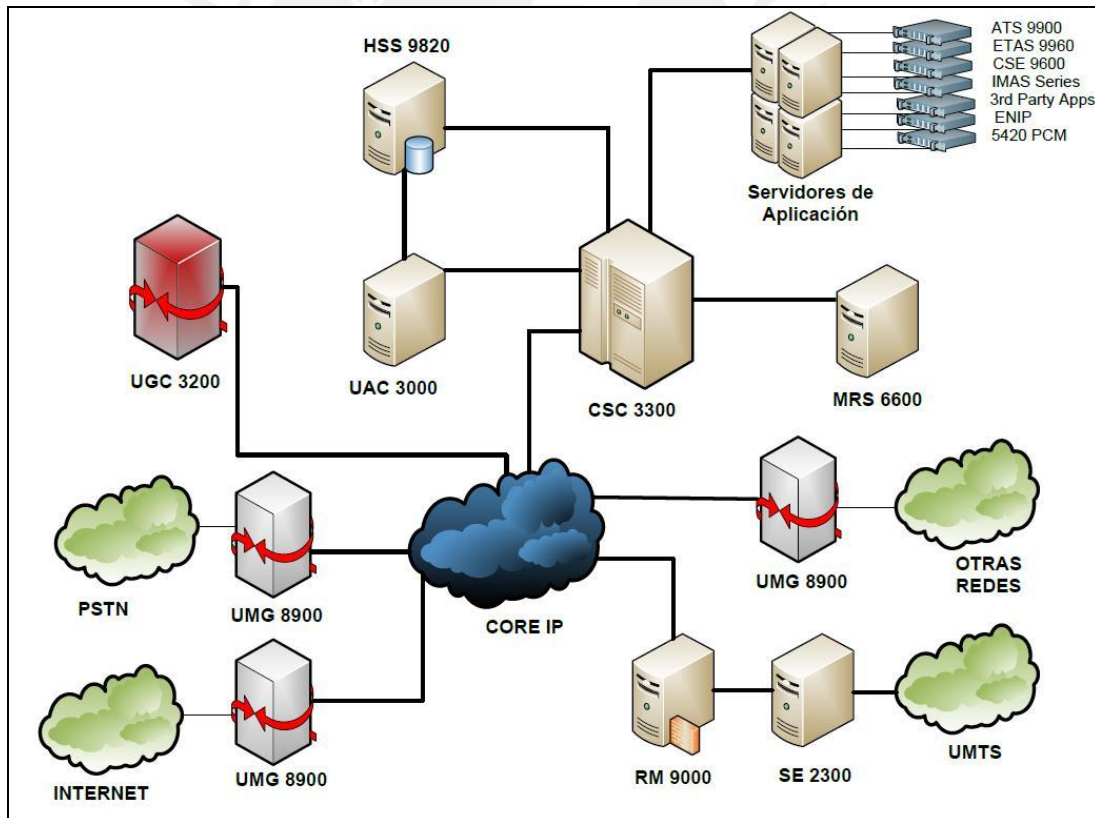


FIGURA 4.8 – Arquitectura IMS de Huawei

Fuente: Elaboración Propia

La solución mostrada en la figura 4.8 se basa en una solución IMS más completa [Anexo VII] elaborada por Huawei Technologies. En esta solución se usan los equipos más relevantes para el funcionamiento de los servicios que se han planteado para nuestra red.

Los equipos más importantes de esta solución son los siguientes:

- CSC-3300:
Este equipo se encarga de la función de control de sesión de llamada (CSCF) de la solución. Además provee funciones de autenticación, roaming, calidad de servicio, entre otras.
- UAC-3000:
Es un equipo que provee la función de control de gateway de acceso. Permite que los terminales no-IP sean gestionados por el controlador de llamadas IP.
- HSS-9820:
Este servidor de abonado local integra además la función de localización de abonado en la base de datos. Es el core de la base de datos que contiene la información de todos los abonados de la red IMS.
- MRS-6600:
Es un equipo que realiza las funciones de MRFC (controlador de recursos de datos) y MRFP (procesador de recursos de datos), las cuales trabajan juntas para obtener un alto poder de procesamiento multimedia de paquetes, con el fin de soportar los distintos servicios que ofrece IMS.
- RM-9000 y SE-2300:
Son equipos que controlan el ingreso a la red. Juntos ofrecen mayor seguridad y aseguran una calidad de servicio definida para cada sesión.
- UMG-8900 y UGC-3200:
El UMG-9000 es el gateway de interconexión con la PSTN, Internet y redes de otros operadores. Estos gateways son controlados por el UGC-3200.
- Servidores de aplicación:
Servidor de telefonía (ATS-9900), servidor de IP Centrex (ETAS-9960), Servidor de continuidad de llamada de voz (CSE-9600), servidor

multimedia IP (IMAS Series), servidor de aplicaciones de plataforma (ENIP) y servidor para aplicaciones de terceros (3rd. party).

4.3.3 Alcatel-Lucent

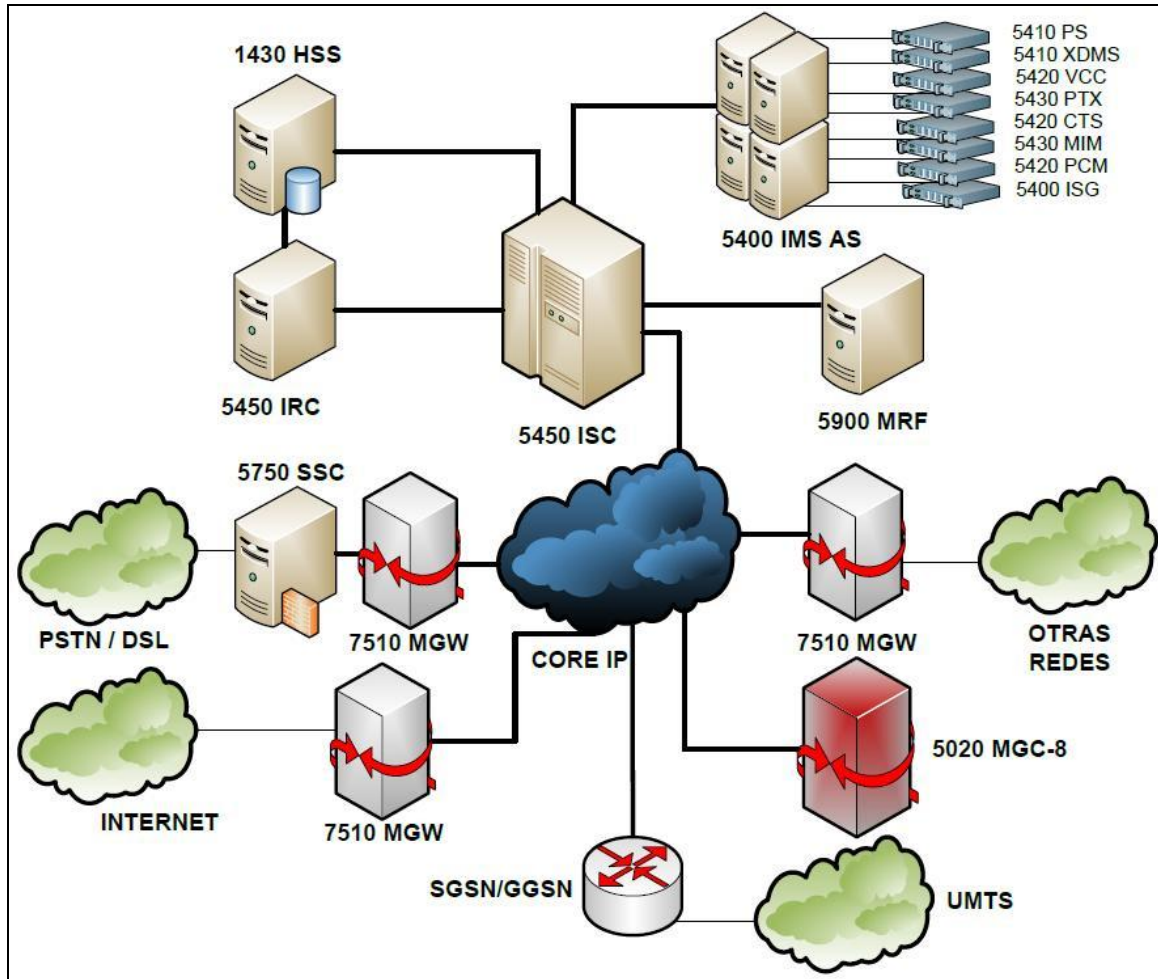


FIGURA 4.9 – Arquitectura IMS de Alcatel-Lucent

Fuente: Elaboración Propia

La solución planteada en la figura 4.9 se basa en la arquitectura presentada en el brochure IMS de Alcatel-Lucent [Anexo VIII]. Esta compañía ofrece una solución orientada a la experiencia del usuario, para demostrar a los proveedores de servicio la manera a la cual ofrecer la comunicación interpersonal, acceso

inmediato y continuidad de las comunicaciones, así como personalización de los servicios.

Los equipos utilizados en esta solución son los siguientes:

- 5450 ISC (IP Session Controller):
Este equipo es uno de los componentes más importantes de esta solución, maneja sesiones de voz, video y datos basados en SIP, tanto para dispositivos alámbricos como inalámbricos. Debido a su alta escalabilidad, asegura las redes de acceso e interconexión y permite la división de los recursos multimedia y de control. El equipo ha sido desarrollado completamente sobre estándares e integra funciones de control de sesión, control de acceso, control de selección de Gateway, entre otras.
- 5450 IRC (IP Resource Controller):
Este equipo se encarga de brindar una disponibilidad inmediata y desempeño sobresaliente de aplicaciones que necesitan gran cantidad de recursos, debido a su capacidad de optimizar la red administrando sus recursos IP.
- 5900 MRF (Media Resource Function):
Es el equipo encargado de brindar la capacidad necesaria para el alto procesamiento multimedia. Realiza las funciones de controlador y procesador de recursos multimedia (MRFC/MRFP).
- 1430 HSS (Home Subscriber Server):
Este equipo es una base de datos eficiente y convergente, de próxima generación. Tiene tres funciones: HLR/AuC, IM-HSS/SLF y AAA. Provee de alta capacidad, densidad y escalabilidad al operador, lo que resulta en mayor seguridad en sus datos cruciales.
- 7510 MGW (Media Gateway):
Este equipo de alta capacidad provee un acceso constante de servicio para voz, fax y datos, en redes orientadas al usuario, brindando conmutación e interoperabilidad entre puertos IP y de circuitos.

Está preparada para la migración total de la PSTN a servicios IP.

- 5750 SSC (Subscriber Services Controller):
Es un equipo que sirve para brindar administración de políticas y suscripciones para el servicio de tripleplay de Alcatel-Lucent. En nuestro caso, este elemento aún no sería implementado.

- 5020 MGC-8 (Media Gateway Controller):
Este equipo provee la función clásica de controlador de gateways de datos (MGC) tanto para redes TDM como para redes de VoIP, incluyendo la conmutación entre ambas redes.

- 5400 IMS AS (Application Server):
Es el servidor de aplicaciones IMS, que gestiona los servicios de presencia (5410 PS), administración de documentos XML (5410 XDMS), continuidad de llamada de voz (5420 VCC), PoC (5430 PTX), telefonía (5420 CTS), mensajería multimedia instantánea (5430 MMIM), administración de comunicaciones personales (5420 PCM), entre otros.

Luego de este análisis de cada una de las tres soluciones planteadas y basándonos en los requerimientos de nuestra red, se ha optado por la implementación de la red con equipos de Alcatel-Lucent. Para apoyar nuestra decisión se muestra un análisis de la compañía Current Analysis (figura 4.10), en la que compara las soluciones IMS de cuatro de los grandes fabricantes: Alcatel-Lucent, Ericsson, Nokia Siemens y Huawei.

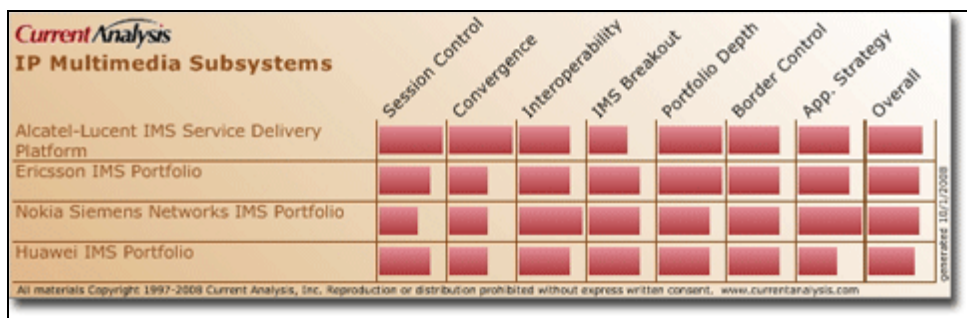


FIGURA 4.10 – Análisis de soluciones IMS

Fuente: [CUA2008]

En el análisis se muestra que la solución IMS de Alcatel-Lucent es la mejor en la mayoría de los criterios de calificación, los cuales son: control de sesión, convergencia, profundidad de la cartera de la solución y control de acceso.

Además Alcatel-Lucent cuenta con implementaciones de C-IMS (Compact IMS), que es una solución de IMS pero con prestaciones menores debido a que no existen muchos requerimientos, como es el caso de nuestro proyecto piloto.

4.3.4 Solución final ALU C-IMS

La figura 4.11 muestra la solución final del core IMS de nuestra red, el cual está conformado por los siguientes elementos:

- Un sistema compacto que contempla la mayoría de las funciones IMS. Este sistema está conformado por los equipos LCP 1000, FS 5000 y 5420 CTS.
- Un controlador de Gateway de datos, 5020 MGC-8, el cual contiene una plataforma de facturación.
- Dos gateways de datos 7510 MGW que realizan funciones de troncalizado, señalización y control de acceso de las sesiones SIP.
- Un router Cisco 7600 configurado como GGSN, que permita la entrada de los usuarios al dominio de Internet.
- Un equipo 5900 MRF, que brinda funciones de alto procesamiento multimedia.
- Una plataforma 1300 XMC, que se encarga de la administración y del soporte de operaciones.

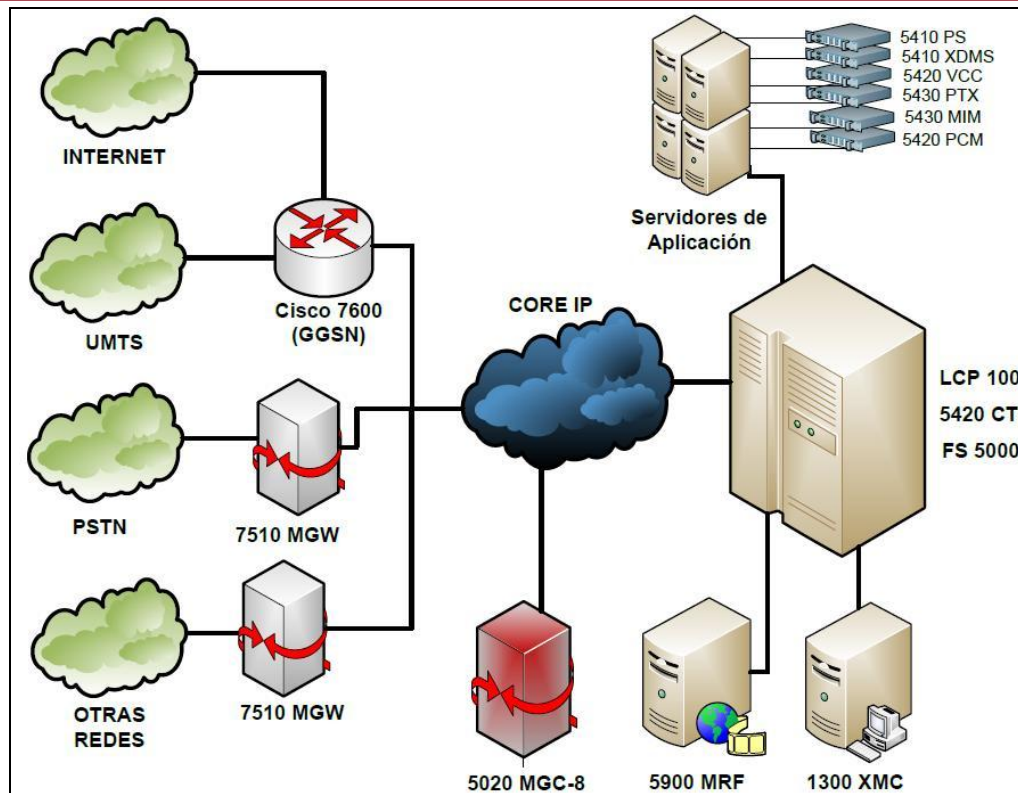


FIGURA 4.11 – Solución final compacta C-IMS

Fuente: Elaboración Propia

4.4 Determinación y especificaciones técnicas de los diferentes equipos a utilizar en la red piloto

4.4.1 Red de acceso

- Nodos B

Para la elección de los Nodos B, se hará una evaluación entre diversos fabricantes, como se muestra en la siguiente tabla.



Fabricante	 HUAWEI	 Alcatel-Lucent
Modelo	DBS 3800	BTS 2430
Frecuencia (MHz)	850, 900, 1900	850/1900/2100
Potencia de portadora	40W por carrier	40W por carrier
Voltaje de consumo	-48V DC/220V AC	.+ 24V o 230VAC
Interfaz de transporte	E1/T1, E3/T3 , STM-1	E1/T1, E3/T3
Sectores	6 sectores / 2 carrier x sec	3 sectores / 2 carrier x sec
Mínima potencia de Rx	-126.2dBm	-121.5 dBm

TABLA 4. 19 – Cuadro Comparativo de Nodos B

Fuente: Elaboración Propia – Datos de [DGUIL2008]

En base a la tabla 4.19, se debe elegir uno de los dos productos. Nuestra red de acceso es para una frecuencia de 850 MHz, y ambos productos operan a dicha frecuencia. Otro parámetro importante es la sensibilidad del equipo ya que mientras más sensible sea este, tendrá mayor alcance. El DBS 3800 de Huawei puede captar una señal de hasta -126.2 dBm , mientras que la BTS 2430 de Alcatel-Lucent solo puede captar señales de hasta -121.5 dBm.

Otra característica a evaluar son las interfaces de transporte a través de la cual se conectarán los nodos B a la RNC y viceversa. Esta interface debe ser modular, y sabiendo además la cantidad de tráfico que se maneja y que éste irá creciendo contantemente, debe ser luego capaz de crecer hasta STM-1 que es equivalente a 64 E1s.

Por los motivos expuestos, se elige para el diseño de la red de acceso el equipo DBS 3800 del fabricante Huawei para los nodos B.

- RNC

De la misma manera que para los nodos B, también se realizara una comparación para la elección del RNC.



Fabricante		
Modelo	BSC 6800	9370 RNC
Tecnologías que soporta	HSPA (tanto DL como UP) Diseñado también para soportar IMS (IP Multimedia Services)	HSPA (tanto DL como UP) Capaz de soportar All-IP Radio Access Network
Capacidad / Escalabilidad	Un solo gabinete soporta 2,500Erl/60Mbps. Haciendo una expansión de hasta 6 gabinetes puede soportar 40,000Erl/960Mbps	Usando software de actualización se puede lograr una configuración full capacidad.

TABLA 4. 20 – Cuadro Comparativo de RNC

Fuente: Elaboración Propia – Datos de [HUA2009] [ALU2009]

Por los motivos expuestos, tomando en consideración la cantidad de tráfico que se manejará en nuestra red IMS, se decide emplear como RNC el equipo BSC 6800 de HUAWEI.

4.4.2 Red de transporte

Basándonos en que las redes IMS son All-IP se tuvo que buscar un equipo Radio que presente esta característica. Para este caso se eligió emplear el equipo MRP 9500 de Alcatel-Lucent [ANEXO III], que presenta las siguientes características.

MRP (Microwave Packet Radio) 9500	
 Microwave Service Switch (MSS) indoor unit	<p>Permite la transformación de los enlaces entre los Nodos B y posteriormente con la RNC de TDM a IP, de esta manera se puede transportar eficientemente tráfico multimedia. Esta plataforma incrementa el ancho de banda, optimiza la conexión Ethernet, y adapta la transmisión de paquetes a las condiciones aéreas y a la calidad requerida por los diferentes tipos de servicios.</p>
 ODU outdoor unit	

TABLA 4. 20 – Características MRP 9500

Fuente: Elaboración Propia – Datos de [ANEXO III]

4.4.3 Core IMS

Como se mencionó en el ítem anterior, el diseño final de la solución es el de la figura 4.10. Cada equipo utilizado tiene funciones definidas que proveen los servicios planificados para la red. A continuación se detallan las especificaciones técnicas y algunas funciones de los equipos que conforman el core IMS de nuestra red. [ALU2009]

ALU 5420 CTS (LCP 1000 / FS 5000):

Este sistema compacto está conformado por tres equipos que proporcionan la mayoría de las funcionalidades IMS. Estos equipos se detallan en la tabla 4.21:

<p>LCP 1000 (Lucent Control Platform)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Basado en Software Linux - Realiza funciones de Proxy – Call Session Control Function (P-CSCF), Interrogating – Call Session Control Function (I-CSCF), Serving – Call Session Control Function (S-CSCF) y Breakout Gateway Control Function (BGCF).
<p>FS 5000 (Feature Server)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Servidor de aplicación de telefonía que provee servicios basados en SIP, IP y POTS. - Basado en código abierto, lo que le permite integrar cualquier servidor de aplicación, y ofrecerlo tanto a terminales modernos como anteriores. - Soporta Web 2.0 y servicios de comunicación enriquecidos cuando se combina con el 5420 PCM. - 99.999% de confiabilidad. - Altamente escalable: soporta alrededor de 750000 abonados. - Provee funcionalidades de servidor IP Centrex.
<p>HSS (Home Subscriber Server)</p>	<p>Tiene una base de datos interna centralizada que contiene la siguiente información de usuarios:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Números y dirección. - Información de seguridad. - Información de ubicación. - Perfiles.

TABLA 4.21 - Especificaciones técnicas del ALU 5420 CTS

Fuente: Elaboración Propia

ALU 5020 MGC-8 (Media Gateway Controller):

Es un equipo que soporta múltiples aplicaciones, incluyendo:

- NGN Clase 4
- CDMA Gateway MSC
- IMS MGCF
- IBCF

En el caso de nuestra red, este equipo va a ser usado como MGC para las redes

de VoIP y TDM. Se encargará de realizar la conmutación entre cualquier tipo de red, incluyendo TDM-TDM, TMD-IP e IP-IP. Además incluye una plataforma de facturación, que se encargará de calcular el consumo de los clientes por los servicios contratados.

En la tabla 4.22 se detallan algunas características y beneficios del equipo. Las especificaciones técnicas del equipo se encuentran en el Anexo V.

<p>Características</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Soporte para aplicaciones múltiples simultáneas. - Alta confiabilidad. - Control de admisión de llamadas (CAC). - SIP para teléfonos. - SIP con ISUP encapsulado. - Interoperabilidad con otros servidores de llamadas.
<p>Beneficios</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Simple y fácil de administrar. - Permite la migración de las redes TDM a través de VoIP a las redes convergentes IMS. - Flexibilidad superior y eficiencia de costo tanto para la renovación de la red como para la transformación a red IP. - Reduce el CAPEX y el OPEX brindando alta confiabilidad, escalabilidad y desempeño. - Simplifica las operaciones utilizando un sistema de administración compartida con otros componentes IMS.

TABLA 4.22 - Especificaciones técnicas del ALU 5020 MGC-8

Fuente: Elaboración Propia

ALU 7510 MGW (Media Gateway):

Este equipo brinda conmutación e interoperabilidad de voz y datos para puertos IP o de circuitos. Permite una migración flexible de la PSTN a servicios basados en VoIP. Es un componente clave en la solución IMS, debido a que permite aplicaciones de VoIP para clientes y negocios, servicios de convergencia fija-móvil, servicios de tránsito masivo, entre otros.

Además, este equipo puede desempeñar múltiples servicios simultáneamente:

- Gateway de datos troncalizado (TMGW).
- Gateway de borde de sesión (SBGW).

- Gateway de señalización (SGW).

En la tabla 4.23 se detallan algunas características y beneficios del equipo. Las especificaciones técnicas del equipo se encuentran en el Anexo V.

<p>Características</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Servicio múltiple: plataforma convergente capaz de soportar simultáneamente el troncalizado de VoIP, el acceso y aplicaciones de borde de sesión. - Integra funcionalidades claves de IMS, tales como: gateway de datos IMS (IMS-MGW), gateway de datos troncalizado (T-MGF), gateway de borde de interconexión (I-BGF) y gateway de señalización (SGW). - La más alta escalabilidad: permite el uso flexible de ranuras genéricas para tarjetas de interfaz y recursos de datos. - Cumple con los perfiles de IMS para señalización y protocolos de control (Megaco/H.248 y SIGTRAN). - Grado de operador: brinda servicios de voz de calidad con alta disponibilidad (100% redundancia sin colisiones).
<p>Beneficios</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Activos de alta productividad: Entrega de servicios críticos de usuario con alta calidad. Garantiza la entrega ininterrumpida de los servicios. - El más bajo costo de propiedad: Escalabilidad perfecta que garantiza la expansión eficiente de las capacidades hasta las densidades más altas en los puertos. Plataforma de servicios múltiples que genera ahorros en economía y garantías de inversión.

TABLA 4.23 - Especificaciones técnicas del ALU 7510 MGW

Fuente: Elaboración Propia

ALU 5900 MRF (Media Resource Function):

Este producto es un software que desempeña el rol de un poderoso servidor de datos en redes de conmutación de paquetes, y que permite el despliegue de un

conjunto de servicios de valor agregado.

Proporciona los siguientes servicios:

- Anuncios multilingües de audio fijos y variables.
- Anuncios de video.
- Reconocimiento DTMF para interacción con el usuario.
- Conferencias de audio.
- Capacidad para IP Centrex.

En la tabla 4.24 se detallan algunas características y beneficios del equipo. Las especificaciones técnicas del equipo se encuentran en el Anexo V.

Características	<ul style="list-style-type: none"> - Reproducción de anuncios pre-grabados fijos y variables (números de teléfono, precios, fechas, tiempo, duración y números), que soportan varios idiomas. - Tecnología Text-to-Speech. - Reproducción de anuncios de video. - Grabación de anuncios de audio y video. - Detección de tonos DTMF. - Conferencias
Beneficios	<ul style="list-style-type: none"> - Más de 80 lenguajes y anuncios variables. - Soporta una gran variedad de códecs. Es más simple y económico integrar un nuevo códec que en las arquitecturas basadas en procesamiento digital de señales. - La plataforma pueda interactuar con múltiples servicios simultáneamente, lo que le permite generar ahorros. - Soporta múltiples protocolos de aplicación, lo que le permite la fácil integración de servicios de terceros. - Puede ofrecer sus anuncios tanto para redes IP como TDM. - Alta escalabilidad. - Provee voz y video de calidad con alta disponibilidad.

TABLA 4.24 – Especificaciones técnicas del ALU 5900 MRF

Fuente: Elaboración Propia

ALU 1300 XMC (Cross-Domain Management Center):

Es el equipo encargado de la administración de la red IMS. Soporta los accesos fijo y móvil, y las redes de conmutación de paquetes. Este equipo también brinda las interfaces de programación de aplicaciones (APIs) del sistema de soporte de operaciones (OSS). Soporta el protocolo SNMP para la gestión y administración de los componentes de la red.

En la tabla 4.25 se detallan algunas características y beneficios del equipo.

Características	<ul style="list-style-type: none"> - Administración unificada de todo el core de la red. - Servidores escalables. - Interfaces estandarizadas.
Beneficios	<ul style="list-style-type: none"> - Administración de todos los elementos de la red (IMS, PS, CS). - Administración de usuarios y seguridad. - Administración centralizada de alarma. - Medición centralizada de desempeño. - Reconocimiento de la topología de la red, vista del mapa de la red y supervisión. - Interfaces 3GPP y SNMP. - Descarga de software y backup de los elementos de la red.

TABLA 4.25 – Especificaciones técnicas del ALU 1300 XMC

Fuente: Elaboración Propia

Cisco 7600 GGSN (Gateway GPRS Support Node):

Es un gateway de datos de alto desempeño que permite servicios de datos inalámbricos avanzados. Además provee de gran escalabilidad, calidad de servicio, políticas de control y capacidades versátiles de facturación.

Dentro de las principales características y beneficios tenemos:

- Soporte de IPv6 para tráfico de usuario, lo que permite a los operadores beneficiarse de las mejoras de IPv6 y empezar a desplegar servicios y aplicaciones de próxima generación.

- Soporte de estándares e interfaces 3GPP: Gn, Ga, Gi, Gp.
- Permite a la plataforma de facturación contener información de roaming y de cambios en el acceso de radio.
- Mejoras en la administración de las direcciones IP.
- Soporte de calidad de servicio para UMTS.

Otras especificaciones técnicas pueden encontrarse en el Anexo V.

4.5 Determinación de las características técnicas de la infraestructura del proyecto

En este punto se contemplará brevemente el desarrollo del subsistema de protección y energía que se considerarán en la red de acceso, además del tipo de torre a emplearse en los nodos B.

4.5.1 Subsistema de Protección

La instalación del sistema de puesta a tierra deberá ser realizada por un proveedor autorizado, el cual verificará y garantizará el correcto funcionamiento de esta. Para la instalación se debe contar con:

- Fleje de cobre (0,8mm*7cm*40m)
- Bentonita natural (saco 20 kg)
- Sal industrial (saco de 50 kg)
- Soldadura exotérmica (65 gr)



FIGURA 4.12 - Ejemplo de Instalación del Sistema de Puesta a Tierra

Fuente: [MROS2008]

Adicionalmente se instalará un pararrayos Franklin tetrapuntal en lo más alto de la torre (en cada Nodo B) y se conectará al sistema de puesta a tierra junto con los demás equipos de Telecomunicaciones, con lo cual se ofrecerá una protección frente a las posibles descargas eléctricas en la zona en caso se presenten.

4.5.2 Subsistema de Energía

Para el subsistema de energía se contemplará un banco de baterías para cada estación base, así como un grupo electrógeno también para cada nodo B, de tal manera que exista la autonomía suficiente para que los equipos trabajen con normalidad en caso se presente un corte eventual de la energía contratada.

Las estaciones base están conformadas por una unidad en banda base y las unidades de radio remota. Estos equipos al igual que los radios utilizados para los enlaces microondas trabajan a -48 V DC. Gracias a los rectificadores es que podemos convertir 220 V AC (energía comercial contratada) a - 48 V DC. La figura 4.13 nos muestra el esquema básico de un rectificador con resguardo de energía.

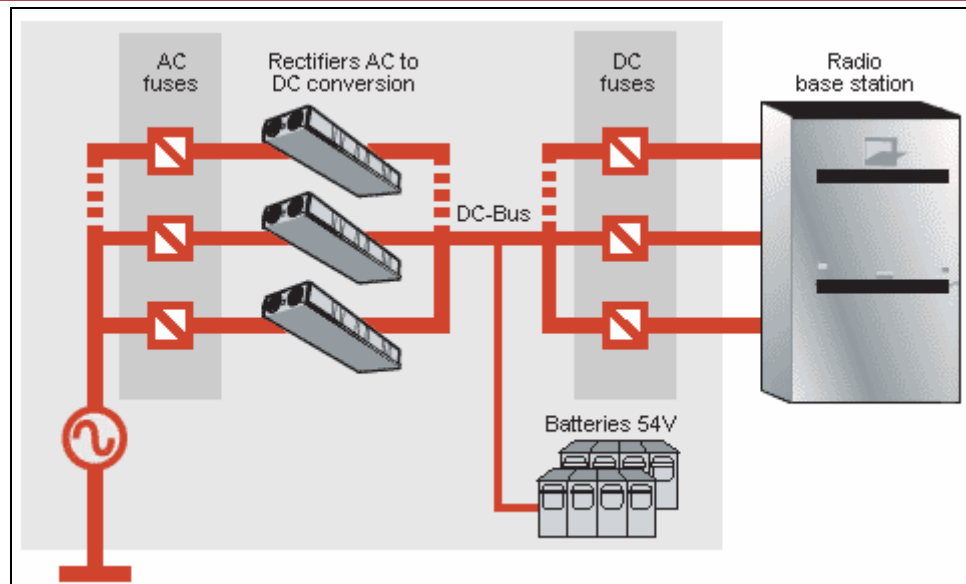


FIGURA 4.13 - Subsistema de energía típico

Fuente: [MROS2008]

4.5.3 Torres

El dimensionamiento de una torre de telecomunicaciones depende de varios factores:

- El sistema de comunicación a instalar
- El terreno disponible
- Tipo y cantidad de antenas a instalar
- Restricciones en el desplazamiento de dichas antenas debido a las características del sistema instalado.
- Condiciones medioambientales

[AVEL2008]

Para el caso de nuestros nodos B se ha decidido trabajar con torres ventadas o arriostradas, las cuales son más económicas en comparación con las otras, prácticas, y están soportadas por vientos o arriostres como su propio nombre lo dice.

Las figura 4.14 muestra ejemplo de torre ventada.



FIGURA 4.14 – Estación base América Móvil - Ica

Fuente: Elaboración Propia

Otra alternativa es la de compartir infraestructura con torres que otros operadores como América Móvil, Movistar o Nextel estén empleando. Con esto se reduciría la inversión ya que los costos de adquisición y de instalación de las torres son elevados.

Capítulo 5

Evaluación económica de la red piloto

En este último capítulo de la presente tesis se contempla la evaluación económica de la red propuesta en los capítulos anteriores de tal manera que podamos conocer si el proyecto es rentable o no; y de ser rentable, en qué año se recuperará la inversión.

5.1 Inversión Inicial

Para poder evaluar la inversión inicial del proyecto será necesario considerar los equipos a emplearse en la red de acceso, transporte y en core IMS, así como los gastos que se harán por infraestructura de telecomunicaciones y otros imprevisto tal y como se muestra en la tabla 5.1.

Item	Concepto	Marca	Cantidad	Costo Unitario	TOTAL (\$)
Equipos WCDMA					
1	Nodo B	Huawei	4.00	40,000.00	160,000.00
2	RNC	Huawei	1.00	200,000.00	200,000.00
Sistema Radiante					
3	Antenas Sectoriales	Andrew	4.00	10,000.00	40,000.00
4	Radio Microondas	Alcatel-Lucent	6.00	65,000.00	390,000.00
5	Antenas Microondas	Andrew	6.00	12,500.00	75,000.00
6	Feeders	Andrew	240.00	47.00	11,280.00
7	Conectores y otros		---	---	2,000.00
Core IMS					
1	Solución Core IMS	Alcatel-Lucent	1.00	2,500,000.00	2,500,000.00
2	Router	Cisco	1.00	150,000.00	150,000.00
Infraestructura de Telecomunicaciones					
8	Banco de Baterías	Tudor	4.00	15,000.00	60,000.00
9	Grupo Electrogeno	Honda	4.00	3,500.00	14,000.00
10	Pozo de tierra	THOR-GEL	6.00	30.00	180.00
11	Pararrayos Franklin	THOR-GEL	4.00	150.00	600.00
12	Aire Acondicionado	York	4.00	12,000.00	48,000.00
13	Luz de balizaje	Promelsa	4.00	15.00	60.00
Terminales de Usuario					
14	UE	Alcatel-Lucent, Nokia, Huawei, Samsung, etc	19,100.00	150.00	2,865,000.00
Externalidades					
15	Interconexión con Telefónica	TdP	1.00	250,000.00	250,000.00
16	Instalación y Seguridad	GyM	4.00	5,000.00	20,000.00
17	Otros				30,000.00
TOTAL CAPEX					\$ 6,816,120.00

TABLA 5.1 - Costos de Inversión de la red IMS

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 5.1 se muestra el detalle del capital invertido para la implementación de la red piloto IMS, el cual asciende a más de 6 millones 800 mil soles. Es importante considerar que los precios contemplados son referenciales, y que pueden subir o bajar en el tiempo conforme evolucione la tecnología.

Con respecto a los terminales IMS, se considera la compra solo para el primer año, ya que posteriormente se harán otras inversiones para abastecer a los nuevos usuarios que ingresan a la red.

5.2 Costos de Operación y Mantenimiento

En esta sección se detallarán los costos de operación y mantenimiento del proyecto, los cuales incluyen el mantenimiento no solo correctivo, sino también el preventivo, para lo cual es necesario tener un equipo de personas que se encarguen de realizar esta labor.

Se contemplará contar con diversas áreas en la empresa, las cuales desarrollaran diversas actividades que beneficiaran de una u otra manera el correcto funcionamiento de la red, entre las que figuran: comercial, ingeniería de Rf, ingeniería de Red y un supervisor de la red.

Adicionalmente, a fin de asegurar un correcto performance en el acceso a Internet, se presupuestará ser parte de un NAP, junto con otros operadores de la zona, de tal manera que se tenga un punto de acceso a esta backbone mundial y brindar un buen servicio.

Con respecto a los minutos de consumo de los usuarios, se estima que del total de minutos mensuales cursados por nuestros usuarios, el 80% corresponderá a llamadas local, y el 20% a llamadas de larga distancia. Además, el 30% de cada tipo de llamadas será del tipo off-net , y por lo cual se tendrá que pagar a otro operador.

Las siguientes tablas corresponden a los costos de operación y mantenimiento en los años 1, 2, 3, 4 y 5, y contemplan los puntos mencionados anteriormente.

Concepto	Cantidad	Pago Mensual	Total Anual
Transporte conmutado local (\$ 0.00554 x minuto)	1,007,928.00	5,583.92	67,007.05
Transporte conmutado larga distancia nacional (\$ 0.02034 x minuto)	251,982.00	5,125.31	61,503.77
Alquiler torres ventadas	4.00	2,000.00	24,000.00
Pago de Personal (4 ventas, 2 Ingeniero de RF, 2 Ingenieros de Red, 1 supervisor)	-----	9,300.00	111,600.00
Acceso a Internet (NAP)	1.00	30,000.00	360,000.00
Otros Gastos	-----	-----	20,000.00
TOTAL OPEX AÑO 1			\$ 644,110.82

TABLA 5.2 - Costos de Operación y Mantenimiento de la red en el año 1

Fuente: Elaboración Propia

Concepto	Cantidad	Pago Mensual	Total Anual
Transporte conmutado local (\$ 0.00554 x minuto)	1,411,099.20	7,817.49	93,809.87
Transporte conmutado larga distancia nacional (\$ 0.02034 x minuto)	352,774.80	7,175.44	86,105.27
Alquiler torres ventadas	4.00	2,000.00	24,000.00
Pago de Personal (4 ventas, 2 Ingeniero de RF, 2 Ingenieros de Red, 1 supervisor)	-----	9,300.00	111,600.00
Acceso a Internet (NAP)	1.00	30,000.00	360,000.00
Otros Gastos	-----	-----	20,000.00
TOTAL OPEX AÑO 2			\$ 695,515.15

TABLA 5.3 - Costos de Operación y Mantenimiento de la red en el año 2

Fuente: Elaboración Propia

Concepto	Cantidad	Pago Mensual	Total Anual
Transporte conmutado local (\$ 0.00554 x minuto)	1,679,208.05	9,302.81	111,633.75
Transporte conmutado larga distancia nacional (\$ 0.02034 x minuto)	419,802.01	8,538.77	102,465.28
Alquiler torres ventadas	4.00	2,000.00	24,000.00
Pago de Personal (4 ventas, 2 Ingeniero de RF, 2 Ingenieros de Red, 1 supervisor)	-----	9,300.00	111,600.00
Acceso a Internet (NAP)	1.00	30,000.00	360,000.00
Otros Gastos	-----	-----	20,000.00
TOTAL OPEX AÑO 3			\$ 729,699.03

TABLA 5.4 Costos de Operación y Mantenimiento de la red en el año 3

Fuente: Elaboración Propia

Concepto	Cantidad	Pago Mensual	Total Anual
Transporte conmutado local (\$ 0.00554 x minuto)	1,931,089.26	10,698.23	128,378.81
Transporte conmutado larga distancia nacional (\$ 0.02034 x minuto)	482,772.31	9,819.59	117,835.07
Alquiler torres ventadas	4.00	2,000.00	24,000.00
Pago de Personal (4 ventas, 2 Ingeniero de RF, 2 Ingenieros de Red, 1 supervisor)	-----	9,300.00	111,600.00
Acceso a Internet (NAP)	1.00	30,000.00	360,000.00
Otros Gastos	-----	-----	20,000.00
TOTAL OPEX AÑO 4			\$ 761,813.88

TABLA 5.5 Costos de Operación y Mantenimiento de la red en el año 4

Fuente: Elaboración Propia

Concepto	Cantidad	Pago Mensual	Total Anual
Transporte conmutado local (\$ 0.00554 x minuto)	2,124,198.18	11,768.06	141,216.70
Transporte conmutado larga distancia nacional (\$ 0.02034 x minuto)	531,049.55	10,801.55	129,618.57
Alquiler torres ventadas	4.00	2,000.00	24,000.00
Pago de Personal (4 ventas, 2 Ingeniero de RF, 2 Ingenieros de Red, 1 supervisor)	-----	9,300.00	111,600.00
Acceso a Internet (NAP)	1.00	30,000.00	360,000.00
Otros Gastos	-----	-----	20,000.00
TOTAL OPEX AÑO 5			\$ 786,435.27

TABLA 5.6 Costos de Operación y Mantenimiento de la red en el año 5

Fuente: Elaboración Propia

5.3 Evaluación económica del proyecto y periodo de recupero del capital

En esta sección se calculará en cuanto tiempo se recuperará la inversión y cuán sostenible puede llegar a ser éste en corto plazo.

En base a la cantidad de usuarios que se tendrá en cada fase de nuestro proyecto, y al plan al que se suscriban conforme a lo mencionado a los capítulos anteriores, la suma de todos los pagos mensuales corresponde el ingreso bruto de nuestra empresa. La tabla 5.7 nos muestra dichos ingresos.

	Año de Evaluación	Total Usuarios	Total Ingresos
PRIMERA FASE	1	19,044.00	\$ 6,096,300.00
SEGUNDA FASE	2	26,735.00	\$ 8,825,880.00
	3	31,613.00	\$ 10,490,220.00
TERCERA FASE	4	36,152.00	\$ 11,962,440.00
	5	39,531.00	\$ 12,997,860.00

TABLA 5.7 Ingresos Brutos Anuales

Fuente: Elaboración Propia

Teniendo en cuenta los ingresos brutos anuales, el CAPEX y el OPEX en los 5 años del proyecto, se obtiene la tabla 5.8 la cual muestra el flujo neto del proyecto. Adicionalmente se consideran inversiones en los años 2, 3, 4 y 5 correspondientes a la compra de los UE a fin de poder abastecer de estos a los nuevos usuarios de la red IMS.

A partir del flujo del proyecto obtenido en la tabla 5.8 y tomando en consideración algunos pagos adicionales que se tienen que hacer sobre este valor como son: Canon Radioeléctrico, FIDEL (1%), OSIPTEL (0.5%), gastos de publicidad, etc; se genera la tabla 5.9, en base a la cual se puede determinar que nuestra red piloto IMS para la ciudad de Ica es sostenible a corto plazo, y que la inversión se recupera en el segundo año de funcionamiento de la red.

Año de Evaluación	Primera Fase		Segunda Fase		Tercera Fase	
	0	1	2	3	4	5
Inversión	-6,816,120.00		-1,153,650.00	-731,700.00	-680,850.00	-506,850.00
Ingresos por Usuario		6,096,300.00	8,825,880.00	10,490,220.00	11,962,440.00	12,997,860.00
Gastos Operación y Mantenimiento		-644,111.00	-695,515.00	-729,699.00	-761,814.00	-786,435.00
Flujo del Proyecto	-6,816,120.00	5,452,189.00	6,976,715.00	9,028,821.00	10,519,776.00	11,704,575.00

Tabla 5.8 Flujo del Proyecto
Fuente: Elaboración propia

Año de Evaluación	Primera Fase		Segunda Fase		Tercera Fase	
	0	1	2	3	4	5
Flujo del Proyecto	-6,816,120.00	5,220,406.17	6,722,064.28	8,743,388.69	10,211,979.36	11,379,006.38
Factor	1.00	0.89	0.80	0.71	0.64	0.57
Valor Actual	-6,816,120.00	4,661,076.93	5,358,788.48	6,223,371.36	6,489,897.50	6,456,753.81
Valor Actual Acumulado	-6,816,120.00	-2,155,043.07	3,203,745.42	9,427,116.78	15,917,014.28	22,373,768.09

Tabla 5.9 Recuperación real de la inversión
Fuente: Elaboración Propia

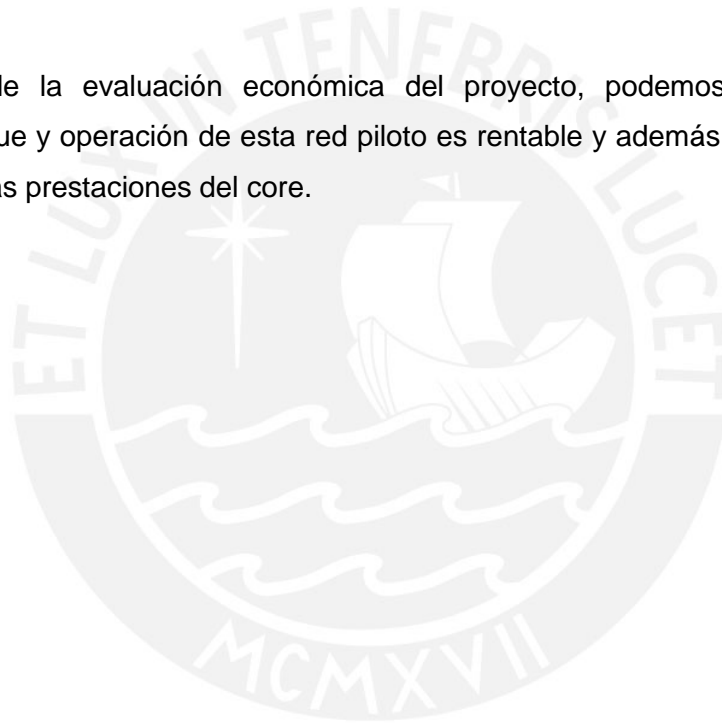


Conclusiones

Finalizado el presente proyecto, se puede llegar a las siguientes conclusiones:

- Luego de haber analizado la evolución de la tecnología IMS y los casos de estudio de los fabricantes más relevantes, se llega a la conclusión de que las redes basadas en tecnología IMS que están siendo desplegadas en distintos países, han alcanzado y superado las expectativas de rendimiento y rentabilidad. Esto permite que exista un amplio background para posteriores despliegues.
- La tecnología IMS ofrece diversos servicios convergentes, indistintos de la red de acceso. Los servicios elegidos para nuestro proyecto son producto de un análisis sobre las necesidades actuales y futuras de los clientes, ya sea como personas o como empresas. Estos servicios permitirán un comercio más ágil y personalizado, características necesarias para un mejor crecimiento económico.
- Luego del análisis socio-económico y del trabajo de campo en la ciudad de Ica, podemos afirmar que esta ciudad es un mercado potencial adecuado para el despliegue de una red basada en tecnología IMS. Esto se debe a que el mercado de telecomunicaciones está en crecimiento continuo, y más aún si se trata de tecnologías móviles. Por otro lado, se han creado planes de servicios adecuados para la penetración en hogares que no cuentan con servicios básicos de telecomunicaciones, apoyando de esta manera al aumento de la calidad de vida de la población.

- La mayoría de soluciones IMS analizadas, de los fabricantes más relevantes, fueron diseñadas para operadores grandes, los cuales querían ofrecer nuevos y mejores servicios, así como mejorar la experiencia del usuario. De acuerdo a las especificaciones técnicas de las soluciones y de los equipos que se emplean, desplegar una red de tal magnitud sería sobredimensionar la demanda y no se aprovecharía la gran capacidad que brindan dichas soluciones. Por lo tanto, se optó por un diseño compacto del core de la red, con una capacidad adecuada para la demanda calculada en el capítulo 3, además de presentar un menor costo de CAPEX y OPEX, lo que permitirá la sostenibilidad de la red durante su período de funcionamiento.
- Luego de la evaluación económica del proyecto, podemos concluir que el despliegue y operación de esta red piloto es rentable y además escalable, debido a las altas prestaciones del core.



Recomendaciones

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

- De acuerdo a los resultados de la evaluación económica realizada, la rentabilidad que generaría este proyecto es tan grande, que se podrían reducir algunas tarifas. En especial, las tarifas de los planes orientados al sector de la población que no cuenta con servicios básicos de telecomunicaciones. Esta recomendación mejoraría los resultados de uno de los principales objetivos del proyecto, el cual es ofrecer servicios básicos de telecomunicaciones a precios acordes con la capacidad adquisitiva de este sector.
- Al observar la rápida recuperación del capital invertido, se recomienda realizar una evaluación socio-económica, que permita decidir sobre una nueva inversión para ampliar la cobertura de operación de la red a las demás provincias del departamento de Ica. Esta vez, solamente se invertirá en equipos para las redes de transporte y acceso, así como en equipos terminales según los objetivos de penetración del estudio. El desempeño del core no sería afectado, ya que, a pesar de ser un diseño compacto, tiene mayor capacidad de la que se usaría para el proyecto inicial.
- Dado que todos los cálculos y simulaciones presentadas en este proyecto son teóricos, se recomienda realizar de manera continua pruebas de Drive Test y optimización de la red, de manera que se asegure el correcto funcionamiento de ésta. Es importante que se realice durante todas las fases del proyecto, ya que la geografía de la ciudad puede variar, lo cual afectará el desempeño de la red.

Bibliografía

1. [ALU2009] Alcatel-Lucent.
URL: <http://www.alcatel-lucent.com>
2. [AVEL2008] VELARDE, Angelo. Diapositivas del curso de Sistemas de Protección de Redes de Telecomunicaciones. Perú. 2008
3. [CAM2006] CAMARILLO, GONZALO; GARCÍA-MARTÍN, MIGUEL. "The 3G IP Multimedia Subsystem". Inglaterra. 2006.
4. [DGUIL2008] GUILLEN, DANIEL. Tesis para optar por el título de Ingeniero de las Telecomunicaciones. Diseño de una red de telefonía móvil de tercera generación WCDMA para la ciudad de Tacna. Perú. 2008
5. [ERI2009] Ericsson.
URL: <http://www.ericsson.com>
6. [HUA2009] Huawei.
URL: <http://www.huawei.com/es>
7. [MAN2007] MANSUTTI, DAVID. LAMBERTON, MARC. MATHIEU, MARIE-NOËLLE. MENEZ, BRUNO. White Paper: "Study Case on the convergence of Web Services and IMS Using Instant Communication Services". OpenCall Software, Hewlett-Packard. Francia. 2007.
8. [MROS2008] ROSAS, MIGUEL. Tesis para optar por el título de Ingeniero de las Telecomunicaciones. Diseño de una red WIMAX móvil para la ciudad de Trujillo. Perú. 2008
9. [MTC2007] CANALIZACIÓN DE BANDAS PARA SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES

[URL: http://www.mtc.gob.pe/portal/comunicacion/concesion/mlegal/ntecnicas/canal.htm](http://www.mtc.gob.pe/portal/comunicacion/concesion/mlegal/ntecnicas/canal.htm)

10. [NOK2009] Nokia-Siemens Networks.
URL: <http://www.nokiasiemensnetworks.com>
11. [NOR2007] Norment, Hunt. "A Single Killer App? Not in Today's Personalized World". IMS Magazine Febrero 2007.
12. [POI2004] POIKSELKÄ, MIIKKA; MAYER, GEORG; KHARTABIL, HISHAM; NIEMI, AKI. "The IMS". Inglaterra. 2004.
13. [UIT2009] Unión Internacional de Telecomunicaciones. URL: <http://www.itu.int>
14. [CUA2008] Current Analysis.
URL: <http://www.currentanalysis.com>