

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES "ARAGÓN"**



**TRANSMISIÓN A TRAVÉS DE ENLACES
Dirección y Administración basada en la
Metodología de Administración de
Proyectos del PMI® (Guía del PMBOK®)**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO EN COMPUTACIÓN**

**PRESENTA:
DIEGO GARCÍA GRANADOS
Cuenta: 30007406-0
Generación 2005 – 2009**

**Director:
Dr. David Moisés Terán Pérez**

**Modo de Titulación:
"Seminarios y cursos de actualización y capacitación profesional"**



San Juan de Aragón, Edo. De México, a 14 de Febrero de 2014



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



AGRADECIMIENTOS:

A mis padres, que en todo momento fueron guías durante los años de niñez, la adolescencia y hoy que comienza mi vida profesional, han mantenido mis pasos en el sendero de la confianza, el amor, la honestidad, la justicia y el respeto.

A ellos que han sido mis cómplices: mis amigos; pero sobre todo, a mis maestros a lo largo de 29 años.

A ellos con toda mi entereza; del pequeño de los frutos de su gran amor.

Diego García Granados



El siguiente proyecto mantiene la confidencialidad de identidad y direccionamiento IP público y privado existente de manera productiva en las plataformas del operador; por ello toda dirección IP contenida dentro de este documento fue representada como X.X.X.X.

Los documentos que hacen alusión a dígitos identificadores de red y los denominados puntos de señalización (SP) han sido remplazados por "X", así como la información de LAC (*Location Area id*) Y RAC (*Routing Area Code*). La mención de marcas de equipos y proveedores especializados en equipamiento de redes móviles, se utilizó solo con fines ilustrativos y educativos, jamás con el afán de promocionar o vender productos y servicios de cada uno de ellos.



Introducción

CAPÍTULO 1

Las Tecnologías de la Información, (T.I.)

1.1. Introducción	7
1.2. Las Telecomunicaciones	10
1.2.1. Definición y clasificación de los medios de transmisión	12
1.2.2. Las redes móviles	13
1.2.3. Generaciones de redes móviles	15
1.2.3.1. Sistema de Primera Generación (Analógica)	15
1.2.3.2. Sistema de Segunda Generación (Digital)	15
1.2.3.3. Redes de Tercera Generación (WCDMA en UMTS)	18
1.2.3.4. Redes de Cuarta Generación (ALL-IP)	18
1.2.3.5. Técnicas de Acceso Múltiple	20
1.2.4. Elementos de una Red Móvil de Segunda Generación GSM	21
1.2.5. Elementos de una Red Móvil de Tercera Generación WCDMA	22
1.2.6. Señalización (Signalling System #7)	24
1.2.7. Interfases de comunicación para redes móviles	26
1.3. El Modelo OSI (Open System Interconnection)	28
1.3.1. Las siete capas del Modelo OSI	29
1.4. Espectro radioeléctrico	31
1.4.1. Términos relacionados	31
1.4.2. ¿Cómo se trasmite la información?	32
1.4.3. Diferencia entre el espectro electromagnético y el espectro radioeléctrico	32
1.4.4. División del espacio radioeléctrico	32
1.4.5. Métodos de modulación	33
1.5. Medios de transmisión	35
1.5.1. Fibra óptica	35
1.5.1.1. Clasificación de las fibras ópticas	38
1.5.1.2. Señal transportada, longitud de onda	40
1.5.1.3. Ventajas e inconvenientes de la fibra óptica con respecto al cobre	41
1.5.1.4. Tipos de conectores	41
1.5.2. Fundamentos de radiocomunicaciones, micro-ondas	42
1.5.2.1. Radio celdas y propagación de ondas	44
1.6. Comunicaciones: Antenas móviles	44
1.6.1. Antenas móviles	45
1.6.1.1. Handover/Handoff (Traspaso entre celdas)	46
1.6.1.2. Parámetros de un antena móvil	47
1.6.1.3. ¿Cómo es posible transmitir la voz y datos?	47
1.6.1.4. Funcionamiento	47



CAPÍTULO 2

Metodología de Administración de Proyectos de Tecnologías de la Información y las Telecomunicaciones

2.1. Conceptos para la Administración de Proyectos	50
2.1.1. Proyecto	51
2.1.2. Grupos de Procesos de la Dirección de Proyectos	52
2.1.3. Áreas de Conocimiento de la Dirección de Proyectos	61
2.1.4. Dirección de Proyectos	63
2.1.5. Proyectos y Planificación Estratégica	64
2.1.5.1. Oficina de Dirección de Proyectos PMO	64
2.1.5.2. Principales diferencias entre el Rol del Director de Proyectos y la Oficina de Dirección de Proyectos	65
2.1.5.3. Rol del Director de Proyectos	65
2.1.6. Factores ambientales de la Empresa	65
2.2. Ciclo de vida del Proyecto	66
2.2.1. Fases del Proyecto	67
2.2.2. Relación entre fases del Proyecto	70
2.3. Los interesados	70
2.4. Estructura de la organización	72
2.4.1. Activos de los procesos de la organización	75
2.4.2. Procesos y Procedimientos	76
2.4.3. Base corporativa de conocimiento(S)	78

CAPÍTULO 3

Análisis, Situación Actual del Core PS

3.1. Exposición del Problema y Razón del Proyecto	78
3.2. Topología actual de la red Móvil	80
3.3. Proceso de iniciación del Proyecto	82
3.4. Requerimientos del Proyecto MiC_PS	84
3.5. Topología de red propuesta Proyecto MiC_PS	84

CAPÍTULO 4

Planeación

4.1. Planeación del Proyecto MiC_PS	86
4.2. Procesos Organizacionales	88
4.3. Programación para la migración de los enlaces GB/FR, GB/IP & RNC IU	90
4.4. Plan de Comunicaciones	93
4.5. Plan de Riesgos	94
4.6. Plan de Costos (Presupuesto)	94



4.7 Planificar la Calidad	97
---------------------------	----

CAPÍTULO 5

Diseño

5.1 Diseño del Proyecto MiC_PS	98
5.1.1 Diseño de Alto Nivel HLD	98
5.1.2 Diseño de Bajo Nivel LLD	99
5.1.3 Diseño del Direccionamiento IP	99

CAPÍTULO 6

Monitoreo y control

6.1 Plan para Monitoreo y Control del Proyecto MiC_PS	101
6.1.1 Monitoreo de Migración de BSC, RNC y APN	102
6.1.2 Monitoreo de Migración Reporte para la Dirección	103
6.1.3 Monitoreo de Desempeño del Nuevo Núcleo de Red	104
6.1.4 Monitoreo del Núcleo de Red, Versión del Proveedor	105

CAPÍTULO 7

Pruebas

7.1 Periodo de Pruebas Nodo Piloto DFF1M3N	107
7.1.1 Comandos para Migración de Interfaz Gb/FR	107
7.1.2 Comandos para Migración Interfaz Gb/IP	110
7.1.3 Configuración en DNS y resolución de APN's (Nombres de Punto de Acceso)	111
7.1.4 Comandos para Migración Interfaz lu	114
7.1.5 Comandos para Migración de APN (Nombres de Punto de Acceso)	116

CAPÍTULO 8

Puesta en Marcha	121
-------------------------	------------

Conclusiones	125
---------------------	------------

Anexo 1. Glosario de Términos	129
--------------------------------------	------------

Anexo 2. Lista de Acrónimos	131
------------------------------------	------------

Anexo 3. Lista de Imágenes	135
-----------------------------------	------------

Anexo 4. Lista de Tablas	138
---------------------------------	------------

Anexo 5. Lista de Archivos	139
-----------------------------------	------------

Referencias	141
--------------------	------------



INTRODUCCIÓN

A lo largo de los años el hombre ha investigado, experimentado y creado distintos modos y medios para almacenar y poner a disposición la información. Anteriormente, se manejaban las pinturas, los grabados, los escritos en diferentes superficies y materiales, después los libros que terminaron por convertirse en grandes bibliotecas de conocimiento literalmente asequibles para sólo un puñado social. En los primeros esbozos de las soluciones con fines militares se buscó mantener la información como un algo “privado y privilegiado” solamente para algunos; hoy este nudo se ha desvanecido y con el pasar de los años se han inventado medios, dispositivos e inclusive equipos u ordenadores que pueden estar interconectados entre sí; capaces de mantener una cantidad inimaginable de información, (páginas web, libros, noticias, música, videos, *software*, aplicaciones, etcétera), y todo está actualmente al alcance de cualquier persona que cuente con algún medio de telecomunicación, lo más común y cotidiano es una computadora, un teléfono celular, una tableta, una memoria dispositivo de banda ancha con las capacidades de navegación en línea; es decir, con acceso a la Internet. La Internet es una de las armas con mayor proliferación de las últimas décadas, capaz de conectar simple y sencillamente con todo el mundo con solo dar un “*clic*”.

Posteriormente, se formuló el concepto de Redes, lo cual busca conectar varios dispositivos y/o equipos digitales a la vez y establecer un canal de comunicación mediante el cual sea posible acceder y compartir la información en tiempo real. Logrando un aumento en el interés por las personas, por contar con lo suficiente para estar informado; ya sea a través de un teléfono celular, de un correo electrónico o de las decenas de redes sociales que funcionan como vecindarios virtuales.

Hoy en pleno siglo XXI, no es necesario invertir grandes cantidades de tiempo para localizar un país o una montaña en un atlas geográfico, un lugar en un mapa, leer el diario matutino, una definición en un diccionario sin importar el idioma, un traductor; no es necesario salir a la calle y enfrentarse al caos y estrés vial, que reina nuestra ciudad para dar un vistazo a una plaza comercial, a una agencia de autos, a la cartelera de teatro o de cine; no es necesario despegarse del asiento para hacer una simulación o un ejercicio interactivo mediante el uso de la computadora; lograr un libro de un autor favorito, no es necesario comprar un CD de música o un DVD físicamente, ya que todo se encuentra en las tiendas virtuales o en la nube, y así disfrutar de ello en la comodidad de casa, e inclusive en los tiempos de ocio laborales; todo lo anterior son bastos ejemplos de las bondades de la tecnología que hacen posible el proceso de enseñanza, aprendizaje. Hoy toda la información es libre de consulta, de fácil acceso y de libre uso.

En los últimos años, ha surgido un término que ha logrado consolidarse de forma global, acortando por completo las distancias; derribando las barreras de la comunicación, ofreciendo mayor seguridad, velocidad, comunicación directa, flexibilidad y una baja significativa en cuestión de costos; los llamados ***enlaces dedicados o punto a punto***; ideales para todos aquellos con la necesidad de transmitir importantes cantidades de información a altas velocidades y de formas segura entre sus lugares de trabajo y otro punto en cualquier región.



Gracias a los vertiginosos desarrollos tecnológicos de los últimos años, hechos más evidentes en la década de los años 90 y el último lustro del segundo milenio, es que la humanidad vive en una (r)evolución donde lo más importante no es tener una gran cantidad de información; sino contar con la información precisa, puntual, necesaria, veraz y lo más importante ordenada; conforme al criterio personal u organizacional, que es hacia donde se encaminan las nuevas tendencias de la administración de la información (documentación), en conjunto con el uso de herramientas tecnológicas.

El orden, puntualidad, prevención, monitoreo y una correcta documentación son los principales ingredientes de la receta denominada Administración de Proyectos de Tecnologías de la Información y Comunicaciones del **PMI® (Guía del PMBOK®)**; mediante la cual se encuentra conducido el proyecto **“TRANSMISIÓN A TRAVÉS DE ENLACES”**, desde un inicio hasta su consumación como un proyecto de éxito.

El siguiente proyecto ha sido desarrollado para cubrir las necesidades de acceso, conexión, procesamiento, tarificación y transmisión de datos, para uso nacional e internacional del servicio de la Internet móvil en las diferentes tecnologías 2G EDGE, 3G UMTS y 3.5 HSPA+ de una empresa de Telecomunicaciones (específicamente del ramo de las comunicaciones por telefonía celular) interesada por migrar su *Core* de paquetes actual (*Core Ps SWAP*) compuesto por BSC, RNC, SGSN, GGSN, HLR, BG, CG, y GRX, concentrado en 3 grandes regiones geográficamente divididas en: Monterrey, “Corregidora” en Monterrey, Nuevo León; México Norte (Tlalnepantla) y México “La Presa”; todo ello hacia equipos de última generación de otro proveedor (con equipos aproximadamente 10 años mas reciente que el *Core* de paquetes actual), el proyecto fue tomado desde su planteamiento hasta su puesta en marcha.

El desarrollo del proyecto representó diversos retos en sus diferentes fases, pero una gran ventaja que vale la pena mencionar es que la migración del *Core* de paquetes, fue realizada sobre la red existente GSM/GPRS/UMTS/HSPA, lo que se traduce como ahorro de recursos humanos, tecnológicos, económicos e incluso, cuestiones de infraestructura. Importante recordar que la metodología de administración de proyectos da una sugerencia de ¿qué hacer? para dirigir un proyecto, pero no dice el ¿cómo?; esto depende de las habilidades que tenga el líder del proyecto, las relaciones con todos los involucrados en el mismo, considerar los procesos de la organización y los factores ambientales de la empresa. A lo largo del ciclo de vida del proyecto y sus diferentes fases, sufrió ligeras modificaciones relacionadas con la inclusión de nuevos elementos entre las puntas A y B sin reflejarse afectación alguna en el correcto funcionamiento que hasta la fecha, sigue vigente.



CAPÍTULO 1

TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN (TIC)

1.1. INTRODUCCIÓN

Dentro de las decenas de definiciones para un concepto tan común en la actualidad, se han seleccionado aquellas que engloban en su totalidad, la finalidad para la cual fueron desarrolladas las Tecnologías de la información TI.

- *Information Technology*, agrupa los elementos y las técnicas utilizadas en el tratamiento y transmisión de la información, principalmente de informática, la Internet y las telecomunicaciones (<http://es.wikipedia.org>).
- Tecnología de la Información (TI) se entiende como "aquellas herramientas y métodos empleados para recabar, retener, manipular o distribuir información. La tecnología de la información se encuentra generalmente asociada con las computadoras y las tecnologías afines aplicadas a la toma de decisiones (Bologna y Walsh, 1997).
- Se denominan "**Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, (TIC)**", al conjunto de tecnologías que permiten la adquisición, producción, almacenamiento, tratamiento, comunicación, registro y presentación de informaciones, en forma de voz, imágenes y datos contenidos en señales de naturaleza acústica, óptica o electromagnética. Las TIC incluyen la electrónica como tecnología base que soporta el desarrollo de las telecomunicaciones, la informática y el audiovisual (<http://www.gtic.ssr.upm.es>).

Las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC), han permitido llevar la globalidad al mundo de la comunicación, facilitando la interconexión entre las personas e instituciones a nivel mundial, y eliminando barreras espaciales y temporales. A nadie sorprende estar informado minuto a minuto, comunicarse con gente del otro lado del planeta, ver el video de una canción, enviar y recibir correos electrónicos y/o archivos, o trabajar en equipo sin estar en un mismo sitio. Con una rapidez impensada las Tecnologías de la Información y Comunicaciones (TIC), son cada vez más, parte importante de nuestras vidas. Este concepto que también se llama "Sociedad de la información", se debe principalmente a un invento que empezó a formarse hace unas cuatro décadas: La Internet.

El desarrollo de la Internet, ha significado que la información esté ahora en muchos sitios. Antes, la información estaba concentrada, la daban los padres, los maestros, los libros. La escuela y la universidad eran los ámbitos que concentraban el conocimiento. En la última década, las nuevas herramientas tecnológicas de la información y la comunicación, han producido un cambio profundo en la manera en que los individuos se comunican e interactúan en el ámbito de los negocios, y han provocado cambios significativos en la industria, la agricultura, la medicina, el comercio, la ingeniería y otros campos. Esas tecnologías se presentan cada vez más, como una necesidad en el contexto de sociedad donde los rápidos cambios, el aumento de los conocimientos y las demandas de una educación de alto nivel constantemente actualizada se convierten en una exigencia permanente.



Las nuevas formas de trabajo y la globalización de la economía, imponen la necesidad del acceso instantáneo a la información y por lo tanto, de interconectar las distintas redes que se han ido creando, diseñándose nuevas arquitecturas de sistemas, en las que la función de comunicación es de igual importancia o superior por lo estratégico de la disponibilidad instantánea de la información. A esto, se añade, la existencia de unas infraestructuras de comunicación muy extendidas y fiables y un abaratamiento de los costos de comunicación lo que estimuló la aparición de nuevos servicios adecuados a las estrategias de las corporaciones. La comunicación instantánea es vital para la competitividad de una empresa, en un mundo en que la información se convierte en una entrada más del sistema de producción.

El “uso y el acceso a la información”, es el objetivo principal de las TIC. El manejo de la información es cada vez más dependiente de la tecnología, ya que los crecientes volúmenes de la misma que se manejan, y su carácter claramente confidencial y multimedia, obligan a un tratamiento con medios cada vez más complejos. El acceso a redes como la Internet mediante ordenadores personales o la complejidad de los sistemas bancarios y de reservas aéreas totalmente informatizadas son pruebas evidentes de que sin la tecnología el uso de la información sería imposible en la actualidad. Algunos puntos importantes para la existencia de las TIC son los siguientes:

- **El *software*:** El *software* o soporte lógico, es el conjunto de instrucciones escritas en lenguajes de programación y traducidas posteriormente a dígitos binarios para que sean entendidas por el *hardware*.
- **Los sistemas operativos:** Es el *software* básico de una computadora que provee una interfaz entre el resto de programas del ordenador, los dispositivos *hardware* y el usuario.
- ***Middleware*:** Es el *Software* que asiste a una aplicación para interactuar o comunicarse con otras aplicaciones, otro *software*, otras redes, otro *hardware* y/u otro(s) sistema(s) operativo(s).
- **Cliente/Servidor:** La arquitectura cliente/servidor, reparte la carga de trabajo entre la estación del usuario y la estación central.
- **Bases de Datos:** Para el manejo, manipulación y administración de información.
- **Programas de Aplicación:** *Software* para la realización de tareas variadas como puedan ser hojas de cálculo, proceso de textos.
- **Lenguajes de Programación y Herramientas para la Ingeniería de *Software*:** Conjunto de lenguajes y herramientas de ayuda al desarrollo de la realización de aplicaciones específicas.

1.2 LAS TELECOMUNICACIONES

Telecomunicaciones. Toda emisión, transmisión y recepción de signos, señales, escritos e imágenes, sonidos e informaciones de cualquier naturaleza, por hilo, radioelectricidad, medios ópticos u otros sistemas electromagnéticos (ITU: *International Telecommunication Union*). En los años 80, cuando los ordenadores personales se volvieron populares, aparecen las redes digitales.



En la última década del siglo XX, aparece la Internet, que se expandió enormemente, ayudada por la expansión de la fibra óptica; y a principios del siglo XXI, se están viviendo los comienzos de la interconexión total a la que convergen las telecomunicaciones, a través de todo tipo de dispositivos que son cada vez más rápidos, más compactos, más poderosos y multifuncionales, y también de nuevas tecnologías de comunicación inalámbrica como las redes inalámbricas.

Las infraestructuras de telecomunicaciones, transportan la información desde un punto a otro, mediante un conjunto de equipos y medios de acceso, transmisión y conmutación. Proporcionan la capacidad necesaria para mantener una comunicación, ya sea ésta en forma de voz, datos o imágenes. Esta definición, incluye todas las necesidades que impone una comunicación, como son tener acceso a la red de comunicación, transportar la información y poner en comunicación al emisor y al receptor. Todo ello, dentro de un marco de operación de distintos servicios que se basan en iguales o distintas redes y requiere su interconexión. La telecomunicación puede ser “punto a punto”, “punto a multipunto” o “teledifusión”, que es una forma particular de punto a multipunto que funciona solamente desde el transmisor a los receptores, siendo su versión más popular la radiodifusión. Los conceptos fundamentales en telecomunicaciones son:

- **Acceso:** Proporciona la conexión a las redes que prestan los servicios de telecomunicaciones.
- **Señalización:** Entre el terminal y la red, de modo que ésta conozca el servicio solicitado y lo que es más importante, la red tiene que dirigir la información al punto destino entre los millones de destinos que puede haber apoyándose en la conmutación y en la transmisión.
- **Conmutación:** Se encarga de conectar los puntos origen y destino de una forma progresiva y transparente al usuario.
- **Transmisión:** Transportar eficientemente (bajos costos y mayor velocidad) la información.
- **Interconexión:** En la conexión de las redes, se ha convertido en uno de “los cuellos de botella” para la difusión de las TIC. Históricamente, han existido dos entornos de difusión de redes de comunicaciones incompatibles entre sí. El entorno *local*, compuesto por las redes de ordenadores de las organizaciones empresariales, y el entorno de las telecomunicaciones *públicas* con redes especializadas para cada servicio.

Posibles imperfecciones en un canal de comunicación son: El ruido impulsivo, el ruido de Johnson-Nyquist (también conocido como ruido térmico), el tiempo de propagación, la función de transferencia de canal no lineal, las caídas súbitas de la señal (micro-cortes), las limitaciones en el ancho de banda y reflexiones de la señal (eco). Muchos de los modernos sistemas de telecomunicación obtienen ventaja de algunas de estas imperfecciones, para finalmente, mejorar la calidad de la transmisión del canal.



1.2.1. DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LOS MEDIOS DE TRANSMISIÓN

Medio de transmisión. Es el canal que permite la transmisión de información entre dos terminales de un sistema de transmisión. La transmisión se realiza habitualmente empleando ondas electromagnéticas que se propagan a través del denominado canal de comunicación. A veces el canal es un medio físico y otras veces no, ya que las ondas electromagnéticas son susceptibles de ser transmitidas también por el vacío. Clasificación de los medios de transmisión:

- **Medios de transmisión guiados.** Son los constituidos por un canal sólido por el que se transmite la información en forma de variación de una magnitud física.
- **Medio de transmisión no guiado.** Es aquel que sirve de soporte para que se produzca la variación de la magnitud, pero no la dirigen por un camino específico.

Pueden ser *simplex*, *half-duplex* y *full-duplex* según sea el sentido de la transmisión. (Ver la Fig. 1.1.).

- **Modo de transmisión *simplex* (sx):** La transmisión simplex o unidireccional, es aquella que ocurre en una dirección solamente, deshabilitando al receptor de responder al transmisor. Normalmente la transmisión *simplex* no se utiliza donde se requiere interacción humano-máquina.
- **Modo de transmisión *half-duplex* (hdx):** Permite transmitir en ambas direcciones; sin embargo, la transmisión puede ocurrir solamente en una dirección a la vez. Tanto transmisor y receptor comparten una sola frecuencia.
- **Modo de transmisión *full-duplex* (fdx):** Permite transmitir en ambas direcciones simultáneamente, por el mismo canal. Existen dos frecuencias: Una para transmitir y otra para recibir.

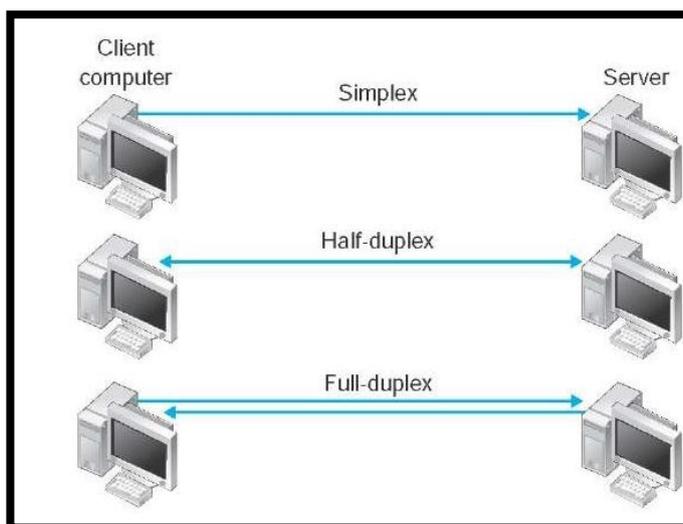


Fig. 1.1. Los diferentes modos de transmisión: *Simplex*, *Half-Duplex* y *Duplex*.



1.2.2. LAS REDES MÓVILES

Las redes móviles se diferencian unas de otras por la palabra "generación"; es decir: Primera generación, segunda generación, tercera generación, etcétera. Esto es muy apropiado, porque hay una gran brecha generacional entre las diferentes tecnologías. Los sistemas móviles de la primera generación fueron los sistemas analógicos (o semi-analógico), que se produjeron en la década de 1980, también fueron llamados NMT (*Nordic Mobile Telephone*). Ellos ofrecían principalmente servicios relacionados de voz y fueron altamente incompatibles. Por lo tanto, sus principales limitaciones, fueron la escasez de servicios que se ofrecían, así como la incompatibilidad.

La creciente necesidad de un sistema que pudiera abastecer las necesidades de comunicación móvil, y ofrecer más compatibilidad, se tradujo en el nacimiento de los sistemas móviles de segunda generación. Los organismos internacionales jugaron un papel clave en la evolución de un sistema que proporcionara mejores servicios, y fuera más transparente y compatible con las redes a nivel mundial. Lamentablemente, estos estándares de redes de segunda generación no pudieron cumplir el sueño de tener sólo un conjunto estándares de redes globales. Las normas en Europa, diferían de las de Japón y las del continente Americano, y así sucesivamente. De todas las normas, la GSM se fue más lejos en el cumplimiento de las expectativas técnicas y comerciales. Pero, de nuevo, ninguno de los estándares de la segunda generación fue capaz de cumplir el sueño de globalización de los organismos de normalización. Esto se cumplió con los sistemas móviles de tercera generación. Los sistemas de tercera generación, son predominantemente orientados hacia el tráfico de datos, en comparación con las redes móviles de segunda generación que llevaban en su mayoría el tráfico de voz. Los principales organismos de estandarización que juegan un papel importante en la definición de las especificaciones para la tecnología móvil son:

- **ITU (*International Telecommunication Union*):** La ITU, con sede en Ginebra, Suiza, es una organización internacional de las Naciones Unidas, donde los gobiernos y el sector privado coordinan redes y servicios de telecomunicaciones globales. El ITU-T, es uno de los tres sectores de la ITU que produce los estándares de calidad que actualmente, cubren todos los campos de las telecomunicaciones.
- **ETSI (*European Telecommunication Standard Institute*):** Este cuerpo es el principal responsable para el desarrollo de las especificaciones para el GSM. Debido a la técnica y el éxito comercial de la GSM, este órgano tuvo un papel importante en el desarrollo de los sistemas móviles de tercera generación. ETSI desarrolla principalmente las normas de las telecomunicaciones en toda Europa.
- **ARIB (*Alliance of Radio Industries and Business*):** Este cuerpo es predominante en el Austral-Asia (región al suroeste de Oceanía, que comprende Australia, Malasia y Nueva Zelanda) jugó un rol importante en el desarrollo de la tercera generación sistemas móviles. ARIB, sirve básicamente como una organización de desarrollo de estándares para la radio-tecnología.
- **ANSI (*American National Standards Institute*):** Actualmente, provee un foro para más de 270 desarrolladores de normas acreditadas, representando aproximadamente 200 distintas organizaciones de los sectores público y privado. Este cuerpo ha sido el responsable de la elaboración de las normas para las redes en América.



- **3GPP (*The 3rd Generation Partnership Project*)**: Este organismo fue creado para mantener en su totalidad, el control del proceso de diseño y especificación para las redes de la tercera generación. El resultado del trabajo del 3GPP, es un conjunto completo de especificaciones que mantienen la naturaleza global de las redes 3G. Aquí es donde se manipulan, administran y liberan las normas para las especificaciones de estandarización para las tecnologías HSDPA y HSUPA, desde la aparición del primer Código de Acceso Múltiple por División del Ancho de Banda [WCDMA: *Wideband Code Division Multiple Access*]. Además, 3GPP también tiene la responsabilidad de la normalización de la GSM/EDGE (*Global System for Mobile Communications / Enhanced Data Rates for Global Evolution*). La 3GPP tiene 4 grupos de especificaciones técnicas responsables de diversos temas relacionados con la red móvil, la interfaz de radio, la arquitectura de red y las especificaciones de cobertura y equipos celulares. Así mismo, bajo los 4 grupos de especificaciones técnicas TSG existen 5 grupos de trabajo WG (*Working Group*), encargados de validar que los trabajos de cada uno de los TSG haya sido realizado.
 - 3GPP-TSG (*Technical Specification Group*):
 - **TSG RAN (*Radio Access Network*)**. Se enfoca en la interfaz de radio y las interfaces internas entre las BTS (*Base Transceiver Stations*)/RNC (*Radio Network Controllers*), así como de la interfaz de la RNC al Core de Paquetes. Las normas para HSDPA y HSUPA son responsabilidad del TSG RAN.
 - **TSG CT (*Core and Terminals*)**. Se enfoca en los temas Core de Paquetes y cobertura, la señalización entre la red central y las terminales.
 - **TSG SA (*Services and System Architecture*)**. Se enfoca en los servicios y la arquitectura general del sistema.
 - **TSG GERAN (*GSM/EDGE RAN*)**. Cubre cuestiones similares como TSG RAN, pero para la interfaz de radio basado en la red GSM / GPRS / EDGE.
 - Grupos Técnicos de Trabajo (*Work Groups*):
 - **TSG RAN GT1**: Responsable de los aspectos de la capa física.
 - **TSG RAN GT2**: Responsable de los aspectos de capa 2 y 3 (Datos y Red).
 - **TSG RAN GT3**: Responsable de la interfaz interna RAN.
 - **TSG RAN GT4**: Responsable de la desempeño y los requisitos de radiofrecuencia, (RF).
 - **TSG RAN GT5**: Responsable de las pruebas con equipos celulares.



1.2.3. GENERACIONES DE REDES MÓVILES

La evolución de las redes móviles ha sido clasificada en "generaciones", ver la Fig. 1.2:

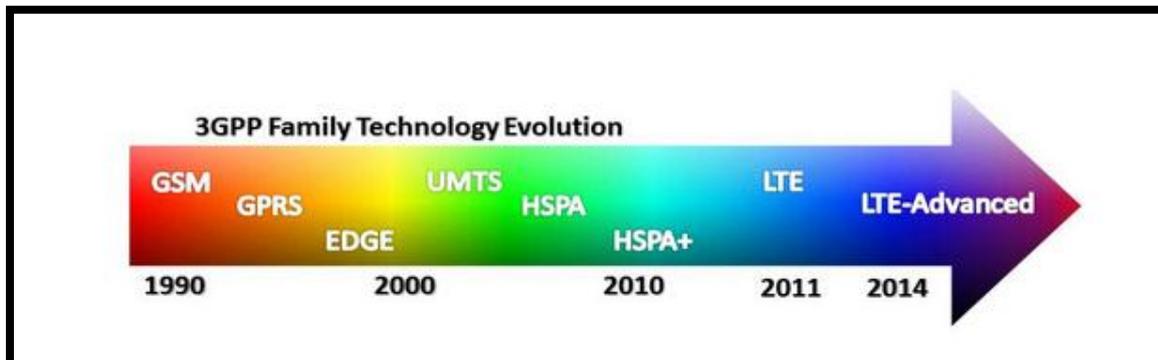


Fig. 1.2. Evolución de la tecnología móvil.

1.2.3.1. EL SISTEMA DE PRIMERA GENERACIÓN (ANALÓGICA)

La primera generación de sistemas móviles se inició en la década de 1980, estuvo basada en técnicas de transmisión analógica. En ese momento, no hubo coordinación en todo el mundo (o a nivel Europa), para la elaboración de normas y/o técnicas para el sistema. Los países nórdicos desarrollaron la NMT (*Nordic Mobile Telephones*), mientras que el Reino Unido de la Gran Bretaña (incluyendo a Irlanda), desarrollaron el TACS (*Total Access Communication System*). El servicio de *Roaming* aún no era posible, y el uso eficiente del espectro de frecuencias no existía.

1.2.3.2. EL SISTEMA DE SEGUNDA GENERACIÓN (DIGITAL)

A mediados de la década de 1980 la Comisión Europea, inició una serie de actividades para liberar el sector de las comunicaciones, incluidas las comunicaciones móviles. Esto dio lugar a la creación del ETSI (*European Telecommunication Standard Institute*), quien heredó todas las actividades de estandarización en Europa. Nacen las primeras especificaciones y la red basada en la tecnología digital, llamada GSM (*Global System for Mobile Communication*). Dado que las primeras redes aparecieron a principios de 1991, la GSM ha evolucionado gradualmente para cumplir los requisitos de tráfico de datos y muchos más servicios que las redes originales.

- **GSM (*Global System for Mobile Communication*):** Los elementos principales de este sistema, son el BSS (*Base Station Subsystem*) en el que se encuentra la BTS (*Base Trans-Receiver Station*), y la BSC (*Base Station Controllers*); el NSS (*Network Switching Subsystem*), en la que se encuentra la MSC (*Mobile Switching Centre*); VLR (*Visitor Location Register*); HLR (*Home Location Register*); AC (*Authentication Centre*) y el EIR (*Equipment Identity Register*). Esta red es capaz de proporcionar todos los servicios básicos, como los servicios de voz y datos de hasta 9.6 [Kbps], fax. Esta red GSM también tiene una extensión de las redes de telefonía fija. Ver la Fig. 1.3.

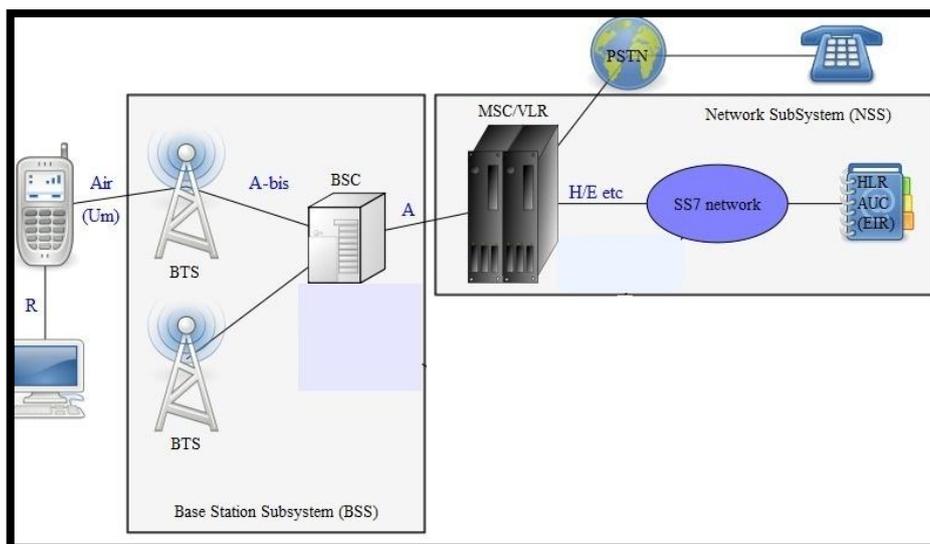


Fig. 1.3. Arquitectura de la red GSM.

- GSM and VAS (Value Added Services):** El siguiente avance en el sistema GSM fue la adición de dos plataformas, llamado VMS (*Voice Mail System*) y SMSC (*Short Message Service Centre*). El SMSC resultó ser increíblemente un éxito comercial, tanto es así, que en algunas redes el tráfico de SMS constituye una parte importante del tráfico total. Junto con los servicios de valor agregado, IN (*Intelligent Services*) también dejaron su marca en el sistema GSM, con la ventaja de dar a los operadores oportunidad de crear toda una gama de nuevos servicios. Servicios de gestión de fraude y el servicio de pre-pago son el resultado de IN. Ver la Fig. 1.4.

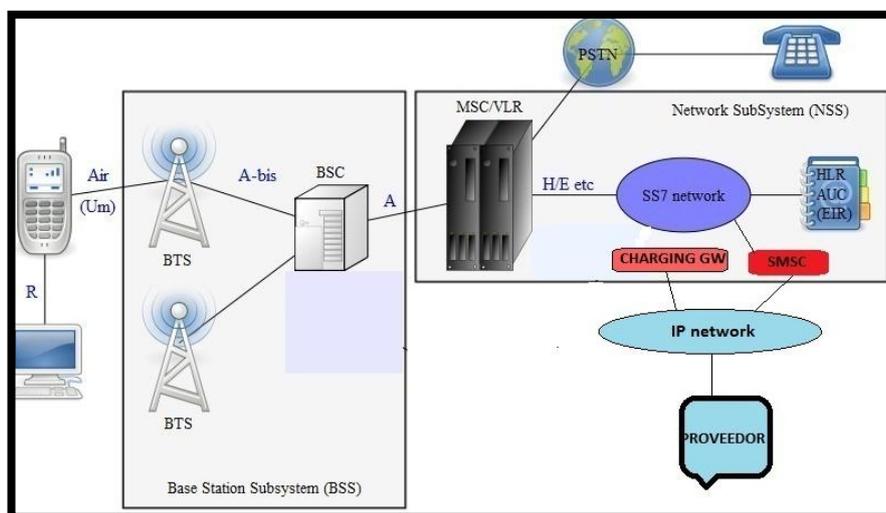


Fig. 1.4. Arquitectura de la Red GSM/SVA.

- GSM and GPRS (General Packet Radio Services):** A medida que aumentaba el requisito para el envío de datos sobre la interfaz de aire, se añadieron nuevos elementos tales como SGSN (*Serving GPRS*) y GGSN (*Gateway GPRS*) para el sistema GSM existente.



Estos elementos han permitido enviar paquetes de datos a través de la interfaz de aire. Esta parte de la red donde se manejan los paquetes de datos también se conoce como: **Packet Core Network**. Además, del SGSN y el GGSN, también contiene los ruteadores IP, los corta-fuegos y el DNS (*Domain Name Servers*). Esto permite el acceso inalámbrico a la Internet, y la velocidad de bits para llegar a 150 [Kbps], en condiciones óptimas. Ver la Fig. 1.5.

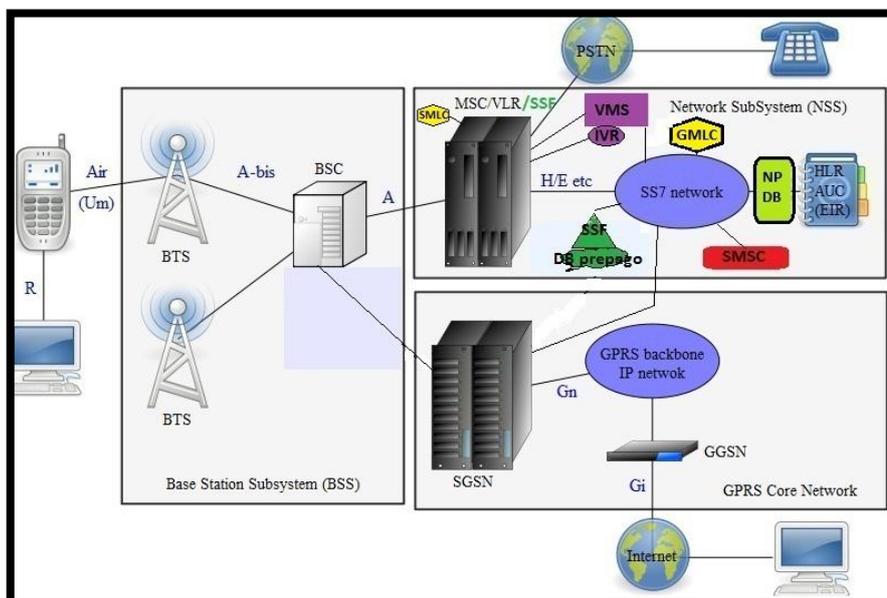


Fig. 1.5. Arquitectura de Red GSM/GPRS.

- **GGSN Gateway GPRS Support Node:** Es el nodo que conecta la red GPRS con las redes IP externas, como la Internet.
- **SGSN Serving GPRS Support Node:** Se encarga de interactuar con la interfaz de radio. Guarda la información sobre la localización de los usuarios.
- **DNS (Domain Name System):** Se encarga de resolver y direccionar nombres de dominio asociados [APN: *Access Point Node*] con los equipos conectados a la red y su posterior salida a la Internet.
- **GSM and EDGE (Enhanced Data Rates in GSM Environment):** Con tráfico de voz y de datos moviéndose en el sistema, se tuvo la necesidad de aumentar la velocidad de datos. Esto se hizo mediante el uso de métodos de codificación más complejas a través de la Internet; y por lo tanto, el aumento en velocidad de datos hasta 384 [Kbps]. Ver la Fig. 1.6.

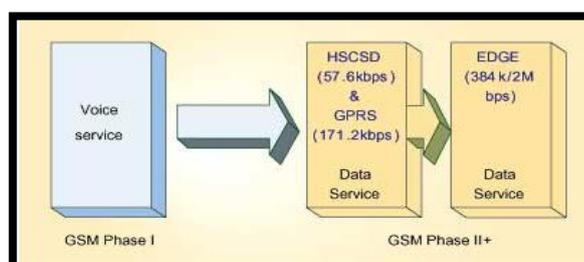


Fig. 1.6. Evolución Red GSM GPRS a GSM/EDGE.



1.2.3.3. REDES DE TERCERA GENERACIÓN (WCDMA en UMTS)

En EDGE, el movimiento de grandes volúmenes de datos era posible, pero aun así, la transferencia de paquetes en la interfaz de aire se comporta como un interruptor de circuito de llamada. Por lo tanto, parte de esta eficiente conexión de paquetes se pierde en el entorno de interruptor de circuito. Por otra parte, las normas para el desarrollo de las redes fueron diferentes para diversas partes del mundo. Por lo tanto, se decidió tener una red que proporciona servicios independientes de la plataforma tecnológica, y cuya red de normas de diseño fueran los mismos a nivel mundial. Por lo tanto, nació 3G. En Europa se llama UMTS (*Universal Terrestrial Mobile System*), impulsado por el ETSI. IMT-2000 es el nombre que le dio la ITU-T para los sistemas de tercera generación, mientras que CDMA 2000 es el nombre de la variante 3G estadounidense. WCDMA es la interfaz de aire para la tecnología UMTS. Los componentes principales incluyen BS (*Base Station*) o nodo B, RNC (*Radio Network Controller*), aparte de WMSC (*Wideband CDMA Mobile Switching Centre*) y el SGSN/GGSN. Esta plataforma ofrece muchos servicios basados en la Internet como por ejemplo, la video-llamada, el transporte de imágenes, entre muchas otras. Ver la Fig. 1.7.

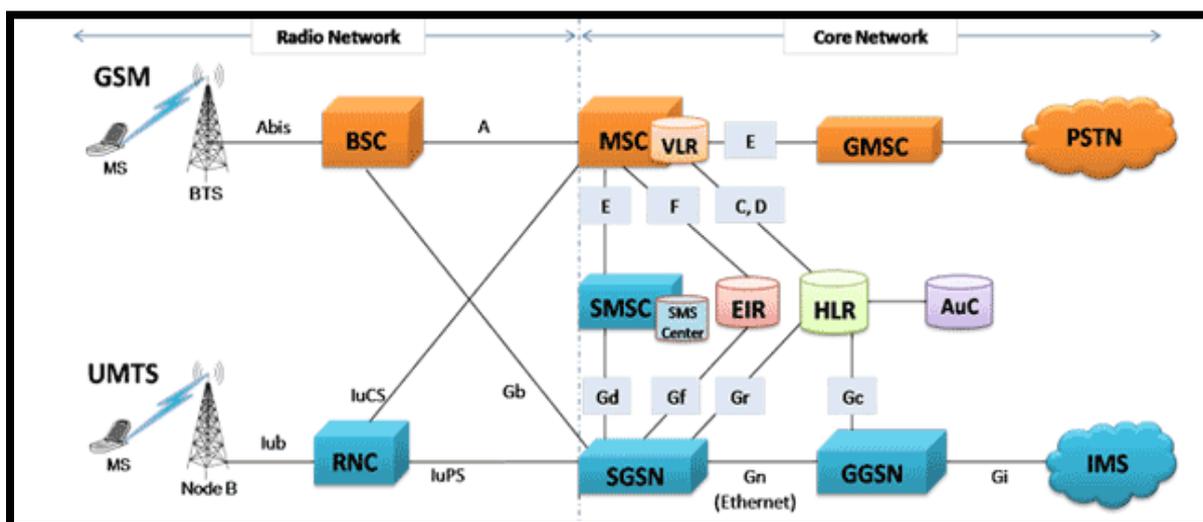


Fig. 1.7. Red 3G UMTS.

1.2.3.4. REDES DE CUARTA GENERACIÓN (ALL-IP)

La razón fundamental para la transición a la red de cuarta generación *All-IP*, es tener una plataforma común para todas las tecnologías que se han desarrollado hasta ahora, y para armonizar con las expectativas del usuario de los muchos servicios que se ofrecen. La diferencia fundamental entre la GSM/3G y *All-IP* es que la funcionalidad de la RNC y el BSC se distribuye ahora a la BTS y un conjunto de servidores y *gateways*. Esto significa que esta red es menos costosa y la transferencia de datos es mucho más rápida. Nace con ella la tecnología HSDPA y HSUPA. (Ver la Fig. 1.8).

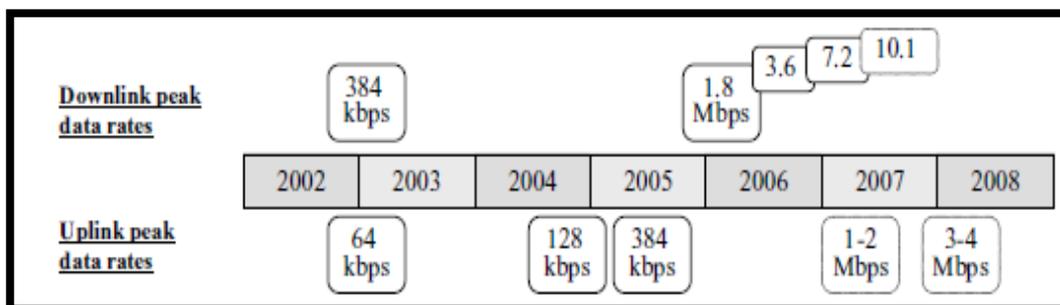


Fig. 1.8. Evolución en la transferencia de datos WCDMA y HSPA.

- HSDPA (High-Speed Downlink Packet Access)** Se estandarizó como parte de *3GPP Release 5* con la primera versión de la especificación en Marzo del 2002. **HSUPA (High-Speed Uplink Packet Access)**, es parte del *3GPP Release 6* con la primera versión de la especificación, en Diciembre de 2004. HSDPA y HSUPA forman **HSPA (High Speed Packet Access)**. Las primeras redes comerciales HSDPA y HSUPA se encuentran disponibles desde finales de los años 2005 y 2007 respectivamente. La tasa máxima de transferencia de datos para HSDPA disponible en los equipos celulares inicialmente fue de 1.8 [Mbps], y aumentó a 3.6 y 7.2 [Mbps] en 2006 y 2007; y potencialmente, más allá de 10 [Mbps]. La tasa de transferencia de datos máxima en la fase inicial para HSUPA fue de 1 a 2 [Mbps]; con la segunda fase el incremento de velocidad llegó hasta los 3 a 4 [Mbps]. (Ver la Fig. 1.9).

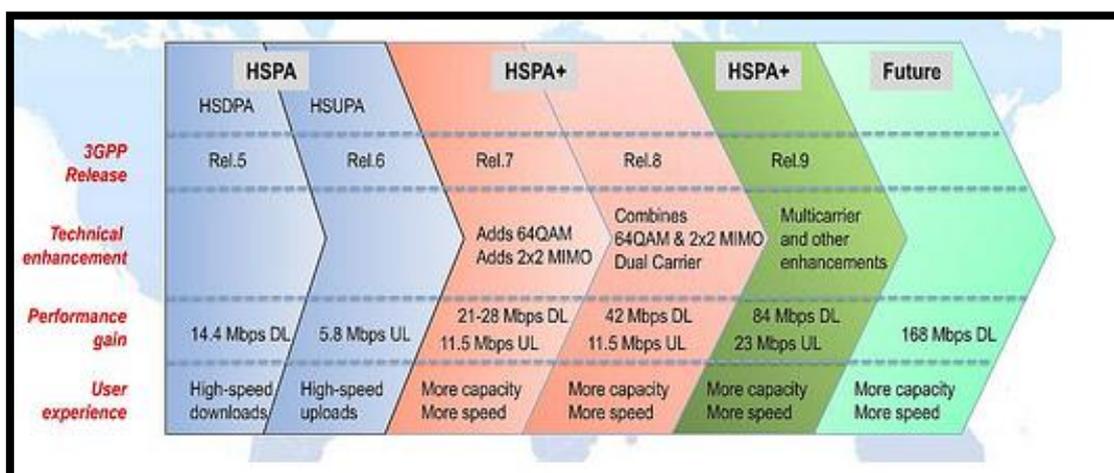


Fig. 1.9. HSPA desarrollo y estandarización.

HSPA y WCDMA pueden compartir todos los elementos en el *Core* de Paquetes, en la red de radio, se incluye las BSC, RNC, SGSN y GGSN. WCDMA y HSPA también comparten los sitios de las estaciones base, antenas y líneas de antena. La actualización de WCDMA a HSPA requiere nueva paquetería de *software* y posiblemente, algunas nuevas piezas de *hardware* en la BS y la RNC para soportar mayor capacidad y velocidad de datos. Debido a la infraestructura compartida entre WCDMA y HSPA, el costo de la actualización de WCDMA a HSPA es muy bajo en comparación con la construcción de una nueva red de datos de forma independiente.



- **HSPA+ (HSPA Evolved)**. Es un estándar de la Internet Móvil, definido en el *Release 7 y 8* de 3GPP y posteriores. HSPA+ provee velocidades de hasta 84 [Mbps] de bajada y 23 [Mbps] de subida, a través de una técnica multi-antena conocida como MIMO (*Multiple-Input Multiple-Output*), (utilizado solamente para DL) y una modulación 64-QAM (DL) y 16-QAM (UL). La tasa máxima de bajada (*downlink*), usando 64-QAM y 15 códigos, es de 21 [Mbps] y de subida (*uplink*), usando 16-QAM, es de 11 [Mbps]. Las versiones posteriores de HSPA+, soportarán velocidades de hasta 168 [Mbps], utilizando múltiples portadoras, y hasta 672 [Mbps] según lo propuesto para la versión 11 de 3GPP, utilizando técnicas avanzadas de antena. HSPA+, permite un ahorro importante de batería y un acceso más rápido al contenido, ya que mantiene una conexión permanente.

1.2.3.5. TÉCNICAS DE ACCESO MÚLTIPLE

El concepto de acceso múltiple; consiste en permitir que las estaciones transmisoras puedan transmitir a las estaciones receptoras sin ninguna interferencia. Esto es posible al enviar las portadoras separadas por frecuencia, tiempo y código. (Fig. 1.10).

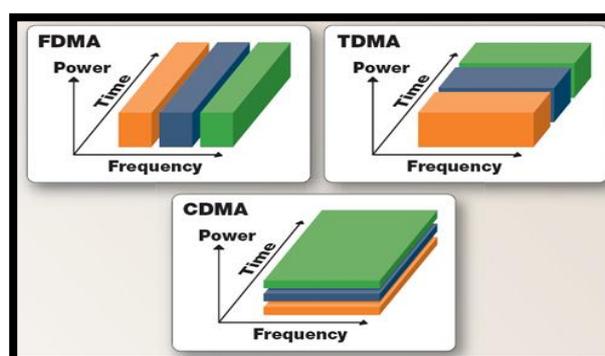
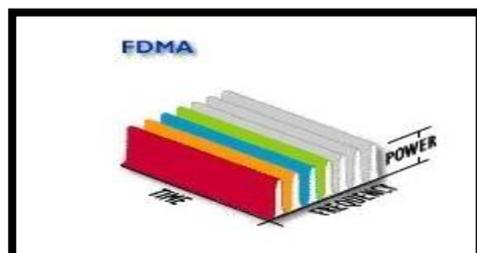


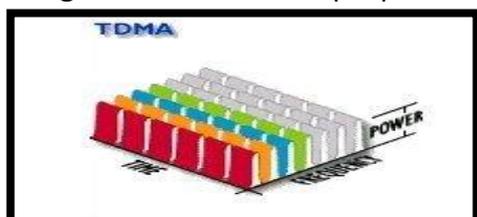
Fig. 1.10. Técnicas de Acceso Múltiple.

Fig. 1.11. Acceso Múltiple por División de Frecuencia.



FDMA (*Frequency Division Multiple Access*). Es la técnica de acceso utilizada por los sistemas analógicos (AMPS, NAMPS, TACS), basada en la separación de frecuencias en canales del mismo ancho de banda. Donde un canal es asignado a un usuario un determinado tiempo y no puede ser utilizado por otros usuarios hasta ser liberado. La ventaja del sistema FDMA es que la transmisión puede ser sin coordinación o sincronización. Su limitante, es la disponibilidad real de frecuencias. (Ver la Fig. 1.11).

Fig. 1.12. Acceso Múltiple por División de Tiempo.



TDMA (*Time Division Multiple Access*). Utilizada por los sistemas móviles de segunda generación (GSM), y se introduce la técnica de acceso múltiple por división de tiempo TDMA.

Ya que la FDMA no se consideró una forma efectiva para la utilización de frecuencias. Con la TDMA, es posible contar con muchos usuarios utilizando la misma frecuencia, la cual se divide en portadoras; cada portadora se puede dividir en muy pequeños intervalos de tiempo (TS: *Time Slots*), que se generan continuamente. (Ver la Fig. 1.12).



Fig. 1.13. Acceso Múltiple División de Código

CDMA (Code Division Multiple Access). La utilización de la técnica de propagación de espectro por División de Código de Acceso Múltiple CDMA, combina la modulación y el acceso múltiple, para lograr un cierto grado de eficiencia y protección la de la información. En esta tecnología, a cada usuario se le asigna por separado un código, dependiendo de la transacción. Un usuario puede tener varios códigos en ciertas condiciones. Por lo tanto, la separación no se basa en la frecuencia o el tiempo, sino en códigos. Estos códigos no son más que secuencias muy largas de bits, que tienen una tasa de bits más alta que la información original. La principal

ventaja de la utilización de CDMA, es que no hay un plan de reutilización de frecuencias, el número de canales es mayor, hay una utilización óptima de ancho de banda, y la confidencialidad de la información también está protegida. (Ver la Fig. 1.13).

1.2.4 ELEMENTOS DE UNA RED MÓVIL DE SEGUNDA GENERACIÓN (GSM)

En la Tabla 1.1, se establecen los elementos de una red móvil de segunda generación (GSM).

Nombre	Mnemónico	Descripción
Base Station Subsystem	BSS	Consta de la <i>Base Trans-Receiver Station (BTS)</i> , <i>Base Station Controller (BSC)</i> , y el <i>Trans-Coder Sub-Multiplexer (TCM)</i> . Este último a veces está ubicado en el MSC. Por lo tanto, la BSC también tiene tres interfaces a la red fija: Abis, A y X.25.
Base Transceiver Station	BTS	Gestiona la interfaz entre la red y la BS. Los equipos celulares están vinculados a la BTS, a través de la interfaz de aire.
Base Station Controller	BSC	Controla el subsistema de radio, especialmente las BS. Las principales funciones de la BSC incluyen: La gestión de los recursos de radio y el <i>Handover</i> . También es responsable del control de la potencia transmitida, y la gestión de O&M (Operación y Mantenimiento), señalización y configuraciones de seguridad y alarmas.
Network Subsystem	NSS	NSS, actúa como una interfaz entre la red GSM y las redes públicas PSTN/ISDN. Los principales componentes son: MSC, HLR, VLR, AUC, y el EIR
Mobile Switching Centre	MSC	El MSC (o <i>switch</i>), es el elemento más importante de la NSS, ya que es responsable de las funciones de conmutación que son necesarias para las interconexiones entre los usuarios móviles y los usuarios de otras redes móviles y fijas.
Home Location Register	HLR	El HLR contiene la información relacionada con cada abonado móvil, tales como: El tipo de suscripción, los servicios que el usuario puede utilizar, la ubicación actual del abonado y el estado del equipo móvil. La base de datos en el HLR, se mantiene intacto y sin cambios hasta la terminación de la suscripción.



Visitor Location Register	VLR	<p>El VLR entra una vez que el abonado esta bajo cobertura de una región. A diferencia de la HLR, el VLR es de naturaleza dinámica, e interactúa con el HLR cuando recodifica los datos de un abonado móvil particular. Cuando el abonado se mueve a otra región, la base de datos del abonado también se desplaza hacia el VLR de la nueva región.</p>
Authentication Centre	AUC o AC	<p>El AUC (o AC), es el responsable de vigilar las acciones de la red. Esto tiene todos los datos necesarios para proteger la red contra los falsos suscriptores, y para proteger las llamadas de los abonados regulares. Hay dos claves importantes en los estándares GSM: El cifrado de las comunicaciones entre los usuarios móviles, y la autenticación de los usuarios. Las claves de cifrado se llevan a cabo tanto en el equipo móvil y el AUC, y la información está protegida contra el acceso no autorizado.</p>
Equipment Identity Registers	EIR	<p>Cada equipo móvil tiene su propia identificación personal, que se denota por un número, el <i>International Mobile Equipment Identity</i> (IMEI). El número se instala durante la fabricación del equipo y establece su conformación a las normas GSM. Siempre que se hace una llamada, la red comprueba el número de identidad, si este número no se encuentra en la lista de equipos autorizados aprobados, se deniega el acceso. El EIR contiene esta lista de números autorizados y permite que el IMEI pueda ser verificado.</p>

Tabla 1.1. Elementos de una red móvil de segunda generación (GSM).

1.2.5. ELEMENTOS DE UNA RED MÓVIL DE TERCERA GENERACIÓN, (WCDMA)

Las redes móviles de tercera generación están diseñadas para la comunicación multimedia, mejorando de este modo la imagen, la calidad de vídeo y el aumento de las tasas de datos dentro de las redes públicas y privadas. La especificación fue creada por el 3GPP con el nombre WCDMA. Las redes 3G constan de dos partes principales: La red de acceso de radio (RAN: *Radio Access Network*) y la red central (CN: *Core Network/ Core* de Paquetes PS). La RAN consta de una parte de radio, y otra parte de transmisión.

- **RADIO ACCESS NETWORK, (RAN).** Los principales elementos en esta parte de la red son la BS (*Base Station*), y la RNC (*Radio Access Controller*). Las principales funciones incluyen, el manejo de los recursos de radio, y la gestión de las telecomunicaciones.
- **CORE NETWORK, (CN)/PACKET-SWITCHED, (PS).** El *Core Network* en las redes 3G, se compone de dos dominios: Un dominio de conmutación de circuitos (CS: *Circuit Switched*), y un dominio de conmutación de paquetes (PS: *Packet Switched*). La parte CS maneja el tráfico en tiempo real, y la parte PS maneja el resto del tráfico. Estos dos dominios están conectados a otras redes; (CS a la PSTN, y PS a la red IP pública). Los elementos son WMSC/VLR, HLR, MGW (*Media Gateway*) para CS, y el SGSN (*Serving GPRS Support Node*), y el GGSN (*Gateway GPRS Support Node*) para PS.

La Tabla 1.2, establece el resumen de los elementos de una red móvil de tercera generación.



Nombre	Mnemónico	Descripción
Base Station	BS	La BS en 3G también se conoce como nodo B. La estación base es una entidad importante como una interfaz entre la red y la interfaz WCDMA de aire. Al igual que en las redes de segunda generación, la transmisión y la recepción de señales de la BS se realiza a través de antenas.
Radio Network Controller	RNC	Actúa como una interfaz entre la BS y el Core de Paquetes. La RNC es responsable del control de los recursos de radio. Las principales funciones del RNC implican carga y control de la congestión de las celdas, el control de admisión y del enrutamiento de los datos entre las interfases <i>Iur</i> y <i>Iub</i> .
WCDMA Mobile Switching Centre	WMSC	Es responsable de las actividades del control de llamadas. Se utiliza en las transacciones dentro del <i>Circuit Switching</i> , (CS).
Visitor Location Register	VLR	Mantener la información sobre el suscriptor que visita la región, que incluye la ubicación del móvil dentro de la región.
Gateway Mobile Switching Centre	GMSC	Esta es la interfaz entre la red móvil y las redes CS externas. Establece las conexiones de llamadas que están entrando y saliendo de la red.
Home Location Register	HLR	Esta es la base de datos que contiene toda la información relacionada con los usuarios móviles, y el tipo de servicios suscritos.
Serving GPRS Support Node	SGSN	Mantiene una interfaz entre la RAN y el dominio de PS de la red. Principal responsable de cuestiones de <i>Mobility Management</i> (MM), como el registro y la actualización del <i>User Equipment</i> (UE), y los problemas de seguridad para la red PS.
Gateway GPRS Support Node Border Gateway	GGSN	Actúa como una interfaz entre la red 3G y las redes PS externos. Sus funciones son similares al GMSC, pero para el dominio PS.
GPRS Roaming Exchange	BG	Facilita el intercambio de información sobre redes IP entre operadores y la comunicación entre sistemas autónomos (AS). Se utiliza para enrutar el tráfico de <i>Roaming</i> comercial IP entre operadores locales y visitados. GRX es una red IP privada (separada de la Internet), que consiste de múltiples portadores GRX que están conectados entre sí a través de puntos de interconexión.
Charging Gateway	GRX	Escucha mensajes de GTP enviados desde los GSN sobre TCP o UDP por el puerto 3386. CN envía información del costo por lo general incluyendo tiempos de activación del <i>PDP Context</i> y la cantidad de datos que el usuario ha transferido.
	CG	

Tabla 1.2. Establece el resumen de los elementos de una red móvil de tercera generación, (WCDMA).



1.2.6. SEÑALIZACIÓN SS7 (*Signalling System 7*)

Cualquier flujo de datos en una red móvil requiere de información adicional que ayuda a los datos a alcanzar el destino. Esta información adicional se conoce como la señalización. SS7 (*Signalling System 7*), es un estándar de señalización desarrollado por la ITU. Proporciona los protocolos por los cuales los elementos de red en las redes móviles pueden intercambiar información. Una red SS7 debe estar compuesta por equipos capaces de comunicarse mediante SS7 desde el extremo inicial al extremo final para proporcionar la funcionalidad completa. La red se compone de varios tipos de vínculos (A, B, C, D, E y F), y tres nodos de señalización:

- *Service Switching Point*, (SSP).
- *Signal Transfer Point*, (STP).
- *Service Control Point*, (SCP).

Cada nodo es identificado en la red por un número o un código de punto de señalización. Los servicios de valor agregado son proporcionados por una interfaz de la base de datos a nivel de SCP usando la red SS7.

Los vínculos entre los nodos son *full-duplex* de 56, 64, 1 536 ó 1 984 [Kbit/s]. En Norteamérica, son *Timeslots* de 56/64 [Kbit/s], o uno solo de 1 536 [Kbit/s], (DS0As/DS0s) dentro de una instalación T1. En Europa, generalmente son *Timeslots* de 64 [Kbit/s], o uno solo de 1 984 [Kbit/s] (DS0), dentro de una instalación E1. Uno o más enlaces de señalización, pueden estar conectados a los mismos dos puntos finales que juntos forman un conjunto de enlaces de señalización. Enlaces de señalización son añadidos a conjuntos de vínculos para aumentar la capacidad de señalización del conjunto de enlaces.

En Europa, los enlaces SS7 normalmente se conectan directamente entre centrales de conmutación utilizando *F-links*. Esta conexión directa se denomina señalización asociada. En Norteamérica, los enlaces SS7 son normalmente indirectamente conectados entre centrales de conmutación que utilizan una red intermedia de STP. Esta conexión indirecta se denomina señalización *Quasi-associated*. Señalización *Quasi-associated*, reduce el número de enlaces SS7 necesarios para interconectar todas las centrales de conmutación, y SCP en una red de señalización de SS7. Los enlaces SS7 de mayor capacidad de señalización 1 536 (1.5 Mbit/s) y 1 984 (2.0 Mbit/s) se denominan enlaces de alta velocidad (HSL: *High Speed Links*), en contraste con los enlaces de baja velocidad 56/64 [Kbit/s]. Los enlaces de alta velocidad de 1.5 y 2.0 [Mbit/s] fueron definidos en la Recomendación ITU-T Q.703. Mientras que los enlaces de 1 536 [Mbit/s] en el estándar ANSI T1.111.3. Los enlaces de alta velocidad utilizan todo el ancho de banda de un T1 (1 536 Mbit/s) o E1 (1 984 Mbit/s) de las instalaciones de transmisión para el transporte de mensajes de señalización SS7.

SIGTRAN (*Signalling Transport*) proporciona la señalización utilizando asociaciones SCTP (*Stream Control Transmission Protocol*) sobre el Protocolo de Internet (IP). Los protocolos para SIGTRAN son M2PA, M2UA, M3UA y SUA.



La señalización en las redes de tercera generación WCDMA se encuentra en tres planos: El plano de transporte (*Transport Plane*), el plano de control (*Control Plane*), y el plano de usuario (*User Plane*). Una red 3G está comprendida en tres capas que contienen los flujos de datos. Estas tres capas son: El transporte, control y usuario. El plano de transporte es un medio para proporcionar una conexión entre un UE y la red (una interfaz de aire). Contiene tres capas: Física, de datos y las capas de red. La capa física es la capa WCDMA (TDD/FDD); mientras que la capa de datos es responsable de la creación/mantenimiento/borrado del enlace de radio, protección, corrección de errores, etcétera. (Ver la Fig. 1.14).

La capa de datos también controla la capa física. La capa de red contiene básicamente las funciones que se requieren para el plano de control de transporte. El plano de control contiene la señalización relacionada con los servicios que son manejados por la red. La interfaz **Iub** se mantiene por NBAP (*Node B Application Part*); en el interfaz **Iu** es RANAP (*Radio Access Network Application Part*); mientras que en **Iur** es RNSAP (*Radio Network Subsystem Application Part*) para la señalización entre la aplicación y el destino en la capa física E1 o Trama E1, es un formato de transmisión digital que incluye señalización de canales asociados (CAS: *Channel Associated Signaling*) en donde un juego de bits es usado para replicar la apertura y cerrado del circuito sin riesgos de pérdidas de información.

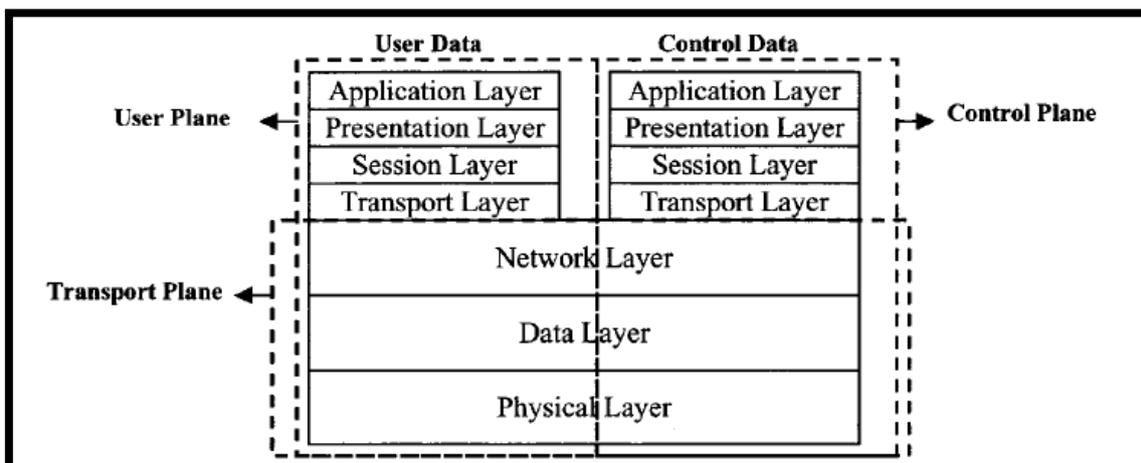


Fig. 1.14. Modelo OSI en redes 3G.

El protocolo E1 se creó para interconectar troncales entre centrales telefónicas. La trama E1 consta en 32 divisiones (*Time Slots*) PCM (*Pulse Code Modulation*) de 64k cada una, lo cual hace un total de 30 líneas de teléfono normales, más 2 canales de señalización. El ancho de banda se puede calcular multiplicando el número de canales, que transmiten en paralelo, por el ancho de banda de cada canal:

$$\text{Canales} * \text{Ancho de canal} = 32 \text{ canales} * 64 \text{ [Kbit/s]} = 2\ 048 \text{ [Kbit/s]}$$

NOTA: Para los enlaces entre BSC, SGSN y ruteadores bajo tecnología *Frame Relay* Gb/FR de este proyecto en particular, la trama E1 consta de 32 *time slots*; pero se descarta un canal de señalización por lo tanto cada E1 tiene 31 *time slots* con un ancho de banda de 1 984 [Kbit/s].

$$\text{Canales} * \text{Ancho de canal} = 31 \text{ canales} * 64 \text{ [Kbit/s]} = 1\ 984 \text{ [Kbit/s]}$$



1.2.7. INTERFASES DE COMUNICACION PARA REDES MÓVILES

La Tabla 1.3, muestra las diversas interfases de comunicación para redes móviles.

Interfaz	Elementos	Propósito	TDM (T1 or E1)	IP
X.25	BSC-O&M	Se trata de un protocolo de señalización desarrollado por la ITU, que permite la comunicación entre dispositivos remotos.	✓	
Abis	BTS-BSC	La interfaz Abis es la interfaz entre la BTS y el BSC. Sólo se utiliza para bajada de datos.	✓	
A	MSC-BSC	Se utiliza para conectar el MSC y el BSC se utiliza para el enlace ascendente (uplink) y de enlace descendente (downlink)	✓	
B	MSC-VLR	Generalmente es una interfaz interna dentro de la MSC. Se utiliza cada vez que el MSC necesita acceder a los datos con respecto a una MS ubicada en su área.	✓	✓
C	MSC-HLR	El Servidor MSC consulta al HLR para el encaminamiento de la información de un abonado de una llamada o SMS dirigido a ese abonado	✓	✓
D	VLR-HLR	Se utiliza para el intercambio de datos relacionados con la ubicación actual de una estación móvil y para la gestión de ese abonado	✓	✓
E	MSC-GMSC MSC-SMSC	Intercambio de datos entre dos MSC adyacentes con el propósito mantener una llamada sin cortes y flujo de mensajes entre SMSC.	✓	✓
F	MSC-EIR	Utilizado por el EIR para verificar el estado del IMEI recuperado desde la estación móvil	✓	✓
G	VLR-VLR	Se utiliza para actualizar la información en un nuevo VLR con IMSI e información de autenticación del pasado VLR, cuando un abonado móvil se mueve de una zona a otra VLR.	✓	✓
H	HLR-AuC	HLR solicita para la autenticación y el cifrado de datos de las AUC para un suscriptor móvil.	✓	✓
Ga	SGSN-CG GGSN-CG	La interfaz de servicio de los CDRs (registros contables) que están escritas en los GSN y envían a la puerta de entrada de cobro (CG). Esta interfaz utiliza un protocolo basado en GTP, con modificaciones que soporta CDR (GTP 'o GTP).	✓	✓
Gb	BSC-SGSN	Interfaz de comunicación entre el BSC y el SGSN, el protocolo de transmisión puede ser Frame Relay o IP.	✓	✓
Gc	GGSN-HLR	Utilizado por el GGSN para recuperar información sobre la ubicación y los servicios soportados por un abonado móvil para servicios de datos (GPRS, etc...)	✓	✓
Gd	SGSN-SMSC	Se utiliza para transferir SMS sobre GPRS. Utiliza MAP1. MAP2 o MAP3.	✓	✓
Ge	SGSN-SCP	La interfaz entre el SGSN y el punto de control de servicio (SCP); utiliza el protocolo CAP.		
Gf	SGSN-EIR	Utilizado por el EIR para verificar el estado de la IMEI recuperado de la estación móvil.	✓	✓
Gi	GGSN- PDN	Interfaz entre el GGSN y una red pública de datos (PDN), ya sea directamente a través de Internet o una puerta de enlace WAP	✓	✓
Gn	SGSN-GGSN	Interfaz entre el SGSN y otros SGSN y GGSN (internos). Los DNS también comparten la interfaz utilizando el protocolo GTP.	✓	✓
Gp	SGSN-BG	Interfaz entre GGSN y SGSN externos e internos. Entre el SGSN y el GGSN externa, es la puerta de enlace de frontera (que es	✓	✓



		esencialmente un servidor de seguridad). También utiliza el protocolo GTP.		
Gr	SGSN-HLR	Utilizada para intercambiar datos relativos a la ubicación actual y la gestión de un suscriptor móvil (MS) y de equipo móvil (ME)	✓	✓
Gs	SGSN-MSC	Interfaz entre el SGSN y el MSC (VLR). Utiliza el protocolo BSSAP+. Esta interfaz permite la búsqueda y disponibilidad de la estación cuando se realiza la transferencia de datos. Cuando la estación está unida a la red GPRS, el SGSN realiza un seguimiento de qué área de enrutamiento (RA) de la estación está unida. Una RA es una parte de un área de ubicación más grande (LA). Se utiliza para conservar los recursos de red. Cuando la estación realiza un contexto PDP, el SGSN tiene la exacta BTS de la estación que está usando.	✓	✓
Gx	GGSN-PCRF	La interfaz de la política en línea entre el GGSN y la función de reglas de cobro (CRF). Calidad de servicio QoS y Política. Utiliza el protocolo de diameter.	✓	✓
Gy	GGSN-OCS	La interfaz de cobro en línea entre el GGSN y el sistema de facturación en línea (OCS). Utiliza el protocolo de diameter.	✓	✓
Gz	SGSN-CG GGSN-CG	La interfaz de cobro fuera de línea (basado en CDR) entre el GSN y el CG de cobro. Utiliza GTP'.		
Uu	UE-BS	Uu o la interfaz de aire WCDMA es la interfaz más importante en las redes 3G.	✓	✓
Iub	BSC-RNC	Consiste de enlaces de señalización comunes y puntos de terminación de tráfico. Cada uno de estos puntos de terminación de tráfico es controlado por enlaces de señalización dedicados.	✓	✓
Iur	RNC-RNC	Esta interfaz ha sido diseñada para soportar la funcionalidad del traspaso silencioso entre RNC.	✓	✓
Iu	RAN-CN	Esta interfaz conecta la RAN con CN. Es una interfaz abierta y se ocupa de las funciones de conmutación, enrutamiento y control tanto para el CS y el tráfico de PS	✓	✓
Iu-CS	RNC-MSC	La interfaz que conecta la RAN del CS a la parte CN se conoce como la interfaz Iu-CS.	✓	✓
Iu-PS	RNC-SGSN	La interfaz que conecta la RAN del PS a la parte CN se llama la interfaz Iu-PS.	✓	✓

Tabla 1.3. Muestra las diversas interfases de comunicación para redes móviles.

Interfaz	Elementos	Generación
X.25	BSC-O&M	2G GSM
Abis	BTS-BSC	2G GSM
A	MSC-BSC	2G GSM
B	MSC-VLR	2G GSM
C	MSC-HLR	2G GSM
D	VLR-HLR	2G GSM
E	MSC-GMSC MSC-SMSC	2G GSM
F	MSC-EIR	2G GSM
G	VLR-VLR	2G GSM



H	HLR-AuC	2G GSM
Ga	SGSN-CG	GPRS 2.5G/ UMTS 3G
	GGSN-CG	
Gb	BSC-SGSN	GPRS 2.5G/ UMTS 3G
Gc	GGSN-HLR	GPRS 2.5G/ UMTS 3G
Gd	SGSN-SMSC	GPRS 2.5G/ UMTS 3G
Ge	SGSN-SCP	GPRS 2.5G/ UMTS 3G
Gf	SGSN-EIR	GPRS 2.5G/ UMTS 3G
Gi	GGSN- PDN	GPRS 2.5G/ UMTS 3G
Gn	SGSN-GGSN	GPRS 2.5G/ UMTS 3G
Gp	SGSN-BG	GPRS 2.5G/ UMTS 3G
Gr	SGSN-HLR	GPRS 2.5G/ UMTS 3G
Gs	SGSN-MSC	GPRS 2.5G/ UMTS 3G
Gx	GGSN-PCRF	GPRS 2.5G/ UMTS 3G
Gy	GGSN-OCS	GPRS 2.5G/ UMTS 3G
Gz	SGSN-CG	GPRS 2.5G/ UMTS 3G
	GGSN-CG	
Uu	UE-BS	GPRS 2.5G/ UMTS 3G / 3.5 HSPA
Iub	BSC-RNC	GPRS 2.5G/ UMTS 3G / 3.5 HSPA
Iur	RNC-RNC	GPRS 2.5G/ UMTS 3G / 3.5 HSPA
Iu	RAN-CN	GPRS 2.5G/ UMTS 3G / 3.5 HSPA
Iu-cs	RNC-MSC	GPRS 2.5G/ UMTS 3G / 3.5 HSPA
Iu-ps	RNC-SGSN	GPRS 2.5G/ UMTS 3G / 3.5 HSPA

Nota

Conforme han pasado los años, ha sido posible actualizar y comunicar las redes móviles, y en la actualidad, es posible hacer la "reselección de red" para pasar de de una tecnología a otra; es decir, es posible pasar de HSPA => 2G y viceversa, todo depende de los recursos de radio.

1.3. MODELO OSI (OPEN SYSTEM INTERCONNECTION)

La idea básica detrás del desarrollo del modelo de referencia OSI (*Open System Interconnection*); era separar las distintas partes que conforman un sistema de comunicaciones. Esto fue posible por la división en capas y la modularización de las funciones que son realizadas por varias capas denominadas partes del sistema de comunicación. Aunque inicialmente, fue desarrollado para la comunicación entre computadoras, este modelo es utilizado ampliamente como modelo de referencia en la interconexión de arquitecturas en el campo de las telecomunicaciones, especialmente en las comunicaciones móviles. El núcleo del modelo OSI son siete capas que definen las diferentes fases por las que deben pasar los datos para viajar de un dispositivo a otro sobre una red de comunicaciones. Cada capa se comunica con la capa que se encuentra por encima o por debajo de ella. No hay dos capas adyacentes ya que son dependientes, por lo que la capa inferior no se preocupa por el contenido de la



información que se está recibiendo desde la capa de arriba. Por lo tanto, la comunicación entre capas adyacentes es directa; mientras que la comunicación con las otras capas es indirecta. Cada nodo tiene este mismo modelo de referencia. Cuando se comunica con capas en otro nodo, cada capa puede comunicarse con su contraparte en ese nodo (por ejemplo, la capa física con la capa física, la capa de transporte con la capa de transporte). Ver la Fig. 1.15).

Esto significa que todos los mensajes se intercambian en el mismo nivel/capa entre dos elementos de la red, y esto se conoce como un protocolo *peer-to-peer*. Todo el intercambio de datos en una red móvil utiliza un protocolo *peer-to-peer*.

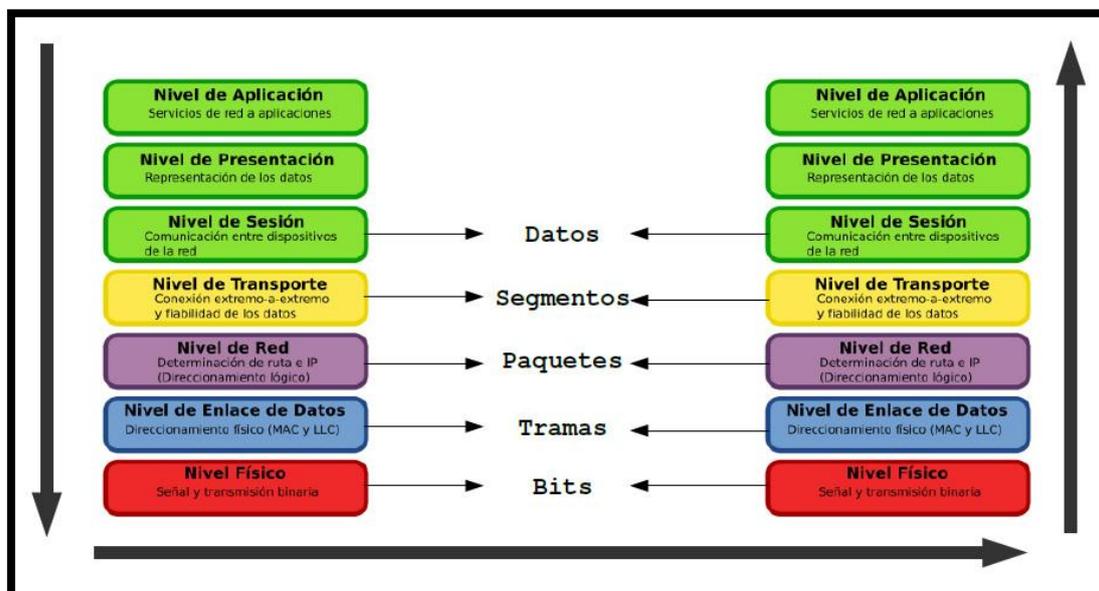


Fig. 1.15. Modelo de Referencia OSI.

1.3.1. LAS SIETE CAPAS DEL MODELO DE REFERENCIA OSI

- **LAYER 1: PHYSICAL LAYER (CAPA FÍSICA).** Se llama capa física debido a su carácter "físico". Puede ser de alambre de cobre, un cable de fibra óptica, un radio transmisor o incluso una conexión por satélite. Esta capa es responsable de la transmisión real de datos. Transmite la información que recibe de la capa 2, sin cambios a excepción de la información necesaria para la sincronización con la capa física del siguiente nodo en el que la información será enviada.
- **LAYER 2: DATA LINK LAYER (CAPA DE ENLACE).** La función de esta capa es empacar los datos. El paquete de datos se basa en un protocolo de control de enlace de datos de un alto nivel. Esta capa combina los datos en paquetes o tramas, y los envía a la capa física para la transmisión. La capa 2 hace la detección y corrección de errores, y forma una parte importante en el protocolo de pruebas, como la información de la capa 3 se envía a la capa 2 para ser enmarcado en paquetes que pueden ser transferidos sobre la capa 1.
- **LAYER 3: NETWORK LAYER (CAPA DE RED).** Esta capa es responsable de dar toda la información relacionada a la ruta que un paquete de datos tiene que tomar y el destino final que tiene que alcanzar. Por lo tanto, esta capa proporciona la información de enrutamiento de los paquetes de datos.



- **LAYER 4: TRANSPORT LAYER (CAPA DE TRANSPORTE).** Esta capa es un límite entre los elementos físicos y los elementos lógicos en una red y proporciona un servicio de comunicación a las capas superiores. La capa 4 comprueba la coherencia del mensaje mediante la ejecución de control de datos de extremo a extremo (*End-to-End*). Esta capa puede realizar la detección de errores (pero sin corrección de errores), y puede atender a una velocidad de flujo reducida para permitir la retransmisión de los datos. Por lo tanto, la capa 4 proporciona control de flujo, detección de errores y el multiplexado de las varias conexiones de transporte sobre una conexión de red.
- **LAYER 5: SESSION LAYER (CAPA DE SESIÓN).** Esta capa permite la sincronización entre dos aplicaciones. Ambos nodos utilizan la capa 5 para la coordinación de la comunicación entre ellos. Esto significa que hace la identificación de la aplicación, pero no la gestión de la aplicación.
- **LAYER 6: PRESENTATION LAYER (CAPA DE PRESENTACIÓN).** Esta capa básicamente define y prepara los datos antes de ser enviados a la capa de aplicación. La capa 6 presenta los datos a ambos lados de la red de la misma manera. Esta capa es capaz de identificar el tipo de los datos, y cambia la longitud por la compresión o la descompresión dependiendo de la necesidad, antes de enviarlo a la capa de aplicación.
- **LAYER 7: APPLICATION LAYER (CAPA DE APLICACIÓN).** La capa de aplicación en sí no contiene alguna aplicación, sino que actúa como una interfaz entre el proceso de comunicación (capas 1-6) y la aplicación en sí. La capa 1 es dependiente de medio; mientras que la capa 7 es dependiente de la aplicación. (Tal como lo muestran las Fig. 1.15 y 1.16).

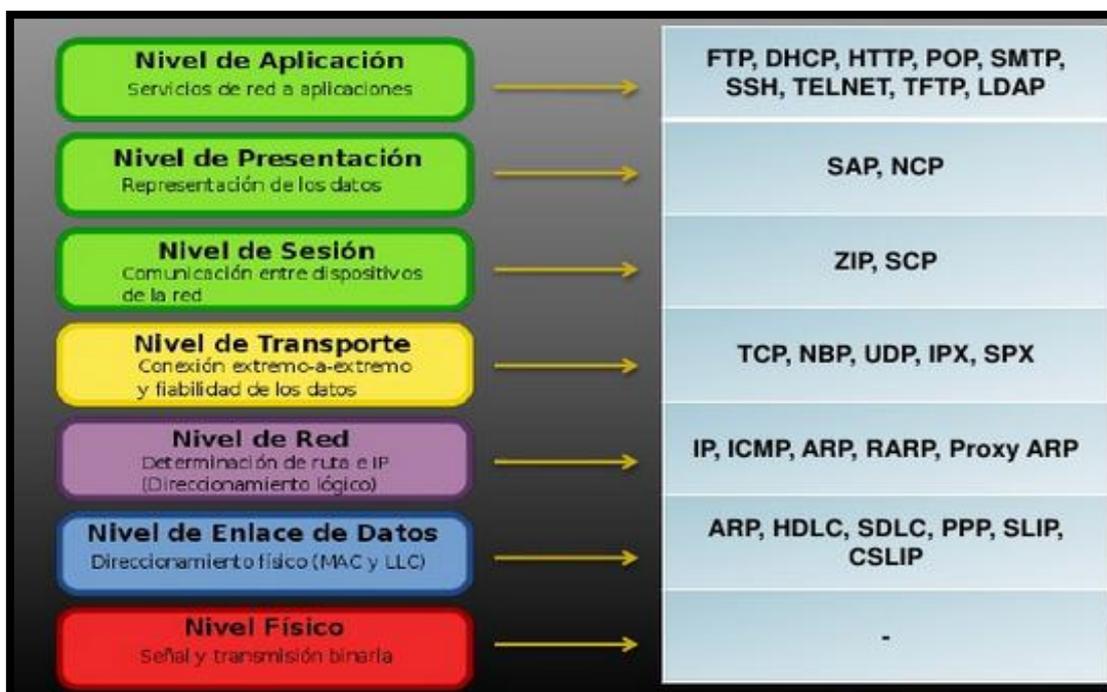


Fig. 1.16. Capas del modelo OSI/Protocolos.



1.4. ESPECTRO RADIOELÉCTRICO

El espectro radioeléctrico está situado entre unos 3 [Khz] y unos 300 [GHz]. El Hertz [Hz] es la unidad de medida de la frecuencia de las ondas, y corresponde a un ciclo por segundo. Las ondas electromagnéticas de esta región del espectro, se pueden transmitir aplicando la corriente alterna originada en un generador a una antena. Es un recurso natural, de carácter limitado, que constituye un bien de dominio público. Este tipo de bienes son inalienables, inembargables e imprescriptibles, y han de destinarse obligatoriamente al uso o servicio público, salvo razones debidamente justificadas. Se trata de un bien sobre el cual el Estado ejerce su soberanía. El concepto de espectro radioeléctrico, o espectro de radiofrecuencia RF, se encuentra asociado a las comunicaciones inalámbricas, y puede ser entendido como el medio en el que se propagan las ondas electromagnéticas que son empleadas en dicho tipo de comunicaciones para transmitir información, existen 6 subdivisiones (ondas de radio, infrarroja, visible, ultravioleta, rayos X y rayos gamma). Tal como lo muestra la Fig. 1.17.

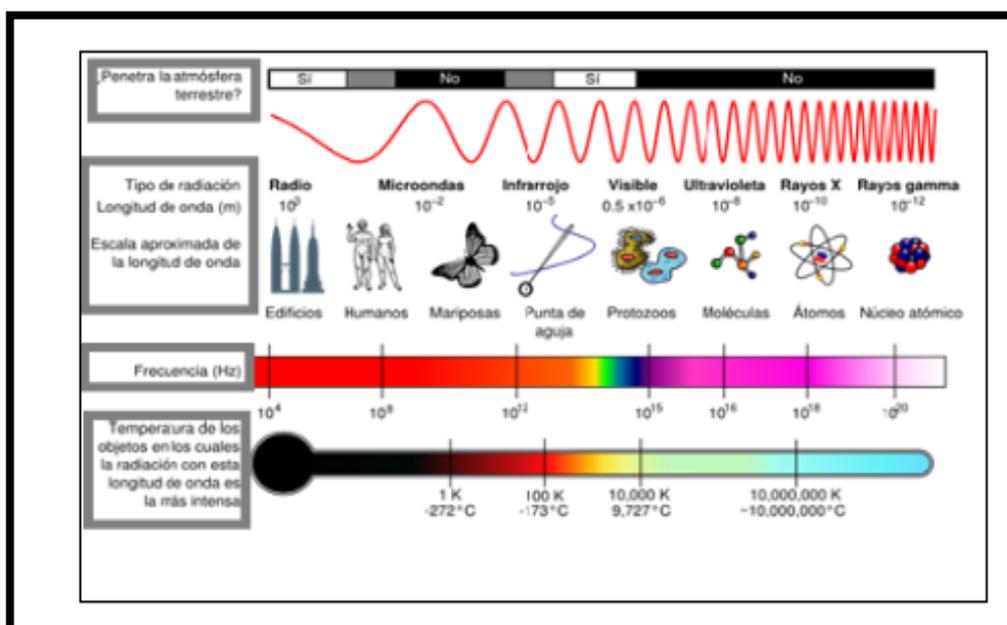


Fig.1.17. Espectro Radioeléctrico

1.4.1. TÉRMINOS RELACIONADOS

- **Radiación electromagnética:** Fenómeno producido por la combinación de campos eléctricos y magnéticos oscilantes, y que se propaga a través del espacio en todas direcciones en forma de ondas electromagnéticas, llevando energía de un lugar a otro.
- **Ondas electromagnéticas:** Ondas producidas por la oscilación o la aceleración de una carga eléctrica. Estas ondas poseen componentes eléctricos y magnéticos. La radiación electromagnética se ordena en un espectro que comprende desde ondas de frecuencias muy elevadas (longitudes de onda pequeñas), hasta frecuencias muy bajas (longitudes de onda altas).



La importancia de las ondas electromagnéticas se deriva de su capacidad para transportar energía por el aire, un medio de transmisión que no tiene barreras, y que posibilita el envío de información sin necesidad de cables o medios físicos.

1.4.2. ¿CÓMO SE TRASMITE LA INFORMACIÓN?

Para realizar la transmisión de una señal analógica o digital, es necesario transformarla en ondas electromagnéticas, en este proceso de transformación, y para garantizar una correcta recepción, éstas deben pasar por una serie de estados: Codificación, modulación, amplificación, y posteriormente, se convierte la señal eléctrica en ondas radioeléctricas a través de la antena. En la recepción, se ejecutan los pasos inversos para obtener la información original y además se realiza un proceso de filtrado de la señal para eliminar el ruido y las interferencias, con el objetivo de minimizar los errores.

1.4.3. DIFERENCIA ENTRE EL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO, Y EL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO

Las ondas electromagnéticas son propicias para usarse como medios de transmisión de los servicios de telecomunicaciones y radiodifusión; y a esto se denomina el espectro electromagnético, y aquellas que se encuentran en determinado rango (en este caso el subconjunto de las ondas electromagnéticas comprendidas entre las frecuencias de 9 [KHz] y 300 [GHz]), conforman el espectro radioeléctrico, siendo éstas susceptibles de ser empleadas para la prestación de servicios de comunicaciones.

1.4.4. DIVISIÓN DEL ESPACIO RADIOELÉCTRICO

Denominadas también "**bandas**", son divisiones del espectro radioeléctrico que por acuerdo entre la comunidad internacional, se han hecho para distribuir la diversa oferta que ofrece el mundo de las telecomunicaciones (ver la Fig. 1.18). Cada banda, en función de sus características radioeléctricas (alcance, ancho de banda, etcétera) y otras razones (de carácter histórico, tecnológico, etcétera); se utilizan para distintos servicios o aplicaciones. Las denominaciones más utilizadas, hacen referencia a su frecuencia (baja (LF), media o (MF), alta (HF), muy alta (VHF), etcétera), o en su longitud de onda: Onda Media (ondas hectométricas), Onda Corta (ondas decamétricas), Onda Larga (ondas kilométricas), etcétera. La radiofrecuencia se puede dividir en las siguientes bandas del espectro:



Fig. 1.18. División del espacio radioeléctrico.



La Tabla 1.4, muestra el concentrado de las longitudes de onda y las frecuencias más utilizadas.

Longitud de onda		Frecuencia		Siglas
Valores	Denominación	Valores	Denominación	
100km => 10km	ondas miriámétricas	3 KHz => 30 KHz	frecuencias muy bajas	V.L.F.
10 km => 1 km	ondas kilométricas	30 KHz => 300 KHz	Frecuencias bajas	L.F.
1000 m => 100 m	ondas hectométricas	300 KHz => 3000 KHz	Frecuencias medias	M.F.
100 m => 10 m	ondas decamétricas	3 MHz => 30 MHz	Frecuencias altas	H.F.
10 m => 1 m	ondas métricas	30 MHz => 300 MHz	Frecuencias muy elevadas	V.H.F.
100 cm => 10 cm	Ondas decimétricas	300 MHz => 3000 MHz	Frecuencias ultra-elevadas	U.H.F.
10 cm => 1 cm	Ondas centimétricas	3000 MHz => 30000 MHz	Frecuencias súper-elevadas	S.H.F.

FUENTE: ITU: Unión Internacional de Telecomunicaciones.

Tabla 1.4. Concentrado de longitudes de onda y de frecuencias utilizadas en las comunicaciones.

A partir de 1 [GHz], las bandas entran dentro del espectro de las micro-ondas. Por encima de los 300 [GHz], la absorción de la radiación electromagnética por la atmósfera terrestre es tan alta, que la atmósfera se vuelve opaca a ella, hasta que, en los denominados rangos de frecuencia infrarrojos y ópticos, vuelve de nuevo a ser transparente.

Las bandas ELF, SLF, ULF y VLF comparten el espectro de la AF (Audio-Frecuencia), que se encuentra entre 20 y 20 000 [Hz] aproximadamente. Sin embargo, éstas se tratan de ondas de presión, como el sonido; por lo que se desplazan a la velocidad del sonido sobre un medio material. Mientras que las ondas de radiofrecuencia, al ser ondas electromagnéticas, se desplazan a la velocidad de la luz, y sin necesidad de un medio material.

1.4.5. MÉTODOS DE MODULACIÓN

A continuación, se presentan los diferentes métodos de modulación de señales que existen:

- **Modulation Gaussian Minimum Phase-Shift Keying, (GMSK).** Es un tipo especial de modulación derivada de la MSK (*Minimum Phase-Shift Keying*). La principal desventaja de MSK es que tiene un espectro relativamente amplio de operación, por lo que GMSK fue elegido para ser el método de modulación, ya que utiliza mejor los limitados recursos de frecuencia. GMSK funciona con dos frecuencias, y es capaz de cambiar



fácilmente entre los dos. La principal ventaja de GMSK es que no contiene ninguna porción de modulación de amplitud, y el ancho de banda requerido para la transmisión de frecuencia de es de 200 [Khz], que es un ancho de banda aceptable para los estándares GSM. Este es el esquema de modulación usado en las redes GSM y GPRS.

- **Modulation 8-PSK Octagonal Phase-Shift Keying.** La razón de la mejora del manejo de datos en las redes de 2.5G, GPRS/EGPRS es la introducción de *Octagonal Phase-Shift Keying* o 8-PSK. En este esquema, la señal modulada, es capaz de llevar a 3 bits por símbolo modulado, por el trayecto de radio de las redes móviles en comparación con 1 bit de la GMSK. Sin embargo, este incremento en la transferencia de datos es a costa de una disminución en la sensibilidad de la señal de radio. Por lo tanto, las velocidades de datos más altas se proporcionan dentro de una cobertura limitada. Este es el esquema de modulación usado en las redes EGPRS/EDGE.
- **Modulation QPSK Quadrature Phase-Shift Keying.** En PSK, el número de cambios de fase es de dos. Un paso adelante, el número de cambios de fase es más de dos (es decir, cuatro), que es el caso en *QPSK Quadrature Phase-shift Keying*. Esto permite a la portadora llevar a cuatro bits en lugar de dos, lo que duplica de forma eficaz la capacidad de la portadora. QPSK es el esquema de modulación elegido en redes WCDMA.
- **Modulation 16-QAM and 64-QAM Quadrature Amplitude Modulation.** Se utiliza ampliamente en muchas aplicaciones de comunicaciones de radio y de datos digitales. Existe una variedad de formas de QAM, algunas de las formas más comunes incluyen 16 QAM, 32 QAM, 64 QAM, 128 QAM, y 256 QAM. La ventaja de utilizar QAM es que es una forma de modulación de orden superior, y como resultado es capaz de transportar más bits de información por símbolo. La Figura 1.19, muestra un comparativo de la tasa de bits transmitidos entre QMA y PSK.

MODULATION	BITS PER SYMBOL	SYMBOL RATE
BPSK	1	1 x bit rate
QPSK	2	1/2 bit rate
8PSK	3	1/3 bit rate
16QAM	4	1/4 bit rate
32QAM	5	1/5 bit rate
64QAM	6	1/6 bit rate

Fig. 1.19. Tasa de bits de diferentes QAM vs. PSK.



1.5. MEDIOS DE TRANSMISIÓN

1.5.1. FIBRA ÓPTICA

La transmisión por fibra óptica, consiste en convertir una señal eléctrica en una óptica, que puede estar formada por pulsos de luz (digital) o por un haz de luz modulado (analógica). La señal saliente del transmisor, se propaga por la fibra hasta llegar al receptor, en el cual se convierte la señal nuevamente a eléctrica. (Véase la Fig. 1.20).



Fig. 1.20. Trasmisión con fibra óptica, (FO).

Cable de fibra por su composición hay tres tipos disponibles actualmente:

- Núcleo de plástico y cubierta plástica.
- Núcleo de vidrio con cubierta de plástico (frecuentemente llamada fibra PCS. El núcleo es de silicio con una cubierta de plástico).
- Núcleo de vidrio y cubierta de vidrio (frecuentemente llamadas SCS, silicio cubierta de silicio).

Las fibras de plástico tienen ventajas sobre las fibras de vidrio por ser más flexibles y más fuertes, fáciles de instalar, pueden resistir mejor la presión, son menos costosas y pesan aproximadamente 60% menos que el vidrio. La desventaja es su característica de atenuación alta: No propagan la luz tan eficientemente como el vidrio. Por lo tanto, las de plástico se limitan a distancias relativamente cortas, como puede ser dentro de un solo edificio. Las fibras con núcleos de vidrio tienen baja atenuación. Sin embargo, las fibras PCS son un poco mejores que las fibras SCS. Además, las fibras PCS son menos afectadas por la radiación y, por lo tanto, más atractivas a las aplicaciones militares. Desafortunadamente, los cables SCS son menos fuertes, y más sensibles al aumento en atenuación cuando se exponen a la radiación.

- Cable de fibra óptica disponible en construcciones básicas:



- **Cable de estructura holgada.** Cable empleado tanto para exteriores como para interiores, que consta de varios tubos de fibra rodeando un miembro central de refuerzo, y provisto de una cubierta protectora. Cada tubo de fibra, de dos a tres milímetros de diámetro, lleva varias fibras ópticas que descansan holgadamente en él. Los tubos pueden ser huecos o estar llenos de un gel hidrófugo que actúa como protector antihumedad, impidiendo que el agua entre en la fibra. El tubo holgado aísla la fibra de las fuerzas mecánicas exteriores que se ejerzan sobre el cable. Su núcleo se complementa con un elemento que le brinda resistencia a la tracción, que bien puede ser de varilla flexible metálica o dieléctrica como elemento central, o de hilaturas de Aramida o fibra de vidrio situadas periféricamente.
- **Cable de estructura ajustada.** Es un cable diseñado para instalaciones en el interior de los edificios, es más flexible y con un radio de curvatura más pequeño que el que tienen los cables de estructura holgada. Contiene varias fibras con protección secundaria que rodean un miembro central de tracción, todo ello cubierto de una protección exterior. Cada fibra tiene una protección plástica extrusionada directamente sobre ella, hasta alcanzar un diámetro de 900 [µm], rodeando al recubrimiento de 250 [µm] de la fibra óptica. Esta protección plástica además de servir como protección adicional frente al entorno, también provee un soporte físico que serviría para reducir el esfuerzo de instalación al permitir reducir los empalmes.

La fibra óptica utilizada en telecomunicaciones, está construida en vidrio (normalmente polisilicio) con una forma cilíndrica para transportar la onda electromagnética generada por una fuente luminosa. Para que el transporte sea totalmente eficiente, se rodea el cilindro (núcleo de la fibra) de un material con diferente densidad (revestimiento) que crea una zona de reflexión en la superficie del núcleo en contacto con el revestimiento. De esta forma, se confina la onda dentro del núcleo para transportarla a un punto distante. Esta onda es simplemente un haz de luz en el espectro del infrarrojo. Como se muestra en la Fig. 1.21.

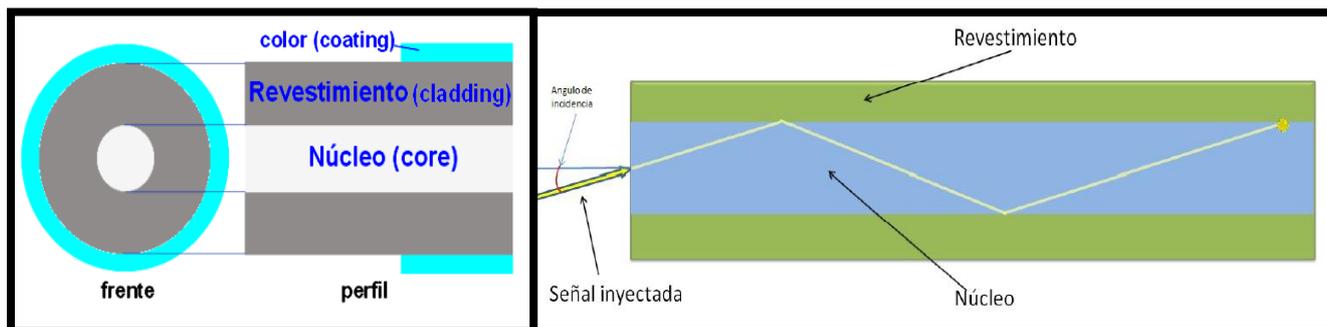


Fig. 1.21. Cable de fibra óptica. Núcleo y revestimiento de una onda reflejada.

En estas condiciones, la onda luminosa atraviesa el núcleo reflejándose en las paredes de éste, y es transportada hasta el extremo distante. En este proceso ocurren una serie de penalizaciones que atenúan la señal en el extremo distante. A continuación, se definen dos de los fenómenos físicos más frecuentes que se presentan en la transmisión de señales:

- **Atenuación.** Es el impedimento que ofrece el medio utilizado para el transporte de la señal, y es intrínseca al material del que está constituida la fibra. Los materiales



plásticos sintéticos son más económicos; pero atenúan más que el vidrio. También depende del modo de transporte, instalación y dispersiones típicas. La atenuación típica es actualmente, para las longitudes de onda utilizadas, entre 0.2 y 0.3 [dB] por [Km], (cada 10 ó 15 [Km] la potencia de la señal se reduce a la mitad). Sin embargo, se pueden tener tramos de 80 [Km], 120 [Km] y más, de enlace de fibra.

- **Refracción.** En cada punto de la superficie del núcleo donde la onda se refleja, se produce también una refracción de parte de la señal transportada, que añade una pérdida a la señal transportada. (Ver la Fig. 1.22).

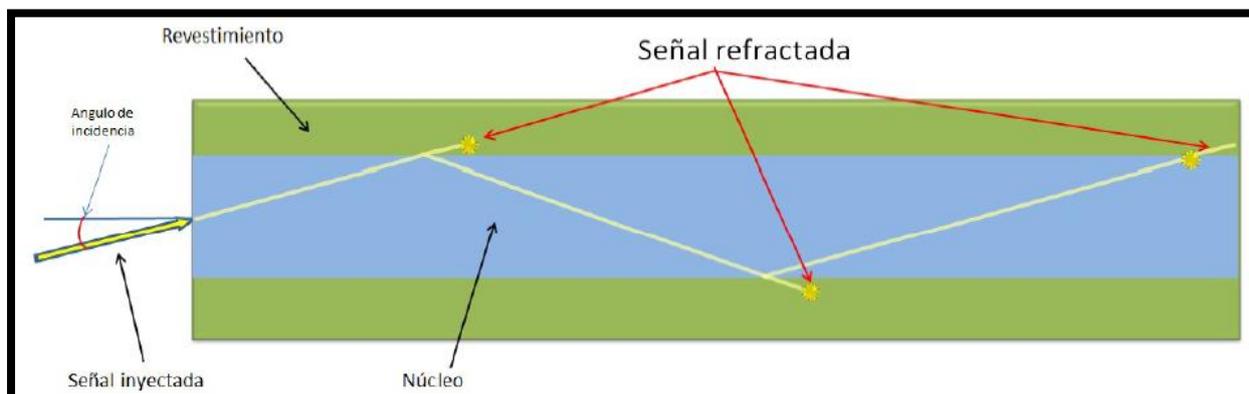


Fig. 1.22. Núcleo revestimiento-refracción.

Las diferentes trayectorias que puede seguir un haz de luz en el interior de una fibra, se denominan modos de propagación. Y según el modo de propagación, se tendrán dos tipos de fibra óptica: Multimodo y Monomodo. (Ver la Fig. 1.23).

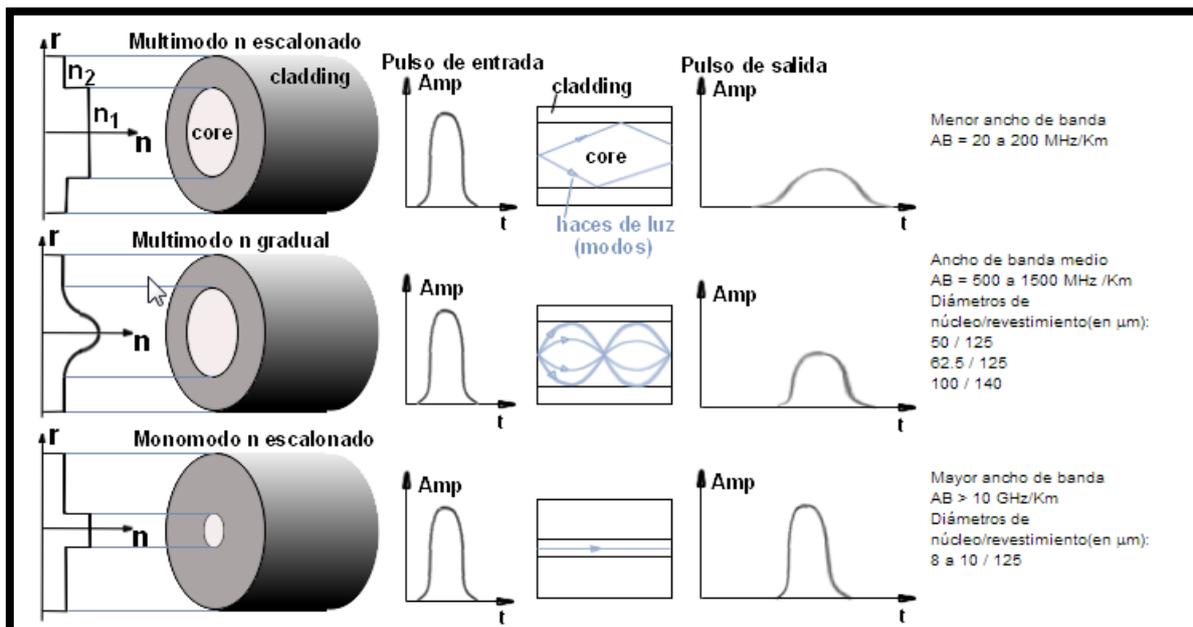


Fig. 1.23. Clasificación de las fibras ópticas.

1.5.1.1. CLASIFICACIÓN DE LAS FIBRAS ÓPTICAS

- **Fibras ópticas multimodo.** Son aquellas que pueden guiar y transmitir varios rayos de luz por sucesivas reflexiones, (modos de propagación). El tamaño del núcleo es de (100/125 [micras]), y es empleada para distancias cortas (hasta 500 [m]). Como se muestra en la Fig. 1.24.

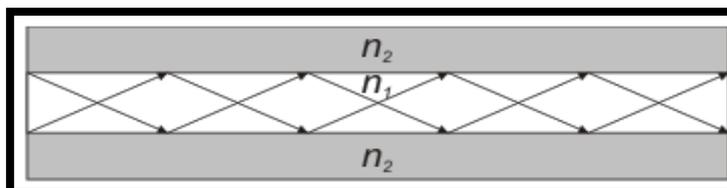


Fig. 1.24. Fibra óptica multimodo.

NOTA: Los modos son formas de ondas admisibles, la palabra "modo" significa trayectoria.

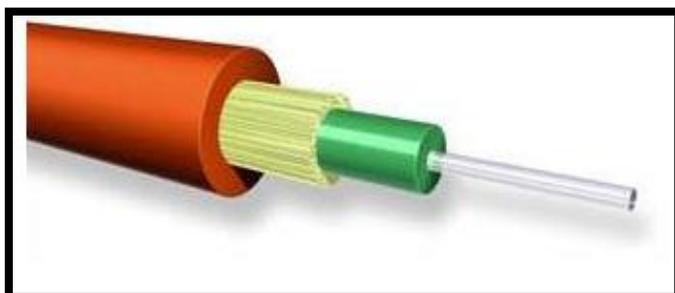
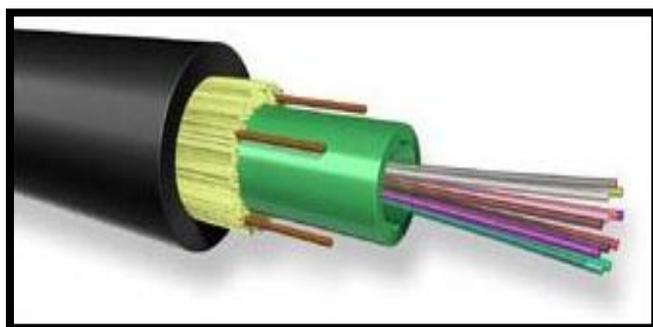


Fig. 1.25. En núcleo de una fibra multimodo.

El núcleo de una fibra multimodo tiene un índice de refracción superior, pero del mismo orden de magnitud, que el revestimiento. Debido al gran tamaño del núcleo de una fibra multimodo, es más fácil de conectar, y tiene una mayor tolerancia a componentes de menor precisión, tal como lo muestran las Fig. 1.25 y 1.26.



Dependiendo el tipo de índice de refracción del núcleo, hay dos tipos de fibra multimodo:

Fig. 1.26. Núcleo de una fibra multimodo.

- **Índice escalonado:** En este tipo de fibra, el núcleo tiene un índice de refracción constante en toda la sección cilíndrica, y también, tiene alta dispersión modal.
- **Índice gradual:** Mientras que en este tipo de fibra, el índice de refracción no es constante, tiene menor dispersión modal, y el núcleo se constituye de distintos materiales.
- **Fibras ópticas monomodo.** Son aquellas que por su especial diseño pueden guiar y transmitir un solo rayo de luz (un modo de propagación), y tiene la particularidad de poseer un ancho de banda elevadísimo. Las pérdidas por refracción se consiguen reduciendo al máximo, creando un núcleo lo suficientemente estrecho (9 [micrómetros]), con respecto al revestimiento (125 [micrómetros]), como para que la señal inyectada recorra el cilindro sin apenas reflejarse en la superficie, incluso con curvaturas de un radio mínimo (hasta 60 [mm]). Utilizadas para acoplamientos de larga distancia, tal como se muestra en la Fig. 1.27 (a) y (b).

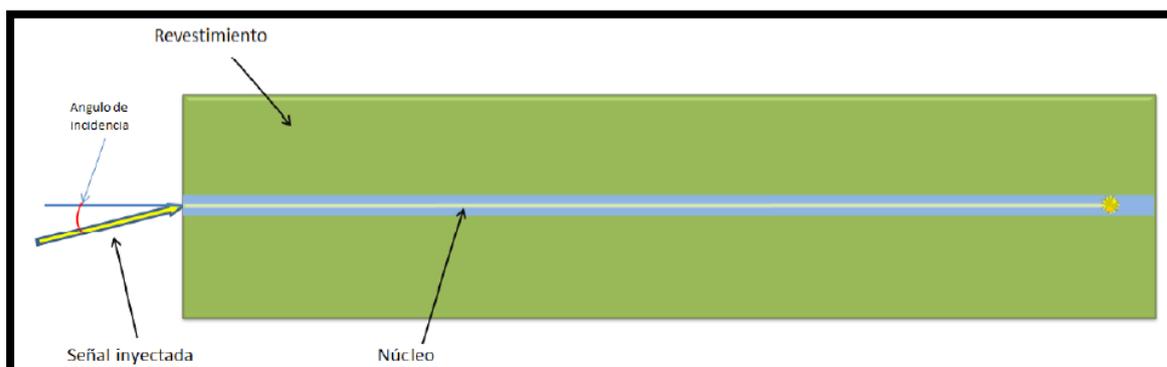
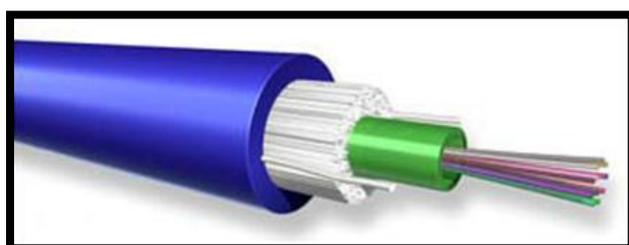


Fig. 1.27 (a). Forma de transmisión de una fibra monomodo.



Debido a que las fibras monomodo son más sensibles a los empalmes, soldaduras y conectores, las fibras y los componentes de éstas, son de mayor costo que los de las fibras multimodo. (Ver la Fig. 1.27 (b)).

Fig. 1.27 (b). Fibra monomodo.



- **Dispersión.** Las dos características del transporte óptico que más influyen en los actuales sistemas de transmisión de señales a través de la fibra óptica, son la Dispersión Cromática (CD) y la Dispersión por el Modo de Polarización, (PMD).
- **Dispersión Cromática.** Produce en la señal inyectada en una fibra, un retardo distinto para cada frecuencia o color y que varía en función de cada tramo de fibra óptica. Esto causa una degradación de la señal que se incrementa con la longitud del trayecto entre origen y final del sistema de transmisión.
- **Dispersión por el Modo de Polarización.** Se produce al no poder definir una forma totalmente circular en la fibra óptica (núcleo y revestimiento), y provoca una serie de factores en la señal, que contribuyen a su degradación a lo largo del recorrido. Se puede provocar tanto en la fabricación, almacenaje y posterior instalación debida a procedimientos no adecuados de montaje y tensiones o estiramientos no recomendados.

Para subsanar los dos tipos de dispersiones se intercalan en el origen o final del tramo, unos compensadores que pueden ser pasivos o activos; pero que deben ser ajustados al tramo en cuestión.

1.5.1.2. SEÑAL TRANSPORTADA Y LONGITUD DE ONDA

El tipo de señal transportada a través de la fibra óptica, es una onda electromagnética dentro de la banda de 800 [nanómetros] a 1 600 [nanómetros]. La fibra óptica, dentro de esta banda se comporta en mejores condiciones. (Ver la Fig. 1.28).

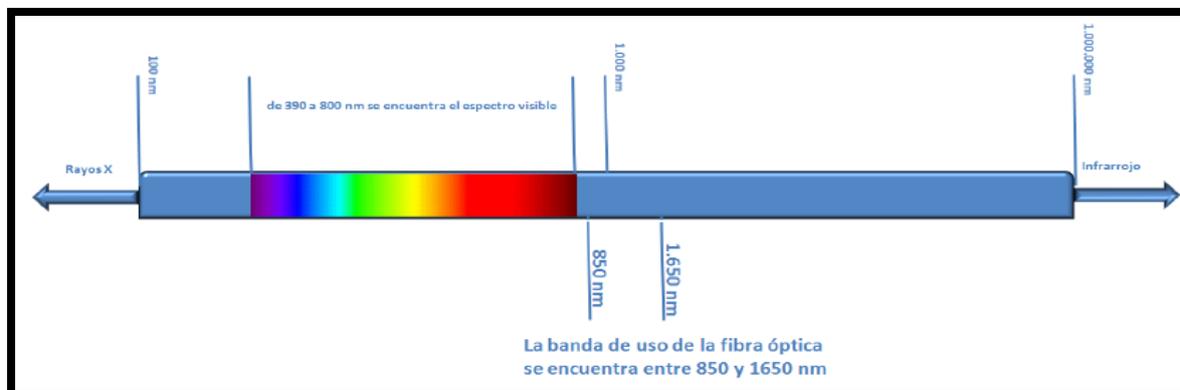


Fig. 1.28. Espectro-banda visible-infrarroja.

Esta banda, a su vez, se divide en varias sub-bandas, las más utilizadas son:

- 820-880 [nm], (1ª ventana).
- Banda O 1 260-1 360 [nm], (2ª ventana).
- Banda C 1 530-1 565 [nm], (3ª ventana).



Del mismo modo, cada ventana se puede dividir a su vez en “ventanitas” o longitudes de onda. Concretamente, la 3ª ventana se puede subdividir en una rejilla en 80 longitudes de onda. De esta forma, se pueden transportar 80 señales distintas por una sola fibra óptica aumentando la capacidad de transporte. Los dispositivos encargados de convertir la señal eléctrica en señal luminosa, emitiendo el haz de luz que permite la transmisión de datos, se les denomina emisores de haz de luz y pueden ser de dos tipos:

- **LED.** Utilizan una corriente de 50 a 100 [mA], su velocidad es lenta, solo se puede usar en fibras multimodo, pero su uso es fácil y su tiempo de vida es muy grande, además de ser económicos.
- **LÁSER.** Este tipo de emisor usa una corriente de 5 a 40 [mA], son muy rápidos, se puede usar con los dos tipos de fibra, monomodo y multimodo; pero por el contrario, su uso es difícil, su tiempo de vida es largo, pero menor que el de los LED, y también son mucho más costosos.

1.5.1.3. VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LA FIBRA ÓPTICA, CON RESPECTO AL COBRE

La Tabla 1.5, muestra un comparativo de ventajas y desventajas del uso de la fibra óptica, respecto al uso del cobre, en el alambrado de sistemas.

Característica	FIBRA ÓPTICA	COBRE
Fabricación.	Material barato. Procesos de fabricación caros.	Material caro. Procesos muy experimentados y abaratados
Transporte.	Pesa menos que el cobre.	Peso mayor.
Manejo e instalación.	Instalación y empalmes muy especializados.	Procedimientos simples.
Ancho de banda.	Puede superar 1 Tb/s	Máximo 155 Mb/s
Seguridad.	Mayor seguridad, pero no imposible.	Interceptable fácilmente
Degradación.	Agua, hidrocarburos, radiación ultravioleta, tiempo, golpes o torsiones excesivas.	Oxidación, temperatura
Manejo e instalación.	Instalación y empalmes muy especializados.	Procedimientos simples.

Tabla 1.5. Se muestra un comparativo de ventajas y de desventajas del uso de la fibra óptica, respecto al uso del cobre, en el alambrado de sistemas.

1.5.1.4. TIPOS DE CONECTORES

Estos elementos se encargan de conectar las líneas de fibra a un elemento, ya puede ser un transmisor o un receptor (ver la Fig. 1.29). Los tipos de conectores disponibles son muy variados, entre los que se pueden contar los siguientes:

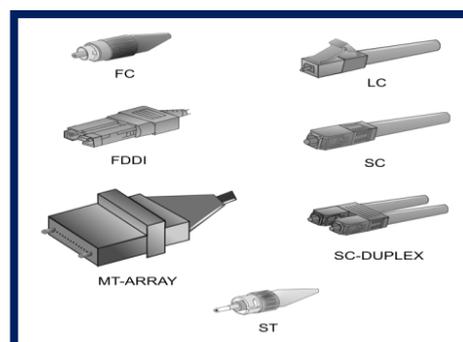


Fig. 1.29. Diferentes tipos de conectores.



- **FC:** Que se usa en la transmisión de datos y en las telecomunicaciones.
- **FDDI:** Se usa para redes de fibra óptica.
- **LC y MT-Array:** Que se utilizan en transmisiones de alta densidad de datos.
- **SC y SC-Dúplex:** Se utilizan para la transmisión de datos.
- **ST o BFOC:** Se usa en redes de edificios y en sistemas de seguridad

1.5.2. FUNDAMENTOS DE RADIOCOMUNICACIONES: LAS MICRO-ONDAS

Se refiere a la transmisión de datos o de energía, a través de radiofrecuencias con longitudes de onda del tipo de las micro-ondas. El uso principal de este tipo de transmisión se da en las telecomunicaciones de larga distancia, se presenta como alternativa del cable coaxial o la fibra óptica. Este sistema necesita que las antenas estén alineadas ya que la onda de radio es vulnerable a factores ambientales y orográficos como: Las montañas, las colinas, los edificios, etcétera. Las principales aplicaciones de un sistema de micro-ondas son las siguientes:

- Telefonía básica (canales telefónicos).
- Datos.
- Telégrafo.
- Canales de Televisión.
- Video.
- Telefonía celular.
- Transmisión de voz.

La propagación de la onda de radio en el espacio libre depende en gran medida de la frecuencia de la señal y de los obstáculos encontrados en su camino. Las micro-ondas terrestres, siguen conformando un medio de comunicación muy efectivo para redes metropolitanas, para interconectar bancos, mercados, tiendas departamentales y radio bases de telefonía celular. (Ver las Fig. 1.30 y 1.31).

Los principales problemas de comunicación por radio son:

- Los fenómenos de propagación multi-trayecto.
- Fenómenos de desvanecimiento.
- Escasez de recursos de radio.

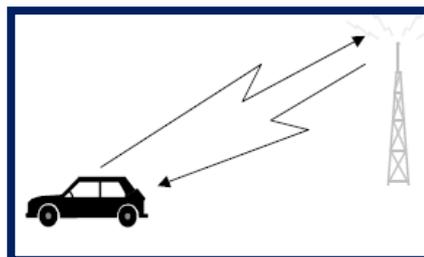


Fig. 1.30. Propagación de una onda de radio en el espacio libre.

Propagación multi-trayecto. Tiene la ventaja de poder establecer la conexión sin línea de visión (*Non-line of-Sight*) a cambio de fluctuaciones en las características de la señal recibida.

Fenómenos de desvanecimiento. A medida que la señal viaja desde la antena transmisora a la antena receptora, pierde fuerza.

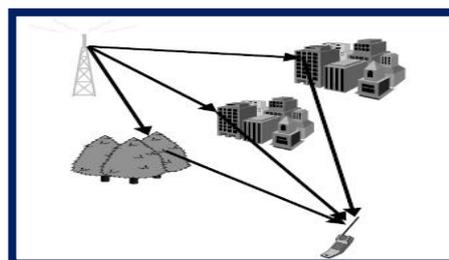


Fig. 1.31. Propagación multi-trayecto de una onda de radio en el espacio libre.



Esto puede ser debido al fenómeno de la pérdida de trayectoria, o puede ser debido al *Efecto de Rayleigh*. El desvanecimiento de Rayleigh (o de Rice), es producido por la rápida variación del nivel de la señal tanto en amplitud y fase entre la transmisión y recepción de las antenas, cuando no hay una línea de visión. El desvanecimiento de Rayleigh se puede dividir en dos tipos: El desvanecimiento por trayectos múltiples, y el desvanecimiento selectivo en frecuencia.

- **Desvanecimiento por trayectos múltiples.** La llegada de la misma señal por caminos diferentes en momentos diferentes y su combinación en la antena receptora, hace que la señal se desvanezca.
- **Desvanecimiento selectivo en frecuencia.** Se lleva a cabo debido a la variación en las condiciones atmosféricas. Las condiciones atmosféricas pueden causar que la frecuencia de una señal se desvanezca.
 - Los factores que influyen en la propagación de radio:
 - **Reflexión:** Colisión de ondas electromagnéticas con una obstrucción, cuyas dimensiones son muy grandes en comparación con la longitud de la onda de radio.
 - **Difracción (sombreado):** Colisión de ondas electromagnéticas con una obstrucción, la cual es imposible de penetrar.
 - **Dispersión:** Colisión de ondas de radio con obstrucciones cuyas dimensiones son casi iguales o menores que la longitud de onda de radio.
 - **Penetración en edificios y vehículos:** Cuando la señal llega a la superficie de un edificio, puede ser difractada o absorbida. Si se absorbe, la fuerza de la señal se reduce. La cantidad de absorción depende del tipo de edificio y su entorno: La cantidad de estructura sólida y el vidrio en la superficie exterior, las características de propagación cerca del edificio, la orientación del edificio con respecto a la orientación de la antena, etcétera. Esta es una consideración importante en la planificación de la cobertura de una red de radio. La pérdida por penetración de vehículo es similar, excepto que el objeto en este caso es un vehículo en lugar de un edificio.
 - **Propagación de una señal sobre el agua:** Es una gran preocupación; la razón es que la superficie del agua es un muy buen reflector de las ondas de radio, y hay la posibilidad de que la potencia de señal de radio ocasione interferencia con las frecuencias de otras celdas.
 - **Propagación de una señal sobre vegetación (*Foliage Loss*):** Se da principalmente en los bosques. La variación en la intensidad de la señal depende de muchos factores, tales como: El tipo de árboles, troncos, hojas, ramas, sus densidades, y las alturas relativas a las alturas de la antena. *Foliage Loss* depende de la frecuencia de la señal y varía según la temporada. Esta pérdida puede ser tan alta a 20 [dB] en los sistemas GSM 800.
 - **Interferencia** La señal en la antena receptora puede ser débil en virtud de la interferencia de otras señales. Estas señales pueden ser de la misma red, o pueden ser debido a los objetos construidos por el hombre. Sin embargo, la principal causa de interferencias en una red celular son los recursos de radio en la red. Hay muchos canales de radio en uso, en una red que utilizan un ancho de banda compartido común.



1.5.2.1. RADIO CELDAS Y PROPAGACIÓN DE ONDAS

La cobertura en una celda depende de la zona cubierta por la señal. La distancia recorrida por la señal depende de las características de propagación de radio en el área dada. La radio-propagación varía de una región a otra región. La superficie se divide en tres clases principales: Urbanas, suburbanas y rurales, sobre la base de las estructuras hechas por el hombre y terrenos naturales. Las celdas (sitios) que se construyen en estas áreas pueden ser clasificadas como celdas de interior (*indoor*) y exterior (*outdoor*). Las celdas al aire libre o de exterior (*outdoor*) pueden ser clasificados como: Macro-celdas, micro-celdas, pico-celdas o femto-celdas.

- **MACRO-CELDAS.** Cuando las antenas de estaciones base (BS) se colocan por encima del nivel promedio de la azotea, la celda es conocida como un MACRO-CELDA. A medida que la antena se encuentre por encima del nivel promedio de la azotea, el área que puede ser cubierta es más amplia. Una cobertura de las macro-celdas puede variar de un par de kilómetros, hasta los 35 [Km], la distancia depende del tipo de terreno y de las condiciones de propagación. Se utilizan para entornos suburbanos o rurales.
- **MICRO-CELDAS.** Cuando las antenas de estaciones base (BS) se encuentran por debajo del nivel promedio de la azotea, la celda se conoce como MICRO-CELDA. El área que puede ser cubierta es pequeña, se aplica en zonas urbanas y suburbanas. La cobertura de una micro-celda va de unos cientos de metros a un par de kilómetros.
- **PICO-CELDAS.** Utilizadas para la cobertura en interiores.
- **FEMTO-CELDAS.** Diseñadas en tamaño y potencia para uso en hogares o negocios.

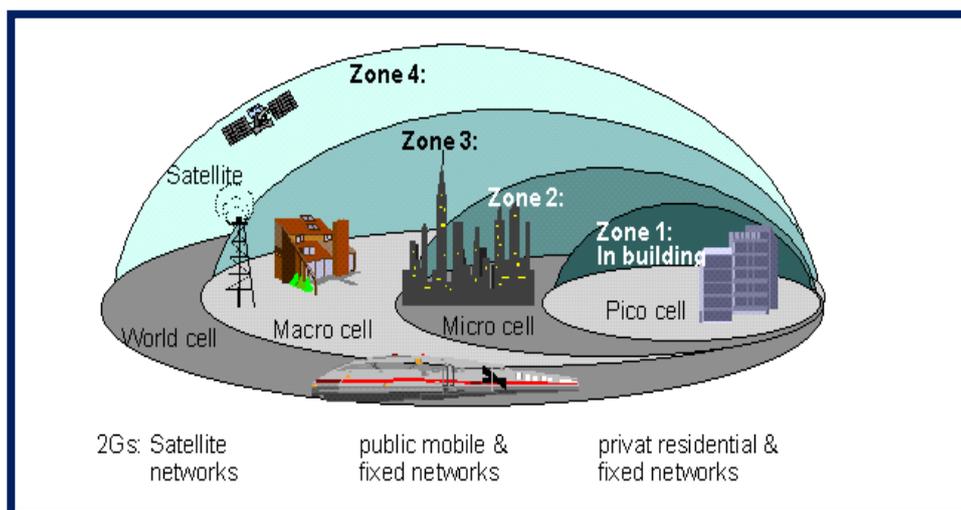


Fig. 1.32. Cobertura de las radio celdas.

1.6. COMUNICACIONES: ANTENAS MÓVILES

En las redes móviles se habla de "celdas". Una estación base puede tener muchas celdas. En general, una celda se puede definir como el área cubierta por un sector; es decir, un sistema de antenas. La naturaleza de la célula hexagonal es una forma artificial.



Esta es la forma que está más cerca de ser circular, lo que representa la cobertura ideal de la potencia transmitida por la antena de una BS. Las formas circulares son en sí mismas un inconveniente, ya que tienen áreas de cobertura superpuestas. Una red práctica tendrá celdas de formas no geométricas con algunas áreas que no tengan la potencia de señal requerida por diversas razones. (Ver la Fig. 1.33).

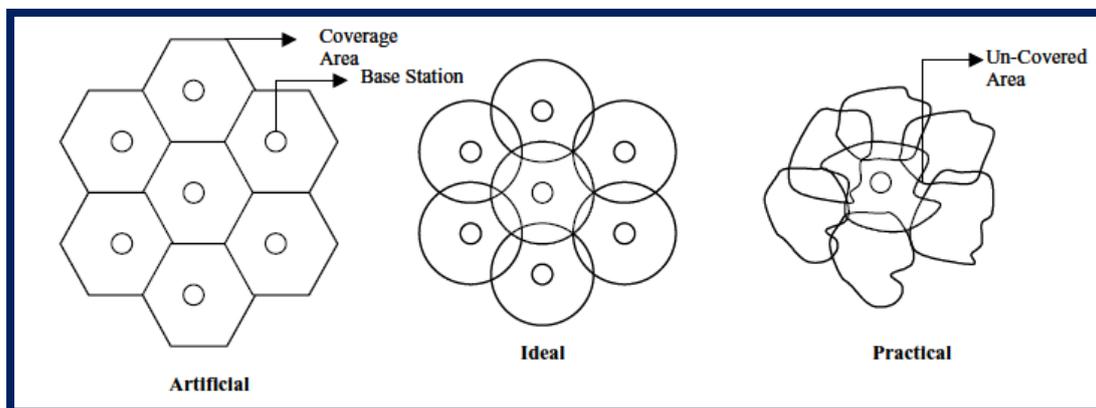


Fig. 1.33. Tipos de celdas.

1.6.1. LAS ANTENAS MÓVILES

Una antena es un dispositivo pasivo (un arreglo de conductores eléctricos), que convierte potencia de Radio Frecuencia, en campos electromagnéticos; o en su defecto, intercepta estos mismos, y los convierte a energía de Radio Frecuencia.

- **Radiofrecuencia:** Onda electromagnética que se aplica en las telecomunicaciones, y que permite comunicar dos puntos distantes tan lejos como unos cuantos metros o miles de kilómetros.

Una estación base o antena de telefonía móvil es un *emisor-receptor* de ondas electromagnéticas con frecuencia entre 900 y 2 000 [MHz]. Están compuestas por una torre o mástil, sobre la que se instalan las antenas a una altura adecuada para cubrir una amplia zona. Un sistema de telefonía se basa en el principio donde la zona de cobertura deseada se divide en zonas más pequeñas llamadas *celdas*, en cada celda se sitúa una estación base, con un sistema de radio, que permite por un lado la conexión de las terminales móviles, además de conectar con un sistema de conmutación, que posibilita la interconexión entre las estaciones base y la red de conmutación pública. En cada estación base inicialmente, se dispone de un conjunto de frecuencias para la trasmisión, pero debido al aumento de usuarios éstas no eran suficientes y se optó por la técnica de re-uso frecuencial. Ésta, es la clave, ya que permite que las mismas frecuencias puedan ser usadas en distintas celdas siempre que se mantenga una distancia para evitar interferencias. Esta técnica plantea una hipotética capacidad ilimitada, de esta forma, el número de celdas depende directamente del potencial número de usuarios, y así, es capaz de soportar un mayor número de comunicaciones.



Fig. 1.34. Diferentes antenas de telefonía móvil.

1.6.1.1. HANDOVER/HANDOFF (TRASPASO ENTRE CELDAS)

El *Handover*, es la transferencia automática de los usuarios de telefonía móvil de una celda a otra durante la duración de una llamada, sin causar ningún impacto a/en la llamada. Hay dos aspectos principales para ello: La necesidad de encontrar un modo dedicado en la siguiente celda, ya que el teléfono móvil se encuentra en una llamada, o en el proceso de conmutación que es lo suficientemente rápido para que no se caiga la llamada. El proceso más utilizado para llevar a cabo el *Handover* se basa en mediciones de potencia. Cuando un teléfono móvil está en la interfaz de dos celdas, el BSS (*Base Station Subsystem*), mide la potencia recibida por las estaciones de base de las dos celdas, y después selecciona la que satisface los criterios de potencia suficiente y menor interferencia. Este tipo de traspaso, está directamente relacionado con el control de potencia, que proporciona una oportunidad para mejorar la eficiencia de uso del espectro. (Ver la Fig. 1.35).

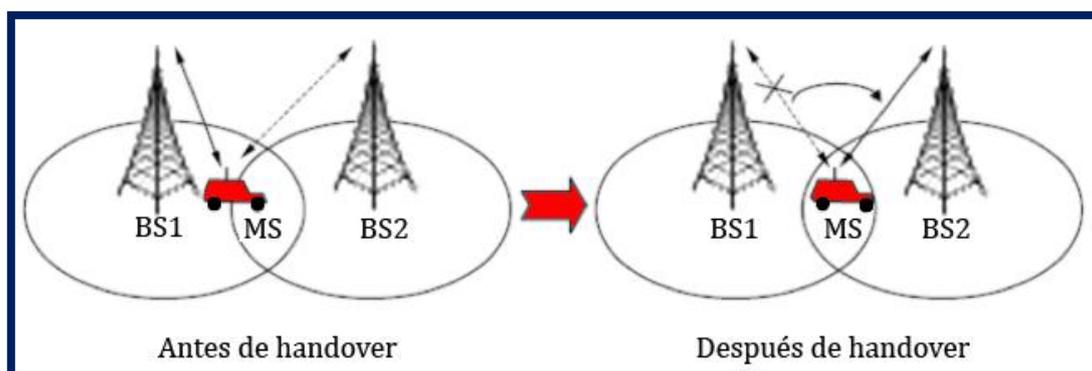


Fig. 1.35. Traspaso entre celdas (*Handover/Handoff*).



1.6.1.2. PARÁMETROS DE UNA ANTENA MÓVIL

Los parámetros más importantes de una onda son: Su amplitud y su frecuencia. La primera define la potencia de la onda, y la segunda define el número de ciclos por segundo. La frecuencia se mide en [Hz]. La Fig. 1.36, muestra una forma de onda con sus parámetros más importantes.

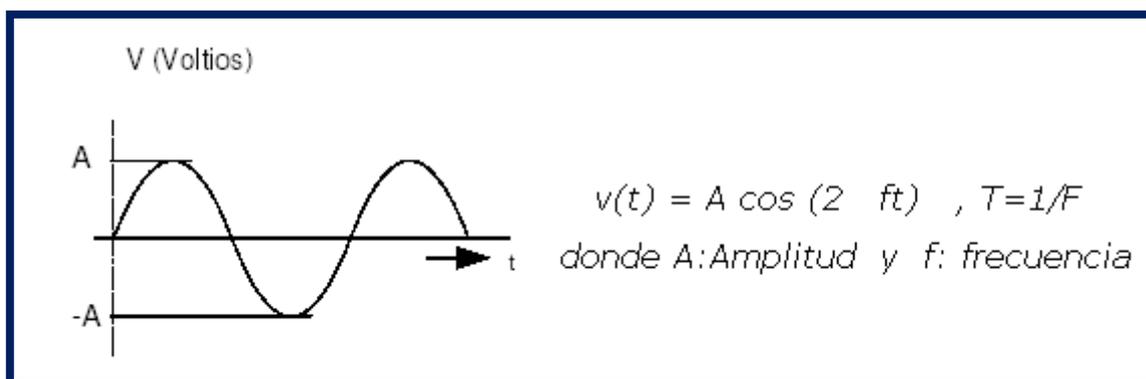


Fig. 1.36. Onda de voltaje con ciclo y medio.

1.6.1.3. ¿Cómo es posible transmitir la voz y los datos?

Gracias al comportamiento de los campos electromagnéticos que poseen la capacidad de propagarse por el espacio. Las ondas electromagnéticas son variaciones de los campos eléctrico y magnético, éstas se propagan por el aire, de esta forma, es posible transmitir energía, a este fenómeno se le denomina *radiación o emisión* (emiten radiación ionizante o no ionizante, de acuerdo a su frecuencia). El conjunto de todas las posibles ondas electromagnéticas configuran el espectro electromagnético.

- **Emisiones “ionizantes”**. Con suficiente energía para producir ionización, separando electrones de los átomos. Si interactúa con la materia puede cambiar las reacciones químicas del cuerpo, y por lo tanto, dañar los tejidos biológicos.
- **Emisiones “no-ionizantes”**. Radiación o emisión que define la transmisión de energía mediante ondas electromagnéticas. La relación entre energía y frecuencia es directamente proporcional, debido a esto aquellas transmisiones realizadas a baja frecuencia no son capaces de ionizar la materia. A este tipo de emisiones se les denomina “no-ionizantes” (utilizadas por telefonía móvil, radio, televisión, etcétera), y tienen un rango asociado de frecuencias en el espectro comprendido entre 900 y 2 000 [MHz] (Ejemplos: GSM 900 [MHz]; DCS-1 800: 1 800 [MHz] y UMTS: 2 000 [MHz]).

1.6.1.4. FUNCIONAMIENTO

Un sistema de comunicaciones móviles, proporciona la capacidad de establecer un canal de comunicación a usuarios cuya posición es desconocida, y/o se encuentran en movimiento.



La señal que se transmite desde la antena de transmisión (BTS/MS) es recibida a la antena de recepción (MS/BTS) la cual recorre un camino pequeño y complejo. Esta señal se expone a una variedad de estructuras artificiales, pasa a través de diferentes tipos de terreno, y se ve afectada por la combinación de entornos de propagación. Todos estos factores contribuyen a la variación en el nivel de la señal, por lo que hay variación en la señal de cobertura, y en la calidad de la red.

En una antena típica de telefonía móvil, la emisión radioeléctrica se efectúa hacia el frente y en horizontal, en forma de un haz sensiblemente plano, y abarca un sector entre 60 y 120 grados terrestres. Las emisiones son casi inexistentes en el resto de direcciones (atrás, abajo y arriba). La comunicación entre usuarios de telefonía móvil se realiza mediante la transmisión de ondas de radio. Cuando un usuario se comunica mediante un teléfono celular, éste se conecta a la antena más cercana de la red a la cual pertenece, como lo muestra la Fig. 1.37.

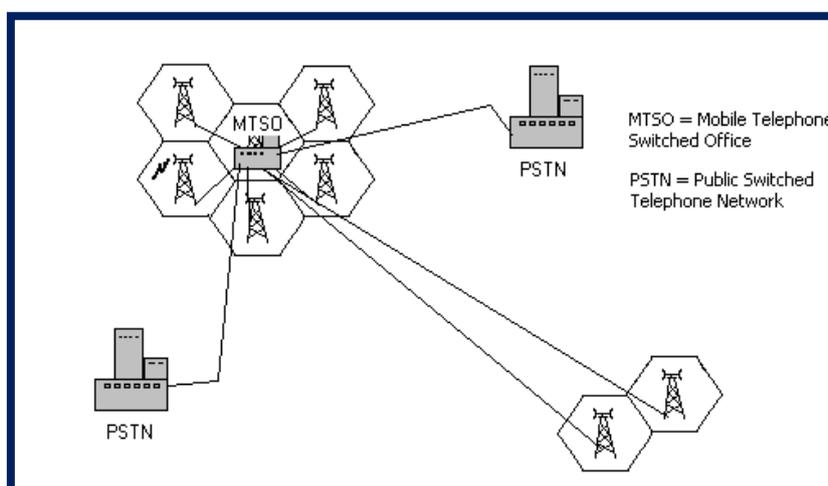


Fig. 1.37. Emisión radioeléctrica de antenas de telefonía móvil.

Otro factor a tener en cuenta a la hora de dimensionar el número de estaciones bases, son los servicios móviles avanzados (Internet, correo, TV móvil, entre muchos otros), que entre otras cosas implican mayor duración de la conexión, y ofrecen servicios en diferentes lugares tales como: Vehículos, túneles, trenes, sistemas de transporte colectivo “Metro”, etcétera. (Ver la Fig. 1.38).

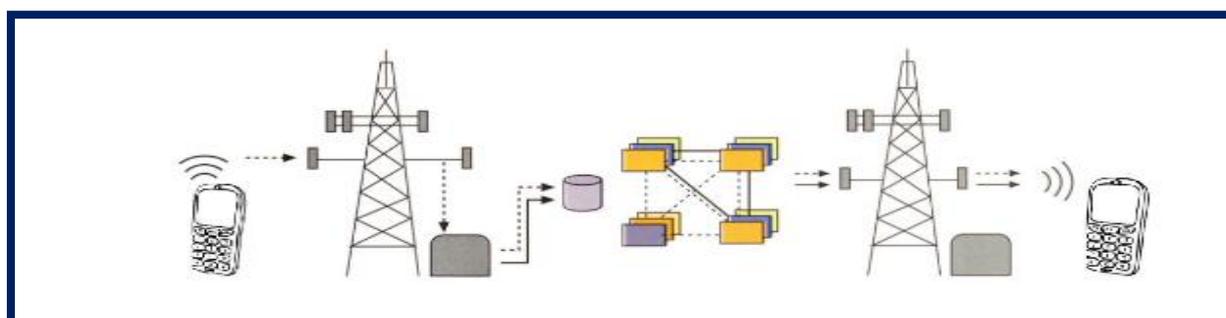


Fig. 1.38. Comunicación móvil usuario-usuario.



Cuando un usuario realiza una llamada, esta llamada es interceptada por antenas receptoras que transforman la información que es enviada a los centros de comunicación. Estos nodos de comunicación procesan la información y transmiten los datos a la estación base correspondiente, para que ésta a su vez, haga de emisor, y envíe la información al terminal móvil-receptor. Un usuario puede conectarse mediante teléfonos móviles a través de estaciones-base/antenas-móviles. Una red móvil está formada por una serie de estaciones base, que están compuestas por mecanismos de transmisión (antenas) y centrales de conmutación.

Cuando los recursos de radio han hecho las funciones para lograr la comunicación entre el dispositivo móvil con la BSC(2G), RNC(3G), se identifica dentro de estos elementos la LAI (*Location Area ID*) y dentro de ella la LAC (*Location Area Code*), y a su vez el sitio que da cobertura a la región en la cual se encuentra el usuario, posteriormente el MCC (*Mobile Country Code*) y el MNC (*Mobile Network Code*), se envían hacia el SGSN (Servicio de Datos), MSC y/o VLR (Servicio de Voz), para permitir el registro del usuario, como lo muestra la Fig. 1.39. Una vez conseguido el registro del usuario en SGSN, MSC y/o VLR bajo tecnología 2G ó 3G existen 2 escenarios:

- **Iniciar una sesión de datos.** Mediante la solicitud de activación del *pdp context*, donde esta petición viajará hacia los DNS, quienes se encargarán de encaminar la petición hacia el GGSN que le brindará la salida a la nube de la Internet.
- **Iniciar una llamada de voz.** La cual viajará a través de los canales dedicados en el *Core CS*, y será entregada al receptor.

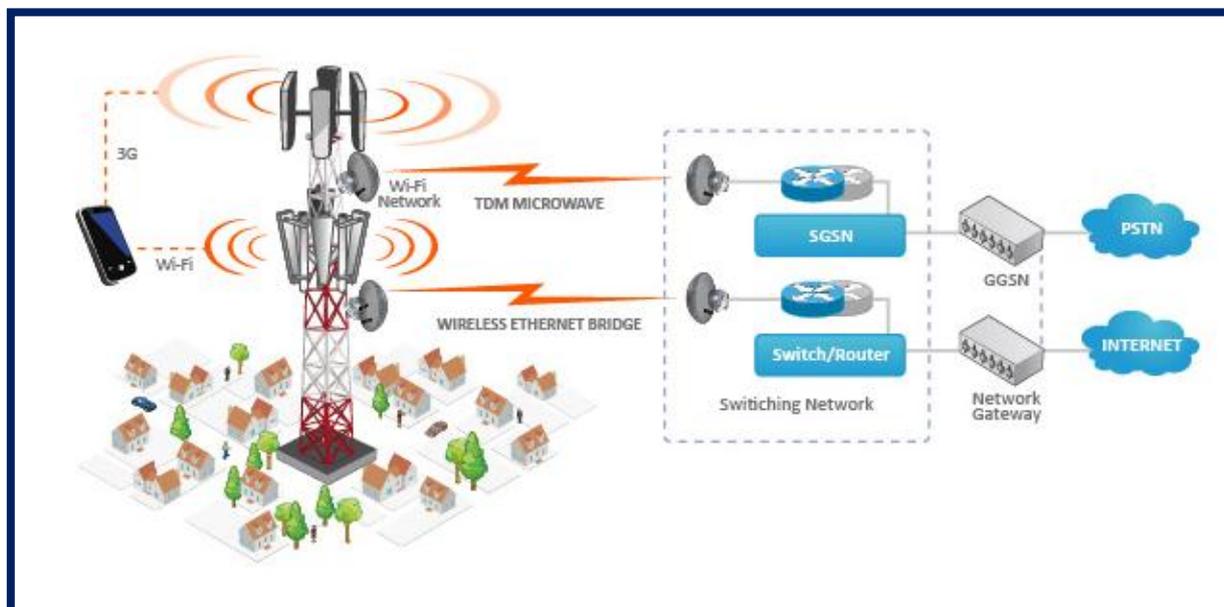


Fig. 1.39. Funcionamiento Usuario-Red Móvil-Internet.



CAPÍTULO 2

METODOLOGÍA DE ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y DE LAS TELECOMUNICACIONES (TIC)

2.1. CONCEPTOS PARA LA ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS

Metodología

1 Parte de la lógica que estudia los métodos.

2 Conjunto de métodos que se siguen en una investigación científica, un estudio, o una exposición doctrinal: metodología de la enseñanza o metodología de trabajo.

Método

Modo ordenado y sistemático de proceder para llegar a un resultado o fin determinado. La creciente aceptación de la dirección de proyectos indica que la aplicación de conocimientos, procesos, habilidades, herramientas y técnicas adecuados puede tener un impacto considerable en el éxito de un proyecto. La *Guía del PMBOK®*, identifica ese subconjunto de fundamentos de la dirección de proyectos, generalmente reconocido como buenas prácticas.

Buenas prácticas

Significa que se está de acuerdo, en general, en que la aplicación de estas habilidades, herramientas y técnicas puede aumentar las posibilidades de éxito de una amplia variedad de proyectos. Buenas prácticas no significa que el conocimiento descrito deba aplicarse siempre de la misma manera en todos los proyectos; la organización y/o el equipo de dirección del proyecto, son los responsables de establecer lo que es apropiado para un proyecto determinado.

Proceso

Es un conjunto de acciones y actividades interrelacionadas y realizadas, para obtener un producto, resultado o servicio predefinido. Cada proceso se caracteriza por sus entradas, por las herramientas y técnicas que puedan aplicarse, y por las salidas que se obtienen, el proceso puede ser iterativo.

Sponsor

Es la persona o el grupo, que ofrece recursos financieros, monetarios o en especie, para el proyecto. También conocido como *PATROCINADOR*, es uno de los interesados más importantes, ya que de su palabra depende en muchas ocasiones, la continuidad del proyecto.



Stakeholders

Se definen como las personas, u organizaciones como clientes, patrocinadores, organización ejecutante y el público, involucrados activamente con el proyecto, o cuyos intereses pueden verse beneficiados de manera positiva o negativa por la ejecución o conclusión del proyecto. También pueden influir sobre el proyecto y sus entregables. Y se conocen igualmente como: *Interesados o involucrados*.

2.1.1. PROYECTO

Es un esfuerzo temporal¹ que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único. La naturaleza temporal de los proyectos indica un principio y un final definidos. El final se alcanza cuando se logran los objetivos del proyecto o cuando se termina el proyecto porque sus objetivos no se cumplirán o no pueden ser cumplidos, o cuando ya no existe la necesidad que dio origen al proyecto. Un proyecto puede involucrar a una sola persona, una sola unidad o múltiples unidades dentro de la organización.

- Diseño o pensamiento de ejecutar algo.
- Conjunto de escritos, cálculos y dibujos que se hacen para dar idea de cómo ha de ser y lo que ha de costar una obra de arquitectura o de *ingeniería (considera la definición clásica de proyectos para los profesionales de la Ingeniería)*.
- Es la combinación de recursos humanos y no humanos, reunidos en una organización temporal para conseguir un propósito determinado (Cleland y King, 2005).

Se destacan las tres características fundamentales de todo proyecto: Combinación de recursos, organización temporal y propósito (alcance, objetivos y plazo) determinado. Las operaciones son esfuerzos permanentes que producen salidas repetitivas, con recursos asignados para realizar básicamente el mismo conjunto de tareas, según las normas institucionalizadas, en un ciclo de vida de producto. A diferencia de la naturaleza permanente de las operaciones, los proyectos son esfuerzos temporales. Se puede considerar como ejemplos de proyectos, los siguientes:

- Desarrollar un nuevo producto o servicio.
- Implementar un cambio en la estructura, el personal o el estilo de una organización.
- Desarrollar o adquirir un sistema de información nuevo o modificado, construir un edificio o una infraestructura, o implementar un nuevo proceso o procedimiento de negocio.

Las organizaciones realizan trabajos con el propósito de alcanzar una serie de objetivos. En muchas organizaciones, el trabajo puede clasificarse como proyecto u operaciones. Estos dos tipos de trabajo comparten determinadas características:

¹ Todo proyecto crea un producto, un bien, un servicio, o un resultado único. Aunque puede haber elementos repetitivos en algunos entregables del proyecto, esta repetición no altera la unicidad fundamental del trabajo del proyecto.



- Son realizados por individuos.
- Están limitados por restricciones, incluso restricciones de recursos.
- Son planificados, ejecutados, supervisados y controlados.
- Son realizados con el fin de alcanzar los objetivos de la organización, o los planes estratégicos.

Los proyectos y las operaciones difieren principalmente en que las operaciones son continuas y producen servicios, resultados o productos repetitivos. Los proyectos (junto con los miembros del equipo y a menudo las oportunidades), son temporales y tienen un final. Por el contrario, las operaciones son continuas y sostienen la organización a lo largo del tiempo.

Las operaciones no terminan cuando alcanzan sus objetivos actuales sino que, por el contrario, siguen nuevas direcciones para apoyar los planes estratégicos de la organización. Las operaciones apoyan el ambiente del negocio donde se ejecutan los proyectos. Como consecuencia, por lo general, existe una cantidad significativa de interacciones entre los departamentos operativos y el equipo del proyecto, dado que trabajan juntos para alcanzar los objetivos del proyecto.

2.1.2. GRUPOS DE PROCESOS DE LA DIRECCIÓN DE PROYECTOS

Aseguran que el proyecto avance de manera eficaz durante toda su existencia ya que se vinculan entre sí, a través de los resultados que producen (ver la Fig. 2.1). La salida de un proceso normalmente se convierte en la entrada para otro proceso o es un entregable del proyecto. Se agrupan en cinco categorías:

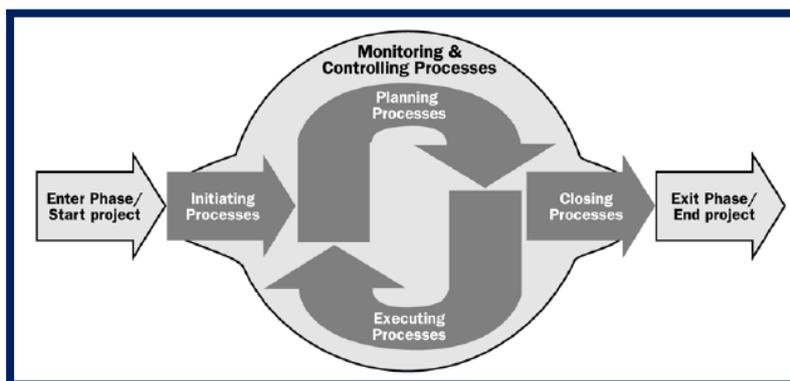


Fig. 2.1. Grupos de procesos de la Dirección de Proyectos.

- **Grupo del proceso de iniciación.** Procesos realizados para definir un nuevo proyecto o una nueva fase de un proyecto ya existente, mediante la obtención de la autorización para comenzar dicho proyecto o fase. En este proceso se selecciona al director del proyecto, se desarrolla el Acta de Constitución del Proyecto, se identifica a los Interesados y se define el alcance inicial del proyecto. (Ver la Fig. 2.2).

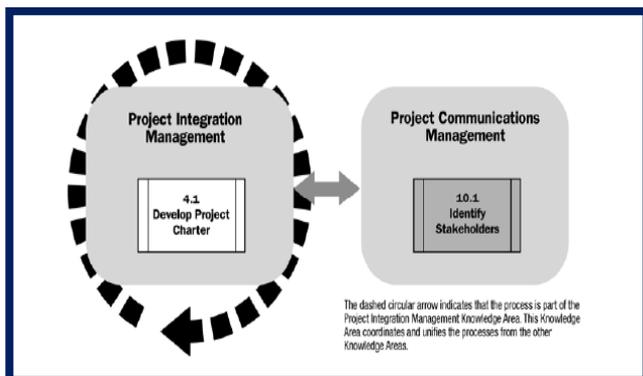


Fig. 2.2. Grupo del proceso de iniciación.



Fig. 2.3. Desarrollar el acta de constitución del proyecto.

- **Grupo del proceso de planificación.** Procesos requeridos para establecer el alcance total del proyecto, refinar los objetivos y definir roles, responsabilidades, habilidades requeridas y el plan de acción necesario para alcanzar los objetivos para cuyo logro se emprendió el proyecto. El plan para la dirección del proyecto, y los documentos del proyecto desarrollados como salidas del grupo de procesos de planificación, explorarán todos los aspectos del alcance, tiempo, costos, calidad, comunicación, riesgos y adquisiciones. (Ver la Fig. 2.4).

El plan para la dirección del proyecto se convierte en la fuente primaria de información para determinar la manera en que se planificará, ejecutará, supervisará y controlará, y cerrará el proyecto.



Fig. 2.4. Desarrollar el plan para la dirección del proyecto.



Fig. 2.5. Definir el alcance.

- **Alcance del proyecto.** Es el proceso que consiste en desarrollar una descripción detallada del proyecto y del producto.
- **Estructura de desglose de trabajo EDT.** Es el proceso que consiste en subdividir los entregables y el trabajo del proyecto en componentes más pequeños y más fáciles de dirigir.
- **Cronograma o plan de tiempos.** Es el proceso que consiste en analizar el orden de las actividades, su duración, los requisitos de recursos y las restricciones para crear el cronograma del proyecto.



- **Determinar el presupuesto.** Es el proceso que consiste en sumar los costos estimados de actividades individuales o paquetes de trabajo, para establecer una línea base de costos autorizados.
- **Planificar la calidad.** Es el proceso por el cual se identifican los requisitos de calidad y/o normas para el proyecto y el producto, y se documenta la manera en que el proyecto demostrará el cumplimiento con los mismos.
- **Desarrollar el plan de recursos humanos.** Es el proceso por el cual se identifican y documentan los roles dentro de un proyecto, las responsabilidades, las habilidades requeridas y las relaciones de comunicación, se crea el plan para la dirección de personal.

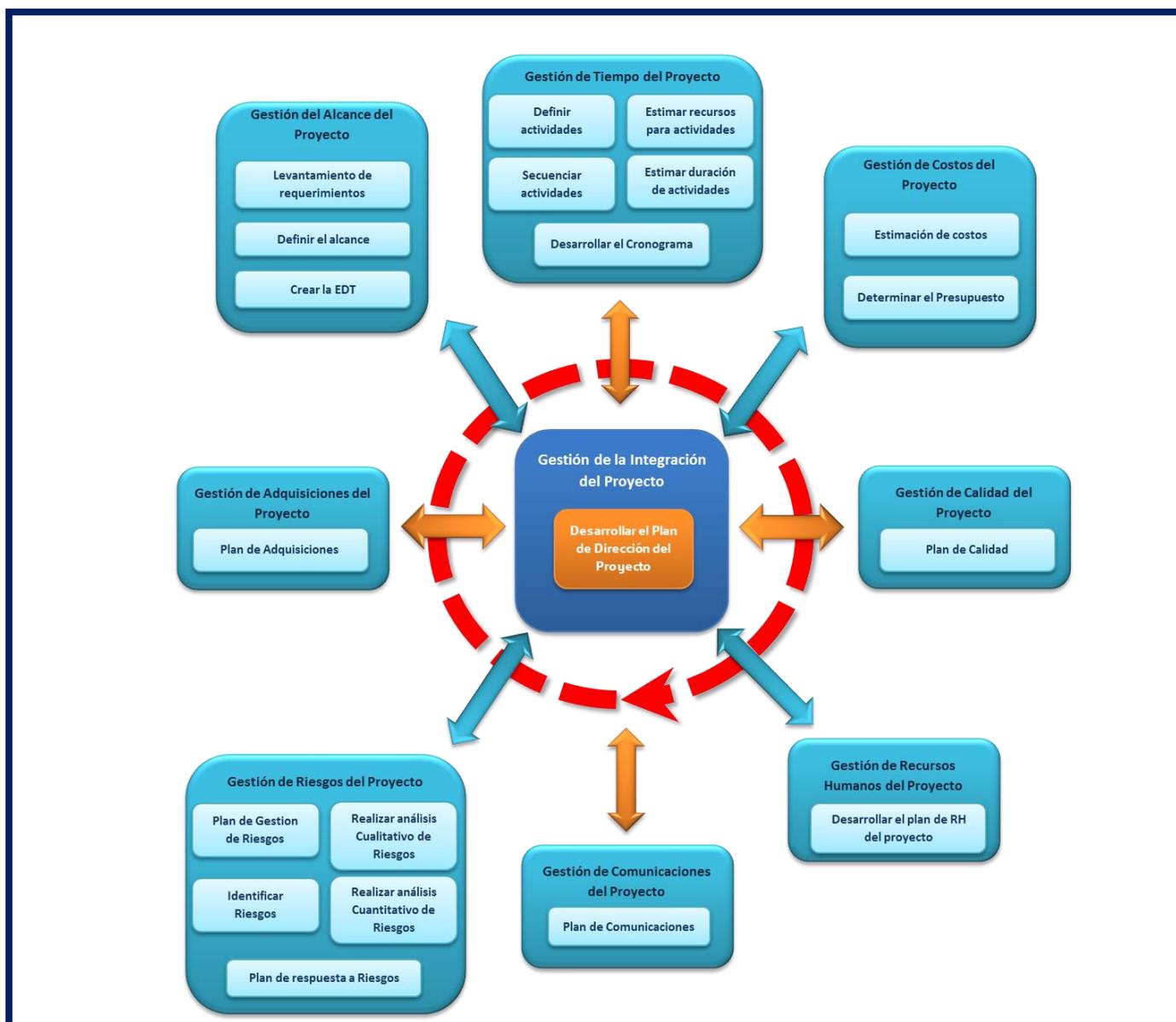


Fig. 2.6. Grupo del proceso de planificación.



- **Planificar las comunicaciones.** Es el proceso para determinar las necesidades de información de los interesados en el proyecto y para definir cómo abordar las comunicaciones.

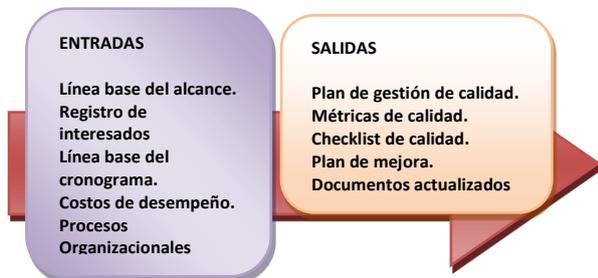


Fig. 2.7. Planificar la calidad.



Fig. 2.8. Planificar las comunicaciones.

- **Identificar y gestionar riesgos.** El proceso por el cual se determinan los riesgos que pueden afectar el proyecto, y se documentan sus características. Se debe realizar un análisis cualitativo de riesgos, priorizándolos para realizar otros análisis o acciones posteriores, evaluando y combinando la probabilidad de ocurrencia y el impacto de dichos riesgos. Realizar un análisis cuantitativo de riesgos para analizar numéricamente el efecto de los riesgos identificados sobre los objetivos generales del proyecto. Desarrollar opciones y acciones como respuesta a los riesgos para mejorar las oportunidades y reducir las amenazas a los objetivos del proyecto. (Ver la Fig. 2.9).

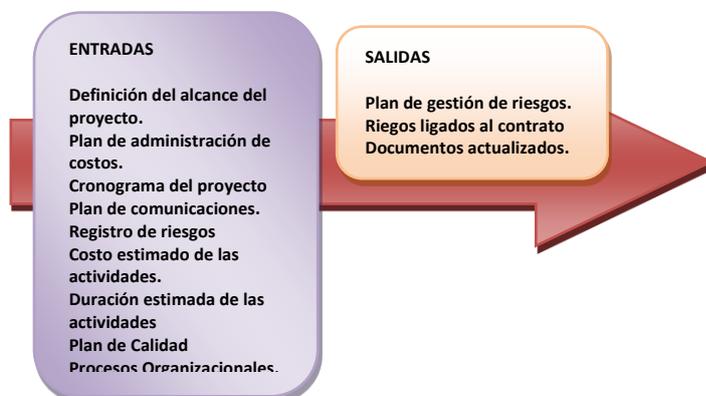


Fig. 2.9. Identificar y gestionar los riesgos.

- **Grupo del proceso de ejecución.** Procesos realizados para completar el trabajo definido en el plan para la dirección del proyecto a fin de cumplir con las especificaciones del mismo. Implica coordinar personas y recursos, así como integrar y realizar las actividades del proyecto. Durante la ejecución del proyecto, los resultados pueden requerir que se actualice la planificación y posiblemente el establecimiento de una nueva línea base. Esto puede incluir cambios en la duración prevista de las actividades, cambios en la disponibilidad y productividad de recursos, así como en los riesgos no anticipados. Gran parte del presupuesto del proyecto se utilizará en la realización de los procesos del grupo de procesos de ejecución.



- **Dirigir y gestionar la ejecución del proyecto.** Es el proceso que consiste en ejecutar el trabajo definido en el plan para la dirección del proyecto, dar seguimiento al desempeño de los miembros del equipo, proporcionar retroalimentación, resolver problemas y gestionar cambios a fin de optimizar el desempeño y cumplir con los objetivos del proyecto. (Ver la Fig. 2.10).
- **Realizar aseguramiento de calidad.** Es el proceso que consiste en auditar los requisitos de calidad y los resultados obtenidos a partir de medidas de control de calidad, a fin de garantizar que se utilicen definiciones operacionales y normas de calidad adecuadas. (Ver la Fig. 2.11).
- **Adquirir el equipo del proyecto.** Es el proceso para confirmar los recursos humanos disponibles para formar el equipo necesario y completar las asignaciones del proyecto. Mejorar las competencias, la interacción de los miembros del equipo y el ambiente general del equipo para lograr un mejor desempeño.
- **Gestionar las expectativas de los interesados** Es el proceso que consiste en comunicarse y trabajar en conjunto con los interesados para satisfacer sus necesidades y abordar los problemas conforme se presentan. (Ver la Fig. 2.12).



Fig. 2.10. Dirigir y gestionar la ejecución del proyecto. Fig. 2.11. Realizar el aseguramiento de la calidad.

- **Efectuar adquisiciones** Es el proceso que consiste en obtener respuestas de los proveedores, seleccionar un proveedor, y adjudicar un contrato.

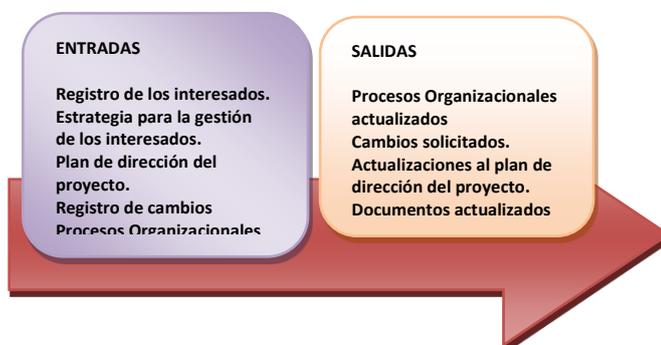


Fig. 2.12. Gestionar las expectativas de los interesados.



La información sobre el desempeño del trabajo, relativa al estado de terminación de los entregables y a lo que se ha logrado, se recopila durante la ejecución del proyecto y alimenta el proceso *Informar el Desempeño*. La información sobre el desempeño del trabajo también se utilizará como entrada para el grupo del *Proceso de Seguimiento* y el *Control*. *Dirigir y Gestionar la Ejecución del Proyecto*, también requiere la implementación de los cambios aprobados, que abarcan:

- **Acción correctiva.** Una directiva documentada para ejecutar el trabajo del proyecto y poder, de ese modo, alinear el desempeño futuro previsto del trabajo del proyecto con el plan para la dirección del proyecto.
- **Acción preventiva.** Una directiva documentada para realizar una actividad que puede reducir la probabilidad de sufrir consecuencias negativas, asociadas con los riesgos del proyecto.
- **Reparación de defectos.** La identificación formalmente documentada de un defecto en un componente de un proyecto, con una recomendación de reparar dicho defecto, o reemplazar completamente el componente.
- **Actualizaciones.** Cambios a la documentación, planes, presupuestos, etcétera; controlados formalmente para reflejar ideas o contenidos, modificados o adicionales.

Entre los elementos del plan para la dirección del proyecto que pueden actualizarse, se encuentran:

- a) El plan de gestión de requisitos.
- b) El plan de gestión del cronograma.
- c) El plan de gestión de costos.
- d) El plan de gestión de calidad.
- e) El plan de recursos humanos.
- f) El plan de gestión de las comunicaciones.
- g) El plan de gestión de riesgos.
- h) El plan de gestión de las adquisiciones.
- i) Las líneas base del proyecto.

Entre los documentos del proyecto que pueden actualizarse, se incluyen:

- a) Los documentos de requisitos.
- b) Los registros del proyecto (asuntos, supuestos, presupuestos, etcétera).
- c) El registro de riesgos.
- d) El registro de interesados.

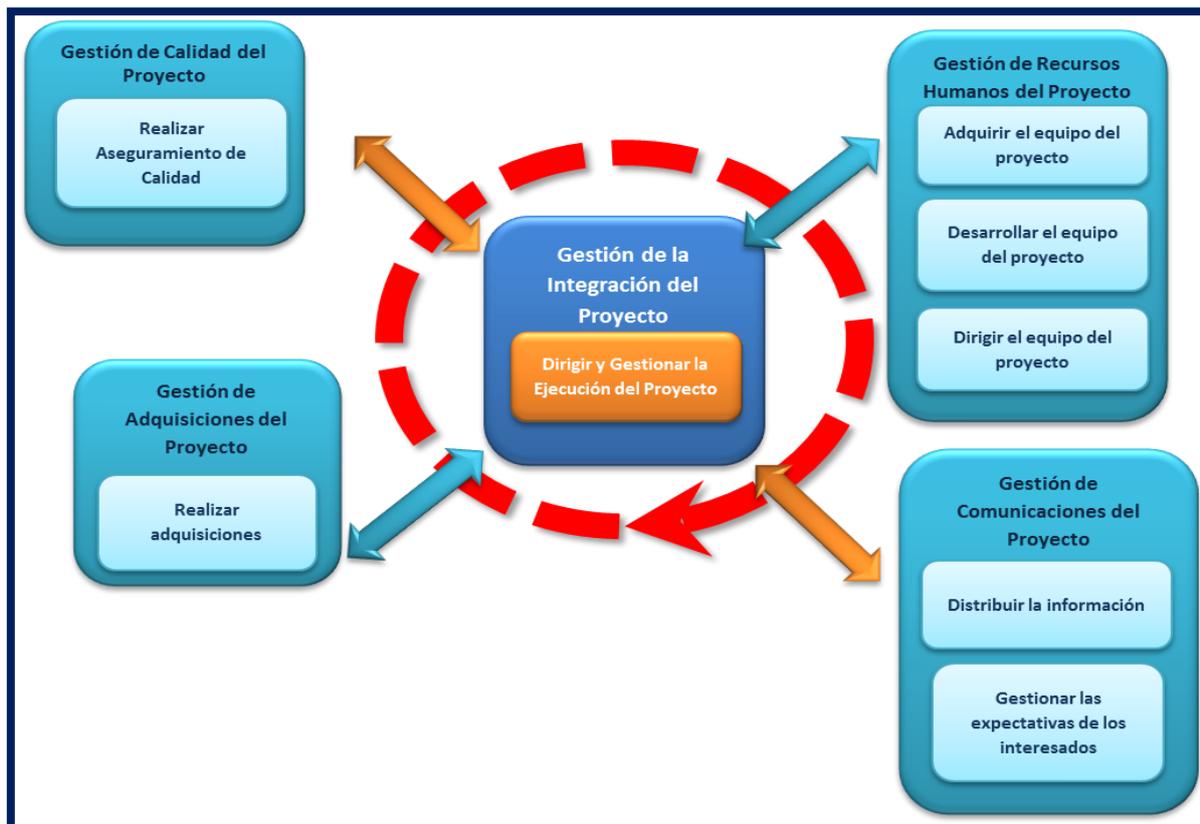


Fig. 2.13. Grupo del proceso de ejecución.

- **Grupo del proceso de seguimiento y control.** Procesos requeridos para dar seguimiento, analizar y regular el progreso y el desempeño del proyecto, para identificar áreas en las que el plan requiera cambios y para iniciar los cambios correspondientes. Este seguimiento continuo proporciona al equipo del proyecto conocimientos sobre la salud del proyecto y permite identificar las áreas que requieren más atención. Estas revisiones pueden dar lugar a actualizaciones recomendadas y aprobadas al plan para la dirección del proyecto. (Ver la Fig. 2.13).
- **Dar seguimiento y controlar el trabajo del proyecto.** Es el proceso que consiste en revisar, analizar y regular el avance a fin de cumplir con los objetivos de desempeño definidos en el plan para la dirección del proyecto. Los informes de desempeño suministran información sobre el desempeño del proyecto en lo relativo al alcance, cronograma, costos, recursos, calidad y riesgos, que puede utilizarse como entrada para otros procesos. (Ver la Fig. 2.14).



Fig. 2.14. Dar seguimiento y controlar el trabajo del proyecto.



- **Realizar un control integrado de cambios.** Es el proceso que consiste en revisar todas las solicitudes de cambios, aprobar los cambios y gestionar los cambios a los entregables, a los procesos de la organización, a los documentos del proyecto, y al plan para la dirección del proyecto.
- **Verificar y controlar el alcance.** Consiste en formalizar la aceptación de los entregables del proyecto que se han completado, y dar seguimiento el estado del alcance del proyecto y del producto, y gestionar cambios a la línea base del alcance. (Ver la Fig. 2.15).



Fig. 2.15. Verificar y controlar el alcance.

- **Controlar el cronograma.** Es el proceso por el que se da seguimiento a la situación del proyecto para actualizar el avance del mismo, y gestionar cambios a la línea base del cronograma.
- **Dar seguimiento y controlar los riesgos.** Es el proceso por el cual se implementan planes de respuesta a los riesgos, se da seguimiento a los riesgos identificados, se identifican nuevos riesgos y se evalúa la efectividad del proceso contra riesgos a través del proyecto.
- **Administrar las adquisiciones.** Es el proceso que consiste en gestionar las relaciones de adquisiciones, supervisar el contrato de proveedores, y efectuar cambios y correcciones según sea necesario.



Fig. 2.16. Dar seguimiento y controlar los riesgos.



Fig. 2.17. Realizar un control de calidad.

- **Realizar Control de Calidad** Es el proceso por el que se da seguimiento y se registran los resultados de la ejecución de actividades de control de calidad, a fin de evaluar el desempeño y recomendar cambios necesarios.



- **Controlar Costos** Es el proceso por el que se da seguimiento a la situación del proyecto, para actualizar el presupuesto del mismo y gestionar cambios a la línea base de costo.

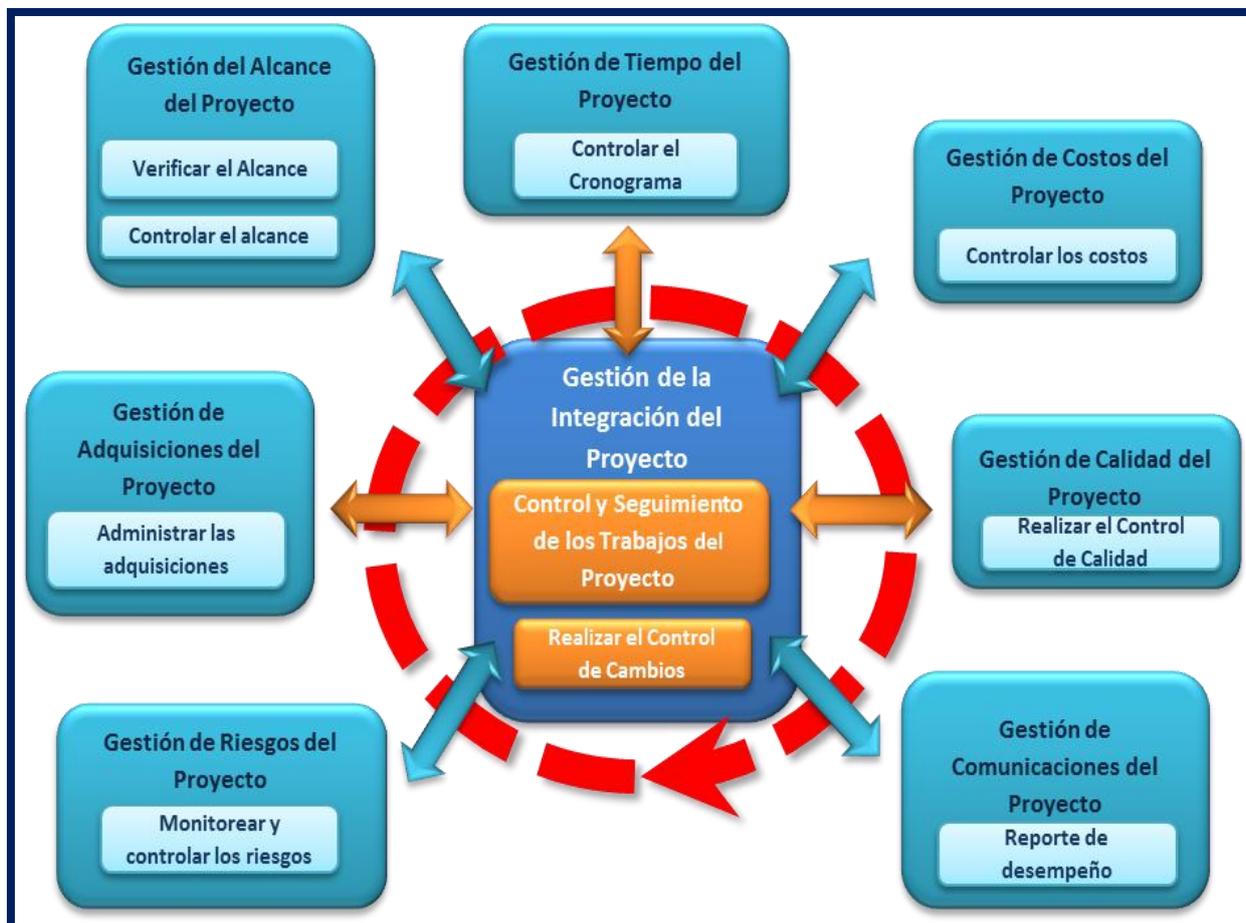


Fig. 2.18. Grupo del proceso de seguimiento y control.

- **Grupo del proceso de cierre.** Procesos realizados para finalizar todas las actividades a través de todos los grupos de procesos, a fin de cerrar formalmente el proyecto, una fase del mismo u otras obligaciones contractuales. (Ver la Fig. 2.17).

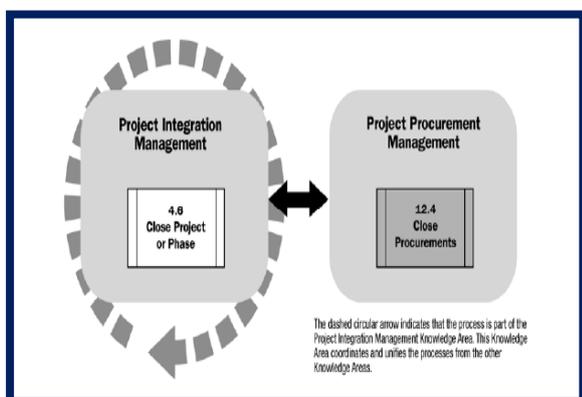


Fig. 2.19. Grupo del proceso de cierre.

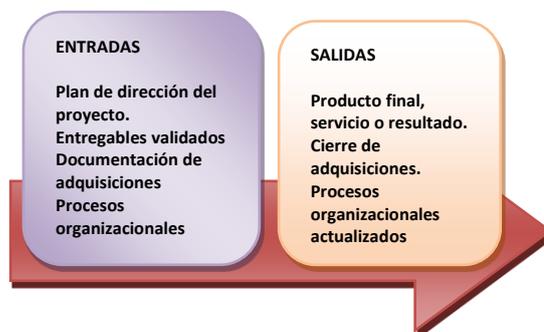


Fig. 2.19a. Cerrar el proyecto, fase y adquisiciones.



En el cierre del proyecto o fase, puede ocurrir lo siguiente (ver la Fig. 2.19):

- a) Obtener la aceptación del cliente o del patrocinador.
- b) Documentar las lecciones aprendidas.
- c) Archivar todos los documentos relevantes del proyecto en el sistema de información para la dirección de proyectos para ser utilizados como datos históricos.
- d) Cerrar las adquisiciones.
- e) Realizar una revisión tras el cierre del proyecto, o la finalización de una fase.
- f) Aplicar actualizaciones a los procesos organizacionales.
- g) Registrar impactos y riesgos de la implementación de una solución.

2.1.3. ÁREAS DE CONOCIMIENTO DE LA DIRECCIÓN DE PROYECTOS

Las áreas de conocimiento para la dirección de proyectos son nueve:

1. Gestión de la Integración del Proyecto.
2. Gestión del Alcance del Proyecto.
3. Gestión del Tiempo del Proyecto.
4. Gestión de los Costos del Proyecto.
5. Gestión de la Calidad del Proyecto.
6. Gestión de los Recursos Humanos del Proyecto.
7. Gestión de las Comunicaciones del Proyecto.
8. Gestión de los Riesgos del Proyecto.
9. Gestión de las Adquisiciones del Proyecto.

La correspondencia entre los cuarenta y dos procesos de dirección de proyectos con los cinco grupos de procesos de dirección de proyectos y las nueve Áreas de Conocimiento de la Dirección de Proyectos se muestran en el siguiente cuadro, este es el panorama general que se debe seguir y tomar como guía para la Dirección de Proyectos, recordando que la guía brinda el ¿qué? Pero no el ¿cómo?, se identifican y ejecutan solo los procesos necesarios.



Tabla 2.1. Los cuarenta y dos criterios de la dirección de proyectos.

Grupos de Procesos de la Dirección de Proyectos					
Áreas de conocimiento	Grupo del Proceso de Iniciación	Grupo del Proceso de Planificación	Grupo del Proceso de Ejecución	Grupo del Proceso de Control y Seguimiento	Grupo del Proceso de Cierre
Gestión de la Integración del Proyecto	Desarrollar carta del proyecto	Desarrollar el Plan de Dirección del Proyecto	Dirigir la ejecución del Proyecto	Monitorear y Controlar los trabajos del Proyecto. Integrar el plan de control de cambios	Cerrar el Proyecto o fase
Gestión del Alcance del Proyecto		Recolectar requerimientos. Definir el alcance. Crear Estructura de Desglose de Trabajo EDT		Verificar el alcance. Controlar el alcance	
Gestión del Tiempo del Proyecto		Definir actividades. Secuenciar las actividades. Estimar los recursos para las actividades. Estimar la duración de las actividades. Desarrollar el cronograma		Controlar el Plan de Tiempos	
Gestión de los Costos del Proyecto		Estimar costos. Definir el presupuesto.		Controlar los Costos	
Gestión de la Calidad del Proyecto		Plan de calidad	Realizar el Aseguramiento de Calidad	Realizar el Control de Calidad	
Gestión de los Recursos Humanos del Proyecto		Desarrollar el Plan de Recursos Humanos	Adquirir al Equipo para el Proyecto. Desarrollar el Equipo del Proyecto. Dirigir al equipo del Proyecto		
Gestión de las Comunicaciones del Proyecto	Identificar involucrados	Plan de Comunicaciones	Distribuir la información. Gestionar las expectativas de los involucrados	Realizar un reporte de desempeño	
Gestión de los Riesgos del Proyecto		Plan de Administración de Riesgos. Identificar Riesgos. Realizar un análisis cuantitativo del riesgo. Realizar un análisis cualitativo del riesgo. Plan de acción de riesgos		Monitorear y controlar los riesgos	
Gestión de las Adquisiciones del Proyecto		Plan de adquisiciones	Realizar Aprovisionamientos	Administrar las adquisiciones	Cerrar las Adquisiciones



2.1.4. DIRECCIÓN DE PROYECTOS

Es la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades del proyecto para cumplir con los requisitos del mismo. Se logra mediante la aplicación e integración adecuadas de los cuarenta y dos procesos de la dirección de proyectos, agrupados lógicamente, que conforman los cinco grupos de procesos. Estos cinco grupos de procesos son:

- Iniciación.
- Planificación.
- Ejecución.
- Seguimiento y control.
- Cierre.

Dirigir un proyecto por lo general implica:

- Identificar requisitos.
- Abordar las diversas necesidades, inquietudes y expectativas de los interesados según se planifica y efectúa el proyecto.
- Equilibrar las restricciones contrapuestas del proyecto que se relacionan, entre otros aspectos, con:
 - a) El alcance.
 - b) La calidad.
 - c) El cronograma.
 - d) El presupuesto.
 - e) Los recursos.
 - f) El riesgo.

La relación entre estos factores es tal, que si alguno de ellos cambia, es probable que al menos, otro se vea afectado. Por ejemplo, un adelanto en el cronograma a menudo implica aumentar el presupuesto, a fin de añadir recursos adicionales para completar la misma cantidad de trabajo en menos tiempo. Si no es posible aumentar el presupuesto, se puede reducir el alcance o la calidad, para entregar un producto en menos tiempo por el mismo presupuesto.

Los interesados en el proyecto pueden tener opiniones diferentes sobre cuáles son los factores más importantes, lo que crea un desafío aún mayor. Cambiar los requisitos del proyecto puede generar riesgos adicionales. El equipo del proyecto debe ser capaz de evaluar la situación y equilibrar las demandas a fin de entregar un proyecto exitoso. Dada la posibilidad de sufrir cambios, el plan para la dirección del proyecto es iterativo y su elaboración es gradual a lo largo del ciclo de vida del proyecto. La elaboración gradual implica mejorar y detallar constantemente un plan, a medida que se cuenta con información más detallada y específica, y con estimados más precisos. La elaboración gradual, permite a un equipo de dirección del proyecto dirigir el proyecto con un mayor nivel de detalle a medida que éste avanza.



2.1.5. PROYECTOS Y PLANIFICACIÓN ESTRATÉGICA

A menudo, los proyectos se utilizan como el medio para cumplir con el plan estratégico de una organización. Por lo general, los proyectos se autorizan como resultado de una o más de las siguientes consideraciones estratégicas:

- Demanda del mercado
- Oportunidad estratégica/necesidad comercial.
- Solicitud de un cliente.
- Adelantos tecnológicos.
- Requisitos legales.

Dentro de programas o portafolios, los proyectos resultan un medio para alcanzar las metas y los objetivos de la organización, a menudo en el contexto de un plan estratégico. Si bien, dentro de un programa, un grupo de proyectos puede tener beneficios específicos, estos proyectos también pueden contribuir a los beneficios del programa, a los objetivos del portafolio y al plan estratégico de la organización.

2.1.5.1. OFICINA DE DIRECCIÓN DE PROYECTOS, (PMO)

Una oficina de dirección de proyectos, es un cuerpo o entidad dentro de una organización que tiene varias responsabilidades asignadas con relación a la dirección centralizada y coordinada de aquellos proyectos que se encuentran bajo su jurisdicción. Las responsabilidades de una oficina de gestión de proyectos, pueden abarcar desde proveer funciones de apoyo para la dirección de proyectos hasta la responsabilidad de dirigir proyectos directamente. Los proyectos a los que esta oficina brinda apoyo o dirige, pueden no estar relacionados, salvo por el hecho de ser dirigidos en conjunto. La forma, función y estructura específicas de una oficina de dirección de proyectos dependen de las necesidades de la organización que ésta apoya.

Puede delegársele la autoridad necesaria para actuar como un interesado integral y tomar decisiones clave en el comienzo de cada proyecto, para hacer sugerencias o para terminar proyectos o tomar otras medidas, según se requiera, a fin de mantener la coherencia con los objetivos de negocio. Asimismo, la oficina de dirección de proyectos puede participar en la selección, gestión e implementación de recursos de proyectos compartidos o dedicados. Una función fundamental de esta oficina es brindar apoyo a los directores del proyecto de diferentes formas, entre ellas:

- Gestionar recursos compartidos por todos los proyectos dirigidos por la oficina de dirección de proyectos.
- Identificar y desarrollar una metodología, mejores prácticas y normas para la dirección de proyectos.
- Instruir, orientar, capacitar y supervisar.
- Vigilar el cumplimiento de las políticas de normas, procedimientos y plantillas de la dirección de proyectos mediante auditorías del proyecto.
- Desarrollar y gestionar políticas, procedimientos, plantillas y otra documentación compartida del proyecto (activos de los procesos de la organización).



- Coordinar la comunicación entre proyectos.

2.1.5.2. PRINCIPALES DIFERENCIAS ENTRE EL ROL DEL DIRECTOR DE PROYECTOS, Y LA OFICINA DE DIRECCIÓN DE PROYECTOS

- El director del proyecto se concentra en los objetivos específicos del proyecto, mientras que esta oficina gestiona cambios importantes relativos al alcance del programa que pueden considerarse oportunidades potenciales de alcanzar mejor los objetivos de negocio.
- El director del proyecto controla los recursos asignados al proyecto a fin de cumplir mejor con los objetivos; por su parte, la oficina de dirección de proyectos optimiza el uso de los recursos de la organización que son compartidos entre todos los proyectos.
- El director del proyecto gestiona las restricciones (alcance, cronograma, costo y calidad, entre otras), de los proyectos individuales, mientras que la oficina de dirección de proyectos gestiona las metodologías, normas, oportunidad/riesgo global e interdependencias entre proyectos a nivel empresarial.

2.1.5.3. ROL DEL DIRECTOR DE PROYECTOS

El director del proyecto es la persona asignada por la organización ejecutante para alcanzar los objetivos del proyecto. El rol del director del proyecto es diferente del de un gerente funcional o del de un gerente de operaciones. Por lo general, el gerente funcional se dedica a la supervisión gerencial de un área técnica o administrativa, mientras que los gerentes de operaciones son responsables de una faceta del negocio básico. Según la estructura de la organización, el director del proyecto puede estar bajo la supervisión de un gerente funcional. En otros casos, el director del proyecto puede formar parte de un grupo de varios directores de proyecto que rinden cuentas a un director del programa o del portafolio, quien en última instancia es el responsable de los proyectos de toda la empresa.

2.1.6. FACTORES AMBIENTALES DE LA EMPRESA

Los factores ambientales de la empresa se refieren a elementos tangibles e intangibles, tanto internos como externos que rodean el éxito de un proyecto o influyen en él. Estos factores pueden provenir de cualquiera de las empresas implicadas en el proyecto. Los factores ambientales de la empresa pueden aumentar o restringir las opciones de la dirección de proyectos, y pueden influir de manera positiva o negativa sobre el resultado. Se consideran entradas para la mayoría de los procesos de planificación. Entre los factores ambientales de la empresa, se incluyen:

- Procesos, estructura y cultura de la organización.
- Normas de la industria o gubernamentales (ejemplos: Regulaciones del organismo de control, códigos de conducta, normas de producto, normas de calidad y normas de fabricación).
- Infraestructura (ejemplos: Instalaciones existentes y bienes de capital).



- Recursos humanos existentes (ejemplos: Habilidades, disciplinas y conocimientos como los relacionados con el diseño, el desarrollo, las leyes, las contrataciones y las compras).
- Administración de personal (ejemplos: Pautas de retención y manejo de personal, revisión del desempeño de los empleados y registros de capacitación, política de horas extras y registro de horas trabajadas).
- Condiciones del mercado.
- Tolerancia al riesgo por parte de los interesados.
- Clima político.
- Canales de comunicación establecidos en la organización.
- Bases de datos comerciales (ejemplos: Datos para estimación estandarizada de costos; información de estudio de los riesgos de la industria y bases de datos de riesgos).
- Sistemas de información para la dirección de proyectos (ejemplos: Herramientas automáticas, como una herramienta de *software* para definir cronogramas, un sistema de gestión de la configuración, un sistema de recopilación y distribución de información).

2.2. CICLO DE VIDA DEL PROYECTO

El ciclo de vida del proyecto es un conjunto de fases del mismo, generalmente secuenciales y en ocasiones superpuestas, cuyo nombre y número se determinan por las necesidades de gestión y control de la organización u organizaciones que participan en el proyecto, la naturaleza propia del proyecto y su área de aplicación. Un ciclo de vida puede documentarse con ayuda de una metodología. Mientras que cada proyecto tiene un inicio y un final definidos, los entregables específicos y las actividades que se llevan a cabo entre éstos, variarán ampliamente de acuerdo con el proyecto. El ciclo de vida proporciona el marco de referencia básico para dirigir el proyecto, independientemente del trabajo específico involucrado (ver la Fig. 2.19).

Los proyectos varían en tamaño y complejidad. Todos los proyectos, sin importar cuán pequeños o grandes, o cuán sencillos o complejos sean, pueden configurarse dentro de la siguiente estructura del ciclo de vida:

- Inicio.
- Organización y preparación.
- Ejecución del trabajo.
- Cierre.

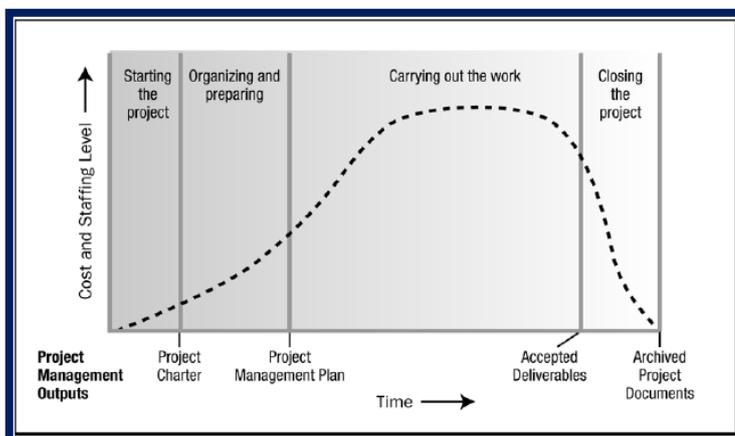


Fig. 2.20. Ciclo de vida de un proyecto.



La estructura genérica del ciclo de vida presenta por lo general, las siguientes características:

- Los niveles de costo y dotación de personal son bajos al inicio del proyecto, alcanzan su punto máximo según se desarrolla el trabajo, y caen rápidamente cuando el proyecto se acerca al cierre.
- La influencia de los interesados, al igual que los riesgos y la incertidumbre son mayores al inicio del proyecto. Estos factores disminuyen durante la vida del proyecto.
- La capacidad de influir en las características finales del producto del proyecto, sin afectar significativamente el costo, es más alta al inicio del proyecto, y va disminuyendo a medida que el proyecto avanza hacia su conclusión.

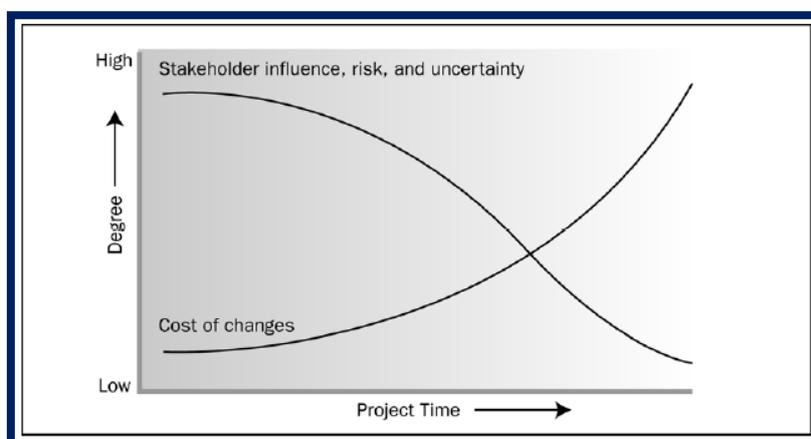


Fig. 2.21. La estructura genérica del ciclo de vida.

El costo de cambios y corrección de errores es más alto según el proyecto se acerca a su conclusión

2.2.1. FASES DEL PROYECTO

Las fases del proyecto son divisiones dentro del mismo proyecto, donde es necesario ejercer un control adicional para gestionar eficazmente la conclusión de un entregable mayor. Las fases del proyecto suelen completarse de manera secuencial, pero en determinadas situaciones de un proyecto pueden superponerse. Una fase del proyecto no es un grupo de procesos de dirección de proyectos. La estructuración en fases permite la división del proyecto en subconjuntos lógicos para facilitar su dirección, planificación y control. El número de fases, la necesidad de establecer fases y el grado de control aplicado dependen del tamaño, la complejidad y el impacto potencial del proyecto. Independientemente de la cantidad de fases que compongan un proyecto, todas ellas poseen características similares:

- Cuando las fases son secuenciales. El cierre de una fase termina con cierta forma de transferencia o entrega del trabajo producido como el entregable de la fase. La terminación de esta fase representa un punto natural para re-evaluar el esfuerzo en curso y, en caso de ser necesario, para cambiar o terminar el proyecto.



Estos puntos se conocen como salidas de fase, hitos, puertas de fase, puntos de decisión, puertas de etapa o puntos de cancelación.

- Aunque muchos proyectos pueden tener fases con nombres y entregables similares, pocos son idénticos, algunos proyectos tendrán una sola fase. Otros, en cambio, pueden constar de muchas. Normalmente, las diferentes fases tienen una duración o longitud diferente.
- No existe una manera única de definir la estructura ideal de un proyecto. Aunque las prácticas comunes de la industria conduzcan con frecuencia a utilizar una estructura preferida, los proyectos en la misma industria, o incluso dentro de la misma organización, pueden presentar variaciones significativas. Algunas organizaciones han establecido políticas de estandarización de todos los proyectos, mientras que otras permiten que el equipo de dirección del proyecto escoja la más apropiada para su proyecto individual.

- Proyecto de una sola fase. Gestión de la instalación de una red de Telecomunicaciones.

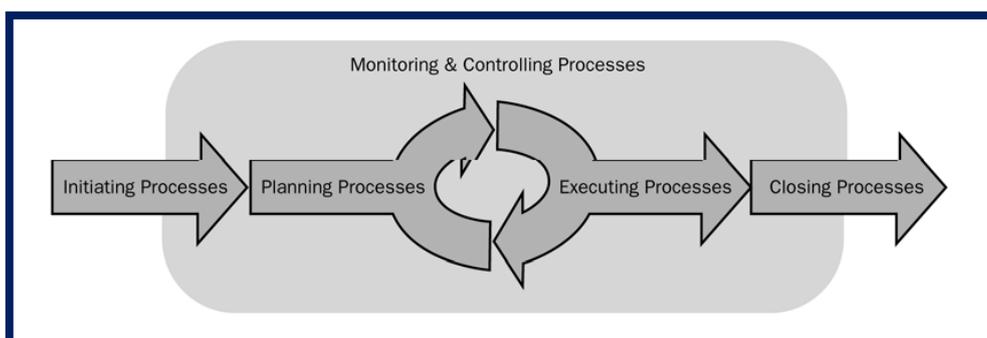


Fig. 2.22. Proyecto de una sola fase.

- Proyecto de tres fases. Limpieza de un sitio de residuos peligrosos.

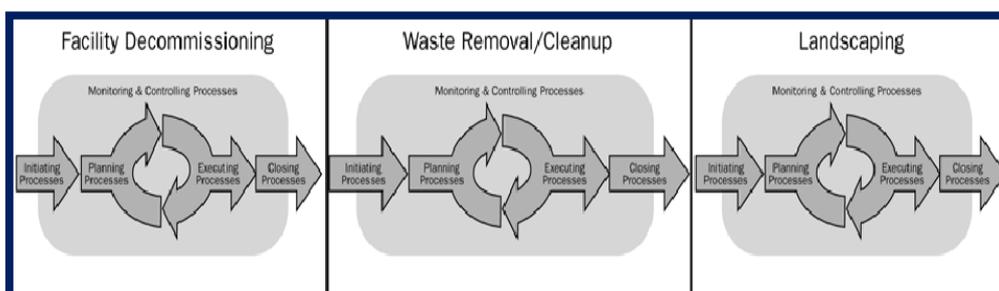


Fig. 2.23. Proyecto de tres fases.



- Proyecto de fases superpuestas. Enfoque a la construcción de una nueva fábrica.

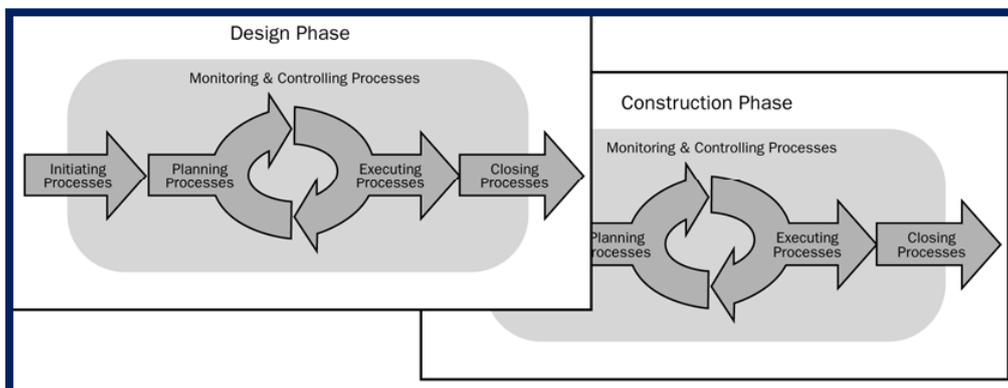


Fig. 2.24. Proyecto de fases superpuestas.

Dentro de esas restricciones, así como también de las limitaciones adicionales de tiempo y presupuesto, es función del director del proyecto y del equipo de dirección del proyecto, seleccionar el método más idóneo para llevar a cabo el proyecto. Se toman decisiones con respecto a quiénes participarán, qué recursos se necesitan y el enfoque general para completar el trabajo. Otro aspecto importante a considerar, es si se requiere más de una fase y, de ser así, cuál será la estructura específica de las fases para el proyecto individual.

La estructuración en fases proporciona una base formal para el control. Cada fase se inicia formalmente con la especificación de lo que se permite y se espera de la misma. El inicio de una fase, es un momento oportuno para revalidar los supuestos hechos previamente, revisar los riesgos y definir de manera más detallada los procesos necesarios para completar el entregable o los entregables de la fase.

Por lo general, una fase se concluye y se cierra formalmente con una revisión de los entregables, para determinar su compleción y aceptación. La revisión al final de una fase puede permitir alcanzar el objetivo combinado de obtener la autorización para cerrar la fase actual e iniciar la fase siguiente. La terminación de una fase representa un punto natural para re-evaluar el esfuerzo en curso, y en caso de ser necesario, para cambiar o terminar el proyecto. Deben considerarse una buena práctica la revisión de los entregables claves y el desempeño del proyecto a la fecha, para:

- a. Determinar si el proyecto debe avanzar hacia la siguiente fase.
- b. Detectar y corregir errores de una manera económica.

La terminación formal de una fase no implica necesariamente la autorización para continuar con la siguiente fase.

**** **NOTA** ****

Si el riesgo se considera demasiado grande para continuar el proyecto, o si los objetivos ya no son necesarios, una fase puede cerrarse, con la decisión de no continuar con ninguna otra.



2.2.2. RELACIÓN ENTRE FASES DEL PROYECTO

Cuando los proyectos constan de varias fases, las fases son parte de un proceso que generalmente es secuencial, diseñado para asegurar el control apropiado del proyecto y obtener el producto, bien, servicio, o resultado deseado. Sin embargo, en determinadas situaciones, un proyecto puede beneficiarse mediante la implementación de fases superpuestas o simultáneas. Existen 3 tipos de relaciones entre las fases de un proyecto:

- **Una relación secuencial.** Donde una fase, sólo puede iniciarse una vez que se completa la fase anterior. La naturaleza paso a paso de este enfoque reduce la incertidumbre, pero puede eliminar las opciones de acortar el cronograma.
- **Una relación de superposición.** Donde una fase se inicia antes de que finalice la anterior. Esto puede aplicarse algunas veces, como un ejemplo de la técnica de compresión del cronograma, conocida como ejecución rápida. La superposición puede aumentar el riesgo y causar un re-proceso, si la fase siguiente avanza antes de que la información precisa generada en la fase previa esté disponible.
- **Una relación iterativa.** Donde en un momento dado, sólo se planifica una fase y la planificación de la siguiente se efectúa conforme avanzan el trabajo y los entregables de la fase actual. Este enfoque es útil en ambientes muy poco definidos, inciertos o que cambian rápidamente, tales como el de una investigación, pero pueden reducir la posibilidad de proporcionar una planificación a largo plazo. Así pues, el alcance se gestiona mediante la entrega continua de elementos adicionales del producto, y la determinación de prioridades en cuanto a los requisitos, para reducir los riesgos del proyecto e incrementar el valor comercial del producto. También puede implicar contar con la disponibilidad de todos los miembros del equipo del proyecto (por ejemplo, diseñadores, desarrolladores, administradores, etcétera), durante todo el proyecto, o por lo menos durante dos fases consecutivas.

2.3. LOS INTERESADOS

Los interesados son personas u organizaciones (clientes, patrocinadores, la organización ejecutante o el público), que participan activamente en el proyecto, o cuyos intereses pueden verse afectados positiva o negativamente por la ejecución o terminación del proyecto. Los interesados también pueden ejercer influencia sobre el proyecto, los entregables y los integrantes del equipo. El equipo de dirección del proyecto debe identificar tanto a los interesados internos como a los externos, con el objetivo de determinar los requisitos del proyecto; así como las expectativas de todas las partes involucradas. Más aún, el director del proyecto, debe gestionar la influencia de los diversos interesados con relación a los requisitos del proyecto, para asegurar un resultado exitoso.

Los interesados tienen diferentes niveles de responsabilidad y de autoridad cuando participan en un proyecto, y éstos pueden cambiar durante el ciclo de vida del mismo. Su responsabilidad y autoridad pueden variar desde una participación ocasional en encuestas y grupos de opinión, hasta el patrocinio total del proyecto, lo cual incluye proporcionar apoyo financiero y político. Los interesados pueden tener un impacto adverso en los objetivos del proyecto. La identificación de los interesados es un proceso continuo y puede resultar difícil.



Resulta crucial identificar a los interesados y comprender su grado relativo de influencia en el proyecto. No hacerlo puede prolongar la duración y elevar sustancialmente los costos del proyecto. En la Fig. 2.24 puede observarse el ciclo de vida de un proyecto así como su organización.

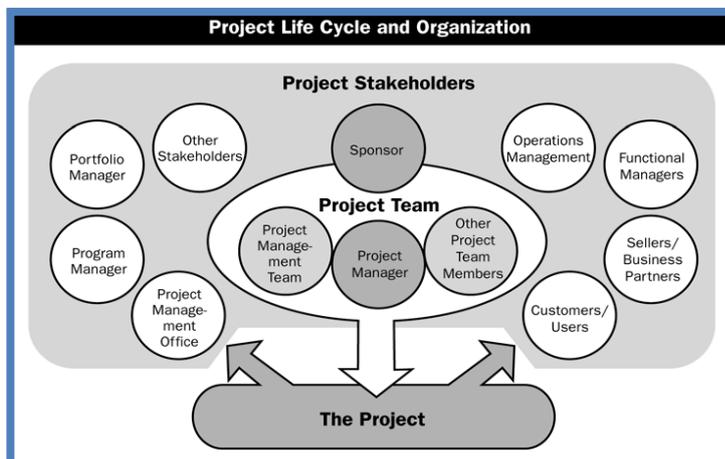


Fig. 2.25. Organización y ciclo de vida de un proyecto.

Para los interesados, un proyecto puede tener resultados tanto positivos como negativos. Ignorar a los interesados negativos puede traer como consecuencia un aumento en la probabilidad de fracaso del proyecto, ya que a menudo los objetivos de los interesados son muy diferentes o contradictorios.

○ Ejemplos de interesados:

- **Clientes/Usuarios.** Son las personas u organizaciones que usarán el producto, bien, servicio, o resultado del proyecto. Los clientes/usuarios pueden ser internos o externos a la organización ejecutante.
- **Patrocinador.** Un patrocinador, es la persona o grupo que proporciona los recursos financieros, en efectivo o en especie, para el proyecto. Cuando se concibe inicialmente un proyecto, el patrocinador es quien lo defiende. Puede participar en otros asuntos importantes, como la autorización de cambios en el alcance, revisiones al final de una fase y, cuando los riesgos son particularmente altos, decidir si el proyecto debe continuar o no.
- **Directores del portafolio/Comité de revisión del portafolio.** Los directores del portafolio son responsables de la gobernabilidad de alto nivel de un conjunto de proyectos o de programas, que pueden o no ser interdependientes. Tienen a su cargo la revisión de cada proyecto desde el punto de vista del retorno de la inversión, el valor del proyecto, los riesgos asociados con su ejecución, y otros atributos del proyecto.
- **Directores del programa.** Los directores del programa son responsables de la gestión coordinada de proyectos relacionados, para obtener beneficios y un control que no serían posibles si los proyectos se gestionaran individualmente.



- **Oficina de Dirección de Proyectos, (PMO).** Una oficina de dirección de proyectos es un cuerpo o entidad dentro de una organización; quien coordina aquellos proyectos que se encuentran bajo su jurisdicción. Sus responsabilidades pueden abarcar desde el suministro de funciones de soporte para la dirección de proyectos hasta la dirección de un proyecto, puede brindar servicios administrativo tales como: Políticas, metodologías y plantillas; capacitación sobre uso de herramientas, mentoría y asesoría a los directores del proyecto; alineación de los recursos de personal del proyecto, y/o centralización de la comunicación entre directores del proyecto, patrocinadores, directores y otros interesados.
- **Directores del proyecto.** Los directores del proyecto son designados por la organización ejecutante para alcanzar los objetivos del proyecto. Un director de proyecto debe ser capaz de comprender los detalles del proyecto, tiene a su cargo todos los aspectos del proyecto; desarrollar el plan para la dirección del proyecto, así como todos los planes complementarios relacionados, mantener el proyecto encaminado en términos de cronograma y presupuesto, identificar, dar seguimiento y responder a los riesgos, y proporcionar informes precisos y oportunos sobre las métricas del proyecto. El director del proyecto es la persona líder responsable de la comunicación con todos los interesados, en particular con el patrocinador del proyecto, el equipo del proyecto y otros interesados clave. El director del proyecto ocupa el centro de las interacciones entre los interesados y el proyecto mismo.
- **Equipo del proyecto.** El equipo del proyecto está conformado por el director del proyecto, el equipo de dirección del proyecto y otros miembros del equipo que desarrollan el trabajo, individuos procedentes de diferentes grupos, con conocimientos en una materia específica, o con un conjunto de habilidades específicas.

2.4. ESTRUCTURA DE LA ORGANIZACIÓN

La estructura de la organización es un factor ambiental de la empresa que puede afectar la disponibilidad de recursos e influir en el modo de dirigir los proyectos. Las estructuras abarcan desde una estructura funcional, hasta una estructura orientada a proyectos, con una variedad de estructuras matriciales entre ellas. La Tabla 2.2, muestra las influencias que tiene la organización en el desarrollo de los proyectos.

Tabla 2.2. Influencia de la organización en el desarrollo de proyectos.

Organization Structure Project Characteristics	Functional	Matrix			Projectized
		Weak Matrix	Balanced Matrix	Strong Matrix	
Project Manager's Authority	Little or None	Limited	Low to Moderate	Moderate to High	High to Almost Total
Resource Availability	Little or None	Limited	Low to Moderate	Moderate to High	High to Almost Total
Who controls the project budget	Functional Manager	Functional Manager	Mixed	Project Manager	Project Manager
Project Manager's Role	Part-time	Part-time	Full-time	Full-time	Full-time
Project Management Administrative Staff	Part-time	Part-time	Part-time	Full-time	Full-time



- La organización funcional clásica. Es una jerarquía, donde cada empleado tiene un superior inmediato claramente definido, como se muestra en la Fig. 2.26.

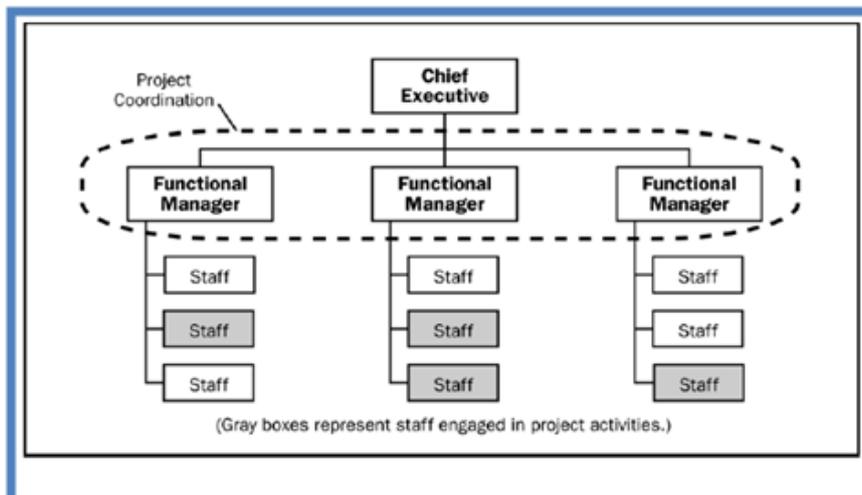


Fig. 2.26. Diagrama de una organización funcional clásica.

- Las organizaciones matriciales. Presentan una mezcla de características de las organizaciones funcionales y de las orientadas a proyectos.
- Las organizaciones matriciales débiles. Mantienen muchas de las características de una organización funcional, y el rol del director del proyecto, es el de un coordinador. (Ver la Fig. 2.27).

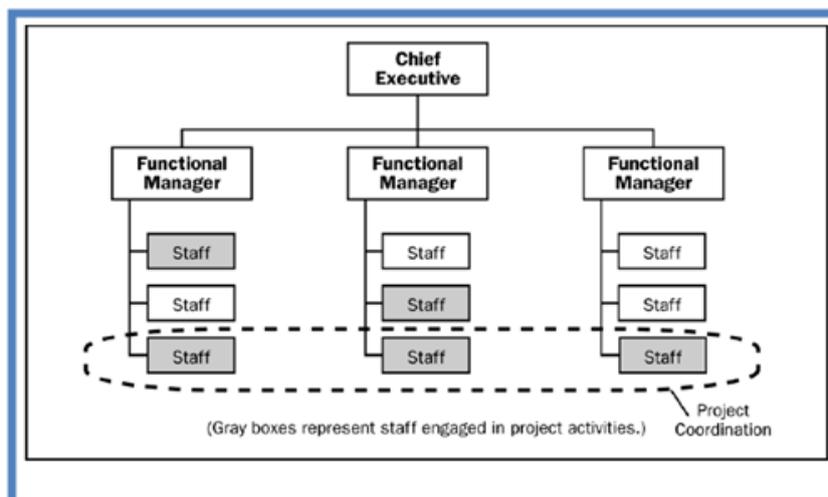


Fig. 2.27. Diagrama de una organización matricial débil.

- Las matriciales fuertes. Tienen muchas de las características de la organización orientada a proyectos: Pueden tener directores del proyecto dedicados de tiempo completo y una autoridad considerable, y personal administrativo dedicado de tiempo completo. (Ver la Fig. 2.28).

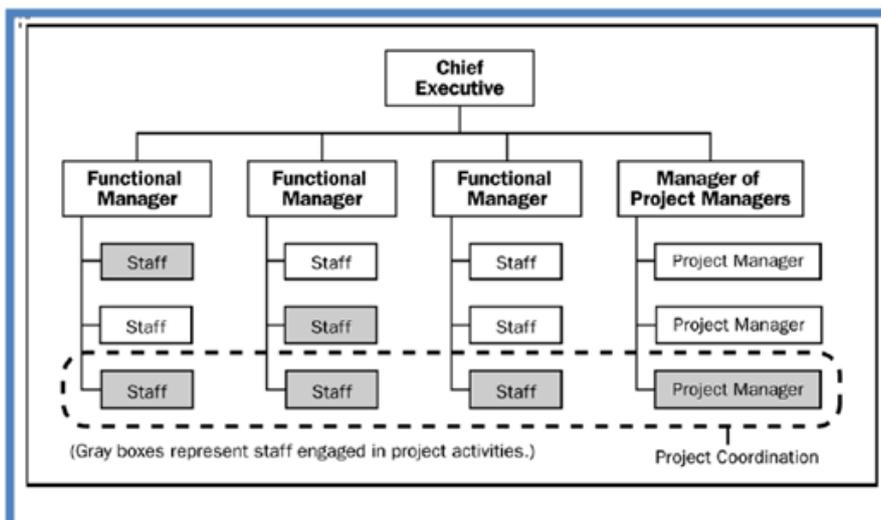


Fig. 2.28. Diagrama de una organización matricial fuerte.

- La organización matricial equilibrada. Reconoce la necesidad de contar con un director del proyecto, no le confiere autoridad plena sobre el proyecto, ni su financiamiento. (Ver la Fig. 2.29).

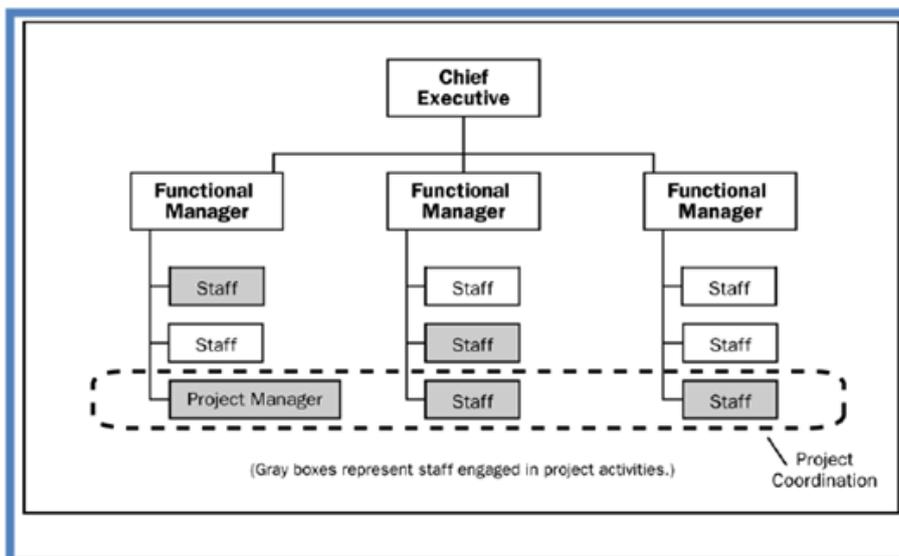


Fig. 2.29. Diagrama de organización matricial equilibrada.

En el extremo opuesto de la organización funcional, se encuentra la organización orientada a proyectos (ver la Fig. 2.30). En una organización orientada a proyectos, los miembros del equipo están a menudo colocados en un mismo lugar, la mayor parte de los recursos de la organización participa en el trabajo de los proyectos, y los directores del proyecto tienen mucha más independencia y autoridad. Las organizaciones orientadas a proyectos suelen contar con unidades organizacionales denominadas departamentos, pero estos grupos dependen directamente del director del proyecto, o bien prestan sus servicios a varios proyectos.

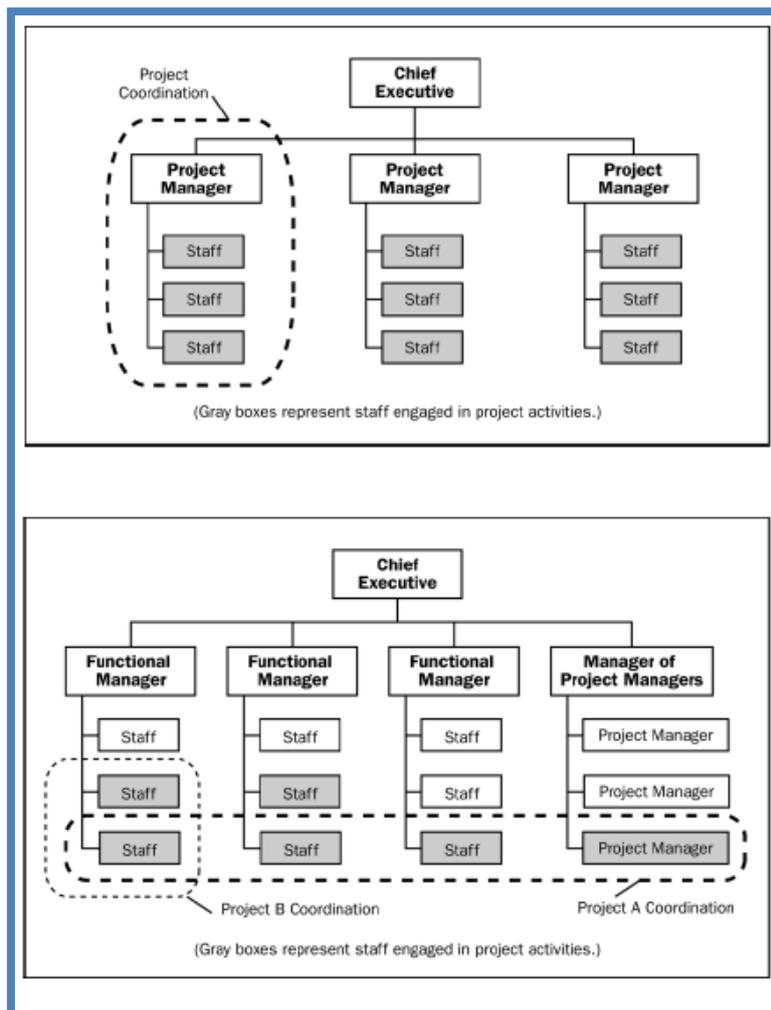


Fig. 2.30. Diagramas de bloque de una organización orientada a proyectos y de una organización combinada.

Muchas organizaciones presentan todas estas estructuras a diferentes niveles, incluso una organización funcional puede crear un equipo de proyecto especial para gestionar un proyecto crítico; el cual puede tener muchas de las características de un equipo del proyecto de una organización orientada a proyectos. El equipo puede incluir personal dedicado de tiempo completo procedente de diferentes departamentos funcionales, desarrollar su propio conjunto de procedimientos operativos y funcionar fuera de la estructura estándar formalizada de reporte, lo que es denominado: *Outsourcing*.

2.4.1. ACTIVOS DE LOS PROCESOS DE LA ORGANIZACIÓN

Estos activos de procesos abarcan planes, políticas, procedimientos y lineamientos, ya sean formales o informales. Los activos de procesos también abarcan las bases de conocimiento de la organización, como las lecciones aprendidas y la información histórica. Los activos de los procesos de la organización pueden incluir cronogramas, datos sobre riesgos, y datos sobre el valor ganado. Los activos de los procesos de la organización pueden agruparse en dos categorías:



- Procesos y procedimientos.
- Base corporativa de conocimiento(s).

2.4.2. PROCESOS Y PROCEDIMIENTOS

- **Procesos estándar de la organización.** Tales como: normas, políticas (políticas de seguridad y salud, política de ética, y política de dirección de proyectos), ciclos estándar de vida del producto y del proyecto, políticas y procedimientos de calidad (auditorías de procesos, objetivos de mejora, listas de control, y definiciones estandarizadas de procesos para usarse en la organización).
- **Lineamientos e instrucciones de trabajo.** Criterios para la evaluación de propuestas y criterios estandarizados para la medición del desempeño.
- **Plantillas.** Plantillas de riesgos, de estructura de desglose del trabajo, de diagrama de red del cronograma del proyecto y de contratos.
- **Requisitos de comunicación de la organización.** Tecnología específica de comunicación disponible, medios de comunicación permitidos.
- **Lineamientos o requisitos de cierre del proyecto.** Auditorías finales del proyecto, evaluaciones del proyecto, validaciones del producto y criterios de aceptación.
- **Procedimientos de control de cambios.** Incluyendo las etapas por las cuales se modificarán las normas, políticas, planes y procedimientos oficiales de la compañía, y cómo se aprobará y validará cualquier cambio.
- **Procedimientos de control de riesgos.** Incluyen categorías de riesgos, definición de la probabilidad e impacto, y la matriz de la probabilidad e impacto.

2.4.3. BASE CORPORATIVA DE CONOCIMIENTO(S)

- **Bases de datos para la medición de procesos.** Que se utiliza para recopilar y tener disponibles los datos de mediciones de procesos y de productos.
- **Archivos del proyecto.** Son las líneas base de alcance, costo, cronograma y calidad, líneas base para la medición del desempeño, calendarios del proyecto, diagramas de red del cronograma del proyecto, registros de riesgos, acciones planificadas de respuesta, e impacto definido del riesgo.
- **Información histórica y bases de conocimiento de lecciones aprendidas.** Son los registros y documentos del proyecto, toda la información y documentación de cierre del proyecto, información sobre los resultados de las decisiones de selección y sobre el desempeño de proyectos previos, e información sobre el esfuerzo de gestión de riesgos.
- **Bases de datos sobre la gestión de problemas y defectos que contiene el estado de los problemas y defectos.** Se corresponde con la información del control, resolución de los problemas y defectos, y los resultados de los elementos de acción.
- **Base del conocimiento de la gestión de configuración.** Que contiene las versiones y líneas base de todas las normas, políticas y procedimientos oficiales de la compañía, y cualquier otro documento del proyecto.



- **Bases de datos financieras.** Que contienen informaciones tales como: Horas de trabajo, costos incurridos, presupuestos y cualquier déficit presupuestario del proyecto que se presentara.



CAPÍTULO 3

ANÁLISIS, SITUACIÓN ACTUAL DEL CORE PS

3.1. EXPOSICIÓN DEL PROBLEMA, Y RAZÓN DEL PROYECTO

Con el paso de los años, los vertiginosos avances en la tecnología, el desarrollo de nuevas arquitecturas de redes móviles, la estandarización de protocolos de comunicación, el creciente desarrollo de nuevos dispositivos con tecnología móvil (celulares y módem 3G/3.5/LTE), las demandas de interconexión y comunicación de usuarios, de poblaciones, en las carreteras, en las grandes ciudades, en países, en continentes, y la aparición de un número considerable de proveedores expertos en soluciones integrales en *Core PS/Core CS*, y equipo especializado para mejorar las capacidades, el desempeño y la calidad del servicio de la Internet móvil, y con la finalidad de proporcionar al usuario final la experiencia de navegación similar o superior a la vivida, mientras se encuentra conectado a su sistema de Internet doméstico por medio de un cable Ethernet o mediante el acceso Wi-Fi con velocidades promedio de 1 a 3 [MB] DL y 300 a 800 [Kbps] UL.

Se toma la decisión de migrar el servicio de Internet móvil contenido en equipos del proveedor NOKIA NSN® SGSN dx200/GGSN Flexi-ISN, desde el año 2007 al año 2010, dando acceso y salida al servicio de Internet local e internacional para las tecnologías 2G y 3G. Debido a que los presentes equipos se encontraban al tope de sus capacidades en cuanto a *hardware* se refiere y no soportar actualizaciones de licencias ni de software, se presentaron varias y severas interrupciones en el servicio además de fallas de comunicación y conmutación entre las tarjetas internas de los equipos. Un punto crítico más es que el servicio de soporte al cliente de NSN se encontraba próximo a vencer y el costo del mismo se incremento en un 30% comparado con el año anterior.

Se presenta el plan de despliegue anual, el cual incluye abarcar un mayor porcentaje del territorio nacional en su parte norte, aquí se presenta otro punto considerable ya que el equipo instalado en la Central de "Monterrey-Corregidora" que fue el primer SGSN NSN dx200 MTYCO1N ("Monterrey-Corregidora_1") con las menores características técnicas, y el despliegue de red se traduce en explotar sus capacidades más allá de lo que puede permitir el equipo. Se cuenta con el siguiente equipo dentro del *Core PS*:

1. Tres SGSN dx200 NSN:
 - MTYCO1N Monterrey-Corregidora_1.
 - DF_1M1N Distrito Federal_1 México-Norte (instalado en Tlalnepantla).
 - DFPR1N Distrito Federal "La Presa" (Instalado al sur de la ciudad de México).

2. Tres GGSN Flexi-ISN:
 - MTYISN1 Monterrey-Corregidora_1, ISN.
 - MTYISN2 Monterrey-Corregidora_2, ISN.
 - DFNISN Distrito Federal-Norte, ISN.



3. Cuatro *Charging Gateway*:

- DFNCGAPP1.
- DFNCGAPP2.
- MTYCGAPP1.
- MTYCGAPP2.

4. Dos *Border Gateway*:

- MTYBG.
- BG-DF-PRESA-1.

5. Cuatro DNS:

- DNSDFLP1.
- DNSDFLP2.
- DNSMTY1.
- DNSMTY2.

6. Dos GRX (a estos equipos se les llama *check-point*, son *switches* de capa 2 que sirven como conexión hacia los *carrier* o transportadores de señalización internacionales para conectar con redes de otros operadores). Aquí se declaran 1 a 1 las redes Gn de cada operador internacional.

- TMMGRX1 (Situado en Monterrey, y establece una conexión hacia TIWS).
- TMMGRX2 (Situado en Monterrey, y establece una conexión hacia AICENT).

A continuación, se muestra un mapa con la división geográfica nacional por regiones de cobertura en el que se establece el objetivo de mantener comunicado a todo el país mediante las tres grandes estaciones o sitios donde se encuentran instalados en diferentes salas, todos los equipos de acceso (Monterrey-Corregidora; Distrito Federal-Norte, y Distrito Federal "La Presa"), procesamiento, optimización, tarificación, FW, y la salida nacional del servicio de Internet móvil para usuarios, así como la conexión con otros operadores internacionales, el denominado *Roaming Internacional*. El mapa se encuentra dividido en nueve regiones geográficas compuestas de la siguiente manera, como se muestran en la Tabla 3.1, y en la Fig. 3.1.

MTYCO1N	R1	Baja California Sur y Baja California Norte
	R2	Sonora y Sinaloa
	R3	Chihuahua y Durango
	R4	Monterrey, Tamaulipas y Coahuila
DF_1M1N	R5	Quintana Roo, Yucatan, Campeche, Tabasco, Chiapas
	R6	Michoacan, Colima, Jalisco y Nayarit
	R7	León, Querétaro, San Luis Potosí, Aguascalientes y Zacatecas
	R8	Oaxaca, Guerrero, Veracruz, Puebla y Tlaxcala
DFPR1N	R9	Distrito Federal, Estado de México y Cuernavaca

Tabla 3.1. Tabla de cobertura por división geográfica.



Fig. 3.1. Mapa de cobertura por división geográfica.

Se planea migrar todos los enlaces tanto Gb/FR, Gb/IP y lu-PS hacia equipos de última generación con mayor capacidad y disponibilidad para atender el creciente volumen de usuarios de la red, y así evitar saturaciones, degradación, y finalmente cortes en el servicio. Estos equipos presentan doble fuente redundada de alimentación, mayor cantidad de puertos GE (Gigabit-Ethernet), E1, 10 GE (Ten Gigabit-Ethernet) y puertos ópticos; mayor cantidad de tarjetas para el procesamiento de datos, la posibilidad de tomar trazados por interfaz y usuario, la exportación de resultados en diferentes formatos, monitoreo de interfases, obtención/exportación de KPI, panel de alarmas, gestión y acceso a todos los nodos desde un solo punto, y una aplicación amigable para configurar cada una de las tarjetas para su fin específico. Los equipos mencionados son del proveedor *Huawei®*, de los modelos SGSN 9810 y GGSN 9811.

3.2. TOPOLOGÍA ACTUAL DE LA RED

Se muestra la topología de la red en los periodos 2009 a 2010 donde se hacen las últimas actualizaciones de *hardware* y de *software*, con la finalidad de garantizar al menos hasta el año 2011, el servicio de Internet móvil, como se observa en el diagrama de la Fig. 3.2, se tiene muy marcada la definición de los tres grandes sitios o salas, donde se encuentran los equipos del *Core de Paquetes (Core PS)*.

Este proyecto se centra solamente en el *Core de Paquetes*, quien es el encargado de dar acceso y salida al servicio de Internet móvil para los APN (*Access Point Node*), Internet, WAP y MMS para las tecnologías 2G/3G.



En el año 2009, se tiene una topología de tipo estrella, donde todos los elementos se encuentran interconectados por la red de datos IP, concentrando en su mayoría los servicios en los sitios DF_1M1N y DFPR1N; también se observa una sola salida a la Internet para los 3 sitios: un *Border Gateway BG*, y solamente una conexión hacia GRX (*GPRS Roaming Exchange*), para los servicios de *Roaming Internacional*.

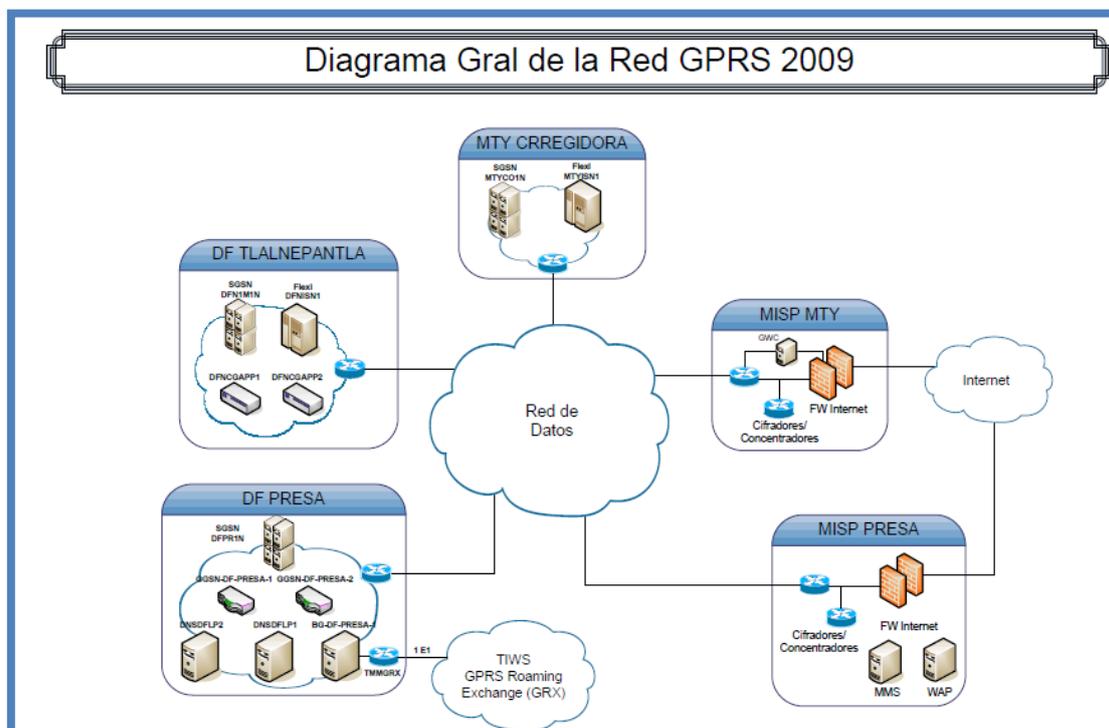


Fig. 3.2. Diagrama de Red GPRS en el año 2009.

Para el año 2010, y después de las actualizaciones de HW/SW en los tres sitios, se hace un análisis y balance de la carga de tráfico y se invierte mayor cantidad del presupuesto en el sitio de Monterrey-Corregidora MTYCO1N, ya que se cuenta con dos SGSN dx200, un GGSN Flexi-ISN, un GGSN Flexi-NG con mucha mayor capacidad que el modelo ISN, dos *Border Gateway* (un en DFPR1N y un en MTYCO1N), entran en producción los DNS del sitio de Monterrey con lo cual suman cuatro DNS, aumenta la cantidad de CG (*Charging Gateway*) con lo cual se establecen dos centros para establecer tarifas, y se cuenta con dos GRX con conexión hacia dos diferentes *carrier* (TIWS/AICENT), pero se sigue teniendo una salida única a la Internet. Es aquí cuando se presentan los problemas, ya que los equipos del *Core PS* del proveedor NOKIA NSN®, llegan a su límite de expansión y actualización; se da un ciclo de fallas en cuanto a conmutación de tarjetas dentro de los SGSN debido al aumento en la carga de tráfico y señalización. Esto lleva consigo la interrogativa de continuar con el mismo equipo NOKIA NSN®, seguir con el soporte técnico con un incremento casi del 30% comparado con años anteriores, hacer un *upgrade* de equipamiento, adquirir nuevo licenciamiento, o entrar en una licitación para hacer un cambio radical hacia nuevas tecnologías y proveedores, pensar en un precio más competitivo, facilidades de pago, aumentar la capacidad y disponibilidad del *Core* y aumentar la eficiencia en el servicio para 2G/3G, y poder ofrecer al usuario, y ahora también a empresas, la red HSPA+ con mayor velocidad. (Ver la Fig. 3.3).

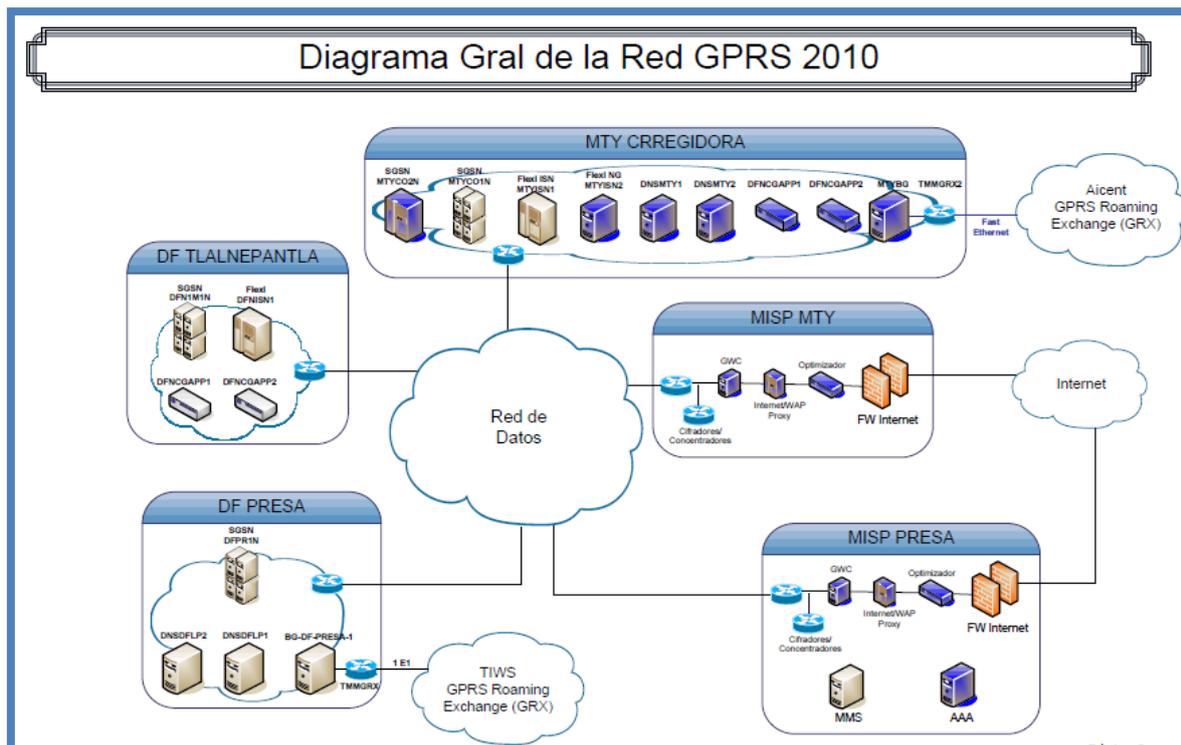


Fig. 3.3. Diagrama de Red GPRS en el año 2010.

3.3. PROCESO DE INICIACIÓN DEL PROYECTO

Dentro del proceso de iniciación del proyecto de transmisión "**Migración de enlaces del Core PS NOKIA NSN® a Core PS HUAWEI®**", se encuentra la declaración de la carta del proyecto (*Project Charter*), y la definición de los involucrados que de forma pasiva o activa intervienen en el desarrollo y ejecución del proyecto. En la carta, se hace una descripción del proyecto, se define el alcance del mismo y se deja una puerta abierta para cualquier modificación que pudiera sufrir el mismo, para ello se maneja un *adendum* (*es el anexo que se hace a cualquier documento o escrito; significa agregado, y se usa para completar un documento*), al proyecto, donde se define como una nueva versión del mismo.

Se ha definido al *Project Manager* PM, al *Sponsor*, al (los) proveedor(es), y se identifican las principales áreas interesadas, y a su vez, el papel que jugará cada uno de ellos a lo largo del ciclo de vida de las diferentes fases de las que se haya compuesto el proyecto. Luego, se presenta el *kick-off* del proyecto **MIC_PS** en el cual se invita y expone a *grosso modo*, las áreas interesadas y que pudieran tener algún interés en el desarrollo y ejecución del proyecto, la razón del mismo a fin de recopilar información que pudiera enriquecerlo y mejorarlo.

NOTA

Para conocer el detalle del KICK-OFF, dar clic en el archivo **ANEXO_1_MiC_PS_KICK_OFF.pptx**



ANEXO_1_MiC_PS_K
 ICK_OFF.pptx



A continuación, se elabora el *Project Charter*; dicha carta representa el banderazo oficial de salida para que todos los recursos humanos, tecnológicos, las tareas, actividades y fases de las cuales se compone el proyecto, inicien formalmente con el aval del *Sponsor*, quien será el encargado de definir el rumbo y fin del proyecto en caso de que no deba continuar trabajando, para el fin por el cual fue pensado y puesto en marcha.

CONTROL DE VERSIONES					
VERSION	HECHA POR	REVISADA POR	APROBADA POR	FECHA	MOTIVO
1.0	ECPS	JCPS	DR&T	24/10/2011	

PROJECT CHARTER

NOMBRE DEL PROYECTO	SIGLAS DEL PROYECTO
Migración de enlaces del Core PS NOKIA NSN® al Core PS HUAWEI®	MiC-PS
DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO:	
<p>El proyecto "<i>Migración de enlaces del Core PS NOKIA NSN® al Core PS HUAWEI®</i>", consiste en implementar a la red productiva y comercial del Core Paquetes del Ciente TELECOMUNICATIONS A los SGSN/GGSN/BG/CG/MUX del proveedor HUAWEI®, migrar en su totalidad los nodos y servicios existentes hacia dichos equipos, brindar soporte al personal del Ciente TELECOMUNICATIONS A; así como capacitar y asesorar para la operación, resolución de problemas y obtención de estadísticos de desempeño de los equipos instalados en el Core PS.</p> <p>*****</p> <p>El Proyecto será desarrollado por el siguiente personal: -Experto en Diseño de Red (HUAWEI®) -Experto en Redes UMTS/HSPA (HUAWEI®) -PMO HUAWEI®</p> <p>*** La gestión del Proyecto se realizará desde las instalaciones corporativas del Ciente TELECOMUNICATIONS A quien contrata y demanda el servicio y estará a cargo del equipo del Proyecto: -Especialista Core PS -Jefe Core PS -Dirección de Red & Tecnología</p> <p>*****</p> <p>***La migración de nodos y servicios de dividirá en 3 fases y con apoyo de ambos proveedores HUAWEI® & NOKIA NSN®. *** El proyecto se ejecutara desde el Martes 01 de noviembre de 2011 hasta el Miércoles 12 de Diciembre de 2012, dándose el desarrollo de los cursos en el mes de Agosto de 2012. ***El Soporte será 24/7, se incluye por la compra de los equipos, la vigencia del mismo será durante el desarrollo del proyecto y dos años después como parte del Baby sitting.</p>	

Fig. 3.4 Caratula de Kick Off del Proyecto MiC PS

NOTA

Se muestra la caratula del Project Charter, para su consulta dar clic en el archivo **ANEXO_2_MiC_PS_PROJECT_CHARTER.pdf**



ANEXO_2_MiC_PS_P
 ROJECT_CHARTER.p



3.4. REQUERIMIENTOS DEL PROYECTO MiC_PS

Para conocer, qué se requiere para lograr el éxito del proyecto "**Migración de enlaces del Core PS D a Core PS A**" MiC_PS es necesario responder a una serie cuestionarios preparados por los expertos en diseño de red de HUAWEI®, los cuales se encuentran enfocados y relacionados con la información de la red móvil actual, la conectividad entre los equipos, los tipos de interfaces que se están utilizando en las tecnologías 2G/3G, los niveles de seguridad, protocolos de autenticación, ruteo, el tipo de servicios que ofrecen particulares y corporativos, y que se podrían ofrecer, los puntos débiles de la red, la cantidad de tráfico actual y planeada, los espacios disponibles para incrementar el número de equipos, la disponibilidad de los otros proveedores para realizar pruebas de interoperabilidad, el proceso de facturación y recolección de registros de llamadas (CDR), los niveles de quejas, el desempeño del Core PS actual, los puntos del estándar 3GPP que se manejan actualmente, y cuales otros puede soportar a la red, etcétera.

Se definen tres días para las entrevistas con los involucrados de las áreas del Core PS, Core CS, Core IP, Seguridad, y con las direcciones de cada una de estas áreas, a fin de formalizar mediante minutas de reunión, todos aquellos puntos de acuerdo alcanzados durante las sesiones. Después de las rondas de investigación y entrevistas, se presentará un reporte, resultado del levantamiento de requerimientos el cual se dará a conocer durante el KICK-OFF, a fin de saber si existe realimentación que pueda enriquecer y/o facilitar el cauce del proyecto.

Entrevista #1 REQUERIMIENTOS INICIALES DEL PROYECTO



ANEXO_3_MiC_PS_P
PROVEEDOR_A_ENTRI

Entrevista #2 REQUERIMIENTOS DE SEGURIDAD, ALMACENAMIENTO Y TRAZABILIDAD



ANEXO_3A_MiC_PS_
PROVEEDOR_A_ENR

Entrevista #3 PROPUESTA DE EQUIPAMIENTO



ANEXO_3B_MiC_PS_
PROVEEDOR_A_PROI

3.5. TOPOLOGÍA PROPUESTA MiC_PS

La topología propuesta en base a las entrevistas de recolección de requerimientos para la solución del proyecto MiC_PS consiste en los siguientes puntos (ver la Fig. 3.5):

- Centralizar los sistemas de acceso/navegación de datos/cobro.
- Implementar tres SGSN (Monterrey, México D.F.-Norte y México "La Presa").



- Implementar cuatro GGSN (Monterrey, México D.F.-Norte).
- Implementar cuatro CG (Monterrey, México D.F.-Norte).
- Interconectar los SGSN contra los STP y HLR.
- Crear accesos remotos VPN para la Operación y Mantenimiento de cada uno de los equipos SGSN/GGSN/CG/BG.
- Crear nuevos enlaces hacia equipos GRX (Monterrey y México D.F.-Norte), que se comuniquen con redes foráneas a través del uso de ASN (*Autonomus System Number*), y así aprehender las redes de *Roaming* de manera dinámica, y publicarlas en la red propia, además de funcionar como FW.
- Crear nuevos enlaces de protocolo DIAMETER para comunicarse con el DPI, RADIUS y PCRF.
- Generar dos grandes centrales Monterrey y México D.F.-Norte.
- Implementar cuatro BG Eudemon, para suplir a los equipos *Checkpoint* para el servicio de *Roaming Internacional*, trabajando bajo el protocolo BGP (*Border Gateway Protocol*).

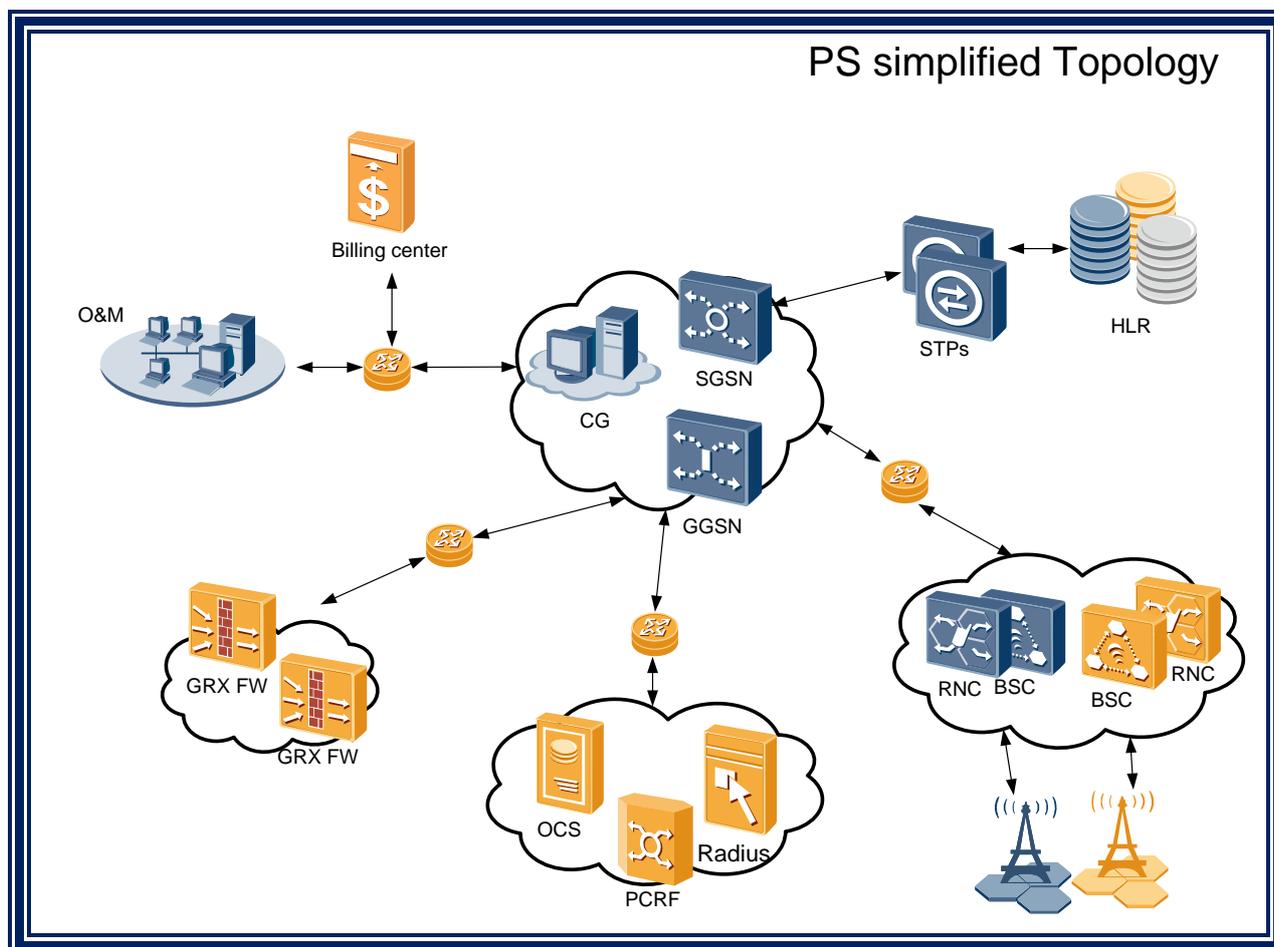


Fig. 3.5. Topología final de la red propuesta MiC_PS.



CAPÍTULO 4

PLANEACIÓN

4.1. PLANEACIÓN DEL PROYECTO MIC-PS

Alcance del Proyecto

Implementación de equipos del *proveedor HUAWEI®* para el *Core de Paquetes* (SGSN, GGSN, CG, BG); con los cuales se llevará a cabo la actualización completa de la red existente con los mismos servicios que se tienen al día de hoy para apagar los equipos del *Core PS* actual del *proveedor NOKIA NSN®*.

El Proyecto de "*Transmisión a través de enlaces; MiC-PS (Migración del Core PS)*", se plantea como inicio en la central de México Norte (Tlalnepantla) DF_1M1N, aquí se instalan los nodos piloto *HUAWEI®* denominados DFF1M3N, DFNGG1/DFNGG2, DFNCG1/DFNCG2 y DFNBG1/DFNBG2 que se interconectarán con el *Core PS* productivo del *proveedor NOKIA NSN®*, una vez que se logre la integración a la red y la convivencia exitosa entre los elementos de los dos diferentes proveedores, se mantendrá operando treinta días naturales. Durante estos treinta días se le migrarán los nodos BSC y/o RNC que actualmente se encuentran operando en el SGSN DF_1M1N *NOKIA NSN®*, habilitando las salidas a la Internet a través de los GGSNS *HUAWEI®* de trial DFNGG1/DFNGG2 y GGSN DFNISN *NOKIA NSN®*, también la recopilación de CDRs (*Call Detail Record*) en los CG de trial DFNCG1/DFNCG2, además de integrar a la red los BG DFNBG1/DFNBG2 para el *Roaming Internacional*, y obtener KPI (*Key Performance Indicators*) de su desempeño y eficiencia para ser analizados.

Una vez concluido el análisis de los KPI y habiendo dado por aceptada la fase piloto (fase 1), **CORE PS DFF1M3N TLALNEPANTLA**; se continuará con la fase 2 **CORE PS DFFPR3N "LA PRESA"**, ya que en este sitio no se planea instalar GGSN, y de esta manera aprovechar la disponibilidad de los recursos al encontrarse en el mismo entorno que la fase piloto. Por último, se trabajará en la región norte conocida como fase 3 **CORE PS MONTERREY-CORREGIDORA MTYCO3N** y así establecer dos salidas para el servicio de APN masivos (Internet, WAP, MMS) con balanceo de carga entre ambas. El proyecto se divide en tres grandes fases nombradas por el mnemónico de la central en donde se instalaran los equipos (ver la Fig. 4.1):

- FASE 1 (PILOTO) CORE PS DFF1M3N TLALNEPANTLA.
- FASE 2 CORE PS DFFPR3N LA PRESA.
- FASE 3 CORE PS MONTERREY CORREGIDORA MTYCO3N.

A continuación, se muestra el diagrama con el nodo piloto propuesto para la fase 1 **CORE PS DFF1M3N TLALNEPANTLA**, donde se interconecta el SGSN 9810, GGSN 9811, DFNCG1/DFNCG2 a la red, y se le brinda salida al servicio de Internet 2G/3G a través del GGSN DFNISN y DFNGG1; así como la interconexión hacia los equipos del *Core IP* de capa 2 y capa 3. Para probar y validar la migración del total de los enlaces Gb/FR es necesario incluir un



Multiplexor que sirva como interfaz entre el SGSN9810 del proveedor HUAWEI® y los equipos de datos L3.

Este multiplexor apoya en la descanalización de interfaces seriales, y lograr la correspondencia entre los puertos E1 del SGSN y las tarjetas controladoras de los equipos Cisco® R7206; con ello se valida la compatibilidad entre equipos de diferentes proveedores.

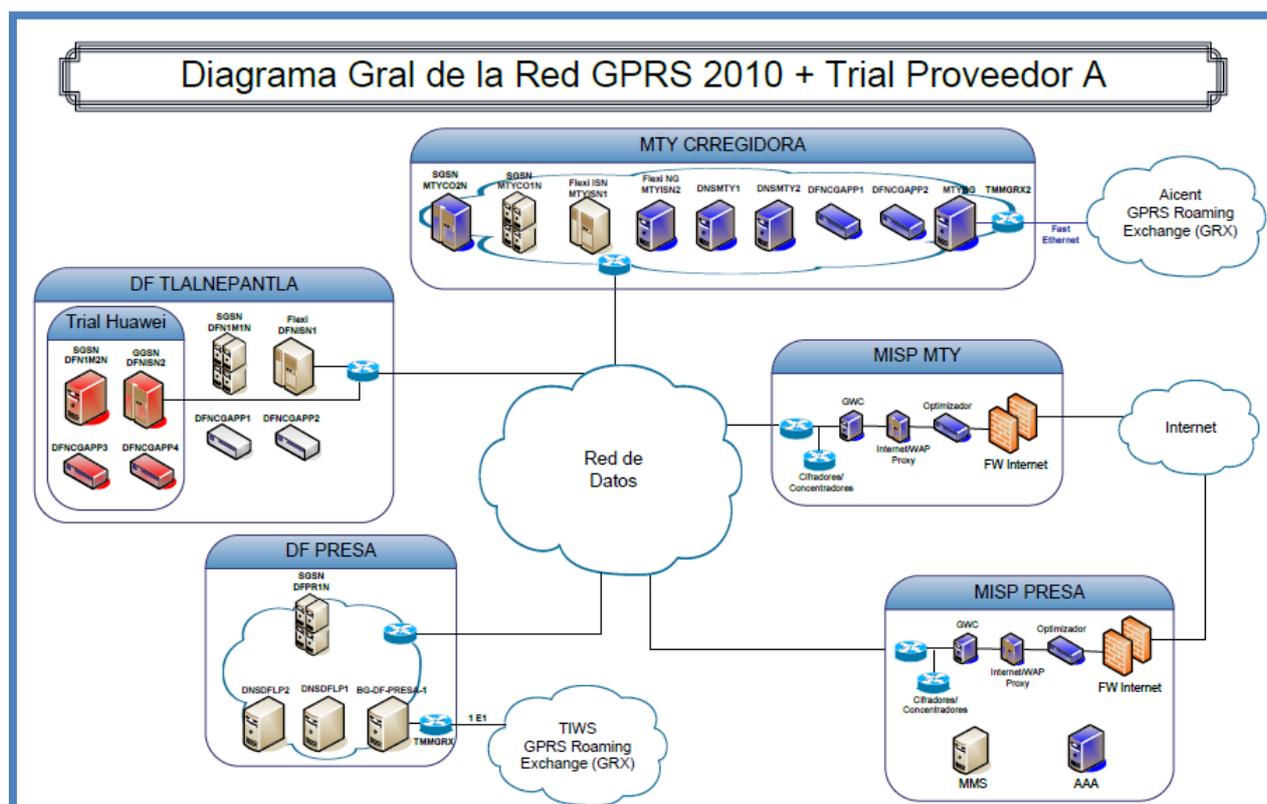


Fig. 4.1. Diagrama Core GPRS 2010 más un nodo piloto.

El equipo propuesto a instalarse en el sitio piloto se enlista a continuación:

- **Equipamiento Tlalnepantla:**

- Un SGSN 9810.
- Un Multiplexor OSN 1500 series.
- Dos GGSN 9811.
- Dos CG.
- Dos *Border Gateway*.

Después de lograr la integración a la red, lo siguiente es validar la conectividad bidireccional y el intercambio de paquetes sin pérdidas entre los elementos del Core IP L2/L3, GGSN, DNS, HLR, MSC/VLR, DPI, STP, BG, CG, BSC y RNC IU, probar la salida a la Internet para el servicio de 2G/3G, completar la configuración de las tarjetas al 100%, y mantener en monitoreo continuo la operación de los equipos del TRIAL por un periodo de treinta días naturales.



Posteriormente, se iniciará con la programación de migraciones hacia el nodo piloto SGSN 9810 del proveedor HUAWEI®; manteniendo en monitoreo los elementos de prueba migrados (BSC Gb/FR y IP, RNC) por un periodo de 24 horas en convivencia en el nuevo SGSN.

4.2 PROCESOS ORGANIZACIONALES

Para las migraciones de los enlaces de los elementos BSC Gb/FR, Gb/IP y RNC IU se deben tomar en cuenta los siguientes puntos derivados de los procesos y normas organizacionales; ya que se depende de la generación de órdenes de trabajo por parte del Cliente TELECOMUNICATIONS A, dentro de los horarios definidos; la revisión, los accesos a la sala de equipos, la asignación de contactos de ejecución y la aprobación de órdenes de trabajo por parte del área de Control de Cambios del Cliente TELECOMUNICATIONS A, así como los tiempos de gestión, ejecución y permanencia en las salas que se describen a continuación:

ORDENES DE TRABAJO EN VM	
Lunes	Jueves
Martes	Viernes
Miércoles	Lunes
Jueves	Martes
Viernes	Miércoles
72 hrs para su gestión y aprobación	

****NOTA****

Toda Orden de Trabajo debe tener un Promotor y un Responsable.

***Órdenes de trabajo en ventana de mantenimiento:** Requieren 72 hrs para su gestión y aprobación.

***Trabajos en ventana de mantenimiento:** Conexiones de datos, conexiones a paneles de alimentación, encendido/apagado de equipos, montaje de tarjetas en repisas nuevas o productivas, reinicio de equipos, configuraciones después del encendido en integración de un equipo a la red, configuraciones en equipos productivos, pruebas de supervivencia, migración de nodos y servicios que represente dejar sin servicio una región, configuración de ruteo.

***Horario de ejecución:** A partir de las 00:00 a las 06:00 hrs, considerando *rollback* por afectación al servicio.

***Acceso a la sala de equipos:** Documentado en bitácora de OT, enlistando nombre/contacto/empresa del personal que entra a la sala.

***Periodo de Freeze:** Durante el periodo de *freeze* no hay cambios en la red, sin importar que se trate de TRIAL.

***Ejecutores:** Sólo puede ejecutar una OT, el personal a quién se encuentra asignada dicha OT.

***OT Urgente:** Debe estar justificada y firmada por el Subdirector del área solicitante, y el Gerente del área de aprobación.



ORDENES DE TRABAJO ORDINARIAS	
Lunes	Miércoles
Martes	Jueves
Miércoles	Viernes
Jueves	Lunes
Viernes	Martes
48 hrs para su gestión y aprobación	

- ***Órdenes de trabajo ordinarias:** Requieren 48 hrs para su gestión y aprobación.
- ***Trabajos en horario diurno:** Tendido de cableado de datos/fuerza, etiquetado de cableado, instalación de gabinetes, subracks, configuraciones básicas para integración de nuevos nodos
- ***Horario de ejecución:** A partir de las 08:00 a las 18:00 hrs, considerando *rollback* por afectación al servicio.
- ***Acceso a la sala de equipos:** Documentado en bitácora de OT, enlistando nombre/contacto/empresa del personal que entra a la sala.
- ***Periodo de Freeze:** Durante el periodo de *freeze* no hay cambios en la red, sin importar que se trate de TRIAL.
- ***Ejecutores:** Solo puede ejecutar una OT el personal a quién se encuentra asignada dicha OT.
- ***OT Urgente:** Debe estar justificada y firmada por el Subdirector del área solicitante y el Gerente del área de aprobación.



4.3. PROGRAMACIÓN PARA LA MIGRACIÓN DE LOS ENLACES GB/FR, GB/IP Y RNC IU

El total de elementos en el SGSN del proveedor NOKIA NSN® es de setenta, integrados en DF_1M1N, los cuales se migrarán hacia el SGSN 9810 del proveedor HUAWEI®, lo cual representa un 31% de avance del proyecto, y un 100% relacionado al nodo piloto. El nodo piloto es un SGSN 9810 del proveedor HUAWEI®, destinado para el “TRIAL” (periodo de prueba, previo a la aceptación), se mantiene en operación durante un periodo de treinta días naturales con full configuration para servicio de datos nacional e Internacional, a fin de monitorear y obtener reportes del desempeño del mismo.

El plan de pruebas de migración hacia el SGSN 9810 del proveedor HUAWEI®, incluye en una sola ventana de mantenimiento para migrar un elemento de las tres tecnologías BSC Gb/FR, BSC Gb/IP y RNC lu, con la finalidad de revisar su comportamiento durante 24 horas, y obtener KPI de desempeño, reportes de fallas y compatibilidad del software entre diferentes proveedores. Posterior a ello, los elementos BSC Gb/FR, BSC Gb/IP y RNC lu son reubicados a su locación original en el SGSN del proveedor NOKIA NSN®.

El SGSN 9810 definitivo que se dejará operando en el sitio piloto llegará a las instalaciones de la sala de equipos México-Norte, noventa días después del inicio del proyecto (01/11/2011), fecha de llegada (01/02/2012), el desmontaje y montaje del equipo dentro del gabinete, se realiza en el mismo espacio de subrack en el que se encuentra instalado el SGSN del trial en hot-swap (desconexión/conexión inmediata), en un horario de ventana de mantenimiento considerando que el elemento ya se encuentra integrado a la red y aparecerán alarmas en gestores una vez desconectados los puertos y la alimentación eléctrica del mismo, se realiza respaldo de la configuración y se carga en el equipo definitivo, dejando todos los nodos y servicios operando con un periodo de afectación al servicio 2G/3G de 4 horas., como se muestra en la Fig. 4.2.

Migraciones de BSCs & RNCs de SGSN NOKIA NSN® a SGSN 9810				
HUAWEI®				Cliente TELECOMUNICATIONS A
Resumen	TOTAL	DFF1M3N	DFFPR3N	MTYCO3N
RNCs	22	22		
BSCs IP	11	11		
BSCs FR	37	37		
TOTAL	70	31%		
				Elementos a Migrar en VMs
				70
				% de avance del Proyecto
				31%

Fig. 4.2. Planeación de migración de enlaces en nodo piloto.

Estructura de Desglose de Trabajo EDT. Para este proyecto, se creó la MiC_PS_EDT, donde se dividió el proyecto en tres fases, a su vez en entregables por fase, y por último, en componentes más pequeños y comprensibles que denotan las actividades y tareas de cada fase.



Para consulta del plan general de migraciones, abrir el archivo *ANEXO_4_MiC_PS_PLAN_EDT.xlsx*



ANEXO_4_MiC_PS_E
 DT.xlsx

El plan de migración de enlaces **Gb/FR**, **Gb/IP** y **RNC IU** propuesto para el nodo piloto es el siguiente:

*****Consideraciones*****

Para la migración de los enlaces E1 Gb/FR, es necesaria la modificación de la configuración en SGSN (baja/alta), y *routers* (alta/baja) del lado del SGSN, y *routers* locales de cada BSC.

ENLACES Gb/FR

La Tabla 4.1, se muestran los enlaces Gb/FR.

Región	VM	DURACIÓN	No. Elementos	Elementos						
R5	1-2	12 días	6	VILCP1B1	VILCP2B	TAPAS1B1	TUXSA1B1	CANYA1B	CANYA2B	
R5/R9	3-4		5	MERC1B	MERC2B	CUERJ1B	CUERJ2B	PACML2B		
R9	5-6		6	DF_1M1B	DF_1M2B	DF_1M3B	DF_1M4B	DF_1M5B	DF_1M6B	
R9	7-8		7	DF_1M7B	DF_1M8B	DF_1M9B	DF_1MAB	DF_1MBB	DF_1MCB	DF_PE1B
R8	9-10		7	JALBR1B	POZBJ1B	VERPO2B	VERPO3B	CTZRM1B	CTZRM2B	OAXCZ2B
R8	11-12		6	PUEL1B	PUEL2B	PUEL4B	PUEL5B	PUEL7B	ACAPV2B	

Tabla 4.1. Enlaces Gb/RF.

*****Consideraciones*****

Para la migración de los enlaces Gb/IP, es necesaria la modificación de configuración en SGSN (baja/alta), cambio de puerto de comunicación e IP en la BSC.

ENLACES Gb/IP

La Tabla 4.2 muestra los enlaces Gb/IP.

Región	VM	DURACIÓN	No. Elementos	Elementos Gb/IP			
R5/R9	1	4 días	3	ACAPV3B	TOLJM3B	DFF1MEB	
R8	2		4	XLABR2B	VERPO6B	VERPO5B	VERPO1B
R8	3		4	GDLPN8B	IGUIM1B	PUEL7B	POZBJ2B

Tabla 4.2. Enlaces Gb/IP.



Consideraciones

Para la migración de los enlaces IU, es necesaria la modificación de configuración en SGSN (baja/alta), cambio de puertos de comunicación e IP en la RNC.

ENLACES IU

La Tabla 4.3, muestra los enlaces IU.

Región	VM	DURACIÓN	No. Elementos	Elementos							
R5	1	5 días	7	CANYA1X	MERCI1X	TAPAS1X	TUXSA1X	VILCP1X	CTZRM1X	CHPPV2X*	
R9	2		7	CUERJ1X	DF1M1X	DF1M2X	DF1M3X	DF1M4X	PUELP1X	PUELP2X	
R8	3		8	OAXCZ1X	IGUIM1X	ACAPV1X	VERPO1X	VERPO2X	XALBR1X	POZBJ1X	ORICE1X

Tabla 4.3. Enlaces IU.

Para consulta del plan general de migraciones, abrir el archivo ANEXO_5_MiC_PS_PLAN_GRAL_DE_MIGRACIONES.xlsx



ANEXO_5_MiC_PS_P
LAN_GRAL_DE_MIGR

Una vez culminada la fase piloto, los siguientes nodos tienen el siguiente peso dentro del proyecto, lo cual delimita el 100% de migraciones de enlaces Gb/FR, Gb/IP y lu-Ps para las BSC y RNC hacia el nuevo Core PS que entrará en función en el tercer cuatrimestre del año 2012. (Ver la Fig. 4.3).

Plan General de Migraciones de BSCs & RNCs de SGSN NOKIA NSN® a SGSN 9810					
***RESUMEN					
HUAWEI®				Cliente TELECOMUNICATIONS A	
Resumen	TOTAL	DF1M3N	DF1PR3N	MTYCO3N	Elementos a Migrar en VMs
RNCs	66	22	18	26	66
BSCs IP	37	11	7	19	37
BSCs FR	118	37	33	48	118
TOTAL	221	32%	26%	42%	221
					100%

Fig. 4.3. Plan general de migraciones de BSC y RNC de SGSN NOKIA NSN® a SGSN 9810.



4.4. PLAN DE COMUNICACIONES

En este plan se definen los canales, medios de comunicación y lugares para la presentación de avances del proyecto, los interesados en la realización del proyecto, los actores que juegan un papel fundamental en el desarrollo, y las firmas autorizadas para aceptar/rechazar/modificar y/o cancelar las diferentes fases y entregables del proyecto. (Ver la Fig. 4.4).

El primer punto de contacto entre las corporaciones para temas relacionados con el ciclo de vida de cada de las fases del proyecto es la figura del **Project Manager**, designado por el cliente *TELECOMUNICATIONS A*, quien se encargará de gestionar y dar seguimiento de manera interna con las áreas involucradas, y con los puntos de contacto definidos por el proveedor *HUAWEI®*, los requerimientos: además, de hacer fluir la información entre las partes.

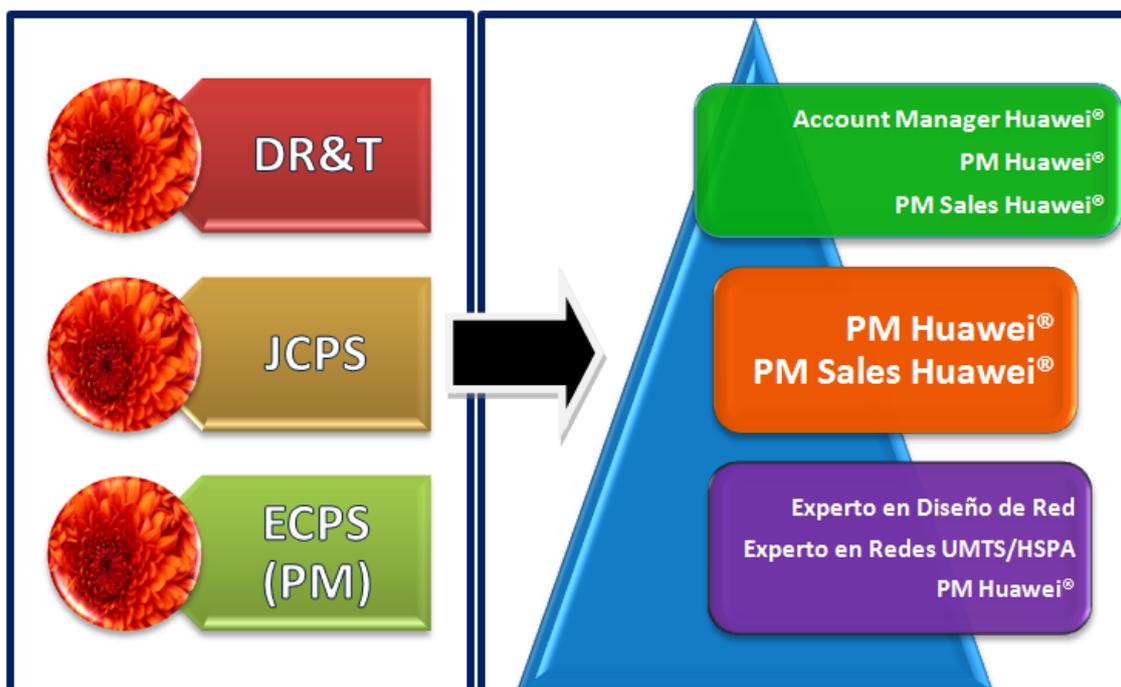


Fig. 4.4. Matriz de escalabilidad y puntos de contacto.

Las personas mencionadas y enumeradas en el diagrama anterior cuentan con las firmas autorizadas de la empresa *TELECOMUNICATION A*, para recibir los entregables en el formato definido, los entregables que se generen deberán contar con la firma de uno o más de los autorizados, teniendo como primer contacto al **PM ECPS**, y la firma uno o más de los miembros de *TELECOMUNICATION A*, para su aceptación o liberación.

Para mayor detalle relacionado al Plan de comunicaciones hacer clic sobre el archivo [ANEXO_6_MiC_PS_PLAN_COMUNICACIONES.docx](#)



ANEXO_6_MiC_PS_P
 LAN_COMUNICACION



4.5. PLAN DE RIESGOS

Además de mostrar a los responsables de supervisar los riesgos, éste es un plan considerado complementario del Plan de Comunicaciones *MiC_PS_PLAN_COMUNICACIONES*. (Ver la Fig. 4.5).

TELECOMUNICATIONS A		MiC_PS_PLAN DE RIESGOS			Código: FOR.XX.YYY-00X Versión: 1 Fecha: 03/08/10	
Solicitante: especialista SR Core PS ECI		Área:	Core de Paquetes	Fecha:	10/10/2011	
RIESGO	RESPONSABLE	DESCRIPCIÓN	PLAN DE ACCIÓN	PLAN DE MITIGACIÓN	IMPACTO	INDICADOR
FALTA DE MATERIAL DE INSTALACIÓN	HUAWEI®	Los materiales para la instalación de equipos, tarjetas, gabinetes, herramientas, equipo eléctrico, cable, conectores, transceivers, antisísmicos, chupones, etc.) no sean conseguidos en la fecha correspondiente.	Escalar a Nivel Dirección o Project Manager de Ventas	Presionar al HUAWEI® para que el material este disponible en la fecha pactada. Solicitar a HUAWEI® realizar una revisión previa del la herramienta y material	Retraso en el inicio de instalación de equipos. Retraso en el inicio de una fase del proyecto	
RETRASO EN LA ENTREGA DE EQUIPOS EN SITIO	HUAWEI®	Los Equipos SGSN/IGSN/CG/BG/MUX no son entregados en la fecha pactada o planeada en las instalaciones del cliente (sitio de correspondencia) TELECOMUNICATIONS A	Escalar a Nivel Dirección o Project Manager de Ventas. Penalización a la cuenta de HUAWEI®	N/A	Retraso en el inicio de instalación de equipos. Retraso en el inicio de una fase del proyecto	
EQUIPO DAÑADO	HUAWEI®	Se recibe hardware SGSN/IGSN/CG/BG/MUX dañado de fabrica o se daña durante el traslado	Levantar folio a HUAWEI® para que aceleré la reposición del hardware lo antes posible. HUAWEI® debe contar con relaciones para atacar un problema como este.	Conseguir en bodega o de algún otro proyecto de HUAWEI® material temporal el cual debe ser retirado una vez que se cuente con el hardware de compra.	Retraso en el inicio de instalación de equipos. Retraso en el inicio de una fase del proyecto	

Fig. 4.5. Descripción de riesgos.

En este plan, se dan a conocer los riesgos de manera detallada, los actores responsables, las descripciones, la periodicidad, los planes de acción y la mitigación, los impactos sobre la ocurrencia de alguno de los riesgos latentes enlistados en el archivo anexo, así como la posible aplicación de penalizaciones en contra de los proveedores por el incumplimiento a los puntos del contrato, o consumir acciones que representen un posible alto o alteren el flujo de las actividades y el avance del proyecto, mediante el uso de semáforos a fin de distinguir cuales son aquellos los hacía los cuales, se debe enfocar principalmente la atención del administrador del proyecto.

Para mayor detalle relacionado al Plan de Riesgos hacer clic sobre el archivo *ANEXO_7_MiC_PS_PLAN_RIESGOS.docx*



ANEXO_7_MiC_PS_P
LAN_RIESGOS.docx

4.6. PLAN DE COSTOS (PRESUPUESTO)

Es el proceso que consiste en sumar los costos estimados de actividades individuales o paquetes de trabajo para establecer una línea base de costos autorizados. Para ejemplificar el costo estimado del proyecto *MiC_PS*, se expone la cotización formal aprobada y firmada por ambas partes; *TELECOMUNICATIONS A*, siendo éste, el cliente que paga por la compra de equipo de última generación (SGSN, GGSN, CG, BG, Multiplexores OSN1500); para reemplazar el equipamiento instalado y operando dentro de la red 2G/3G hasta el año 2011, y contrata los servicios profesionales de instalación, configuración, asesoría, capacitación, soporte y monitoreo del proveedor *HUAWEI®*, quién a través de su grupo de especialistas y expertos en diseño y construcción de redes móviles, estarán interactuando con el personal del cliente, a fin



de obtener información con el grado de detalle necesario para implementar la solución tecnológica por la cual se firma el contrato. (Ver la Fig. 4.6).

HUAWEI®		
Nivel 2		
NO.	Descripción	Cantidad
1	FASE	
1.1	Repuesto	
1.1.1	Repuesto	
	Repuesto	1
1.2	Escenario 3 (3M SAU - 3 G)	
1.2.1	GU PS	
	SGSN9810 ATCA (1270k SAU,442k PDPs,262M TP)	1
	SGSN9810 ATCA (1270k SAU,442k PDPs,262M TP) <1>	1
	SGSN9810 ATCA (1270k SAU,442k PDPs,347M TP) <2>	1
	GGSN9811 PGP-16 (884k PDPs,8040M TP)	1
	GGSN9811 PGP-16 (884k PDPs,8040M TP) <1>	1
	GGSN9811 PGP-16 (442k PDPs,5720M TP) <1>	1
	GGSN9811 PGP-16 (442k PDPs,5720M TP)	1
	CG9812 PC Server (884k PDPs)	1
	CG9812 PC Server (884k PDPs) <1>	1
	CG9812 PC Server (442k PDPs)	1
	CG9812 PC Server (442k PDPs) <1>	1
1.2.2	OSS	
	M2000 CN V200R010(NE:9 Remote:0)	1

Fig. 4.6. Resumen de la cotización #0000721633201106190000.

La cotización #0000721633201106190000, hace referencia a equipos, las tarjetas, los puertos, el cableado de datos y la potencia, los conectores, los gabinetes, el licenciamiento, las refacciones, el *software* y la documentación relacionada a cada elemento de la red a implementar en los sitios de datos de Monterrey, Nuevo León y México, D.F.

El grado de habilidad, conocimiento y experiencia técnica es definido y convenido por ambas partes, ello con la finalidad de empatar los recursos humanos durante el desarrollo y vida del proyecto, esto quiere decir lo siguiente: Las sesiones de capacitación serán impartidas tanto al personal del cliente *TELECOMUNICATIONS A*, así como personal de *HUAWEI®*, mediante el uso del mismo material de aprendizaje, lectura y *software*. El desarrollo del personal corre por cuenta del *proveedor HUAWEI®*.

Para conocer el detalle de la cotización #0000721633201106190000 dar clic sobre el archivo *ANEXO_8_MiC_PS_PROVEEDOR_BOQ.xlsx*



ANEXO_8_MiC_PS_P
 ROVEEDOR_BOQ.xlsx

La inversión total del proyecto (como lo muestra la Fig. 4.7), no debe bajo ninguna circunstancia, exceder los € 17 000 000 (Diez y siete millones de Euros), monto considerado tope de costo de inversión. La línea base aceptada por *TELECOMUNICATIONS A* como inversión



del Proyecto MiC_PS de acuerdo a la cotización #0000721633201106190000, elaborada por HUAWEI®, y que es igual a **€ 16 313 391,47**, y la desviación permitida es de **€ 686 608,53**.

Si el desarrollo del proyecto rebasa dichos montos, se tomará la decisión de continuar o detener el curso del mismo.

EUR	2011	2012	2013	Total Invertido por Campo
SGSN Hardware	€ 1,641,226.41	€ 0.00	€ 865,968.06	€ 2,507,194.47
SGSN Licencias	€ 2,925,174.53	€ 2,071,052.80	€ 538,864.23	€ 5,535,091.56
GGSN Hardware	€ 1,713,903.44	€ 0.00	€ 610,518.00	€ 2,324,421.44
GGSN Licencias	€ 1,092,527.21	€ 1,448,342.96	€ 185,099.36	€ 2,725,969.53
CG Hardware	€ 36,311.80	€ 0.00	€ 0.00	€ 36,311.80
CG Licencias	€ 452,232.72	€ 0.00	€ 0.00	€ 452,232.72
BG Hardware	€ 77,020.16	€ 0.00	€ 0.00	€ 77,020.16
BG Licencias	€ 6,968.16	€ 0.00	€ 0.00	€ 6,968.16
m2000 Licencias	€ 1,936,194.06	€ 0.00	€ 0.00	€ 1,936,194.06
Refacciones	€ 321,455.47	€ 0.00	€ 0.00	€ 321,455.47
MuxOSN1500	€ 57,120.16	€ 0.00	€ 0.00	€ 57,120.16
Total Anual	€ 10,260,134.12	€ 3,519,395.76	€ 2,200,449.65	€ 15,979,979.53

USD	2011	2012	2013	Total Invertido por Campo
SGSN Servicios	\$0.00	\$50,600.88	\$193,866.86	\$244,467.74
GGSN Servicios	\$0.00	\$0.00	\$88,944.20	\$88,944.20
Total Anual	\$0.00	\$50,600.88	\$282,811.06	\$333,411.94

Inversión máxima	€ 17,000,000		TOTAL	€ 16,313,391.47
Desviación máxima	€ 686,608.53			

Fig. 4.7. Inversión Proyecto MiC_PS 2011 – 2013.

La planeación y la aplicación de las licencias, es un tema importante para el equipamiento, la puesta en producción y la expansión futura del nuevo núcleo de red HUAWEI®, ya que una de las mayores ventajas que lleva consigo el migrar los enlaces de transmisión es, que se puede incrementar la capacidad de los equipos mediante la compra de licencias. La aplicación de las licencias en los equipos es sencilla, y se realiza mediante el uso de los comandos en el horario de *la ventana de mantenimiento*, y lo más importante, no implica cortes y/o afectaciones al servicio, mucho menos el reinicio de alguna de las plataformas. La planeación del licenciamiento está considerada dentro del plan de costos; desde el inicio del proyecto en el año 2011, y hasta su finalización en el año 2012, así como su expansión en el año 2013. (Ver la Fig. 4.8).



	DFF1M3N			MTYCO3N			DFFPR3N			TOTAL		
SGSN Licenses	2011	2012	2013	2011	2012	2013	2011	2012	2013	2011	2012	2013
SGSN Basic Software-2.5G,V900R010(per k sub)	800	800	885	800	800	885	800	800	885	2,400	2,400	2,655
SGSN Basic Software-2.5G,V900R010(per k PDP)	160	160	210	160	160	210	160	160	210	480	480	630
SGSN Basic Software-3G,V900R010(per k sub)	470	650	778	470	650	778	470	650	778	1,410	1,950	2,334
SGSN Basic Software-3G,V900R010(per k PDP)	282	402	522	282	402	522	282	402	522	846	1,206	1,566
SGSN Throughput,V900R010(per Mbps)	262	412	562	262	412	562	200	310	460	724	1,134	1,584
GEA-1 (per k sub)	400	400	435	400	400	435	400	400	435	1,200	1,200	1,305
GEA-2 (per k sub)	400	400	435	400	400	435	400	400	435	1,200	1,200	1,305
Deactivate Idle PDPs (per k PDP)	442	622	835	442	622	835	442	622	835	1,326	1,866	2,505
EDGE support (per k sub)	800	800	885	800	800	885	800	800	885	2,400	2,400	2,655
Access Restriction for 2G and 3G subscriber (according to R6 definition)(per k sub)	1,270	1,450	1,578	1,270	1,450	1,578	1,270	1,450	1,578	3,810	4,350	4,734
IPv6 PDP context (per IPv6 k subs)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	6	6	6
Support Iu-flex (per k sub)	200	200	200	200	200	200	0	0	0	400	400	400
Support Gb-flex (per k sub)	200	200	200	200	200	200	0	0	0	400	400	400
Support HSDPA,2M-4M(per k sub)	200	200	240	200	200	240	200	200	240	600	600	720
Support HSDPA Expansion 1,4M-8M (per k sub)	200	200	240	200	200	240	200	200	240	600	600	720
Support HSDPA Expansion 2,8M-16M (per k sub)	1	1	16	1	1	16	1	1	16	3	3	48

Fig. 4.8. Planeación del licenciamiento del nuevo núcleo de red HUAWEI®.

Para conocer el detalle de la planeación del licenciamiento y capacidades desde el inicio del proyecto dar click sobre el archivo [ANEXO_9_MiC_PS_PLANEACIÓN_LICENCIAMIENTO_CORE_PS_2011_2013.xlsx](#)



ANEXO_9_MiC_PS_P
 PLANEACIÓN_LICENCI

NOTA

Por cuestiones de la definición y descripción de las licencias, se decidió mantener el lenguaje de origen, debido al contenido de terminología propia de los equipos sobre los cuales se aplican.

4.7. PLANIFICAR LA CALIDAD

Es el proceso por el cual, se identifican los requisitos de calidad y/o normas para el proyecto y el producto, y se documenta la manera en que el proyecto demostrará el cumplimiento con los mismos. La calidad se medirá con los formatos definidos en el capítulo 6, y que se corresponden con el monitoreo y control del proyecto, así como de la red en general, toda vez que se inicie el periodo de pruebas, o que se concluyan las migraciones de los enlaces, de los nodos y de los servicios, parcial o totalmente.



CAPÍTULO 5

DISEÑO

5.1. DISEÑO DEL PROYECTO MIC-PS

El diseño del proyecto “**Migración de enlaces del Core PS D a Core PS A, MIC_PS**”, se compone de dos fases; la primera es un esbozo en bajo nivel donde se definen los recursos humanos, los conocimientos técnicos, los formatos, las necesidades para la conexión IP, una topología de red propuesta, los espacios físicos de instalación, los temas de potencia para energizar los equipos, así como los parámetros básicos para iniciar con el proyecto; y una segunda fase de alto nivel, en la cual se detallan hasta el nivel más mínimo todos y cada uno de los requisitos definidos en la fase 1 del diseño; además del modelo de tráfico y de la topología compuesta por todos los elementos, diagramas lógicos y físicos, los enlaces y las nubes de conexión IP.

El diseño está basado en la identificación de necesidades de conectividad, el acceso al servicio de datos móviles, la evolución de red, el incremento en la mancha de cobertura 2G/3G, la velocidad de navegación, la integración transparente a la red productiva y existente, la escalabilidad, la actualización del *software*, el mantenimiento, la facilidad de expansión del *hardware*, el licenciamiento, el soporte técnico y lógico, el monitoreo, el desempeño, la calidad, los costos; todo lo anterior definido por una serie de cuestionarios realizados como parte del levantamiento de los requerimientos. El diseño del proyecto incluye los puntos:

- Levantamiento de los requerimientos (IP, puertos, VLAN, espacio/potencia).
- Diseño de alto nivel, definiendo la topología propuesta para la solución.
- Diseño de bajo nivel especificando a detalle, las conexiones, los puertos IP, las VLAN, las interfases, las subinterfases y los nodos; entre otros detalles.
- Características del equipamiento actual.
- Modelo de tráfico actual, y el planeado.
- Cronograma del proyecto

5.1.1. DISEÑO DE ALTO NIVEL HLD

El diseño de alto nivel (*High Level Design HLD*), elaborado y presentado por el *proveedor HUAWEI®*, se muestra en el archivo **MiC_PS_PROVEEDOR_A_HLD** en el cual enlista los requerimientos, para la configuración, instalación, seguridad, servicios actuales, topología de red propuesta para la solución del proyecto:



ANEXO_10_MiC_PS_
PROVEEDOR_A_DISE



5.1.2. DISEÑO DE BAJO NIVEL LLD

El diseño de bajo nivel (*Low Level Design, LLD*), elaborado y presentado por el proveedor HUAWEI®, se muestra en el archivo **MiC_PS_PROVEEDOR_A_LLD** donde se detalla el diseño de la red propuesta, los requerimientos relacionados con las interconexiones para las interfases de los diferentes equipos del *Core PS* y la red IP actual hasta el nivel de conectores, para cableados y bits de configuración; e inclusive, el detalle del esquema de redundancia, resolución de APN en DNS, métodos de autenticación en VLR/HLR/SGSN, rangos de numeración para los suscriptores del servicios de telefonía móvil, definición de nombres de elementos de red, asignación de IP, detalle de diseño de interfases y protocolos de interconexión, etcétera.



ANEXO_11_MiC_PS_
PROVEEDOR_A_DISE

5.1.3. DISEÑO DEL DIRECCIONAMIENTO IP

Como parte del diseño del proyecto MiC_PS y siendo un apartado medular para conseguir la interconexión entre la red existente con la red planeada y el éxito del proyecto depende del direccionamiento y planeación IP. El cual de acuerdo a las políticas y normas definidas debe ser; único e irrepetible.

Para ello, se solicitó (y ha sido asignado) el direccionamiento IP privado, público, lógico y físico a cada uno de los elementos de la red planeada y de sus interfases, igualmente se definieron procesos para el enrutamiento de las direcciones IP, VLAN (*Red de Área Local Virtual*) a fin de segmentar la red y evitar colisiones, además de puertos físicos en equipos de datos en base a las necesidades de velocidad del medio de transmisión. Todo lo anterior dejando abierta la posibilidad de incrementar el tamaño de la red planeada en cuanto a *hardware* y *software*, volviéndola de esta manera más robusta, eficiente, con mayor capacidad y disponibilidad de procesamiento y con siendo fácil de expandir sin impactar el servicio productivo.

El detalle de direccionamiento IP asignado se puede encontrar entrando en el archivo **ANEXO_12_MiC_PS_TELECOMUNICATIONS_A_PLANEACION_IP.xlsx**



ANEXO_12_MiC_PS_
TELECOMUNICATION

Como parte del diseño de bajo nivel, e ilustrando la asignación y uso del direccionamiento IP asignado; se incluyen los diagramas lógicos de interconexión de cada una de las interfases entre los equipos de acceso BSC y RNC para con el Multiplexor, SGSN, GGSN, *Charging Gateway, Border Gateway, HLR* y STP tomando en cuenta el estado de configuración



de las tarjetas de los equipos, el modo de configuración de los puertos y el tipo de redundancia del medio.

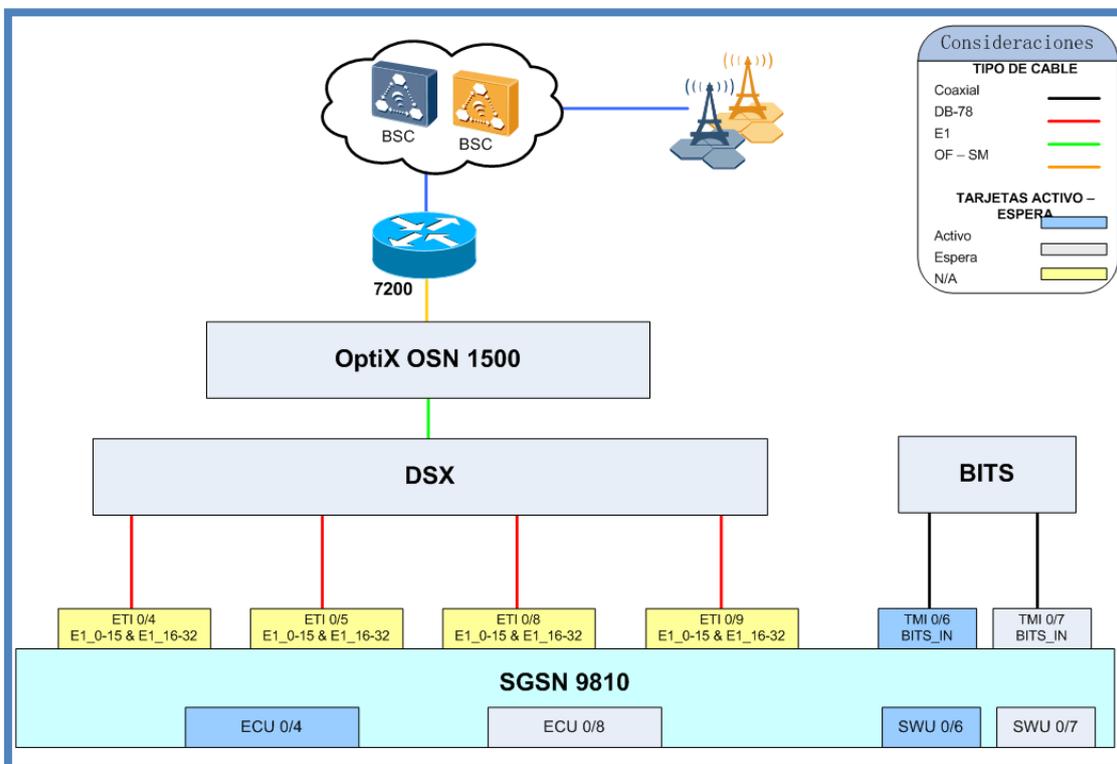


Fig. 5.1. Diseño de bajo nivel LLD.

El detalle de los esquemas lógicos de interconexión se puede apreciar dentro del archivo
 ANEXO_13_MiC_PS_PROVEEDOR_A_ESQUEMA_DE_RED_FÍSICO_LOGICO.pdf



ANEXO_13_MiC_PS_
 PROVEEDOR_A_ESQI

Nota

Por cuestiones de confidencialidad de la empresa TELECOMUNICATIONS A se han eliminado las direcciones IP originales del direccionamiento asignado para el proyecto.



CAPÍTULO 6

MONITOREO Y CONTROL

6.1. PLAN PARA MONITOREO Y CONTROL DEL PROYECTO MIC_PS

Una buena práctica dicta que; todo proyecto debe mantenerse en constante monitoreo con lo cual se asegure el control y el rumbo del mismo, ello depende de las necesidades de control de la organización o del área usuaria, con la finalidad de obtener porcentajes de avance del proyecto y métricas de desempeño tanto de los recursos humanos como tecnológicos. Pueden emplearse plantillas institucionales previamente definidas, y ser acopladas al tipo y modelo del proyecto que se encuentre ejecutando o pueden crearse nuevos formatos mediante el acuerdo de cada una de las partes. Este tipo de formatos o plantillas, pueden aplicados de manera independiente tanto por el cliente como por los proveedores, ya que cada uno de ellos cuenta con diferentes umbrales de medición para sus proyectos y recursos. Los resultados obtenidos mediante el monitoreo y control se darán a conocer al cliente, la dirección, el soporte, los responsables de la cuenta y los mismo pueden ser analizados por medio de juntas con cierta periodicidad en conjunto o de manera individual. Para el monitoreo y control del proyecto **MiC_PS Migración de enlaces del Core PS NOKIA NSN® al Core PS HUAWEI®**; se han definido los siguientes puntos:

- a) **Medición del avance del proyecto.**
- b) **Medición de migración de elementos de red BSC/RNC.**
- c) **Medición de migración de APN's a nuevos GGSN.**
- d) **Medición de capacidad y desempeño del Core PS Huawei®.**

Para obtener estos indicadores, se han creado los siguientes formatos, los cuales son exclusivos del proyecto:

- a) **MiC_PS_MONITOREO_MIGRACIÓN_BSC_RNC_APN.**
- b) **MiC_PS_MONITOREO_MIGRACIÓN_REPORTE_DIRECCIÓN.**
- c) **MiC_PS_MONITOREO_DESEMPEÑO_NUEVO_CORE_PS.**
- d) **MiC_PS_PROVEEDOR_MONITOREO_DESEMPEÑO_NUEVO_CORE_PS.**

Los reportes de desempeño del Core PS SGSN y GGSN, se enviarán de manera semanal, durante el tiempo de vida del proyecto, y el tiempo de duración del soporte técnico contratado. Para mostrar los avances del proyecto y mostrar los puntos de atención o focos rojos del mismo, se han definido por acuerdo de ambas partes, y como se mencionó previamente en el Plan de Comunicaciones; juntas quincenales a las 09:00 horas en las oficinas del cliente *TELECOMUNICATIONS A*, de la cual se deberá desprender una minuta de reunión; misma que será dada a conocer por correo electrónico, haciendo referencia a los siguientes puntos: **Fecha, lugar, acuerdos, pendientes, problemas, asistentes, responsables, tiempo de solución.**



6.1.1. MONITOREO DE MIGRACIÓN DE BSC, RNC Y APN

El formato definido y empleado por ambas partes, para presentar este reporte, lleva el nombre de: **MiC_PS_MONITOREO_MIGRACIÓN_BSC_RNC_APN**.

En donde se exponen los porcentajes de avance en forma de gráficos circulares para la migración de elementos de red BSC, RNC y APN del núcleo de red datos existente *NOKIA NSN®* hacia el nuevo núcleo de red del *proveedor HUAWEI®*. En la carátula del reporte **MiC_PS_MONITOREO_MIGRACIÓN_BSC_RNC_APN**, se muestra de manera general el avance obtenido y el detalle se encuentra descrito en su interior. Este es un reporte que se da conocer al cliente y al proveedor.

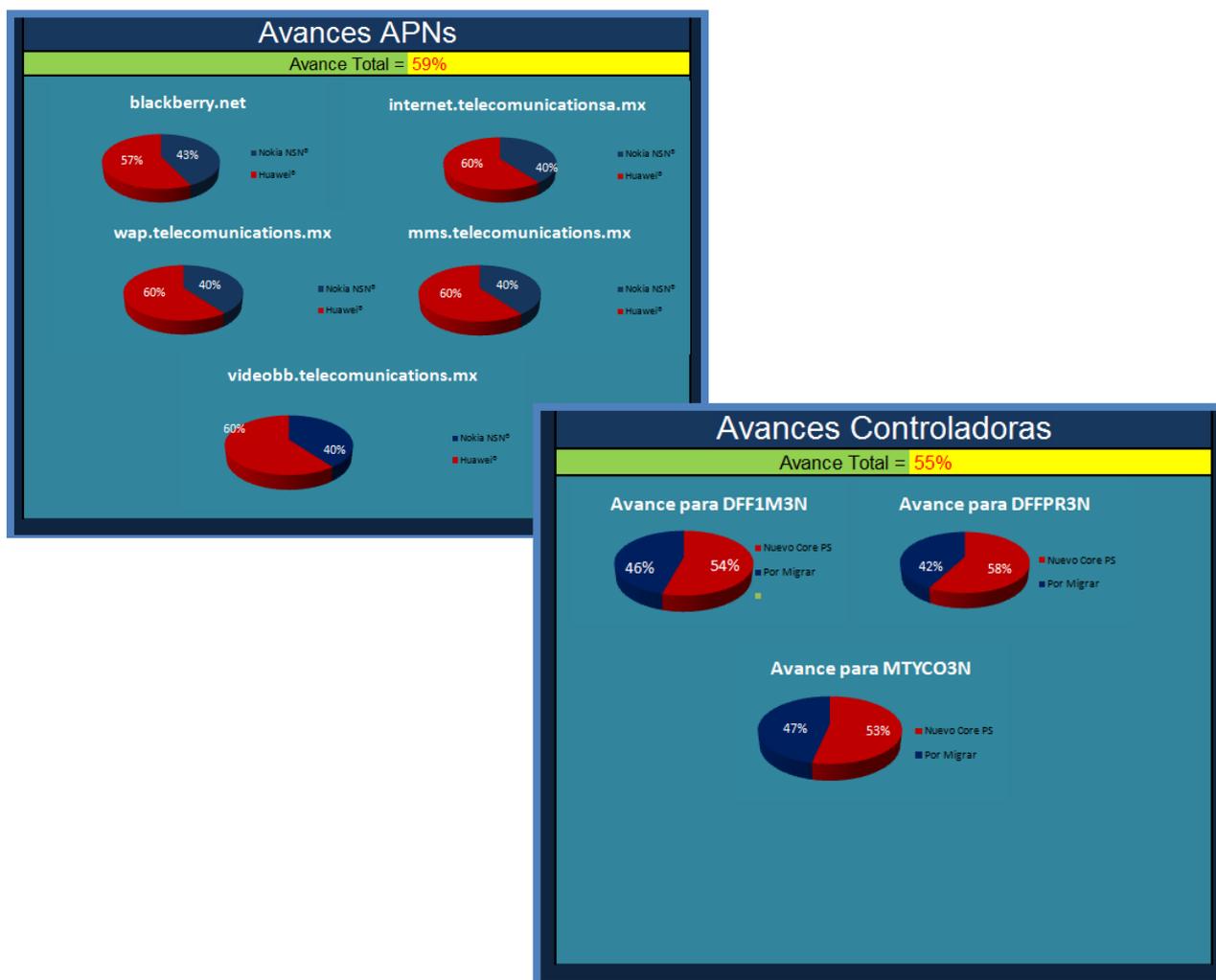


Fig. 6.1. Reporte Monitoreo de Migración de BSC, RNC y APN.

El detalle del reporte se puede apreciar dentro del archivo
ANEXO_14_MiC_PS_MONITOREO_MIGRACIÓN_BSC_RNC_APN.xls



ANEXO_14_MiC_PS_
 MONITOREO_MIGRAI



6.1.2. MONITOREO DE MIGRACIÓN REPORTE PARA LA DIRECCIÓN

El formato definido para reportar los avances del proyecto a la dirección de red y tecnología, será el mismo que se entregará a la oficina de proyectos PMO del cliente. El reporte contiene información e indicadores de presupuesto asignado, presupuesto ejercido y presupuesto pendiente por aplicar, además del avance real y planeado, la desviación o el retraso, los responsables y los gráficos que detallan y facilitan la comprensión a nivel ejecutivo. El reporte **MiC_PS_MONITOREO_MIGRACIÓN_REPORTE_DIRECCIÓN**, es exclusivo del y para el cliente, y debe ser generado por la jefatura del área usuaria. (Ver la Fig. 6.2).

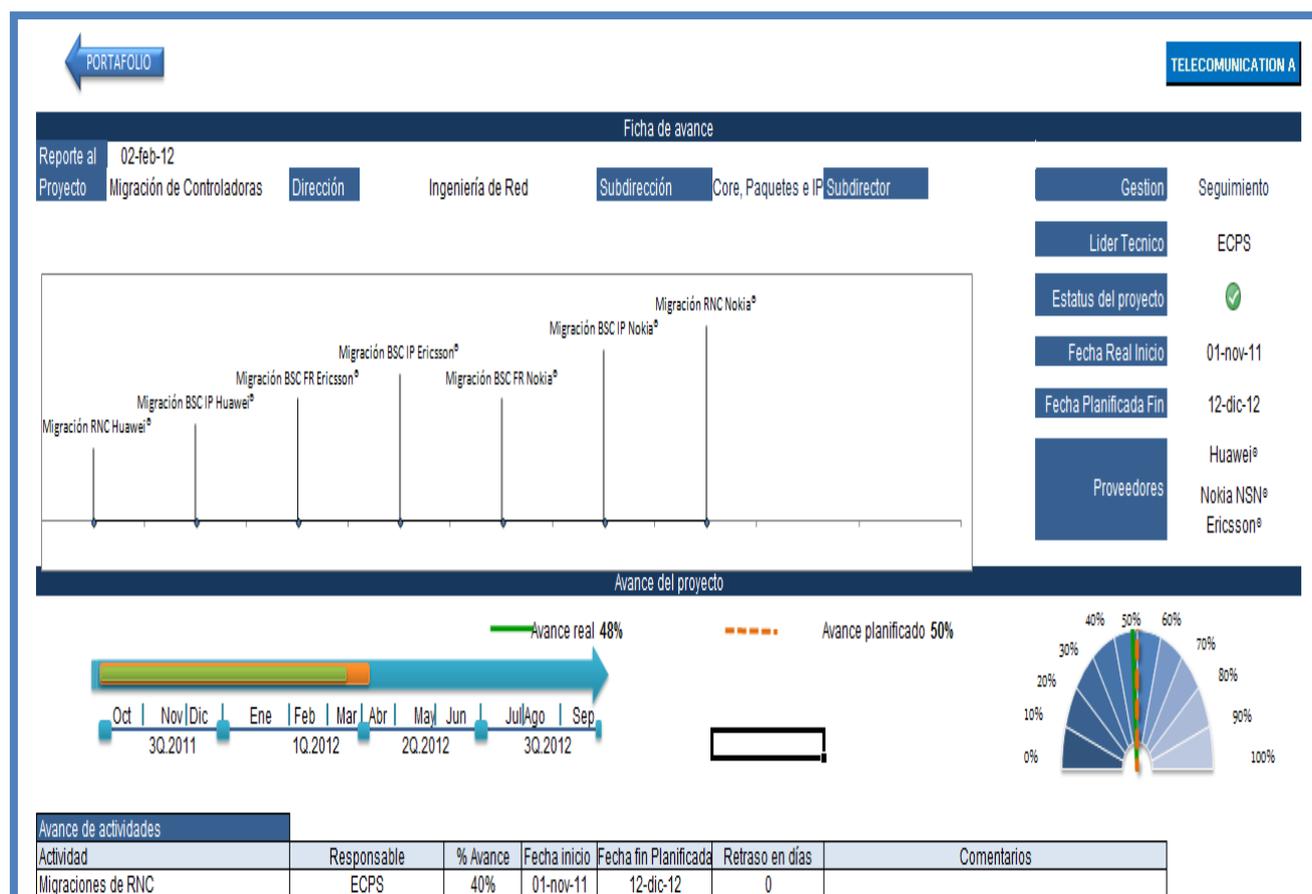


Fig. 6.2. Reporte del proyecto para la dirección.

El detalle del reporte se puede apreciar dentro del archivo
ANEXO_15_MiC_PS_MONITOREO_MIGRACIÓN_REPORTE_DIRECCIÓN.xls



ANEXO_15_MiC_PS_
 MONITOREO_MIGRA



6.1.3. MONITOREO DE DESEMPEÑO DEL NUEVO NÚCLEO DE RED

Por último, el área usuaria de núcleo de red ha definido el contenido del reporte nombrado **MiC_PS_MONITOREO_DESEMPEÑO_NUEVO_CORE_PS**, dedicado a exponer los indicadores del comportamiento del núcleo de red (SGSN, GGSN) mensualmente, a las áreas de desempeño, al proveedor, a la dirección y al área de soporte técnico, durante el periodo de pruebas, migraciones de nodos y servicios; y es posterior a la liberación productiva de los equipos implementados como parte del proyecto.

Este reporte, hace énfasis en el crecimiento de la red, umbrales de uso, el porcentaje del procesamiento de las tarjetas de SGSN y GGSN para los tres sitios (Monterrey, Distrito Federal Norte y Distrito Federal-“La Presa”, el número de usuarios registrados actualmente en la red, el crecimiento del volumen de usuarios, el volumen del tráfico de datos actual (*Throughput*) de subida y bajada, así como el aumento del tráfico con el paso de los meses, el comportamiento de la red en ciertos periodos de tiempo, la ocupación por elemento de red, el uso de las licencias y las capacidades específicas de cada uno de estos equipos; todo lo anterior para apoyar en la planeación de red, mejorar la visibilidad del núcleo de red, y apoyar en la toma de decisiones en caso de requerir expansiones en cuanto a tarjetería se refiere (*Hardware*), o en la compra de licencias para mantener los índices de calidad y de satisfacción del cliente final. El reporte, se compone de tablas de datos y gráficas como las que se muestran a continuación en la Fig. 6.3.

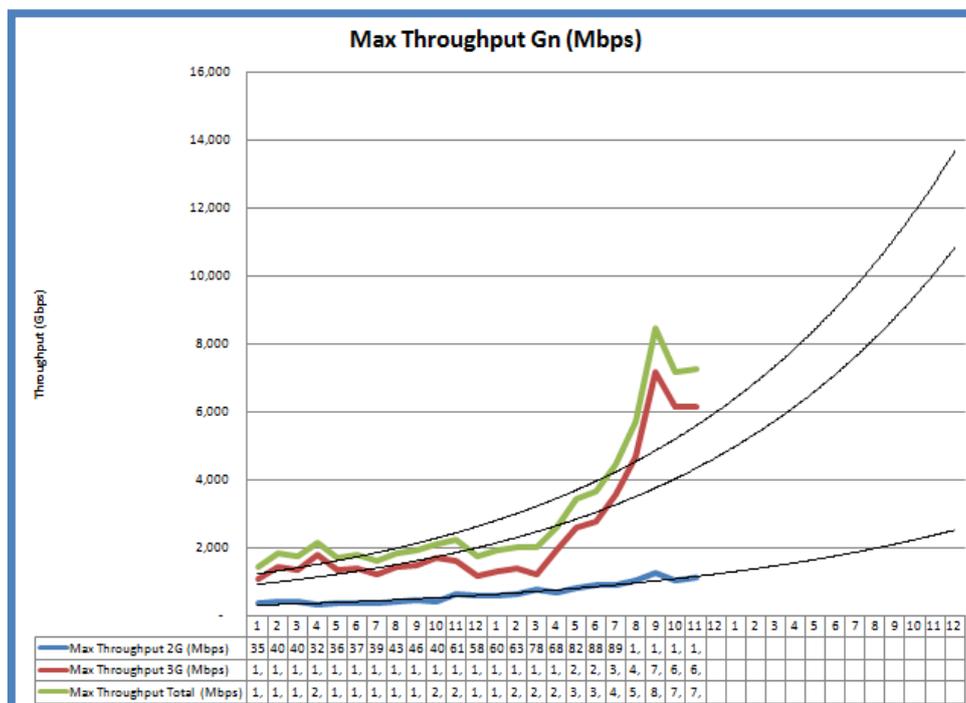


Fig. 6.3. Monitoreo del desempeño del nuevo núcleo.



	2012											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Max Attached Users	1,121,690	1,012,853	1,036,538	1,003,203	1,040,267	1,040,830	1,026,430	1,079,278	1,077,270	1,070,131	1,128,190	1,124,907
Max Attached Users 2G	191,465	212,009	225,595	235,612	293,866	309,368	323,977	360,228	377,188	421,872	495,712	535,239
Max Attached Users 3G	1,313,155	1,224,862	1,262,133	1,238,815	1,334,133	1,350,198	1,350,407	1,439,506	1,454,458	1,492,003	1,623,902	1,660,146
Diferencia Porcentual		-7%	3%	-2%	8%	1%	0%	7%	1%	3%	9%	2%
	2334000	2334000	2334000	2334000	2334000	2334000	2334000	2334000	2334000	2334000	2334000	2334000
Max PDP Contexts (SGSN)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Max PDP Contexts 2G	250,558	247,450	256,951	244,174	268,642	269,747	273,914	292,597	288,360	303,931	345,880	343,833
Max PDP Contexts 3G	104,843	117,051	121,517	115,705	153,510	161,316	169,759	179,432	185,841	205,859	238,645	256,454
Max PDP Contexts Total	355,401	364,501	378,468	359,879	422,152	431,063	443,673	472,029	474,201	509,790	584,525	600,287
Diferencia Porcentual		3%	4%	-5%	17%	2%	3%	6%	0%	8%	15%	3%
Total PDP Cxt	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Max PDP cxt internet	140,518	154,800	154,246	153,438	210,532	231,807	278,634	329,159	355,105	342,177	466,196	390,906
Max PDP cxt ALL	223,005	252,420	277,336	329,286	444,441	586,970	599,647	730,353	790,780	815,551	1,048,715	728,002
Diferencia Porcentual		13%	10%	19%	35%	32%	2%	22%	8%	3%	29%	-31%
	3292000	3292000	3292000	3292000	3292000	3292000	3292000	3292000	3292000	3292000	3292000	3292000

Fig. 6.4. Reporte de desempeño de red.

El detalle del reporte se puede apreciar dentro del archivo
ANEXO_16_MiC_PS_MONITOREO_DESEMPEÑO_NUEVO_CORE_PS.xls



ANEXO_16_MiC_PS_
 MONITOREO_DESEMI

NOTA

Por cuestiones de la definición y descripción de los indicadores KPI y licencias, se decidió mantener el lenguaje de origen, debido al contenido de terminología propia de los equipos sobre los cuales se aplican.

6.1.4. MONITOREO DEL NÚCLEO DE RED, VERSIÓN DEL PROVEEDOR

El proveedor HUAWEI® encargado de realizar las tareas de implementación a la red móvil productiva, enviará reportes semanales del comportamiento y desempeño del nuevo núcleo de red como parte de los procesos de monitoreo, control, seguimiento y soporte en caso de presentarse alguna falla. Dicho reporte se dará a conocer al cliente, al área de soporte y al equipo de trabajo bajo el nombre de **MiC_PS_PROVEEDOR_MONITOREO_DESEMPEÑO_NUEVO_CORE_PS**. Este reporte está conformado por tablas y graficas que ilustran el desempeño de los tres sitios de manera independiente. (Ver la Fig. 6.5).

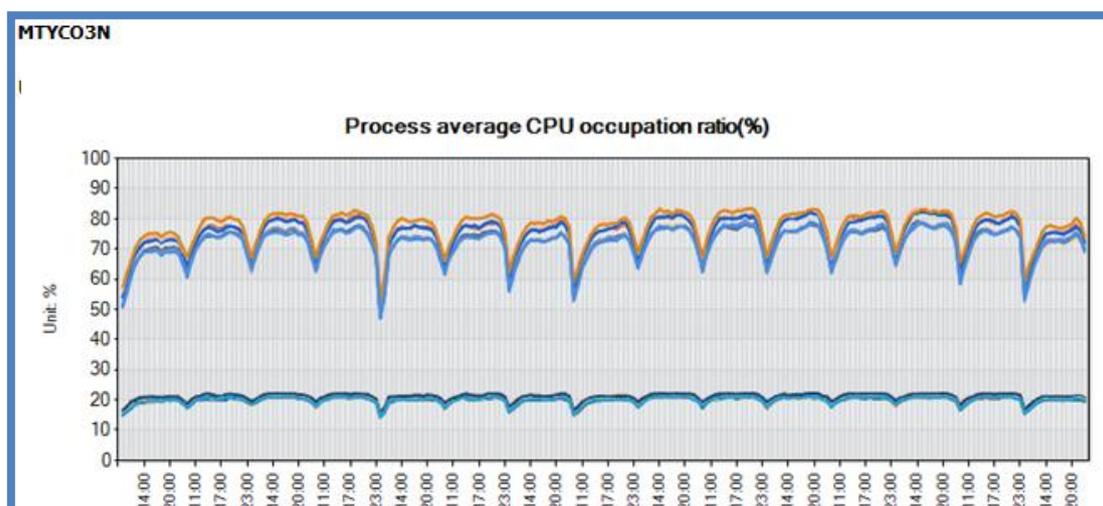


Fig. 6.5. Promedio de procesos de un CPU.



Item Name	Object Name	NE Name	Maximum/Sum	Average/Percent
2G GPRS Attach Success Rate	Whole SGSN=0	6	0.919	0.76
2G GPRS Attach Success Rate(non-netw	Whole SGSN=0	6	0.99	0.97
Gb mode attach reject(GPRS service not	Whole SGSN=0	6	21199054	85.20%
Gb mode attach reject(protocol error)(Tir	Whole SGSN=0	6	3082490	12.40%
2G Intra SGSN RAU Success Rate	Whole SGSN=0	6	0.987	0.97
2G Intra SGSN RAU Success Rate(non-n	Whole SGSN=0	6	0.987	0.97
Gb mode intra-SGSN RAU reject(implicitl	Whole SGSN=0	6	3396857	78.30%
Gb mode Periodic RAU reject(implicitl	Whole SGSN=0	6	503367	11.60%
Gb mode intra-SGSN RAU reject(protocc	Whole SGSN=0	6	344315	7.90%
2G Inter SGSN RAU Success Rate	Whole SGSN=0	6	0.874	0.54
2G Inter SGSN RAU Success Rate(non-n	Whole SGSN=0	6	0.874	0.54
Gb mode Inter-SGSN RAU reject(MS idei	Whole SGSN=0	6	5214113	85.40%
Gb mode Inter-SGSN RAU reject(implicitl	Whole SGSN=0	6	741809	12.10%
2G Activation Success Rate	Whole SGSN=0	6	0.998	0.99
2G Activation Success Rate(non-network	Whole SGSN=0	6	0.999	0.98
Gb mode PDP context act fail(rejected by	Whole SGSN=0	6	4197439	81.10%

Fig. 6.6. Reporte de desempeño de red, versión del proveedor.

El detalle del reporte se puede apreciar dentro del archivo
 ANEXO_17_MiC_PS_PROVEEDOR_MONITOREO_DESEMPEÑO_NUEVO_CORE_PS.xls



ANEXO_17_MiC_PS_
 PROVEEDOR_MONIT

*****NOTA*****

Por cuestiones de la definición y descripción de los indicadores KPI y licencias, se decidió mantener el lenguaje de origen, debido al contenido de terminología propia de los equipos sobre los cuales se aplican.



CAPÍTULO 7

PERIODO DE PRUEBAS

7.1. PERIODO DE PRUEBAS NODO PILOTO

Durante el periodo de pruebas, se planea en conjunto con el proveedor la migración temporal de un elemento de red de cada tipo de tecnología (Gb/FR, Gb/IP y RNC lu) hacia el nuevo núcleo de red. El lapso de tiempo definido para cada prueba es de 24 horas en convivencia con las versiones de *software* y bajo las modalidades de configuración que requieren los nuevos equipos, tiempo durante el cual se validará el servicio 2G/3G de voz y datos bajo la cobertura de las BSC o RNC, con apoyo de personal en cada sector y se mantendrá en constante monitoreo su desempeño para garantizar el correcto funcionamiento y comportamiento de dicho elementos. Para hacer las migraciones se crearon formatos o *scripts* para cada tipo de tecnología mediante los cuales se introducen líneas de código o comandos a la base de datos, de cada SGSN o GGSN dependiendo el caso. Posterior a cada una de las migraciones temporales, los elementos de red serán reubicados a su SGSN o GGSN original. Los comandos cuentan con los campos y parámetros necesarios para la creación de la interfaz Gb/FR en lenguaje propio y comprensible para cada uno de los equipo. Los formatos o *scripts* se explican a continuación en la Tabla 7.1.

Tabla 7.1. Comandos para migración de la interfaz Gb/FR.

7.1.1 COMANDOS PARA MIGRACIÓN INTERFAZ Gb/FR

	NSEI 1	NSEI 2	NSEI 3	NSEI 4	NSEI 5	NSEI 6	NSEI 7	NSEI 8	NSEI 9	NSEI 10	NSEI 11	NSEI 12
Subrak No.	0	0	0	0	0	0	0	0				
Slot No.	8	8	8	8	8	8	8	8				
Port No.	14	14	14	14	15	15	15	15				
BC ID	0	1	2	3	4	5	6	7				
Ts Inicial	1	9	17	25	1	9	17	25				
TS Final	8	16	24	31	8	16	24	31				
Mode	DTE	DTE	DTE	DTE	DTE	DTE	DTE	DTE				
BC Name	VERPO2B1	VERPO2B2	VERPO2B3	VERPO2B4	VERPO2B5	VERPO2B6	VERPO2B7	VERPO2B8				
NSVCI	30016	30017	30018	30019	30020	30021	30022	30023				
CIR	512	512	512	448	512	512	512	448				
NSEI 1	ADD BC: SRN=0, SN=8, PN=14, BCID=0, BTS=1, ETS=8, DLCIT=1, PROTOCOL=Q933, BWCNTL=NO, BCMODE=DTE, BCN="VERPO2B1"; ADD NSVC: OTHERNODE="VERPO2B1", NSVCI=30016, NSEI=30016, SRN=0, SN=8, PN=14, BCID=0, DLCI=16, CIR=512, CFGSTATE=UNBLOCKED; ADD NSE: OTHERNODE="VERPO2B1", NSEI=30016, SRN=0, SN=8, BSSID=30016, PFC=YES, BT=FR;											
NSEI 2	ADD BC: SRN=0, SN=8, PN=14, BCID=1, BTS=9, ETS=16, DLCIT=1, PROTOCOL=Q933, BWCNTL=NO, BCMODE=DTE, BCN="VERPO2B2"; ADD NSVC: OTHERNODE="VERPO2B2", NSVCI=30017, NSEI=30017, SRN=0, SN=8, PN=14, BCID=1, DLCI=16, CIR=512, CFGSTATE=UNBLOCKED; ADD NSE: OTHERNODE="VERPO2B2", NSEI=30017, SRN=0, SN=8, BSSID=30017, PFC=YES, BT=FR;											
NSEI 3	ADD BC: SRN=0, SN=8, PN=14, BCID=2, BTS=17, ETS=24, DLCIT=1, PROTOCOL=Q933, BWCNTL=NO, BCMODE=DTE, BCN="VERPO2B3"; ADD NSVC: OTHERNODE="VERPO2B3", NSVCI=30018, NSEI=30018, SRN=0, SN=8, PN=14, BCID=2, DLCI=16, CIR=512, CFGSTATE=UNBLOCKED; ADD NSE: OTHERNODE="VERPO2B3", NSEI=30018, SRN=0, SN=8, BSSID=30018, PFC=YES, BT=FR;											
NSEI 4	ADD BC: SRN=0, SN=8, PN=14, BCID=3, BTS=25, ETS=31, DLCIT=1, PROTOCOL=Q933, BWCNTL=NO, BCMODE=DTE, BCN="VERPO2B4"; ADD NSVC: OTHERNODE="VERPO2B4", NSVCI=30019, NSEI=30019, SRN=0, SN=8, PN=14, BCID=3, DLCI=16, CIR=448, CFGSTATE=UNBLOCKED; ADD NSE: OTHERNODE="VERPO2B4", NSEI=30019, SRN=0, SN=8, BSSID=30019, PFC=YES, BT=FR;											

Donde los parámetros más importantes son (Tabla 7.2):



Subrak No.	Número de la repisa en la que se ubica la tarjeta
Slot No.	Espacio dentro de la repisa en la que se ubica la tarjeta
Port No.	Puerto de la tarjeta
BC ID	Bearer Channel Identifier / identificador del canal de portadora
Ts Inicial	Time slot inicial / primer intervalo de tiempo dentro de la trama
TS Final	Time slot final / último intervalo de tiempo dentro de la trama
Mode	DTE/DCE Equipo Terminal de Datos / Equipo de Terminación del Circuito de Datos
BC Name	Bearer Channel Name / Nombre de la BSC VERPO2B1
NSVCI	Network Service Virtual Connection Identifier / Identificador de Conexión Virtual del Servicio de Red
CIR	Committed Information Rate / Ancho de banda en Kb/s

Tabla 7.2. Parámetros más importantes de la interfaz Gb/FR.

Las configuraciones consideradas para el periodo de pruebas de migración de nodos BSC con tecnología Gb/FR realizadas, se muestran y ejemplifican en los siguientes desplegados de los comandos obtenidos directamente de los equipos SGSN 9810 HUAWEI® y equipos de ruteo:

El detalle de los comandos se puede apreciar dentro del archivo
ANEXO_18_MiC_PS_COMANDOS_MIGRACIÓN_SGSN_GbFR.xls



ANEXO_18_MiC_PS_
 COMANDOS_MIGRAC

Para integrar una BSC con tecnología Gb/FR; es necesario también realizar configuraciones en equipos de ruteo de capa 3, estos equipos son CISCO® de la familia 7200, en ellos se debe realizar la descanalización en seriales, grupos de canales, intervalos de tiempo para cada trama, crear subinterfases, definir protocolos de encapsulación, modos de conexión DTE/DCE y túneles de enrutamiento IP. Todo lo anterior debe coincidir entre los tres elementos SGSN, Ruteadores y BSC, ya que la interfaz Gb/FR para poder establecerse como operativa, enviar y recibir datos (trafico) realiza una comparación entre los siguientes parámetros:

- Número de NSEI.
- Portadora (*Bearer Channel*).
- Interfases Seriales.
- Puertos.
- Grupo de canales de trama (*Channel Groups*).
- Intervalos de tiempo (*Time Slots*).
- IP de ruteo entre equipos de capa 3.

Si alguno de los parámetros mencionados previamente no es consistente a lo largo de todo el tren de datos de configuración; la interfaz Gb/FR no se podrá establecer y existirán alarmas en los tres elementos de red.



**** Muestra la descripción general del NSVCI Identificador de Conexión Virtual del Servicio de Red ****

```
+++ SGSN/*MEID:6*/
O&M #125
%%LST NSE: NSEI=30016;%%
RETCODE = 0 Operation succeeded
The result is as follows:
```

```
-----
NSE connection direction = VERPO2B1
NSE ID = 30016
    BVC1 = 0
    Subrack No. = 0
    Slot No. = 4
    Process No. = 1
    BSS No. = 30016
    Flush Timer(ms) = 50
    Support PFC = NO(BSS not supported,SGSN supported)
    Support CBL = NO(BSS not supported,SGSN supported)
    Support INR = NO(BSS not supported,SGSN supported)
    Support LCS = NO(BSS not supported,SGSN not supported)
    Support RIM = NO(BSS not supported,SGSN not supported)
    Support PFCFC = NO(BSS not supported,SGSN not supported)
    Include ARP IE = NO
    Include RA Capability IE = NO
    Bearer type = FR Network
    NSE config type = static config
    Support Gb-Flex = NO
    Support special service class = NO
    (Number of results = 1)
--- END
```

**** Muestra el estado de un túnel de ruteo en equipos de capa 3 ****

```
DFN_R7206_01D#show conn all
```

ID	Name	Segment 1	Segment 2	State
1	VERPO2B1	Se6/0.1/1/5/3:1 16	10.X.X.X 128	UP
2	VERPO2B2	Se6/0.1/1/5/3:2 16	10.X.X.X 129	UP
3	VERPO2B3	Se6/0.1/1/5/3:3 16	10.X.X.X 130	UP
4	VERPO2B4	Se6/0.1/1/5/3:4 16	10.X.X.X 131	UP
5	VERPO2B5	Se6/0.1/1/6/1:1 16	10.X.X.X 132	UP
6	VERPO2B6	Se6/0.1/1/6/1:2 16	10.X.X.X 133	UP
7	VERPO2B7	Se6/0.1/1/6/1:3 16	10.X.X.X 134	UP
8	VERPO2B8	Se6/0.1/1/6/1:4 16	10.X.X.X 135	UP

El detalle de los desplegados de configuración aplicada de los equipos SGSN y Ruteadores se puede apreciar dentro del archivo *ANEXO_19_MiC_PS_DESPLEGADOS_BSC_GBFR_SGSN_RUTEADORES.txt*





7.2. COMANDOS PARA MIGRACIÓN LA INTERFAZ Gb/IP

CORE		BSC	CORE						SGSN	
SGSN	NAME NSE Connection Direction	Vendor	NSE ID	Subrack	Slot	BSS No.	Connection Type	Local UDP Port (LUP)	Local IP Endpoint (LIPE)	
DFPPR3N	SLP3A3B	Huawei@	24000	0	3	24000	DYNAMIC	52401	10.222.192.64	
MTYCO3N	DF#1M2B	Nokia@	9012	0	3	9012	DYNAMIC	50911	10.222.83.145	
DFPPR3N	DF#1M3B	Ericsson@	9013	0	3	9013	DYNAMIC	50912	10.222.83.144	

Crear NSEI

```
ADD NSE: OTHERNODE="SLP3A3B", NSEI=24000, SRN=0, SN=3, BSSID=24000, FLUSTHT=50, PFC=YES, CBL=YES, INR=YES, LCS=NO, RIM=NO, ARP=NO, RACAP=NO, BT=IP, CT=DYNAMIC, GB-FLEX=NO, SPECSRV=NO;
ADD NSE: OTHERNODE="DF#1M2B", NSEI=9012, SRN=0, SN=3, BSSID=9012, FLUSTHT=50, PFC=YES, CBL=YES, INR=YES, LCS=NO, RIM=NO, ARP=NO, RACAP=NO, BT=IP, CT=DYNAMIC, GB-FLEX=NO, SPECSRV=NO;
ADD NSE: OTHERNODE="DF#1M3B", NSEI=9013, SRN=0, SN=3, BSSID=9013, FLUSTHT=50, PFC=YES, CBL=YES, INR=YES, LCS=NO, RIM=NO, ARP=NO, RACAP=NO, BT=IP, CT=DYNAMIC, GB-FLEX=NO, SPECSRV=NO;
```

Crear Interfase Gb

```
ADD GBIPLOCENDPT: SRN=0, SN=3, NSEI=24000, IPT=IPV4, LIPV4="10.222.192.64", LUP=52401;
ADD GBIPLOCENDPT: SRN=0, SN=3, NSEI=9012, IPT=IPV4, LIPV4="10.222.83.145", LUP=50911;
ADD GBIPLOCENDPT: SRN=0, SN=3, NSEI=9013, IPT=IPV4, LIPV4="10.222.83.144", LUP=50912;
```

Fig. 7.1. Comandos para migración con la interfaz Gb/IP.

Donde los parámetros más importantes son los siguientes (Ver la Figura 7.1 y Tabla 7.3).

SGSN	Equipo SGSN en el cual se dará de alta la nueva BSC
NAME NSE Connection Direction.	Nombre de la BSC
NSE Id Network Service Entity Identifier	Número de la BSC
Subrack	Número de la repisa en la que se ubica la tarjeta
Slot	Espacio dentro de la repisa en la que se ubica la tarjeta
BSS No. Base Station Subsystem	Número de subsistema de la BSC (es el mismo que el NSE)
Connection Type	Tipo de conectividad de la BSC contra el SGSN
Local UDP Port (LUP)	Puerto local del SGSN para comunicarse con la BSC
Local IP Endpoint (LIPE)	Dirección IP de la tarjeta del SGSN donde se configura la BSC

Tabla 7.3. Parámetros más importantes de la interfaz Gb/IP.

El detalle de los comandos se puede apreciar dentro del archivo
ANEXO_20_MiC_PS_COMANDOS_MIGRACIÓN_SGSN_GBIP.xls



ANEXO_20_MiC_PS_
COMANDOS_MIGRAC

Para que la interfaz Gb/IP logre establecerse exitosamente e inicie con el envío y recepción de datos es necesario que los siguientes parámetros empaten tanto en el SGSN como en la BSC:

- NSVCI.
- Puerto Local.
- IP del SGSN como destino de la BSC.



Las configuraciones consideradas para el periodo de pruebas de migración de nodos BSC con tecnología Gb/IP realizadas, se muestran y ejemplifican en los siguientes desplegados de comandos obtenidos directamente del equipo SGSN 9810 HUAWEI®:

*****Muestra la descripción general del NSVCI Identificador de Conexión Virtual del Servicio de Red*****

```
+++ SGSN/*MEID:6*/  
O&M #80  
%%LST NSE: OTHERNODE="POZBJ2B";%%  
RETCODE = 0 Operation succeeded
```

The result is as follows:

```
-----  
NSE connection direction = POZBJ2B  
  NSE ID = 30080  
    BVCI = 0  
  Subrack No. = 0  
    Slot No. = 3  
  Process No. = 3  
    BSS No. = 30080  
  Flush Timer(ms) = 50  
    Support PFC = NO(BSS not supported,SGSN supported)  
    Support CBL = NO(BSS not supported,SGSN supported)  
    Support INR = YES  
    Support LCS = NO(BSS not supported,SGSN not supported)  
    Support RIM = NO(BSS not supported,SGSN not supported)  
    Support PFCFC = NO(BSS not supported,SGSN not supported)  
  Include ARP IE = NO  
  Include RA Capability IE = NO  
    Bearer type = IP Network  
  NSE config type = dynamic config  
    Support Gb-Flex = NO  
  Support special service class = NO  
  (Number of results = 1)  
  
--- END
```

El detalle de los desplegados de configuración se puede apreciar dentro del archivo
ANEXO_21_MiC_PS_DESPLEGADOS_BSC_GBIP_SGSN.txt



**ANEXO_21_MiC_PS_
DESPLEGADOS_BSC_**

7.3. CONFIGURACIÓN EN DNS Y RESOLUCIÓN DE APN (Nombres de Punto de Acceso)

Un punto de suma importancia para el correcto funcionamiento de una red móvil 2G ó 3G, es la configuración de los equipos de resolución de nombres de dominio (por sus siglas en inglés DNS), ya que en estos equipos deben definirse una a una y en dígitos hexadecimales las LAC (*Location Area Code*), con su correspondiente RAC (*Routing Area Code*).



De ello depende que al establecer un contexto *pdp* desde el SGSN, o para mejor un entendimiento, iniciar una sesión de navegación en un dispositivo móvil (equipo de telefonía celular, banda ancha móvil o tableta electrónica), esta última pueda realizarse exitosamente; ¿por qué? Cuando se inicia el contexto *pdp*, la terminal móvil tiene un punto de acceso definido (APN), el usuario se encuentra bajo cobertura de red 2G ó 3G (a esta ubicación se le conoce como LAI (*Location Area ID*), a su vez la LAI en se divide en LAC (*Location Area Code*) a una LAC debe asignarse una RAC (*Routing Area Code*) para distinguir las LAC en caso de que se repitan. A las fronteras donde cruza cada una de las celdas o LAC se le conoce como RAI (*Routing Area ID*), para realizar actualizaciones de ubicación del usuario en un cierto periodo de tiempo definido en el SGSN, inclusive, apoya en la creación de un nuevo contexto *pdp*, una vez liberado y teniendo una nueva ubicación en otra calle, colonia, ciudad o estado.

Una vez establecido el contexto *pdp*, el terminal envía un mensaje al SGSN para notificar su ubicación conteniendo los siguientes datos: **apn.racXXXX.lacXXXX.mncXXXX.mccXXXX.gprs**, con estos datos, el SGSN consulta al DNS, y el DNS responde con las direcciones IP del GGSN que tiene configurado el APN por el que se está preguntando, una vez que el GGSN recibe el mensaje, asigna una dirección IP al usuario, y es entonces cuando el usuario puede iniciar su sesión de navegación en la *web*.

¿Qué pasa cuando el DNS recibe el mensaje del SGSN con la información del usuario?, el SGSN envía la localización en formato **racXXXX.lacXXXX.mncXXXX.mccXXXX.gprs**, con lo que se conoce la ubicación (LAC) y el MNC + MCC, indican si la serie de IMSI que se está usando pertenece al rango de series de IMSI del operador. Las condiciones más importantes para la configuración de los DNS son las siguientes:

- LAC deben ser únicas.
- En caso de repetirse las LAC, deben tener un RAC distinto.
- LAC y RAC deben configurarse en formato hexadecimal.
- A cada LAC configurada, se le deben asignar las IP de Gn GTP-C del SGSN al que corresponde cada BSC o RNC.
- Se deben definir nuevas LAC + RAC cada que se integre un nuevo sector o celda a las BSC o RNC, a esto se le llama despliegue de red o aumento en la mancha de cobertura de red.
- La sintaxis de configuración en DNS está compuesta de la siguiente:

racXXXX.lacXXXX.mncXXXX.mccXXXX.gprs

Donde: Las XXXX representan los dígitos hexadecimales.

Los datos configurados se muestran en la siguiente tabla:

rac0001.lac07da.mncXXXX.mccXXXX.gprs	200.X.X.X,200.X.X.X,200.X.X.X,200.X.X.X	MXLNE3B
200.X.X.X	rac0001.lac07da.mncXXXX.mccXXXX.gprs	



Donde:

La RAC = 1 en decimal, y tiene su correspondencia en hexadecimal = 0001.

La LAC = 2010 en decimal, y tiene su correspondencia en hexadecimal = 07DA.

El funcionamiento, se muestra en la Fig. 7. 2.

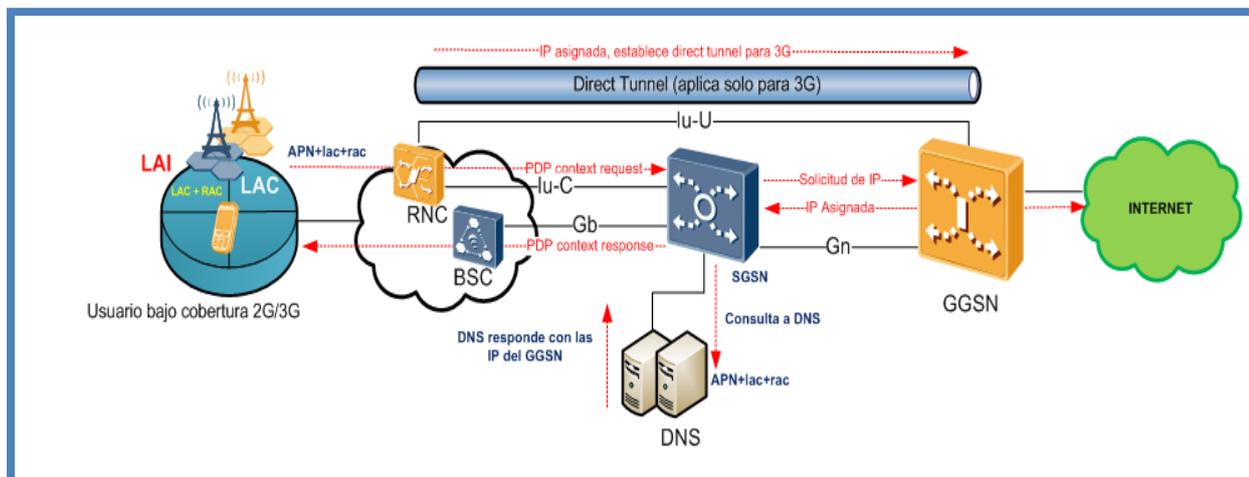


Fig. 7.2. Funcionamiento de los DNS.

1. Equipo móvil tiene registro 2G ó 3G.
2. Equipo móvil inicia sesión de datos (a este proceso se le conoce como *PDP Context Request*).
3. Se solicita el inicio del *pdp* context al SGSN al cual se encuentra colgada la BSC o RNC donde se localiza el usuario, el SGSN consulta a los DNS el **APN+LAC+RAC+MNC+MCC** y los DNS contestan con las IP del GGSN por donde puede salir el contexto hacia la Internet (a este proceso se le llama: *pdp context response* y puede ser aceptada o rechazada):
 - a. 2G, el contexto solicita recursos del SGSN y GGSN, después el tráfico viaja de la BSC=>SGSN=>GGSN=>Internet.
 - b. 3G, el contexto solicita recursos al GGSN y son enviados a la RNC, se establece un *direct tunnel* desde la RNC hasta el GGSN y su posterior salida a la Internet.
4. El GGSN asigna una dirección IP del *pool* de IP de GN públicas para que el usuario pueda navegar por la *web*.
5. Se definen temporizadores en el SGSN y GGSN para censar el comportamiento, saldo, ubicación y tráfico de datos de la sesión de datos del usuario, a este proceso se le llama *pdp context update*.
6. Si el usuario cambia su ubicación, el contexto puede ser liberado y a su vez la IP asignada, con ello es necesario iniciar una nueva sesión con nuevos datos de LAC+RAC.
7. Las IP de Gn GTP-C del SGSN, se encargaran de resolver las peticiones de contexto que hagan los usuarios, se definen como direcciones IP de control.



8. Las IP de Gn GTP-U se encargaran se censar la actividad de los usuarios, es decir estarán enviando tráfico de usuario dependiendo de los temporizadores definidos en el SGSN y GGSN.

7.4. COMANDOS PARA MIGRACIÓN INTERFAZ IU

RNC Name	XALSF2X	SGSN Name	DF1M3N	ECU 0/4 Primary	10.X.XX	ECU 0/4 Secondary	10.X.XX
DPC RNC (H)	07A0	DPC SGSN (H)	1A7D	ECU 0/8 Primary	10.X.XX	ECU 0/8 Secondary	10.X.XX
RNC ID	3006	CNID	0	Destination Index	25	SSN Index RANAP	57
RNC Index	25	Linkset Index	25	Local Index	25	SSN Index SCMG	58

RNC Ctrl Plane Primary	RNC Ctrl Plane Secondary	Assoc Link Numbers
X.X.X.X	X.X.X.X	57
X.X.X.X	X.X.X.X	58

MCC	MNC	LAC (D)	RAC (D)	LAC (H)	LAC LENGTH	LAI	RAC (H)
334	03	30514	1	7732	4	334037732	1
334	03			0	1	334030	0
334	03			0	1	334030	0
334	03			0	1	334030	0

Script
 Agregar Parámetros de RNC
 ADD M3DE: DEX=25, LEX=1, DPC="07A0", SLSSM=B1000, DET=IPSP, DEN="XALSF2X";
 ADD M3LKS: LSX=25, DEX=25, SLSM=B0001, WM=IPSP, LSN="XALSF2X";
 ADD M3RT: RTX=25, DEX=25, LSX=25, RTN="XALSF2X";

Fig.7.3. Comandos RNC para la interfaz IU.

Donde los parámetros más importantes son los siguientes (ver la Figura 7.3 y Tabla 7.4).

RNC Name	Nombre de la RNC.
DPC RNC (H) Destination Point Code RNC (Hexadecimal)	Puerto de destino de señalización para comunicación entre SGSN y RNC en formato hexadecimal.
RNC ID	Identificador de la RNC.
RNC Index	Posición de la RNC en la base de datos del SGSN.
SGSN Name	SGSN al que se integra la RNC.
OPC SGSN (H)	Puerto de origen de señalización para comunicación entre SGSN y RNC en formato hexadecimal.
CNID Core Network ID	Identificador del núcleo de la red.
Linkset Index	Identificador del conjunto de asociaciones M3UA.
ECU Primary, Secondary	Direcciones IP de las tarjetas del SGSN.
Destination Index	Especifica una entidad destino, generalmente RNC index.
Local Index	Especifica una entidad origen, generalmente RNC index.
SSN Index RANAP	Especifica el subsistema de señalización SCCP* RANAP*.
SSN Index SCMG	Especifica el subsistema de señalización SCCP* SCMG*.



Assoc Link Numbers	Identificador de cada asociación, son números consecutivos y deben ser únicos.
RNC Control Plane Primary & Secondary	Direcciones IP del plano de control hacia las que se debe conectar el SGSN, estas IP del SGSN corresponden a las tarjetas EPU.
LAC / RAC	Especifica la LAC (Código de Área de Ubicación) y RAC (Código de Área de Ruteo) en hexadecimal, este parámetro define las zonas en las cuales dará cobertura la interfaz de radio para el servicio de voz y datos móviles 3G. Debe contener los identificadores de red MCC y MNC. Este parámetro se define tanto en SGSN como DNS.

Tabla 7.4. Comandos RNC para la interfaz IU.

El detalle de los comandos se puede apreciar dentro del archivo
ANEXO_22_MiC_PS_COMANDOS_MIGRACIÓN_SGSN_RNC.xls



ANEXO_22_MiC_PS_
 COMANDOS_MIGRAC

****** Muestra la descripción general de una RNC configurada en el SGSN ******

```
+++ SGSN/*MEID:6*/
O&M #187
%%LST RNC: RNCX=4;%%
RETCODE = 0 Operation succeeded
IU interface RNC information table
-----
      RNC index = 4
      RNC name = CTZRM1X
      Mobile country code = 334
      Mobile network code = 03
      RNC identifier = 3002
      Network indicator = National reserved network
      Signaling point code = 0x6C0
      RAB assignment timer(ms) = 15000
      Ignored overload timer(s) = 60
      Increase traffic timer(s) = 90
      Reset timer(s) = 60
      Reset ack timer(s) = 60
      Core mobile country code = 334
      Core mobile network code = 03
      Core network identifier = 0
      RNC support IMS = Not support
      RNC support IU-FLEX = Not support
      RNC support RAN share = Not support
      RNC support UESBI = Not support
      RNC protocol version = R7
      The most times for message of sending RESET = 3
      RNC support IPv6 address = Not support
      Sending OVERLOAD message to RNC = No
      RNC support OneTunnel = Support
      RNC support R7 QoS = Support
      Negotiate RAB QoS = Not support
      Alternative Bitrate Type = Value Range
      Change RAB symmetric to asymmetric bidirection = Not support
      (Number of results = 1)
```



El detalle de los desplegados de configuración se puede apreciar dentro del archivo *ANEXO_23_MiC_PS_DESPLEGADOS_RNC_SGSN.txt*



ANEXO_23_MiC_PS_
DESPLEGADOS_RNC_

7.5. COMANDOS PARA MIGRACIÓN DE APN (Nombres de Punto de Acceso)

Como se ha hecho mención anteriormente; existen 2 tipos de GGSN destinados para diferentes servicios:

- GGSN de servicios masivos.
- GGSN de servicios empresariales.

La diferencia entre uno y otro es: Que el GGSN de servicios masivos almacena los nombres de puntos de acceso APN de los servicios de la Internet, mensajería multimedia MMS, WAP (*Wireless Application Protocol*), Blackberry® y video *Blackberry* (video BB), propios de *TELECOMUNICATIONS A*, a diferencia de los GGSN donde se configuran los servicios empresariales; es decir, son GGSN dedicados a ofrecer el servicio de la Internet punto a punto a pequeñas, medianas y grandes corporaciones a través de segmentos de red privados e intercomunicación por medio de túneles IP, además de ofrecer una salida directa a la Internet, utilizando los DNS de *TELECOMUNICATIONS A* para resolver los APN de cada empresa o mediante DNS públicos. Cabe mencionar que las configuraciones de los APN masivos, se deben realizar en ambas salidas a la Internet en México D.F. Norte y Monterrey-Corregidora. Mientras que para los servicios empresariales, depende de la ubicación de geográfica de la empresa, para ofrecer un camino más corto de intercomunicación, o bien de la solución propuesta y aprobada por el cliente.

Las migraciones de APN se realizan de los equipos GGSN modelo Flexi NG del *proveedor Nokia NSN®* hacia los GGSN 9811 del *proveedor HUAWEI®*, diferenciando los servicios masivos de los servicios empresariales. Para clarificar los servicios empresariales se utiliza una plantilla denominada "*Proyecto Técnico*", contiene la descripción del servicio, la solución técnica acordada entre la corporación y el área de empresas de *TELECOMUNICATIONS A*, y un formato para definir los parámetros principales, capacidades y necesidades de conexión de cada uno de ellos (ver la Fig. 7.8).



TELECOMUNICATIONS A		Registro de Parametros en GGSN para el alta de un APN			Elaboró:
					Fecha:
IDENTIFICATION					
Name	Description	Numeric ID	GGSN		
INTERNET.TELECOMUNICATIONSA.MX	APN INTERNET		01	DFNGG1	
CONNECTION TYPE					
Type	Virtual mobile address	GGSN Tunnel local IP address	Tunnel remote IP address	Secondary Tunnel Address	
GRE Tunnel	0.0.0.0	10.X.X.X	10.X.X.X	*Optional	
Redistribute to RIP	OSPF	Redistribute to OSPF External	Routing Instance		
Disabled	Disabled	NA	vpn_Gi_internet		
DHCP SERVERS					
IP address 1	IP address 2	IP address 3	IP address 4	Release message sending	
0.0.0.0	0.0.0.0	0.0.0.0	0.0.0.0	NotSelected	
RADIUS servers					
Radius Authentication Profile	Radius Accounting Profile	Radius Disconnect Profile			
NotUsed	NotUsed	NotUsed			
LIMITATIONS					
Max Active PDP Contexts	Max Dynamic IP addresses				
520000	393192				

Fig. 7.4. Registro de parámetros en GGSN para el alta de un APN.

Anexo se encuentra la plantilla "Proyecto Técnico", como referencia del llenado, definición del alcance y datos requeridos por el área de Empresas de TELECOMUNICATIONS A para ofrecer un nuevo servicio de APN.



ANEXO_24_MiC_PS_PLANTILLA_TECNICA

Enumerar los parámetros importantes para la creación o migración de un APN es una tarea difícil, ya que cada uno de ellos desempeña un papel sumamente crucial para la configuración y el correcto funcionamiento del mismo. Por ello, se muestran algunos en la siguiente tabla y el resto se puede consultar dentro del archivo MiC_PS_PLANTILLA_TECNICA_GPRS_APN, o bien en el archivo MiC_PS_PARAMETROS_MIGRACIÓN_APN_EN_GGSN.xls.

CONCEPTO	VALOR
USER	xxxxxx
PASSWORD	xxxxxx123
APN	XXXXX.telecomunicationsa.mx
CANTIDAD DE USUARIOS	1288
METODO DE DIRECCIONAMIENTO	DINAMICO / ESTATICO

Tabla 7.5 Parámetros relevantes para la creación de un APN



El detalle de los parámetros requeridos y los comandos de configuración para la creación y/o migración de un APN se pueden apreciar en los archivos *ANEXO_25_MiC_PS_PARAMETROS_MIGRACIÓN_APN_EN_GGSN.xls* y *ANEXO_26_MiC_PS_COMANDOS_ALTA_APN_EN_GGSN.doc*



ANEXO_25_MiC_PS_
PARAMETROS_MIGR/



ANEXO_26_MiC_PS_
COMANDOS_ALTA_A

Los desplegados de un APN configurado en los GGSN sin importar su fin (servicios masivos o servicios empresariales), están conformados por basta información útil para identificar cada uno de los campos que fueron definidos desde su creación, siendo enunciados a continuación los más relevantes:

- IMSI.
- *PDP Address.*
- MSISDN.
- *Peer SigAddr.*
- *Peer DataAddr.*
- *Local SigAddr.*
- *Local DataAddr.*
- *User Location Information.*
- *IP Total Number.*
- *IP Used Number.*

******Muestra la información general del pdp context activo de un IMSI en específico******

```
<DFNGG1>dis pdpcontext imsi XXXXXXXXXXXXXXXX  
The PDP context on board 15
```

```
-----  
IMSI = XXXXXXXXXXXXXXXX  
PDP address = 10.X.X.X  
MSISDN = 5255XXXXXXXXX  
Peer SigAddr = 201.X.X.X  
Peer DataAddr = 201.X.X.X  
Local SigAddr = 200.X.X.X  
Local DataAddr = 200.X.X.X  
Charging ID = 470251322  
Tunnel mode = two tunnel mode  
VPN instance = vpn_Gi_internet  
APN name = internet.telecomunicationsa.mx  
SGSN Charging Characteristics = 8(normal charging)  
GGSN Charging Characteristics = 8(normal charging)  
NSAPI = 5  
Online Charging Flag = No  
Content Charging Flag = No  
Charging Type = UNKNOWN  
PDP type = IPv4  
Selection Mode = MS or NETWORK PROVIDED APN, SUBSCRIBED VERIFIE  
GTP Version = V1  
Local Teidc = 470251321
```

TRANSMISIÓN A TRAVÉS DE ENLACES

Dirección y Administración basada en la Metodología de Administración de Proyectos del PMI® (Guía del PMBOK®)



Local Teidu = 117526251
Peer Teidc = 4077066763
Peer Teidu = 805341481
Address type = GGSN ALLOC IP ADDRESS
Requested QoS = 23921f91,96f7f774,fb000000
Delay Class = 4(Class 4:Best Effort)
Reliability Class = 3(Unacknowledged GTP and LLC;Acknowledged RLC,Protected data)
Peak Throughput = 9(Up to 256000 octet/s)
Precedence Class = 2(Class 2:Normal priority)
Mean Throughput = 31(Best effort)
Traffic Class = 4(Background class)
Delivery Order = 2(Without delivery order['no'])
Delivery ErrorSdu = 1(No detect['-'])
Max SduSize = 150(1500octets)
Max Bit Rate for Uplink = 247(8192kbps)
Max Bit Rate for Downlink = 247(8192kbps)
Residual BER = $7(1*10^{-5})$
SDU Error Ratio = $4(1*10^{-4})$
Transfer Delay = 62(4000ms)
Traffic Handle Priority = 3(Priority level3)
Gua Bit Rate for Uplink = 0(Subscribed guaranteed bit rate for uplink)
Gua Bit Rate for Downlink = 0(Subscribed guaranteed bit rate for downlink)
Allocation/Retention PRI = 2(Class 2:Normal priority)
Signalling Indication = 0(Not optimized for signalling traffic)
Source Stat. Descriptor = 0(UNKNOWN)
Negotiated QoS = 23921f91,96f7f774,fbf7f700
Delay Class = 4(Class 4:Best Effort)
Reliability Class = 3(Unacknowledged GTP and LLC;Acknowledged RLC,Protected data)
Peak Throughput = 9(Up to 256000 octet/s)
Precedence Class = 2(Class 2:Normal priority)
Mean Throughput = 31(Best effort)
Traffic Class = 4(Background class)
Delivery Order = 2(Without delivery order['no'])
Delivery ErrorSdu = 1(No detect['-'])
Max SduSize = 150(1500octets)
Max Bit Rate for Uplink = 247(8192kbps)
Max Bit Rate for Downlink = 247(8192kbps)
Residual BER = $7(1*10^{-5})$
SDU Error Ratio = $4(1*10^{-4})$
Transfer Delay = 62(4000ms)
Traffic Handle Priority = 3(Priority level3)
Gua Bit Rate for Uplink = 247(8192kbps)
Gua Bit Rate for Downlink = 247(8192kbps)
Allocation/Retention PRI = 2(Class 2:Normal priority)
Signalling Indication = 0(Not optimized for signalling traffic)
Source Stat. Descriptor = 0(UNKNOWN)
RAI = 33403f232d01
MainContext = 1
L2TP Flag = 0
IN Flag = 0
MIP Flag = 0
Content Filtering Flag = false
User Type = home
PCC Type = false
Qchat Type = false
VIP = No



Supporting VIP Access Priority = No
UserProfileID = 0
Charge Rule Base Name = NULL
Primary Charge Function = NULL
Secondary Charge Function = NULL
Session Activation Timestamp = 14:18:10 07/19/2012(MM/DD/YYYY)
User Location Information = Type:CGI;MCC:XXX;MNC:XX;LAC:XXXX;CI:43162
(Number of results = 1)
<DFNGG1>

El detalle de los desplegados de información y configuración para la creación y/o migración de un APN se pueden apreciar en el archivo **ANEXO_27_MiC_PS_DESPLEGADOS_APN_GGSN.txt**



ANEXO_27_MiC_PS_
DESPLEGADOS_APN_



CAPÍTULO 8

PUESTA EN MARCHA

Una vez validado el servicio, obtenido los indicadores de desempeño y calidad, impartido los cursos de capacitación y concluido el periodo de pruebas de migraciones temporales de nodos, servicios y APN entre la red existente y a red planeada, resta solamente continuar con el plan definido dentro de la EDT (Estructura de Desglose de Trabajo), donde se especifican las jornadas consideradas para realizar las migraciones masivas hacia la red móvil planeada, repetir el proceso de validación de servicio, medición, monitoreo, y por último firmar las cartas de soporte, aceptación en las cuales se establezca el número de serie del hardware instalado, un reporte fotográfico, la cotización final y se reconozca que el 100% de las actividades correspondientes al proyecto "Transmisión a través de enlaces, MiC_PS" fueron cubiertas de manera satisfactoria. Adicional es requerido y mandatorio el cierre de todos los documentos y/o planes del proyecto como los son, las adquisiciones, liberación de pagos y el plan general del proyecto. Se entregan las memorias técnicas, que es una descripción del funcionamiento, conexión lógica y física, consumos de energía, configuraciones y áreas responsables del soporte y operación de los equipos.

Se debe realizar una serie de pruebas llamadas de supervivencia, las cuales deben garantizar el funcionamiento de los equipos bajo niveles de stress máximo, se aplican pruebas de energía, de saturación de CPU, desborde de datos, niveles máximos de carga de tráfico, desconexiones lógicas y desconexiones de fuentes de alimentación. Una vez concluidas y validadas las pruebas se firma la hoja de aceptación. Se anexa el modelo de pruebas utilizado en los equipos:



ANEXO_28_MiC_PS_
TELECOMUNICATION

El detalle de las pruebas de supervivencia propuestas y realizadas se encuentra descrito en el documento anexo **ANEXO_28_MiC_PS_TELECOMUNICATIONSA_PRUEBAS_SUPERVIVENCIA.docx**

El encargado de hacer la rúbrica de las cartas de aceptación es el director del área usuaria. El formato de aceptación de fase de proyecto o de conclusión del mismo, se muestra en la figura 8.1. El servicio queda operando con tecnología GPRS, UMTS, HSPA, libre de alarmas sobre los equipos de última generación del proveedor *HUAWEI*® y con nuevas prestaciones aprobadas y aceptadas por el área usuaria. Inicia el periodo de soporte definido en el *Proyect Charter*, el cual comprende 1 año posterior a la entrega de la red, con la especificación de disponibilidad 7*24*365.



TELECOMUNICACION A		RESUMEN DE EVIDENCIAS ACEPTACIONES		VERSION DEL FORMATO	1
				FECHA DE REGISTRO DEL FORMATO	
Datos del proyecto					
Proyecto:	MiC_PS Migración del Core PS			FOLIO AGES:	RED-12-S005
Proveedor:	HUAWEI®			Fecha:	12-DIC-2012
Datos de control de pago					
Folio del acta de aceptación	RED-12-R10331	Número de pedido derivado	4501397713		
Importe total del pedido	€ 16,693,635.50	Importe a aceptar	€ 16,313,391.47		
% del pedido que se acepta en esta acta	97.72%	% restante por aceptar	2.28%		

Fig. 8.1 Formato de aceptación de fase del proyecto

Cabe destacar que durante el periodo de implementación de los nuevos equipos, se integraron y migraron nuevos nodos BSC, RNC y APN empresariales a la red como parte del proyecto complementario de despliegue de red, esto quiere decir que además de concluir el proyecto con mayor capacidad de procesamiento, acceso, velocidad de navegación, escalabilidad y disponibilidad de la red, también incremento el número de usuarios de tecnología móvil 2G y 3G de manera considerable. Lo que quiere decir que los recursos de radio son suficientes para soportar el incremento de tráfico de datos en los tres sitios.

A continuación, se anexan en la Fig. 8.2, el resumen de la conformación final de BSC, RNC por sitio es decir los elementos que se encuentran configurados en cada SGSN; así como el resultado final de la migración de los APN hacía los nuevos GGSN.

El detalle de la distribución de los mercados de tecnología 2G y 3G se puede apreciar dando click sobre el siguiente archivo *ANEXO_29_MiC_PS_TELECOMUNICATIONSA_DISTRIBUCION_FINAL_DE_RED.xls*



ANEXO_29_MiC_PS_
TELECOMUNICATION

Se anexa la configuración total de los DNS para la resolución de los APN.

El detalle se puede apreciar dentro del archivo *ANEXO_30_MiC_PS_TELECOMUNICATIONSA_CONFIGURACION_DNS.csv*



ANEXO_30_MiC_PS_
TELECOMUNICATION

NOTA

Se han suprimido las direcciones IP de Gn GTP-C originales para la configuración de los DNS por cuestiones de confidencialidad, SOLAMENTE SE HA RESPETADO EL FORMATO Y EL NOMBRE DEL ELEMENTO DE RED.

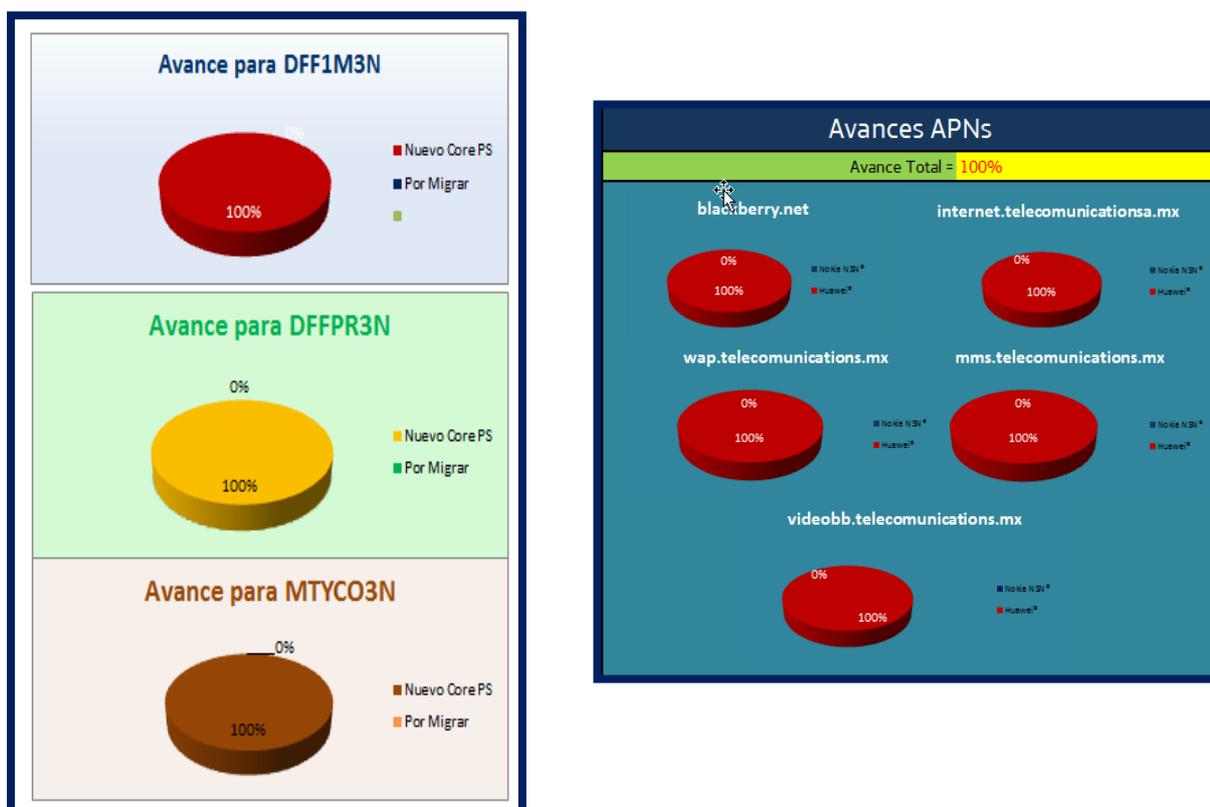


Fig. 8.2. Resumen de la configuración final.

Se muestra en la Fig. 8.3, la conclusión del proyecto con la presentación de la red planeada y operativa, con la implantación de la solución tecnológica propuesta por el proveedor HUAWEI® tomando como base inicial la red existente 2G/3G del proveedor NOKIA NSN®.

La figura ejemplifica el diagrama de red actual incluida la implantación de la solución tecnológica propuesta por el proveedor HUAWEI® donde se realizó la migración del 100% de los enlaces operativos de las tecnologías 2G y 3G, evolucionó la red hacia 3.5G con la implementación de licenciamiento HSPA+ en los SGSN que permite dedicar canales exclusivos de datos, durante un cierto periodo de tiempo para las aplicaciones que demandan gran cantidad de tráfico de datos, con ello la experiencia final del usuario se traduce en mayor velocidad de navegación (en veces superando la velocidad de navegación de una red domestica) sin interrupciones por limitación del ancho de banda. La integración a la red de los GRX (GPRS Roaming Exchange) y Border Gateway (Fronteras de Entrada) en Monterrey y Tlalnepantla, permite ofrece una mayor cantidad de acuerdos para operadores y usuarios de Roaming internacional, manteniendo los niveles de calidad definidos por el operador.

Los GGSN empresariales soportan gran cantidad de APN (Nombres de Puntos de Acceso), evitan mezclar los recursos y el uso de direcciones IP dedicando segmentos de IP para cada una de las organizaciones que contratan el servicio de datos, VPN o punto de venta.

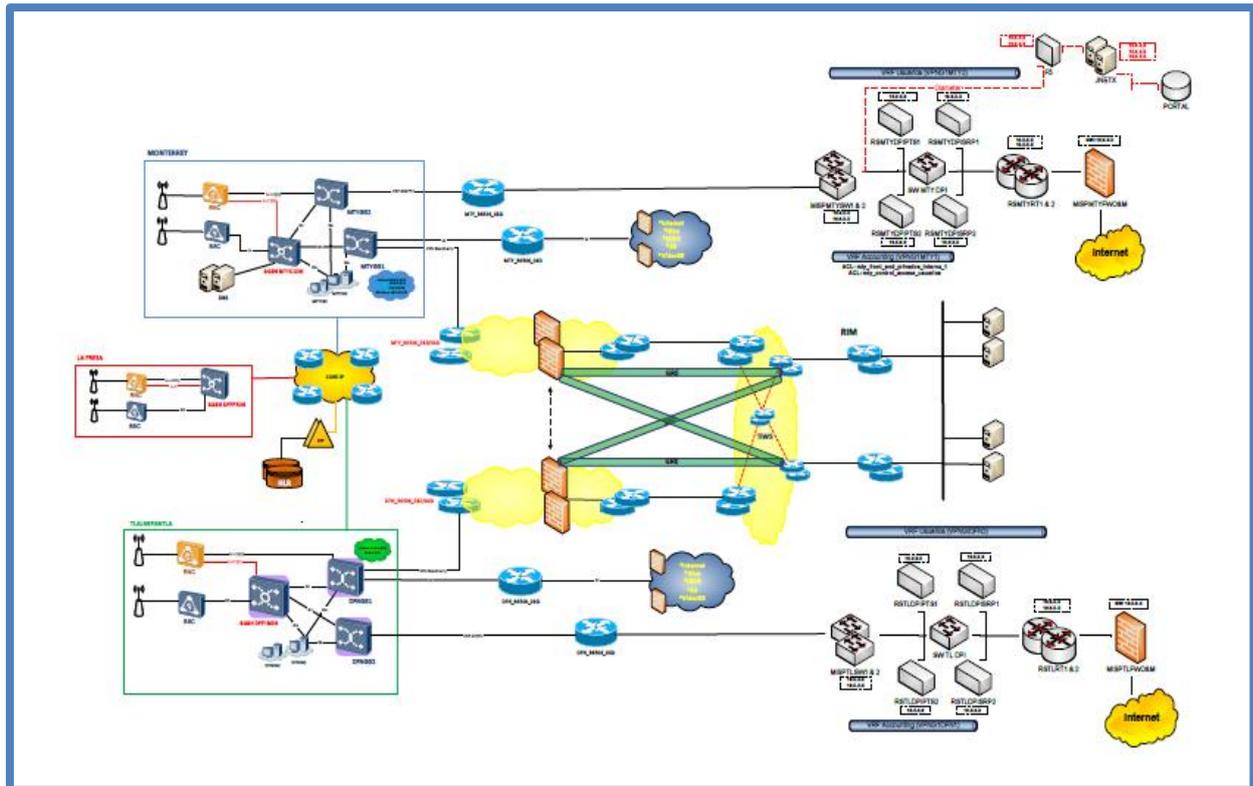


Fig. 8.3. Diagrama final de la Red Core PS Huawei®.

El detalle del resultado del proyecto se aprecia en el anexo
ANEXO_31_MiC_PS_TELECOMUNICATIONSA_DIAGRAMA_FINAL_DE_RED.pdf



ANEXO_31_MiC_PS_
TELECOMUNICATION

De esta manera se da por concluido el proyecto "Migración a través de enlaces".



CONCLUSIONES

La participación como primer punto de contacto dentro de la matriz de escalamiento para el Proveedor, y como la figura de *Project Manager PM* durante las fases de planeación, ejecución, seguimiento y cierre del proyecto "Migración a través de enlaces"; fortaleció de manera considerable los conceptos y conocimientos plasmados hasta entonces en diapositivas y texto en papel, adquiridos en el diplomado "*Administración de Proyectos de Tecnologías de la Información y Comunicaciones*", debido a las múltiples tácticas empleadas y sugeridas por la Guía del PMBOK®, para dirigir el proyecto a lo largo de un año hasta su consumación en el tiempo definido.

Tomando la fotografía del estado actual de la red en los años 2009 y 2010, como línea base, posteriormente gestionando con los interesados, involucrándolos desde el inicio del proyecto, el acierto al realizar entrevistas para la definición de los requerimientos, la división del proyecto en fases y entregables medibles, la nomenclatura de los documentos del proyecto para ser identificados, y crear una base de conocimiento compatible con el portafolio de proyectos de la corporación, el establecimiento de hitos relevantes, canales de comunicación eficientes, la definición de una matriz de roles y responsabilidades, la documentación de las mejores prácticas aprendidas a lo largo del ciclo de vida del proyecto, los procesos del proyecto y su empatía con los procesos organizacionales, el uso de bitácoras, plantillas de revisión, análisis de riesgos y problemas con diversas herramientas e indicadores de ocurrencia e impacto, el seguimiento del cronograma con uso de *software*, establecimiento de juntas de revisión y avances; la obtención de métricas de desempeño del equipo de trabajo del proyecto, y sin dejar de lado la experiencia del usuario final hacía donde se enfocaron los esfuerzos; derivó en la implantación de la solución tecnológica propuesta por el *proveedor HUAWEI®*, dejando fuera de operación los equipos del *Core PS* existente, se migraron el 100% de los enlaces operativos e integraron nuevos enlaces y nodos hacía una red móvil que hoy se erige con la capacidad de ofrecer servicios de voz y datos sobre IP, y una VPN de alta velocidad sobre una plataforma GPRS/UMTS/HSPA+, con una mancha de cobertura 30% más extensa, capaz de ofrecer el servicio y soportar el triple de los abonados con un nuevo modelo de tráfico para evitar saturaciones, afectaciones y cortes al servicio, brindando la facilidad de expansión de *hardware* y de *software*, asignar equipos para servicios masivos y empresariales por separado, además de contar con un sistema inteligente de agregación de direcciones IP a las tablas de ruteo de los equipos del *Core PS* fortaleciendo los acuerdos de *Roaming Internacional* y los enlaces dedicados al segmento empresas.

La demanda de servicios y de dispositivos móviles de banda ancha, ha ido en aumento de manera exponencial a lo largo de la última década, trayendo consigo incuantificables mejoras a la comunicación global, ello se traduce en establecer más y mejores medios de comunicación entre la mayor parte de la población. Hoy ya no es necesario esperar la construcción de una autopista para crear un canal de comunicación entre dos poblaciones, las tecnología móviles (en específico los operadores de telefonía fija y móvil), han superado el ritmo de crecimiento de las instancias de gobierno; mediante la puesta en marcha de macroceldas con alto poder de penetración y propagación integradas sobre mástiles de antenas instaladas en las zonas montañosas más altas.



Lo que da como resultado una mancha de cobertura extensa y libre de obstáculos, que impedian la propagación de la señal utilizando como medio de transporte únicamente la interfaz del aire (espectro radioeléctrico), además de la inclusión de nodos satelitales, que incrementan significativamente las posibilidades de comunicación mediante el uso de telefonía fija, móvil e Internet, especialmente las redes sociales y las diversas aplicaciones que permiten realizar video-llamadas, rompiendo las barreras de distancia.

Cada vez, es más común viajar en carretera o salir a dar un paseo por las principales ciudades del país, y encontrarse con un sin número de antenas de radio manchando el paisaje, lo que significa el despliegue de la red, cubriendo los pequeños huecos de cobertura, o fortaleciendo la misma; además de ganar el mercado de las comunicaciones para los grandes operadores de telefonía móvil, ello se puede entender como mayor capacidad y disponibilidad de recursos de red; y por ende, un mayor número de usuarios.

En el año 2013, bastó con invertir la suma de dinero que cada uno de nosotros considere adecuada para cubrir sus necesidades de comunicación, y por supuesto, los gustos personales por los *gadgets* tecnológicos, y comenzar la inmersión al mundo de la comunicación digital mediante el uso de los servicios de voz, datos y video (concepto de Red Convergente).

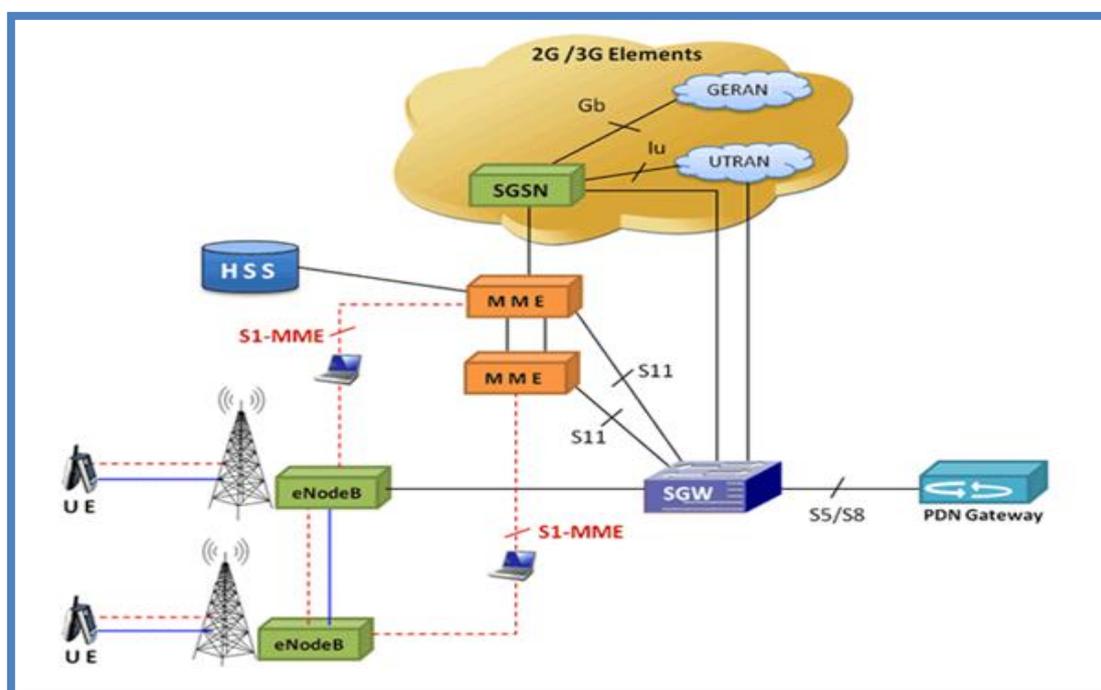
A manera personal, y tomando un rol dentro de la sociedad como usuario de la telefonía móvil de tercera generación; mejor conocida como telefonía inteligente "*smartphones*"; soy uno más de los millones de habitantes que gozan de sus beneficios como lo son; miles de aplicaciones con un sin fin de prestaciones como son: Una alta velocidad de navegación, la claridad y la nitidez en las llamadas de voz, la facilidad de uso, la posibilidad de romper la barrera de la distancia mediante una video-llamada, y el poder compartir momentos en las redes sociales; pero todo ello no sería posible de no contar con una red móvil que sea capaz de soportar no sólo a un usuario, sino a miles o millones, convergiendo todos a la vez en diferentes regiones, ciudades y poblaciones dentro de un país.

Los avances tecnológicos obtenidos hasta hoy, demuestran que la población mundial no sólo está preocupada por hacer una consulta en la *web*, enviar un correo electrónico, subir una foto a las redes sociales, descargar o cargar un archivo, una canción, un video o bien guardar y tener disponible en cualquier momento información en una nube de almacenamiento masivo; no es sólo eso, la gente ahora busca equipos cada vez más delgados, elegantes, ergonómicos, con una mejor calidad de imagen para los dispositivos que integran una cámara fotográfica, requieren de una pantalla que tenga la capacidad de proyectar en alta definición, grabar video bajo las mismas circunstancias de calidad de imagen, dispositivos de moda, mayor velocidad de carga y descarga para realizar estas acciones, y ello se puede observar con el vertiginoso crecimiento de usuarios de telefonía celular que contrata un paquete de datos móviles con características superiores a las que pudiera tener en una red doméstica, pasando a segundo término el costo de este servicio, además del elevado valor comercial de los dispositivos; no obstante se ha suscitado el fenómeno de los millones de usuarios que adquieren dos o más equipos de distintas compañías, para potenciar la conexión con el mundo digital.



El gran salto, y mejoría que denota la evolución de las tecnologías móviles es realmente sorprendente, recordar los dispositivos móviles a inicios del año 2000 de segunda generación y hablar de portabilidad de una cuenta de correo electrónico era imposible, hoy en día con equipos inteligentes y redes móviles de tercera generación, es posible realizar descargas, consultas, envíos, ver la televisión e inclusive seguir un concierto en vivo por los canales dedicados para la transmisión de este tipo de actividades (llamado *video streaming*), y cargar datos con velocidades que oscilan entre los 2 a 6 [Mb/s], en un pequeño aparato que cabe en la palma de la mano.

El siguiente punto hacia el cual se encaminan los pasos de las redes móviles, en un futuro cercano y cada vez más tangible y alcance de todos, es el nacimiento de los equipos 4G; preparados para funcionar sobre redes de cuarta generación con un nuevo nivel de equipamiento en *hardware*, antenas, actualización de *software*, nuevas interfases definidas por el estándar 3GPP, nuevos protocolos de comunicación y acceso, ruteo y resolución de DNS, o bien, pueden convivir en dos redes separadas (2G+3G) y (LTE), con comunicación por medio de interfases existentes; estas redes y equipos en conjunto conforman el próximo horizonte tecnológico llamado LTE (*Long Term Evolution*), disponible hasta hoy solamente en algunos países, ofreciendo al usuario la experiencia, poder y calidad superiores a las existentes con velocidades de descarga de 12 a 30 [Mb/s] y de carga de datos de 5 a 15 [Mb/s], dependiendo de las condiciones y recursos de radio. Tomando nuevamente gran valor la inversión por la adquisición de un nuevo dispositivo capaz de soportar la naciente tecnología.



Además de LTE, el siguiente paso y apuesta de los grandes operadores es el cuádruple acceso de red, atacando la cobertura *indoor*; es decir, en interiores como estadios, teatros, centros comerciales, salas de conciertos, estaciones del metro con ello evitando por completo una posible saturación de red, dicha tecnología soporta los métodos de acceso para 2G/3G/LTE/WIFI.

TRANSMISIÓN A TRAVÉS DE ENLACES

Dirección y Administración basada en la Metodología de Administración de Proyectos del PMI® (Guía del PMBOK®)



Wi-Fi ofrecerá velocidades de navegación que rondan entre los 12 a 50 [Mb/s], de bajada y 10 a 20 [Mb/s] de subida, con la integración de nuevos elementos de red para la autenticación de usuarios y la traducción de la información del perfil de la *sim card*, para enviar a facturación el tráfico de datos utilizado, lo que quiere decir que nunca más estaremos desconectados del mundo digital.



ANEXO 1. GLOSARIO DE TÉRMINOS

Nombre	Mnemónico	Descripción
Base Station	BS	La BS en 3G también se conoce como nodo B. La estación base es una entidad importante como una interfaz entre la red y la interfaz WCDMA de aire. Al igual que en las redes de segunda generación, la transmisión y la recepción de señales de la BS se realiza a través de antenas.
Radio Network Controller	RNC	Actúa como una interfaz entre la BS y el Core de Paquetes. La RNC es responsable del control de los recursos de radio. Las principales funciones del RNC implican carga y control de la congestión de las celdas, el control de admisión y del enrutamiento de los datos entre las interfaces lur y lub.
WCDMA Mobile Switching Centre	WMSC	Es responsable de las actividades del control de llamadas. Se utiliza en las transacciones dentro del Core de Circuitos, (CS).
Visitor Location Register	VLR	El VLR entra una vez que el abonado está bajo cobertura de una región. A diferencia de la HLR, el VLR es de naturaleza dinámica, e interactúa con el HLR cuando recodifica los datos de un abonado móvil particular. Cuando el abonado se mueve a otra región, la base de datos del abonado también se desplaza hacia el VLR de la nueva región.
Gateway Mobile Switching Centre	GMSC	Interfaz entre la red móvil y las redes CS externas. Establece las conexiones de llamadas que están entrando y saliendo de la red.
Home Location Register	HLR	Es la base de datos que contiene toda la información relacionada con los usuarios móviles, y el tipo de servicios suscritos.
Serving GPRS Support Node	SGSN	Mantiene una interfaz entre la RAN y el dominio de PS de la red. ES Principal responsable de cuestiones de gestión de movilidad (MM), como el registro y la actualización del usuario (UE), y los problemas de seguridad para la red PS.
Gateway GPRS Support Node	GGSN	Actúa como una interfaz entre la red 3G y las redes PS externos. Sus funciones son similares al GMSC, pero para el dominio PS es decir de transmisión de datos.
Border Gateway	BG	Facilita el intercambio de información sobre redes IP entre operadores y la comunicación entre sistemas autónomos (AS).
GPRS Roaming Exchange	GRX	Se utiliza para encaminar el tráfico IP de Roaming comercial entre operadores locales y visitados. GRX es una red IP privada (separada de la Internet), que consiste de múltiples portadores GRX que están conectados entre sí a través de puntos de interconexión.
Charging Gateway	CG	Escucha mensajes de GTP enviados desde los GSN sobre TCP o UDP por el puerto 3386. CN envía información del costo por lo general incluyendo tiempos de activación del contexto PDP y la cantidad de datos que el usuario ha transferido. Está compuesta por la Base Trans-Receiver Station (BTS),



Base Station Subsystem	BSS	Base Station Controller (BSC), y el Trans-Coder Sub-Multiplexer (TCSM). Este último a veces está ubicado en el MSC. Por lo tanto, la BSC también tiene tres interfaces a la red fija: Abis, A y X.25.
Base Transceiver Station	BTS	Gestiona la interfaz entre la red y la BS. Los equipos celulares están vinculados a la BTS, a través de la interfaz de aire.
Base Station Controller	BSC	Controla el subsistema de radio, especialmente las BS. Las funciones de la BSC incluyen: Gestión de recursos de radio y Handover entre sectores los 2G. Es responsable del control de la potencia transmitida, señalización, configuraciones de seguridad y alarmas, la gestión de Operación y Mantenimiento,
Network Subsystem	NSS	NSS, actúa como una interfaz entre la red GSM y las redes públicas PSTN/ISDN. Los principales componentes son: MSC, HLR, VLR, AUC, y el EIR
Mobile Switching Centre	MSC	El MSC (switch), es el elemento más importante de la NSS, ya que es responsable de las funciones de conmutación que son necesarias para las interconexiones entre los usuarios móviles y los usuarios de otras redes móviles y fijas.
Authentication Center	AUC o AC	El AUC (o AC), es el responsable de vigilar las acciones de la red. Esto tiene todos los datos necesarios para proteger la red contra los falsos suscriptores, y para proteger las llamadas de los abonados regulares. Hay dos claves importantes en los estándares GSM: El cifrado de las comunicaciones entre los usuarios móviles, y la autenticación de los usuarios. Las claves de cifrado se llevan a cabo tanto en el equipo móvil y el AUC, y la información está protegida contra el acceso no autorizado. Cada equipo móvil tiene su propia identificación personal, que se denota por un número, el International Mobile
Equipment Identity Registers	EIR	Equipment Identity (IMEI). El número se instala durante la fabricación del equipo y establece su conformación a las normas GSM. Siempre que se hace una llamada, la red comprueba el número de identidad, si este número no se encuentra en la lista de equipos autorizados aprobados, se deniega el acceso. El EIR contiene esta lista de números autorizados y permite que el IMEI pueda ser verificado.



ANEXO 2. TABLA DE ACRÓNIMOS

3GPP	3rd Generation Partnership Project
8-PSK	Octagonal Phase-shift Keying
16-QAM	16 Bits Quadrature Amplitude Modulation
64-QAM	64 Bits Quadrature Amplitude Modulation
ABIS	GSM Interface BTS–BSC
APN	Access Point Name
ARP	Address Resolution Protocol
ATM	Asynchronous Transfer Mode
BS	Base Station
BSS	Base Station Subsystem
BSC	Base Station Controllers
BTS	Base Transceiver Station
CAMEL	Customised Applications for Mobile networks Enhanced Logic
CDMA	Code Division Multiple Access
CDR	Call Detail Record
CMI	Cable Microcell Integrator
CORDLESS	Sistema Móvil Celular sin hilos
CORE PS	Núcleo de red integrado por: MSC, GMSC, CS, SGSN, GGSN
CS	Circuit Switched
CSPDN	Redes de datos de comunicación de circuitos
CTIA	Cellular Techonology Industry Association
CT2	Cordless Telephone 2
DAMPS	Digital AMPS
dB	Decibel
DCS	Digital Cellular System
DECT	Digital European Cordless Telecommunications
DELAY	Retraso de información
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol
DPI	Deep Packet Inspection
DS0	Digital Signal 0
DSL	Digital Subscriber Line
EAM	Electro Absorption Modulator
EDGE	Enhanced Data rates for GSM Evolution
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
FCCH	Canal de sincronización
FDD	Frequency Division Duplex
FDMA	Frequency Division Multiple Access
FTP	File Transfer Protocol
GB	GigaByte
GCH	Canal de acceso garantizado
GERAN	GSM/EDGE RAN



GGSN	Gateway GPRS Support Node
GPRS	General Packet Radio Service
GSM	Global System for Mobile Communications
GTP	GPRS Tunneling Protocol
GTP-C	GPRS Tunneling Protocol – Control
GTP-U	GPRS Tunneling Protocol – User
GTP'	GPRS Tunneling Protocol – <i>Prime</i>
HDLC	High-Level Data Link Control
HECU	Head End Control Unit
HFC	Hybrid Fiber-Coaxial
HIC	Head end Interface Converter
HLR	Home Location Register
HSDPA	High-Speed Downlink Packet Access
HSL	High Speed Links
HSPA	High-Speed Packet Access
HSUPA	High-speed uplink packet access
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
ICMP	Internet Control Message Protocol
IN	Intelligent Network
IN CS-1	Intelligent Network Capability Set One
IP	Internet Protocol
IPX	Internetwork Packet Exchange
ISDN	Integrated Services Digital Network
IS-95	Interim Standard 95
ITU	International Telecommunication Union
JTACS	Japan TACS
LAU	Location Area Update
LTE	Long-Term Evolution
LMAP	Lightweight Directory Access Protocol
M2UA	Message Transfer Part Level 2 User Adaptation
M3UA	Message Transfer Part Level 3 User Adaptation
MAHO	Mobile Assisted Hand-off
MB	MegaByte
MM	Mobility Management
MS	Mobile Station
MSC	Mobile Switching Centre
MSC/VLR	Mobile services Switching Centre/Visitor Location Register
MSK	Minimum Phase-Shift Keying
MTP2	Message Transfer Peer-to-Peer Adaptation Layer.
MUX	Multiplexing
NCP	NetWare Core Protocol
NMT	Nordic Mobile Telephone
Node B	Station Base



NTACS	Nippon TACS
NTT	Nippon Telephone and Telegraph
O&M	Operation & Maintenance
OSI	Open System Interconnection
OSS	Operations Support System
PACS	Personal Access Communication Service
PCH	Paging Channel
PCN	Personal Communication Network
PCS	Personal Communication Service
PDC	Personal Digital Cellular
PDP	Packet Data Protocol
PHS	Personal Handyphone System
PLMN	Red pública móvil
PMBOK	Project Management Body of Knowledge
PMI	Project Management Institute
POP	Post Office Protocol
PPP	Point-to-point Protocol
PS	Packet Switched
PSPDN	Redes públicas de comunicación de paquetes
PSTN	Tráfico hacia la red telefónica
QoS	Quality of Service
RACH	Canal de acceso aleatorio
RAD	Remote Antenna Driver
RAN	Radio Access Network
RANAP	Radio Access Network Application Part
RARP	Reverse Address Resolution Protocol
RASP	Remote Antenna Signal Processor
RAU	Routing Area Update
RF	Radio Frequency
RNC	Radio Network Controller
ROAMING NUMBER	Número Telefónico de un usuario en una red foránea
RR	Round Robin
SACCH	Canal de control asociado lento
SAP	Session Announcement Protocol
SAU	Signaling Access Unit
SCCP	Signalling Connection Control Part
SCP	Secure Copy Protocol
SCTP	Stream Control Transmission Protocol
SDCCH	Canal de control dedicado independiente
SGSN	Serving GPRS Support Node
SIGTRAN	Signaling Transport
SIM	Suscriber Identity Module



SLIP	Serial Line Internet Protocol
SLOT	Intervalo de tiempo
SMS	Servicio de mensajes cortos
SMTP	Simple Mail Transfer Protocol
SPX	Sequenced Packet Exchange
SSH	Secure Shell
SUA	Signalling User Adaptation
TACS	Total Access Communication System
TCH	Canales de tráfico
TCP	Transmission Control Protocol
TDMA	Time Division Multiple Access
TD-SCDMA	Time Division Synchronous CDMA
TFTP	Trivial File transfer Protocol
TIA	Telecommunications Industry Association
TRUNKING	Llamada interurbana
TS	Time Slot
UDP	User Datagram Protocol
UE	User Equipment
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
UTRA	Universal Terrestrial Radio Access (3GPP)
UTRAN	UMTS Terrestrial Radio Access Network
VPN	Virtual Private Network
WACS	Wireless Access Communication System
WAP	Wireless Application Protocol
WCDMA	Wideband Code Division Multiple Access
WLAN	Wireless Local Area Network
WLL	Wireless Local Loop
WWW	World Wide Web
ZIP	Zone Information Protocol



ANEXO 3. LISTA DE IMÁGENES

Figura	Título	Pág.
Fig. 1.1.	Los diferentes modos de transmisión: Simplex, Half-Duplex y Duplex.	11
Fig. 1.2.	Evolución de la tecnología móvil.	14
Fig. 1.3.	Arquitectura de la red GSM.	15
Fig. 1.4.	Arquitectura de la Red GSM/SVA.	15
Fig. 1.5.	Arquitectura de Red GSM/GPRS.	16
Fig. 1.6.	Evolución Red GSM GPRS a GSM/EDGE.	16
Fig. 1.7.	Red 3G UMTS.	17
Fig. 1.8.	Evolución en la transferencia de datos WCDMA y HSPA.	18
Fig. 1.9.	HSPA desarrollo y estandarización.	18
Fig. 1.10.	Técnicas de Acceso Múltiple.	19
Fig. 1.11.	Acceso Múltiple por División de Frecuencia.	19
Fig. 1.12.	Acceso Múltiple por División de Tiempo.	19
Fig. 1.13.	Acceso Múltiple por División de Código	20
Fig. 1.14.	Modelo OSI en redes 3G.	24
Fig. 1.15.	Modelo de Referencia OSI.	28
Fig. 1.16.	Capas del modelo OSI/Protocolos.	29
Fig. 1.17.	Espectro Radioeléctrico	30
Fig. 1.18.	División del espacio radioeléctrico.	31
Fig. 1.19.	Tasa de bits de diferentes QAM vs. PSK.	33
Fig. 1.20.	Trasmisión con fibra óptica, (FO).	34
Fig. 1.21.	Cable de fibra óptica. Núcleo y revestimiento de una onda reflejada.	35
Fig. 1.22.	Núcleo revestimiento-refracción.	36
Fig. 1.23.	Clasificación de las fibras ópticas.	37
Fig. 1.24.	Fibra óptica multimodo.	37
Fig. 1.25.	En núcleo de una fibra multimodo.	37
Fig. 1.26.	Núcleo de una fibra multimodo.	38
Fig. 1.27a.	Forma de transmisión de una fibra monomodo.	38
Fig. 1.27b.	Fibra monomodo.	38
Fig. 1.28.	Espectro-banda visible-infrarroja.	39
Fig. 1.29.	Diferentes tipos de conectores.	40
Fig. 1.30.	Propagación de una onda de radio en el espacio libre	41
Fig. 1.31.	Propagación multi-trayecto de una onda de radio en el espacio libre.	41
Fig. 1.32.	Cobertura de las radio celdas.	43
Fig. 1.33.	Tipos de celdas.	44
Fig. 1.34.	Diferentes antenas de telefonía móvil.	45
Fig. 1.35.	Traspaso entre celdas (<i>Handover/Handoff</i>).	45
Fig. 1.36.	Onda de voltaje con ciclo y medio.	46
Fig. 1.37.	Emisión radioeléctrica de antenas de telefonía móvil.	47
Fig. 1.38.	Comunicación móvil usuario-usuario.	47
Fig. 1.39.	Funcionamiento Usuario-Red Móvil-Internet.	48
Fig. 2.1.	Grupos de procesos de la Dirección de Proyectos.	51
Fig. 2.2.	Grupo del proceso de iniciación.	52



Fig. 2.3.	Desarrollar el acta de constitución del proyecto	52
Fig. 2.4.	Desarrollar el plan para la dirección del proyecto.	52
Fig. 2.5.	Definir el alcance.	52
Fig. 2.6.	Grupo del proceso de planificación.	53
Fig. 2.7.	Planificar la calidad.	54
Fig. 2.8.	Planificar las comunicaciones.	54
Fig. 2.9.	Identificar y gestionar los riesgos.	54
Fig. 2.10.	Dirigir y gestionar la ejecución del proyecto.	55
Fig. 2.11.	Realizar el aseguramiento de la calidad	55
Fig. 2.12.	Gestionar las expectativas de los interesados.	55
Fig. 2.13.	Grupo del proceso de ejecución.	57
Fig. 2.14.	Dar seguimiento y controlar el trabajo del proyecto.	57
Fig. 2.15.	Verificar y controlar el alcance.	58
Fig. 2.16.	Dar seguimiento y controlar los riesgos.	58
Fig. 2.17.	Realizar un control de calidad.	58
Fig. 2.18.	Grupo del proceso de seguimiento y control.	59
Fig. 2.19.	Grupo del proceso de cierre.	59
Fig. 2.19a.	Cerrar el proyecto, fase y adquisiciones.	59
Fig. 2.20.	Ciclo de vida de un proyecto.	65
Fig. 2.21.	La estructura genérica del ciclo de vida.	66
Fig. 2.22.	Proyecto de una sola fase.	67
Fig. 2.23.	Proyecto de tres fases.	67
Fig. 2.24.	Proyecto de fases superpuestas.	68
Fig. 2.25.	Organización y ciclo de vida de un proyecto.	70
Fig. 2.26.	Diagrama de una organización funcional clásica.	72
Fig. 2.27.	Diagrama de una organización matricial débil.	72
Fig. 2.28.	Diagrama de una organización matricial fuerte.	73
Fig. 2.29.	Diagrama de organización matricial equilibrada.	73
Fig. 2.30	Diagramas de bloque de una organización orientada a proyectos y de una organización combinada.	74
Fig. 3.1.	Mapa de cobertura por división geográfica.	79
Fig. 3.2.	Diagrama de Red GPRS en el año 2009.	80
Fig. 3.3.	Diagrama de Red GPRS en el año 2010.	81
Fig. 3.4.	Caratula de Kick Off del Proyecto MiC PS	82
Fig. 3.5.	Topología final de la red propuesta MiC_PS.	84
Fig. 4.1.	Diagrama Core GPRS 2010 más un nodo piloto.	86
Fig. 4.2.	Planeación de migración de enlaces en nodo piloto.	89
Fig. 4.3.	Plan general de migraciones de BSC y RNC de SGSN NOKIA NSN® a SGSN 9810.	91
Fig. 4.4.	Matriz de escalabilidad y puntos de contacto.	92
Fig. 4.5.	Descripción de riesgos.	93
Fig. 4.6.	Resumen de la cotización #0000721633201106190000.	94
Fig. 4.7.	Inversión Proyecto MiC_PS 2011 – 2013.	95
Fig. 4.8.	Planeación del licenciamiento del nuevo núcleo de red HUAWEI®.	96
Fig. 5.1.	Diseño de bajo nivel LLD.	99
Fig. 6.1.	Reporte Monitoreo de Migración de BSC, RNC y APN.	101



Fig. 6.2.	Reporte del proyecto para la dirección.	102
Fig. 6.3.	Monitoreo del desempeño del nuevo núcleo.	103
Fig. 6.4.	Reporte de desempeño de red	104
Fig. 6.5.	Promedio de procesos de un CPU.	104
Fig. 6.6.	Reporte de desempeño de red, versión del proveedor.	105
Fig. 7.1.	Comandos para migración con la interfaz Gb/IP.	109
Fig. 7.2.	Funcionamiento de los DNS.	112
Fig. 7.3.	Comandos RNC para la interfaz IU.	113
Fig. 7.4.	Registro de parámetros en GGSN para el alta de un APN.	116
Fig. 8.1.	Formato de aceptación de fase del proyecto	121
Fig. 8.2.	Resumen de la configuración final.	122
Fig. 8.3.	Diagrama final de la Red Core PS Huawei®.	123



ANEXO 4. LISTA DE TABLAS

Tabla	Título	Pág.
Tabla 1.1	Elementos de una red móvil de segunda generación (GSM).	20
Tabla 1.2	Resumen de elementos de una red móvil de tercera generación, (WCDMA).	22
Tabla 1.3	Interfases de comunicación para redes móviles.	26
Tabla 1.4	Longitudes de onda y de frecuencias utilizadas en las comunicaciones.	32
Tabla 1.5	Ventajas y desventajas del uso de la fibra óptica, respecto al uso del cobre, en el alambrado de sistemas.	40
Tabla 2.1	Los cuarenta y dos criterios de la dirección de proyectos.	61
Tabla 2.2	Influencia de la organización en el desarrollo de proyectos	71
Tabla 3.1	Tabla de cobertura por división geográfica.	78
Tabla 4.1	Enlaces Gb/RF.	90
Tabla 4.2	Enlaces Gb/IP.	90
Tabla 4.3	Enlaces IU.	91
Tabla 7.1	Comandos para migración de la interfaz Gb/FR.	106
Tabla 7.2	Parámetros más importantes de la interfaz Gb/FR.	107
Tabla 7.3	Parámetros más importantes de la interfaz Gb/IP.	109
Tabla 7.4	Comandos RNC para la interfaz IU.	114
Tabla 7.5	Parámetros relevantes para la creación de un APN	116



ANEXO 5. LISTA DE ARCHIVOS

No.	Título	Pág.
A_1	ANEXO_1_MiC_PS_KICK_OFF	82
A_1A	ANEXO_1A_MiC_PS_KICKOFF_ALCANCE	83
A_1B	ANEXO_1B_MiC_PS_ENTREGABLES_DEL_PROYECTO	83
A_2	ANEXO_2_MiC_PS_PROJECT_CHARTER	84
A_3	ANEXO_3_MiC_PS_PROVEEDOR_A_ENTREVISTA_REQUERIMIENTOS_BASICOS	84
A_3A	ANEXO_3A_MiC_PS_PROVEEDOR_A_ENRTEVISTA_REQUERIMIENTOS_SEGURIDAD	84
A_3B	ANEXO_3B_MiC_PS_PROVEEDOR_A_PROPOSTA_EQUIPOS	84
A_3B1	ANEXO_3B1_MiC_PS_EDT	84
A_4	ANEXO_4_MiC_PS_EDT	91
A_5	ANEXO_5_MiC_PS_PLAN_GRAL_DE_MIGRACIONES	92
A_6	ANEXO_6_MiC_PS_PLAN_COMUNICACIONES	93
A_7	ANEXO_7_MiC_PS_PLAN_RIESGOS	94
A_8	ANEXO_8_MiC_PS_PROVEEDOR_BOQ	95
A_9	ANEXO_9_MiC_PS_PLANEACIÓN_LICENCIAMIENTO_CORE_PS_2011_2013	97
A_10	ANEXO_10_MiC_PS_PROVEEDOR_A_DISEÑO_ALTO_NIVEL_HLD	98
A_10A	ANEXO_10A_MiC_PS_BSC&RNC_INFO_20110528_HLD	98
A_10B	ANEXO_10B_MiC_PS_PROVEEDOR_BOQ	98
A_10C	ANEXO_10C_MiC_PS_TELECOMUNICATIONS_A_PS_REPORTE_DE_INVESTIGACION_DE_REQUERIMIENTOS	98
A_10D	ANEXO_10D_MiC_PS_LISTA_DE_CARACTERISTICAS_DE_LOS_EQUIPOS	98
A_10E	ANEXO_10E_MiC_PS_PROCESSED_05_20100912000012	98
A_10F	ANEXO_10F_MiC_PS_CDR_FORMATO_ACTUAL	98
A_10G	ANEXO_10G_MiC_PS_DATOS_DE_INTERFAZ_GR	98
A_10H	ANEXO_10H_MiC_PS_PROVEEDOR_A_FLUJO_DE_SOLUCION_AAA	98
A_10I	ANEXO_10I_MiC_PS_PROVEEDOR_A_LISTA_PS_KPI	98
A_10J	ANEXO_10J_MiC_PS_PROVEEDOR_A_LISTA_ALARMAS_CORE_PS	98
A_10J1	ANEXO_10J1_MiC_PS_PROVEEDOR_A_LISTA_ALARMAS_CORE_PS	98
A_11	ANEXO_11_MiC_PS_PROVEEDOR_A_DISEÑO_BAJO_NIVEL_LLD	99
A_11A	ANEXO_11A_MiC_PS_REQUERIMIENTOS_PLANEACION_IP	99
A_11B	ANEXO_11B_MiC_PS_DIAGRAMA_CONEXION_FISICA_RED_PLANEADA	99
A_11C	ANEXO_11C_MiC_PS_CDR_FORMATO_ACTUAL	99
A_11D	ANEXO_11D_MiC_PS_PROVEEDOR_A_FLUJO_DE_SOLUCION_AAA	99
A_12	ANEXO_12_MiC_PS_TELECOMUNICATIONS_A_PLANEACION_IP	99
A_13	ANEXO_13_MiC_PS_PROVEEDOR_A_ESQUEMA_DE_RED_FÍSICO_LOGICO	100
A_14	ANEXO_14_MiC_PS_MONITOREO_MIGRACIÓN_BSC_RNC_APN	102
A_15	ANEXO_15_MiC_PS_MONITOREO_MIGRACIÓN_REPORTE_DIRECCIÓN	103
A_16	ANEXO_16_MiC_PS_MONITOREO_DESEMPEÑO_NUEVO_CORE_PS	105
A_17	ANEXO_17_MiC_PS_PROVEEDOR_MONITOREO_DESEMPEÑO_NUEVO_CORE_PS	106
A_18	ANEXO_18_MiC_PS_COMANDOS_MIGRACIÓN_SGSN_GbFR	108
A_19	ANEXO_19_MiC_PS_DESPLEGADOS_BSC_GBFR_SGSN_RUTEADORES	109
A_20	ANEXO_20_MiC_PS_COMANDOS_MIGRACIÓN_SGSN_GBIP	110
A_21	ANEXO_21_MiC_PS_DESPLEGADOS_BSC_GBIP_SGSN	111
A_22	ANEXO_22_MiC_PS_COMANDOS_MIGRACIÓN_SGSN_RNC	115
A_23	ANEXO_23_MiC_PS_DESPLEGADOS_RNC_SGSN	116



A_24	ANEXO_24_MiC_PS_PLANTILLA_TECNICA_GPRS_APN	117
A_25	ANEXO_25_MiC_PS_PARAMETROS_MIGRACION_APN_EN_GGSN	118
A_26	ANEXO_26_MiC_PS_COMANDOS_ALTA_APN_EN_GGSN	118
A_27	ANEXO_27_MiC_PS_DESPLEGADOS_APN_GGSN	120
A_28	ANEXO_28_MiC_PS_TELECOMUNICATIONSA_PRUEBAS_SUPERVIVENCIA	121
A_29	ANEXO_29_MiC_PS_TELECOMUNICATIONSA_DISTRIBUCION_FINAL_DE_RED	122
A_30	ANEXO_30_MiC_PS_TELECOMUNICATIONSA_CONFIGURACION_DNS	122
A_31	ANEXO_31_MiC_PS_TELECOMUNICATIONSA_DIAGRAMA_FINAL_DE_RED	124
R_1	REFERENCIA_1_GUÍA DE LOS FUNDAMENTOS PARA LA DIRECCIÓN DE PROYECTOS (GUÍA DEL PMBOK®)	141
R_2	REFERENCIA_2_FUNDAMENTALS OF CELLULAR NETWORK PLANNING AND OPTIMIZATION	141
R_3	REFERENCIA_3_RADIO NETWORK PLANNING AND OPTIMISATION FOR UMTS	141
R_4	REFERENCIA_4_HSDPA/HSUPA FOR UMTS: HIGH SPEED RADIO ACCESS FOR MOBILE COMMUNICATIONS	141
R_5	REFERENCIA_5_UMTS SIGNALING: UMTS INTERFASES, PROTOCOLS, MESSAGE FLOWS AND PROCEDURES ANALYZED AND EXPLAINED	141



REFERENCIAS

Project Management Institute, Inc. (2008). *Guía de los Fundamentos para la dirección de proyectos, (Guía del PMBOK®)*. EUA: PMI Publicaciones, 4ª ed.

Mishra, A. (2004). *Fundamentals of cellular network planning and optimization*. USA: Addison-Wesley.

Lahiho, Joana; Wacker, Achim and Novosad, Thomas. (s/a). *Radio network planning and Optimisation for UMTS*. USA: John Wiley & Sons, LTD, second edition.

Holma, Harri and Toskala, Antti. (2006). *HSDPA/HSUPA for UMTS: High speed radio access for mobile communications*. USA: John Wiley & Sons, Ltd.

Kreher, Ralf and Ruedebusch, Torsten. (s/a). *UMTS signaling: UMTS interfaces, protocols, message flows and procedures analyzed and explained*. Germany: Tektronix, Inc. Wiley LTD.

<http://www.3gpp.org/HSPA>

<http://www.rae.es/rae.html>

<http://es.wikipedia.org>

CIBERGRAFÍA



John.Wiley.and.Sons
.WCDMA.for.UMTS.R



John.Wiley.and.Sons
.HSDPA.HSUPA.for.U



Wiley.Advanced.Cell
ular.Network.Planning



Fundamentals of
Cellular Ntwk Plng anc



Radio.Network.Plann
ing.and.Optimisation.



Planning and
Optimisation of 2G Ne



pmbok_4_edicion_Es
pa_ol.pdf