
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



FACULTAD DE INGENIERÍA

TESIS

REDES DE TELECOMUNICACIONES Y TECNOLOGÍAS
PARA E-LEARNING

Que para obtener el título de
INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES

PRESENTAN

Madera Rodríguez Jairo Javier
Rosales Santiago Gerardo

DIRECTOR DE TESIS

Ing. Jesús Reyes García



Ciudad Universitaria, México, Enero 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.

A mi familia, a quienes les debo todo lo que tengo y lo que soy.

A mis profesores, director de tesis y sinodales, por todos los conocimientos transmitidos a lo largo de la carrera.

Jairo Javier Madera Rodríguez

Antes que nada agradecer a Dios por permitirme la oportunidad de concluir mis estudios universitarios y contar con mi familia, amigos y profesores que me han apoyado incondicionalmente a lo largo de este tiempo.

Reconozco a mi madre como gran partícipe de este logro, ya que sin ella no hubiera llegado a este momento. Muchas gracias madre por toda tu dedicación, esfuerzo y paciencia que desde pequeño me has mostrado y sobre todo el apoyo incondicional. Has sido siempre mi ejemplo a seguir.

También agradezco a mi familia, es especial a mi tía Irma por su apoyo y sus consejos que siempre han sido útiles.

Un agradecimiento a mi novia Lucía por su apoyo y ánimos para culminar este trabajo. A mis amigos Jesús por sus consejos y apoyo, y a Jairo por ser apoyo y partícipe en esta tesis.

Un reconocimiento a mis profesores de la carrera y en especial al profesor Jesús Reyes García por confiar en nosotros y permitirnos ser nuestro tutor a lo largo de este tiempo.

Un infinito agradecimiento a esta noble facultad y universidad que me abrió sus puertas para forjar un futuro diferente en la vida de mi familia y personal.

Gerardo Rosales Santiago

INDICE

OBJETIVO	7
INTRODUCCIÓN I	8
CAPÍTULO1. LA EDUCACIÓN A TRAVÉS DE LA RED: E-LEARNING	10
1.1 La nueva sociedad de la información y conocimiento	11
1.1.1 Tecnologías de la Información y la Comunicación	11
1.2 Cumbre mundial sobre la sociedad de la información	12
1.3 Brecha Digital	15
1.3.1 La tecnología en la Brecha Digital.....	17
1.3.2 Ancho de banda y Brecha Digital	18
1.4 La educación como pilar de la Sociedad de la Información y el Conocimiento	20
1.4.1 La Brecha Educativa	21
1.5 E – Learning y la educación	22
1.5.1 Etapas tecnológicas de la educación a distancia	24
1.5.2 Ventajas, inconvenientes y dificultades de la educación a distancia.....	25
1.5.3 Contribuciones de la educación a distancia.....	28
1.6 Internet como plataforma educativa	29
1.6.1 Ventajas y desventajas de Internet en la educación	31
1.7 Las TIC dentro del modelo e-learning	33
CAPÍTULO2. INFRAESTRUCTURA PARA EL E-LEARNING	37
2.1 Redes de Nueva Generación (NGN)	38
2.1.1 Estrato de servicios y aplicaciones	42
2.1.2 Estrato de Transporte.....	47
2.2 IMS (Subsistema multimedia IP)	77
2.2.1 Arquitectura IMS	78
2.2.2 SIP.....	80
2.2.3 Entidades de la red IMS.....	80
2.3 Redes de acceso	83
CAPÍTULO3. REDES DE ACCESO	86

3.1	Redes alámbricas.....	87
3.1.1	xDLS	87
3.1.2	HFC/DOCSIS 3.0.....	94
3.1.3	FTTx/PON.....	103
3.1.4	PLC	110
3.2	Redes inalámbricas.....	117
3.2.1	2G (Segunda generación)	117
3.2.2	3G (Tercera generación)	131
3.2.3	LTE y LTE-Advance (Cuarta generación).....	142
3.2.4	Satelital.....	151
 CAPÍTULO4. INTERNET E INFRAESTRUCTURA DE TELECOMUNICACIONES EN MÉXICO.....		157
4.1	Estado actual de la penetración en servicios de telecomunicaciones.....	160
4.1.1	Telefonía fija	160
4.1.2	Telefonía celular.....	163
4.1.3	Televisión por cable, microondas y satelital	168
4.1.4	Servicios satelitales	171
4.2	Internet en México.....	173
4.3	La educación hoy.....	182
4.4	e – learning en el país.....	187
4.5	e – México.	190
4.6	Propuestas tecnológicas para provisión de e –learning en México.....	192
4.6.1	Zonas Rurales	194
4.6.2	Zonas Urbanas.....	197
 CONCLUSIONES.....		201
<i>Importancia del e – learning en la educación.....</i>		<i>201</i>
<i>Las telecomunicaciones y su estrecha relación con el e – learning.....</i>		<i>202</i>
<i>Redes de nueva generación como base tecnológica del e – learning.</i>		<i>203</i>
<i>Redes de acceso y su juego primordial en el acceso al e – learning.....</i>		<i>204</i>
<i>México y su posición e – learning – telecomunicaciones</i>		<i>204</i>
<i>La educación rural y a distancia y los sistemas satelitales.</i>		<i>206</i>

ÍNDICE DE TABLAS	208
ÍNDICE DE FIGURAS	209
BIBLIOGRAFÍA.....	212
WEB.....	213

Objetivo

Elaborar un estudio sobre el Aprendizaje Electrónico (o E-Learning en inglés), el cual se concentrará principalmente en describir las redes de telecomunicaciones actuales y que se vislumbran en un futuro inmediato que podrían servir para transportar la información de una manera más rápida y segura hacia diferentes lugares y que permitirían tener sistemas con los cuales se otorgue esta forma de enseñanza de una manera más eficiente. Así también se describirán los diversos aspectos técnicos, elementos, herramientas y plataformas que se requerirán para el almacenamiento, procesamiento y despliegue de la información en esta forma de enseñanza y qué podría hacerse para mejorarla.

El trabajo de tesis a desarrollar es primordialmente de investigación, por lo que el método a seguir consistirá principalmente en la búsqueda de información en diversas fuentes relacionadas con cada punto del temario que se aborde. Así, para la descripción técnica de la tesis de las redes que pueden servir como medio de transporte de la información, se tomará como base la bibliografía pertinente de autores de temas de redes de nueva generación, redes inalámbricas y redes satelitales. Por otro lado será necesario indagar en artículos de revistas especializadas y en documentos de entidades y organizaciones relacionadas con cuestiones de educación, lo que son descripciones, procedimientos, herramientas y plataformas que permiten la implementación de una red para el aprendizaje por medios electrónicos, informáticos y de comunicaciones (E-learning).

Resultados esperados:

Obtener un trabajo donde se presente una descripción completa de las redes y plataformas que podrían servir para la implementación del Aprendizaje Electrónico (E-learning) y resaltar la importancia de este tipo de enseñanza dentro de los procesos educativos de un país y la naciente Sociedad de la Información.

Elaborar un trabajo que sirva de consulta para estudiantes del área de las telecomunicaciones que deseen conocer sobre el tema del Aprendizaje Electrónico y que pueda servir como base para el desarrollo de tesis futuras.

Introducción I

En últimas décadas en el mundo entero se habla de la productividad, ya sea personal, empresa o como grupo social. Pero, mayormente los medios de comunicación y las instituciones gubernamentales han tocado el tema de la productividad a nivel nacional e internacional, y esta última comparada entre las mismas naciones. Por lo tanto, cuando se hace referencia a la productividad en México, siempre aparece la pregunta ¿Qué tan productivo es realmente el país?

En el reporte más reciente del Foro Económico Mundial, se menciona que México tiene bajos niveles de productividad que limitan el crecimiento de la economía y el bienestar social. Para entender a qué se refiere el término productividad, hay que entender que está dividida en tres aspectos: inversión fija (maquinaria, equipo, tecnología), inversión en educación y capacitación, o capital humano, y el empleo eficiente de esos recursos.

Es en esta división donde entendemos el poder de cambio e la educación para el desarrollo del país en diversos aspectos. Es en este punto, donde aparece otra interrogante ¿qué tan bien estamos en educación, como para tener estos niveles de productividad?

La respuesta no es tan satisfactoria como nosotros quisiéramos. De acuerdo con estudios nacionales, entre los que se tienen los datos del Instituto Nacional para la Educación de los Adultos (INEA), en el país el 27.9 por ciento de la población de la población de 15 a 39 años se encuentra en rezago educativo, pues al menos 12 millones 950 mil personas no han concluido la enseñanza básica. En otro de los informes, y en base a los resultados del Censo de Población y Vivienda 2010, en el país hay 78 millones 423 mil 336 personas mayores de 15 años. De estos, 40.7 por ciento no ha concluido la formación básica. A lo anterior se suma que en casi la mitad de la población nacional el número de personas en rezago educativo supera la media nacional.

Pero, a nivel internacional estos resultados saltan más a la vista. En el último examen para el Programa para la Evaluación Internacional de Alumno (PISA, por sus siglas en inglés) en 2009,

México obtuvo una puntuación combinada (puntuación de lectura y matemáticas) de 442, muy por debajo de los países punteros como Finlandia con 546 puntos. Según la OCDE, México tendría que incrementar 144 puntos el desempeño de sus estudiantes, lo cual la califica como un cambio inconcebible.

A lo anterior, se une la preocupación del enorme rezago en la que se encuentra México en lo que es tecnologías de la información y la comunicación (TIC); esto según al informe que entregó la agencia IP al gobierno federal. Se ve claramente la desventaja que se afronta al comparar las inversiones del PIB con otras naciones, por ejemplo, Sudáfrica 5.2%, Malasia 4.03%, Turquía 2.17% y México apenas el 1.68%, con lo que estamos más cerca de pequeños países de Asia y África.

Por todo esto es necesario incrementar los niveles en inversión en las TICs y mejorar el nivel y la cobertura en educación. Es en este punto, donde la combinación al fomento del desarrollo de las TIC, principalmente el internet, se ha acuñado en nuestra actualidad un nuevo modelo de educación denominado "e-learning".

E-learning, se sustenta básicamente en los desarrollos en los campos de la informática y las comunicaciones, para proveer una forma moderna de educación a distancia. Este modelo puede ser de gran utilidad para incrementar la cobertura educativa que tanto se necesita y ofrecer nuevas opciones que incrementen su nivel actual, Por otro lado, se estaría fomentando la implementación de infraestructura en telecomunicaciones y el desarrollo de tecnologías de la información y comunicación.

En nuestro país, es deseable que los procesos de aprendizaje se den en un ambiente digital. Primero, es importante que los niños y jóvenes desarrollen sus habilidades digitales. Segundo, está comprobado que los niños y jóvenes se motivan más. Además, muchos de ellos ya utilizan la tecnología para llevar a cabo muchas de sus actividades diarias. Tercero, la tecnología les brinda acceso al mundo de la información. Cuarto, la tecnología da la oportunidad de desarrollar la creatividad. Los jóvenes no solo son consumidores de información, sino que se convierten en productores. Quinto, gracias a la tecnología se pueden promover una mejor colaboración entre jóvenes. Finalmente, la tecnología puede empoderar a los niños y a los jóvenes, los pueden hacer constructores de su propio conocimiento. Los ambientes digitales pueden mejorar los procesos de aprendizaje.

Sin implementar la tecnología necesaria en el sistema educativo nacional, lo que conlleva a la integración de nuevas habilidades tecnológicas en los alumnos, se estará quedando el país en un rezago que al parecer está muy lejos de abatirse y con el correr de los años incrementara aun más.

Como conclusión no es falta de inversión lo que frena la productividad, tampoco el tamaño de la población, pero si la dotación del capital humano. La dotación que se tiene, en términos de años de escolaridad y cobertura han crecido en la última década, pero aún sigue siendo bajo y el principal problema es la calidad de la educación. Según el FEM (Foro Económico Mundial) la competitividad nacional está por debajo con respecto a otros países, a causa que en el mercado laboral se tiene poca eficiencia en el uso de talento y calidad educativa. Esto se puede contrarrestar con un cambio que propicie la adopción de tecnologías y la innovación.

Capítulo 1

La educación a través de la red: E-Learning

En la actualidad, en nuestro país y en otros alrededor del mundo se ha puesto de manifiesto la necesidad del uso de la computadora y la Internet como herramientas en el sistema educativo. Por tal motivo, cada gobierno ha emplazado una serie de planes tecnológicos, que van desde la provisión de equipos de cómputo en la escuelas, infraestructura de telecomunicaciones hasta desarrollo de software educativo.

Todo lo anterior, en su conjunto permite un nuevo paradigma en educación denominado *e-learning*. Este nuevo término acuñado hace unos pocos años tiene la capacidad de brindar oportunidades educativas de alta calidad a millones de estudiantes que no tienen oportunidad de una educación formal como la conocemos, o simplemente no están debidamente preparados en habilidades necesarias para el grado académico que cursan; debido a que no tienen acceso a los mejores libros, los mejores profesores o los mejores cursos. De manera similar, con *e-learning*, las personas con capacidades diferentes pueden continuar con sus estudios con más independencia y en el lugar que se encuentren.

1.1 La nueva sociedad de la información y conocimiento

La *Sociedad de la Información y el Conocimiento* representa un profundo cambio en la organización de la sociedad y de la economía, considerado por algunos, un nuevo paradigma técnico - económico.

A principios de 1990, Peter Drucker introduce la noción de Sociedad del Conocimiento, que permite una rápida adaptación a los cambios, y representa una vía de solución a los problemas económicos donde se advierte la misión motor de desarrollo económico que se atribuye al conocimiento. La noción de conocimiento se une así a la de información, concepto que se venía usando para designar al nuevo tipo de sociedad.

Por otro lado, la Organización de las Naciones Unidas está promoviendo con gran prioridad éste nuevo modelo de sociedad. Como lo define en el marco de *XII Cumbre Iberoamericana de Jefes de Estado y de Gobierno* (Bávaro, República Dominicana; noviembre de 2002) se encuentra en la "*Declaración de Bávaro*".

"La Sociedad de la Información es un sistema económico y social donde el conocimiento y la información constituyen fuentes fundamentales de bienestar y progreso, representa una oportunidad para nuestros países y sociedades, si entendemos que el desarrollo de ella en un contexto tanto global como local requiere profundizar principios fundamentales tales como el respeto a los derechos humanos dentro del contexto más amplio de los derechos fundamentales, la democracia, la protección del medio ambiente, el fomento de la paz, el derecho al desarrollo, las libertades fundamentales, el progreso económico y la equidad social..."

La Sociedad de la Información y el Conocimiento es un fenómeno global, el cual tiene un potencial para transformar todas las actividades sociales, una vez que la estructura y dinámica de esas actividades inevitablemente se vean, afectadas en alguna medida, por la infraestructura disponible de telecomunicaciones e información.

De manera general, y en base a los párrafos anteriores, podemos resumir que la Sociedad de la Información y el Conocimiento es una nueva forma de trabajar, que está relacionada con el manejo de la información, donde la sociedad ve reflejada este manejo en todas sus actividades (industria, educación, organización, servicios, entre otros). En este tipo de organización social, la información y el conocimiento ocupan un lugar primordial y se convierten en fuente de riqueza (Miège, 1998). Al igual; se produce un crecimiento rápido de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), las que impactan a todos los sectores sociales, pero que tienen una influencia determinante, principalmente en los ámbitos económicos.

1.1.1 Tecnologías de la Información y la Comunicación

En el aspecto tecnológico, el antecedente directo de la Sociedad de la Información y el Conocimiento se encuentran las TIC. Podemos definir las TIC como.

"Las TIC como tecnologías y herramientas que las personas usan para compartir, distribuir y reunir información, y para comunicarse unas con otras, de una a una o en grupo, mediante el uso de

computadoras y redes de computadoras interconectadas. Son medios que utilizan las telecomunicaciones y la tecnología informática al mismo tiempo”.¹

Existen otros cambios tecnológicos que abarcan no sólo las TIC, están la digitalización y la microelectrónica, que conducen a ampliar el volumen de información disponible, así como hacer más rápida y eficaz su transmisión. En la década de los 70's aparecen los circuitos integrados y microprocesadores, los que provocaron un cambio importante en las tecnologías existentes, y luego serían los protagonistas del desarrollo de satélites, computadoras, telefonía, etc. Con éste desarrollo de innovaciones técnicas para la comunicación, se transforman los sistemas de producción, distribución, recepción y almacenamiento de la información.

Otro aspecto que no se puede dejar a un lado es la convergencia en redes de sectores que venían trabajando de forma separada: la informática, las telecomunicaciones y la industria mediática. El resultado más visible de esta convergencia es Internet, considerada la red de redes.

1.2 Cumbre mundial sobre la sociedad de la información.

El nuevo tipo de sociedad a la cual nos estamos enfrentando desde hace unas décadas atrás, es un desafío en el que todos los gobiernos deberán poner mucha atención. Para ello, el 21 de diciembre de 2001, en la resolución 56/183 de la Asamblea General de las Naciones Unidas se aprobó la celebración de la Cumbre Mundial sobre la Sociedad de la Información (CMSI) en dos fases. La primera se llevó a cabo en la ciudad de Ginebra, Suiza del 10 al 12 de diciembre de 2003, y la segunda tuvo lugar en Túnez del 16 al 18 de noviembre de 2005.

En la primera fase se concretó a la redacción y a propiciar una clara declaración de voluntad política, tomar medidas para preparar los fundamentos de la Sociedad de la Información. Se aprobó la Declaración de Principios de Ginebra y el Plan de Acción de Ginebra el 12 de diciembre de 2003.

El objetivo de la segunda fase fue en poner en marcha el Plan de Acción de Ginebra, alcanzar acuerdos en los campos de gobierno de Internet, mecanismos de financiación, el seguimiento y la aplicación de los documentos de Ginebra y Túnez. En esta reunión se propició apoyo político al Compromiso de Túnez y al Programa de Acciones de Túnez para la Sociedad de la Información, que se aprobaron el 18 de noviembre de 2005.

Dentro de ambas Cumbres Mundiales sobre la Sociedad de la Información, se estableció un Plan de Acciones que trata asuntos como: participación y acciones políticas, participación civil, desarrollo y uso de las TIC, educación, salud, empleo y ecología, entre otras.

De los aspectos mencionados en el párrafo anterior nos enfocaremos a las líneas de acción en: infraestructura de telecomunicaciones, educación y las TIC. De estos temas se abordarán las acciones más sobresalientes.

- 1) Infraestructura de telecomunicaciones.

¹ (Dones, 2008)

- La infraestructura es fundamental para alcanzar el objetivo de la integración en el ámbito digital, propicio el acceso universal, sostenible, ubicuo y asequible a las TIC para todos, así como conectividad y acceso a zonas distantes.
- Los gobiernos deberían tomar medidas en apoyo de un entorno que favorezca la inversión necesaria en infraestructura de TIC y desarrollar nuevos servicios.
- Se debe concebir políticas y estrategias adecuadas de acceso universal, y medios para su aplicación.
- Deberían desarrollar y fortalecer la infraestructura de redes de banda ancha nacionales, regionales e internacionales, con inclusión de los sistemas por satélite y otros sistemas que contribuyan a crear la capacidad necesaria para la satisfacción de las necesidades de los países y sus ciudadanos. Todo esto apoyado en estudios técnicos, de reglamentación de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) y, en su caso, de otras organizaciones internacionales competentes, a fin de:
 - a) Ampliar el acceso a los recursos de las orbitas.
 - b) La armonización mundial de frecuencias y normalización de los sistemas a nivel mundial.
 - c) Fomentar las asociaciones entre el sector público y privado.
 - d) Promover la prestación de servicios mundiales de satélite a gran velocidad a zonas desatendidas, como las áreas rurales y con poblaciones dispersas.
 - e) Investigar otros sistemas que puedan proporcionar conectividad a grandes tasas de transmisión.
- Alentar el empleo de la capacidad no utilizada de comunicaciones inalámbricas, incluidos los sistemas de satélites, para dar acceso a zonas distantes, y mejorar la conectividad de bajo costo en los países en desarrollo.
- Optimizar la conectividad entre las principales redes de información, fomentando la creación y el desarrollo de redes troncales de TIC y centrales de Internet regionales, a fin de reducir los costos de interconexión y ampliar el acceso a la red.
- Aumentar la conectividad global a precios asequibles, facilitando con ello un mejor acceso. Los costos de tránsito e interconexión de Internet que resulten de negociaciones comerciales deben orientarse hacia parámetros objetivos, transparentes y no discriminatorios.
- Alentar y promover el uso de los medios de comunicación tradicionales y las nuevas tecnologías.

2) TIC

- Las TIC permiten a la población tener acceso a la información y al conocimiento en cualquier lugar del mundo y de manera prácticamente instantánea.
- Promover la investigación y el desarrollo para facilitar el acceso de todos a las TIC, con inclusión de los grupos desfavorecidos, marginados y vulnerables.
- Los gobiernos y otras partes interesadas deben establecer centros comunitarios polivalentes de acceso público y sostenible, que proporcionen a sus ciudadanos un acceso asequible o gratuito a diversos servicios de comunicación, y especialmente Internet.

- Estimular la investigación y sensibilizar a todas las partes interesadas acerca de las posibilidades que ofrecen los distintos modelos de software, y sus procesos de creación, lo que incluye software protegido, de fuente abierta y software libre, con el fin de ampliar la competencia, la libertad de elección, y la asequibilidad, y permitir que todas las partes interesadas evalúen las soluciones que mejor se adapten a sus necesidades.
- Fomentar la investigación sobre la Sociedad de la Información, incluso acerca de formas innovadoras de trabajos en redes, adaptación de la infraestructura, herramientas y aplicaciones de las TIC que faciliten el acceso de todos, y en particular, de los grupos desfavorecidos, a esas tecnologías.

3) Educación

- Con el objetivo de atenuar los problemas que plantea el analfabetismo, se debería diseñar tecnologías asequibles e interfaces informáticas sin texto para facilitar el acceso de las personas a las TIC.
- Todos deben tener las aptitudes necesarias para aprovechar plenamente los beneficios de la Sociedad de la Información. Por consiguiente, la creación de capacidad y adquisición de conocimientos sobre las TIC son esenciales.
- Las TIC pueden contribuir a la consecución de la enseñanza universal, a través de la enseñanza y la formación de profesores, y la oferta de mejores condiciones para el aprendizaje continuo, que abarquen a las personas que están al margen de la enseñanza oficial, y el perfeccionamiento de las aptitudes profesionales.
- Definir políticas nacionales para garantizar la plena integración de las TIC en todos los niveles educativos y de capacitación, incluyendo la elaboración de planes de estudio, la formación de los profesores, la gestión y administración de las instituciones, y el apoyo al concepto del aprendizaje a lo largo de toda la vida.
- Preparar y promover programas para erradicar el analfabetismo, utilizando las TIC en los ámbitos nacional, regional e internacional.
- Promover aptitudes de alfabetización electrónica para todos. Debe prestarse especial atención a grupos desfavorecidos y vulnerables.
- Los gobiernos, deben elaborar programas para crear capacidades, con miras a alcanzar una masa crítica de profesionales y expertos en TIC capacitados y especializados.
- Elaborar proyectos piloto para demostrar el efecto de los sistemas de enseñanza alternativos basados en las TIC, especialmente para lograr los objetivos de la Educación para todos, incluidas las de alfabetización clásica.
- Procurar eliminar los obstáculos de género que dificultan la educación y la formación en materia de TIC, y promover la igualdad de oportunidades de capacitación para las mujeres y niñas en ámbitos relacionados con las TIC.
- Fomentar las capacidades de las comunicaciones locales, especialmente en las zonas rurales y desatendidas, en la utilización de las TIC y promover la producción de contenido útil y socialmente significativo en provecho de todos.
- Empezar programas de educación y capacitación que ofrezcan oportunidades para participar plenamente en la Sociedad de la Información, utilizando en lo posible las redes de información de los pueblos nómadas e indígenas tradicionales.
- Diseñar programas específicos de capacitación en el uso de las TIC para atender las necesidades educativas de los profesionistas de la información, tales como

archivistas, bibliotecarios, científicos, profesionales de museos, maestros, periodistas y otros grupos profesionales pertinentes. La formación de los profesionales de la información no se debe centrar sólo en los nuevos métodos, sino también en las capacidades administrativas apropiadas para asegurar el mejor uso de estas tecnologías. La capacitación de los docentes debe centrarse en los aspectos técnicos de las TIC, en la elaboración de contenido y en las oportunidades y dificultades potenciales de estas tecnologías.

- Desarrollar sistemas de enseñanza, capacitación y otras formas de educación y formación a distancia en el marco de programas de creación de capacidad. Prestar especial atención a los países en desarrollo.
- Empezar proyectos piloto para definir nuevas formas de trabajo en red basadas en la utilización de las TIC, que se conecten las instituciones educativas, de capacitación e investigación de los países desarrollados, los países en desarrollo y los países con economías en transición.
- Diseñar programas que capaciten a los usuarios para desarrollar las capacidades de auto aprendizaje y desarrollo personal.
- Promover la cooperación internacional y regional para la creación de capacidad, lo que incluye los programas nacionales establecidos por la Naciones Unidas y sus organismos especializados.

Todas estas acciones mencionadas en las líneas anteriores son sólo una parte la visión común a los puntos fundamentales de la Declaración de Principios que contiene acciones concretas para alcanzar los objetivos de desarrollo acordados a nivel internacional, mediante el fomento del uso de productos, redes y servicios, y aplicaciones basados en las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC), para ayudar a los países a superar la brecha digital.

1.3 Brecha Digital

La *Brecha Digital*, o para ser más exactos, su expresión original en inglés, *Digital Divide*, comienza a ser usado en Estado Unidos a mediados de los años noventa para referirse a las desigualdades sociales que comienzan a surgir a medida que se desarrolla el uso de las TIC.

En el 2000, sería el mismo Departamento de Comercio el que establecería una definición bastante precisa del concepto. Según éste, algunas personas disponen de computadoras más potentes, el mejor servicio telefónico y el servicio de Internet más rápido, así como la riqueza de contenido y una educación y aprendizaje relevante para sus vidas. Otro grupo de personas no tiene acceso a mejores y más modernas computadoras, al servicio telefónico más seguro, o al servicio de Internet más rápido y conveniente. La diferencia entre estos grupos es la Brecha Digital.

La brecha digital cuantifica la diferencia existente entre, países, sectores y personas que tienen acceso a los instrumentos y herramientas de la información y la capacidad de utilizarlos, y aquellos que no lo tienen. Por decirlo de otra manera, puede definírsela como la distancia "tecnológica" entre individuos, familias, empresas y áreas geográficas en sus oportunidades en el acceso a la información y a las tecnologías de la comunicación y en el uso de Internet para un amplio rango de actividades.

Podemos observar al menos dos dimensiones principales de la Brecha Digital.

- 1) Brecha Digital internacional: alude a las disparidades existentes en la difusión tecnológica entre los países generadores de tecnología y el resto. Como ejemplos, el 80 % de los usuarios de Internet habitan en los países de la OCDE, mientras que el 20% están distribuidos en el resto del mundo; y la penetración de Internet de los países desarrollados alcanza al 30% de la población en promedio, mientras que en los países en vías de desarrollo es apenas del 2%.
- 2) Brecha Digital doméstica: muestra las diferencias existentes al interior de un país determinado, enfocado sobre segmentos socioeconómicos, niveles educativos o distribución espacial de la población. Un ejemplo, mientras en el año 2002 el porcentaje general de acceso a Internet en América Latina llegaba a un 6% de la población, en el 15% de la población de mayores ingresos, la conectividad promediaba 30%. Este tipo de brecha un subproducto de las brechas socioeconómicas existentes en el país.

Dentro de la Brecha Digital doméstica consideramos que existen igualmente dos proporciones para el mismo problema.

- 1) Brecha blanda: integrada por dos grupos sociales. El primero de ellos se compone de la población con ingreso medios y altos que no utilizan la tecnología; y se trata de una brecha de adopción tecnológica. Conforme las condiciones de mercado facilite el acceso a Internet y a los dispositivos electrónicos, este grupo de población pasará al grupo de incluidos digitales. El segundo grupo social lo componen los niños y jóvenes entre 6 y 17 años de edad que hoy no cuentan con acceso a las TIC, pero que son personas altamente receptivas a la tecnología y se encuentran relacionados con instituciones como escuelas, que les permite contar con más oportunidades de ser incluidos digitalmente.
- 2) Brecha dura: integrada por la población con mayoría de edad sin acceso a las TIC: indígenas, migrantes, adultos mayores, personas con discapacidad, campesinos, mujeres, niños y jóvenes en condiciones de marginación y vulnerabilidad. Estos grupos sociales están caracterizados por:
 - Estar principalmente ubicados en zonas urbanas y semiurbanas de alta vulnerabilidad y zonas rurales marginadas.
 - Contar con bajos niveles de ingreso que impiden la adquisición o acceso a dispositivos y medios.
 - Tener bajos niveles de escolaridad que disminuyen su capacidad de creación, consulta y utilización de información y conocimiento.
 - Estar desprovista de información sobre la utilidad de las TIC.
 - Mostrar completo desinterés sobre la tecnología.

Cabe remarcar que en las naciones en vías de desarrollo el costo del acceso a Internet y el grado de educación están íntimamente relacionados con la Brecha Digital. El primero, ligado con el ingreso, incide directamente sobre los beneficios de conectarse. El segundo, incide en el uso de las TIC; puesto que cuanto más alto sea el nivel educativo de las personas mayor será la capacidad de comprender las transformaciones y desafíos que la actividad cotidiana plantean las nuevas tecnologías.

Como conclusión sobre la Brecha Digital, es considerable afirmar que la existencia de una Brecha Digital está directamente relacionada con cuatro elementos:

- La disponibilidad de una computadora, u otro elemento de hardware que le permita al ciudadano conectarse a Internet.

- La posibilidad de conectarse y poder acceder a la red, desde el hogar, el trabajo u oficina.
- El conocimiento de las herramientas básicas para poder acceder y “navegar” en la red.
- La capacidad adecuada para poder hacer que la información accesible en la red pueda ser convertida en conocimiento por el usuario.

Al ser Internet el nuevo paradigma, se entiende que el elemento crítico de la Brecha Digital debe ser la conexión a la red y su utilización.

1.3.1 La tecnología en la Brecha Digital

La Brecha Digital puede contemplarse en base a diversos factores tecnológicos, como la densidad telefónica, el número de usuarios de Internet, el número de computadoras, entre otros. Para cada uno de estos indicadores es importante señalar la disparidad entre los países desarrollados (PD) y los países en vías de desarrollo (PVD).

En cuanto a la telefonía móvil, podemos ejemplificar y visualizar esta disparidad. El crecimiento de este sector de las telecomunicaciones continúa en ascenso firme en el mundo en vías de desarrollo, donde hay dos veces más suscriptores que en los países desarrollados (3.2 billones y 1.4 billones, respectivamente), reflejando el tamaño de estos mercados. China e India solamente acumulan un poco más de 1200 millones de suscriptores (750 millones y 480 millones, respectivamente). En el 2000, países en desarrollo acumulaban alrededor del 40% del total de suscriptores a nivel mundial; pero ahora se ha incrementado cerca del 70% en el 2009. Entre 2008 y 2009, la penetración de telefonía celular en países en desarrollo sobrepasó el 50% para encontrarse un estimado de 57 por cada 100 habitantes al final del 2009 (figura 1.1), mientras en países desarrollados la penetración sobrepasó el 100%.

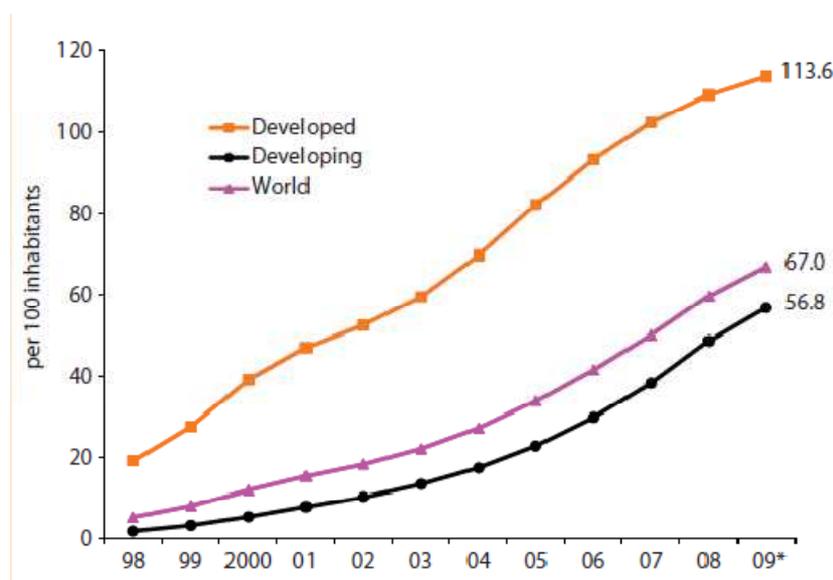


Figura 1.1 “Suscriptores de telefonía celular por nivel de desarrollo, 1998-2009”

Fuente: “ITU World Telecommunication/ICT Indicators database”

El uso de Internet también ha continuado con un alza, aunque en menor proporción que la telefonía móvil (figura 1.2). Los índices de penetración de Internet han crecido en un promedio alrededor de 6% anual, desde el 2007 en países desarrollados. En países en vías de desarrollo, el promedio anual de crecimiento durante este mismo periodo de tiempo ha estado sobre el 21%; pero este promedio anuales mucho menor comparado entre 1998 y 2009 en estos mismos países (38%). En 2009, una estimación del 26% de la población mundial (1.7 billones de personas) estaban usando Internet. Sin embargo, el uso de Internet en países desarrollados es mucho mayor que en países en vías de desarrollo (64.2% y 17.5% de la población, respectivamente). China solamente acumula un tercio de los usuarios de Internet en el mundo en desarrollo. Al 2009, un poco más del 80% de la población en países en vías de desarrollo estaban todavía excluidos de la Internet y sus beneficios.

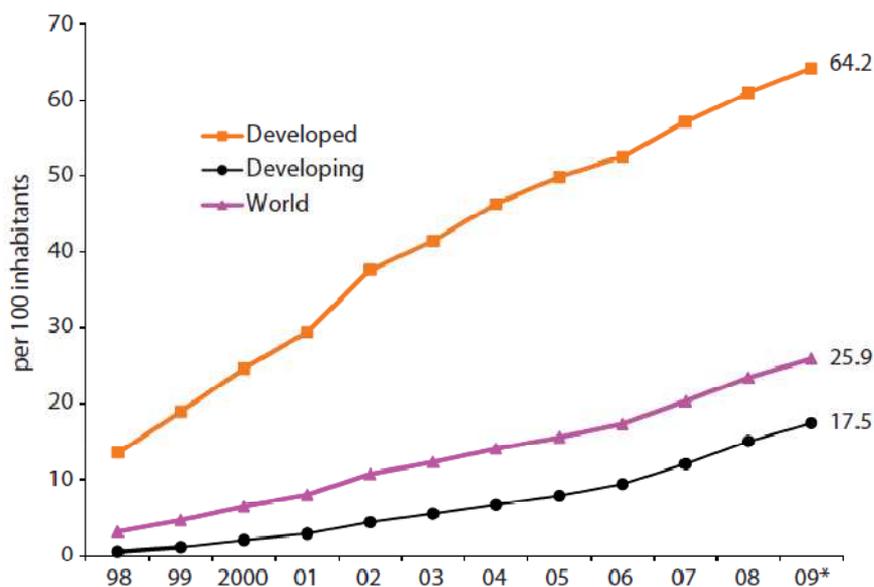


Figura 1.2 “Usuarios de Internet por nivel de desarrollo, 1998-2009”

Fuente: “ITU World Telecommunication/ICT Indicators database”

1.3.2 Ancho de banda y Brecha Digital

El ancho de banda y el tráfico de Internet proporcionan otra manera de visualizar la Brecha Digital que se presenta en el mundo. En la actualidad, el tráfico de datos sobrepasa, por mucho, al tráfico de voz.

Para ejemplificar la brecha existente entre el tráfico de Internet, se observa (figura 1.3) que éste tráfico es desproporcionado entre los diferentes continentes. La conectividad entre EUA/Canadá hacia Europa es de 504 Mbps, con Asia es de 181 Mbps. A comparación, el tráfico existente entre EUA/Canadá hacia Latinoamérica y África es de 66 y 1.6 Mbps respectivamente. El tráfico entre

Europa y las regiones en vías de desarrollo también es muy bajo. Como se puede constatar el gran porcentaje de la capacidad está entre EUA/Canadá, Europa y Asia. La región Asiática ha incrementado su tráfico de Internet debido a la entrada de servicios móviles en Corea, China y Japón.

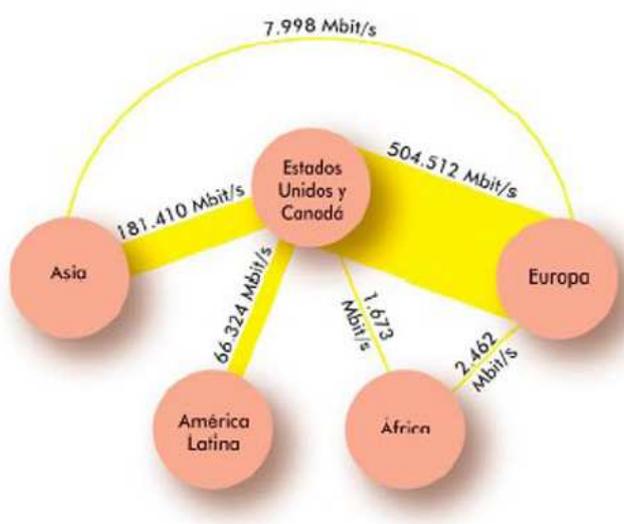


Figura 1.3“Conectividad entre continentes”

Esta disparidad en el tráfico y banda ancha se debe a los altos costo que muchos ISP (Internet Service Provider, por sus siglas en inglés) locales deben pagar por lo enlaces internacionales. De acuerdo con el artículo publicado en enero de 2005 por la UIT y el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (CIID): “Los países que desean conectarse a la red dorsal de Internet mundial deben abonar el costo completo de la línea arrendada internacional al país que ofrece el nodo centralizado. Una vez establecida la línea arrendada, el tráfico discurre en ambas direcciones, beneficiando tanto a los clientes del país que alojan el nodo así como a los países en desarrollo, aunque son estos últimos quienes cargan principalmente con los gastos. Estos elevados costos repercuten en los clientes de los países en vías de desarrollo. En el caso de Internet, el flujo de fondos neto va desde los países en el desarrollo a los países desarrollados”.

El elevado costo de las conexiones a Internet y la anchura de banda impiden que incremente la utilización de Internet en gran parte de los países en desarrollo, especialmente en los países menos adelantados (PMA). No obstante, los proveedores de redes dorsales de Internet de los países desarrollados argumentan que ellos no imponen a los proveedores de servicios de Internet (ISP) de los países en desarrollo tasa más elevadas que a sus demás clientes. Consideran que la gran mayoría de estos costos son resultado de una serie de causas, como la deficiente infraestructura de telecomunicaciones a nivel nacional y regional, al número inferior de centrales y puntos de intercambio directo de tráfico con respecto a otros lugares, y una carencia real de competencia en muchos países en desarrollo.

Si consideramos el hecho de la rápida propagación de los teléfonos móviles, demuestra la voluntad de los usuarios en países en desarrollo de pagar por servicios de Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), cuando éstos tienen precios asequibles.

Algunos problemas de carácter estructural son difíciles e inevitables, como sucede con el bajo nivel de demanda en los PMA y los Pequeños Estados Insulares en Desarrollo, lo que tiende a encarecer los gastos por unidad. Algunos países y regiones no cuentan con cables submarinos, y dependen de un acceso por satélite que es resulta muy oneroso. Hay así mismo sospechas de que el mercado de frecuencias internacional no es tan competitivo como se esperaría, especialmente desde su consolidación en los últimos años.

1.4 La educación como pilar de la Sociedad de la Información y el Conocimiento

El acceso a la educación gratuita y la alfabetización son principios fundamentales. Las sociedades de conocimiento necesitan una ciudadanía informada y educada. Las capacidades requeridas deben incluir la formación para utilizar las TIC, la capacidad crítica ante los medios de comunicación y la información, y las habilidades necesarias para una ciudadanía activa, que incluya la capacidad de encontrar, discernir, utilizar y crear información y tecnologías.

La educación, la alfabetización y la investigación son componentes fundamentales de las sociedades de la información y el conocimiento. La educación (formal, informal, continua) construye la democracia alfabetizando pueblos y capacitando a la fuerza trabajadora. Pero solo los pueblos informados y educados que puedan acceder a los instrumentos de difusión de una investigación plural, pueden participar plenamente y contribuir eficazmente a las sociedades del conocimiento.

Por lo tanto, urge la necesidad de poner en marcha programas y acciones formativas destinadas a facilitar el acceso al conocimiento y a las nuevas tecnologías a amplios sectores de la sociedad: a los niños y jóvenes, a los profesionistas, a los trabajadores, a los directivos, a los funcionarios, a las personas mayores, indígenas, personas con capacidades diferentes, etc. Sin recursos calificados en el uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) no podrá existir y avanzar la sociedad del conocimiento.

En mayo del 2000, la Comisión Europea, en la reunión celebrada en Lisboa, hizo público el *Programa e-learning* con la finalidad de concebir la educación del futuro. Se plantean una serie de iniciativas que van dirigidas a todas las edades y a todos los sectores de la sociedad. Las acciones persiguen tres objetivos principales.

- 1) Mejorar la infraestructura: invertir en equipos de nueva tecnología en los colegios, para facilitar el acceso a los instrumentos necesarios para todos, especialmente Internet.
- 2) Aumentar el nivel de conocimientos de la población, mediante iniciativas de formación adecuadas para todos, a fin de que todos los sectores de la población puedan contribuir activamente en la sociedad del conocimiento.
- 3) Adaptar los sistemas de educación y formación a la sociedad del conocimiento para facilitar la adquisición de los nuevos conocimientos necesarios.

Los constantes cambios tecnológicos, la aparición de nuevas formas culturales, el surgimiento de puestos laborales vinculados con la digitalización de la información, el constante crecimiento del conocimiento científico, están provocando la necesidad de replantear y reestructurar los modelos formativos hasta ahora utilizados, convirtiendo la educación no sólo en una necesidad de la infancia y la juventud, sino también de la edad adulta y, por extensión, de todos los ciudadanos, ya que la misma es y será un factor clave para el desarrollo político, social, cultural y económico de esta nueva etapa histórica.

La fundamentación de las acciones educativas en el marco de la sociedad del conocimiento requiere tener en cuenta los principios y supuestos, que pueden resumirse en lo siguiente:

- a) La educación es una condición necesaria para el desarrollo democrático y cultural de nuestra sociedad. La integración de la población precisa de la instrucción que garantice la preparación para: la participación, la utilización de espacios públicos, ejercicios de sus derechos y la convivencia plural entre culturas.
- b) La educación como estrategia de compensación de las disparidades en el acceso al conocimiento y factor para el desarrollo humano.
- c) La educación como misión permanente es una obligación y un derecho a lo largo de la vida.
- d) La educación como motor de crecimiento de los recursos del sistema productivo.

Los puntos anteriores, sólo son aspectos que se refieren a la importancia de la educación en sus diferentes modalidades en el nuevo modelo de sociedad.

Como acontece con la tecnología, donde existen diferencias entre los que poseen y acceden a las TIC, sucede un fenómeno muy similar en la educación de esta nueva sociedad del conocimiento. A este hecho se le ha denominado *Brecha Educativa*; que pone otro nuevo distintivo a la población mundial.

1.4.1 La Brecha Educativa

La *Brecha Educativa* es la diferencia entre países, estados, municipios o cualquier grupo de la sociedad; pero ahora en el sentido de diferencia de acceso, trayectoria, egreso y resultados educativos entre estos grupos de la población, llamando la atención sobre lo preocupante que resultan como exclusión o aislamiento de determinadas personas, y sobre la desventaja, fragilidad y daños que se presenta debido a la dimensión y persistencia de esta fragmentación.

Se puede plantear un arquetipo de las brechas educativas presentes.

- Brecha en trayectoria: este tipo de brecha se refiere al número de años cursados por los integrantes de la sociedad. Se ha demostrado que entre más años de estudio cursados, el nivel de vida es proporcionalmente mejor. Las consecuencias de esta brecha a nivel país son desastrosas, en términos de desarrollo humano, justicia y prosperidad: la posibilidad de salud estable, de empleo digno y de participación activa como ciudadano es un confín que pocos remontan si parten de un capital cultural reducido.
- Brecha en los estratos educativos: aquí la separación radica en las diversas diferencias de pertenencia étnica (indígena o no), la densidad y el aislamiento de población (que

define entre escuela urbana y rural), la modalidad (que diferencia, por ejemplo, la secundaria general de la telesecundaria) y de sostenimiento (público y privado).

- Brecha entre prácticas de inversión, decisión y gestión, y el logro educativo del sistema: esta brecha que se presenta en la mayoría de los países del urbe, pero principalmente en América Latina se aborda en tres vertientes: brechas entre los estados o provincias dentro de un mismo país, la brecha entre el actuar político y el pobre éxito educativo, y la brecha entre la condición vigente de los maestros y las tareas asignadas a ellos
- Brecha nacional respecto al resto del mundo: se refiere a la distancia en cuanto aprovechamiento escolar entre los países, que queda registrada en los resultados de los exámenes estandarizados y los indicadores de progreso escolar

Estas brechas se revelan cuando se muestra que, a pesar de las deficiencias estructurales del sistema educativo, las fallas se ven mayormente señaladas en determinadas regiones o modalidades de educación.

A pesar de estos contrastes, se desea que todos los niños y jóvenes principalmente – sin importar su género, su origen étnico, su localidad, su condición económica o de salud, etcétera – accedan oportunamente a la educación, desplieguen una trayectoria continua por los grados escolares, egresen oportunamente y logren aprendizajes previstos, aprendizajes que se expresen como competencias para la vida y eventualmente para continuar sus estudios.

1.5 E – Learning y la educación

La incorporación de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación con fines educativos y formativos ha desencadenado una serie de nuevos términos como tele - información, tele – educación, formación a través de Internet, educación a distancia, e – learning, etcétera. Cualquiera que éste sea, se refiere a cualquier oferta de formación a distancia, pero que incorpore Internet para facilitar algunas funciones de aprendizaje: leer, compartir, observar, discutir, etc.

La FUNDESCO (Fundación para el Desarrollo del Conocimiento) en España define de una forma más concreta a los anteriores términos: *“La tele - información o sus diversas denominaciones como el sistema de impartición de formación a distancia, apoyado en las TIC (redes de telecomunicaciones, videoconferencias, TV digital, materiales multimedia, etcétera), que combina distintos elementos pedagógicos: la instrucción directa clásica (presencial o de auto estudio), las prácticas, los contactos en tiempo real (presenciales, videoconferencia o chats) y los contactos diferidos (tutores, foros de debate, correo electrónico)”*.

El término e – learning, como nueva modalidad formativa de enseñanza, representa el concepto de la nueva Didáctica Magna de Comenio² del Siglo XXI (Hamilton, 2003). Pero verdaderamente, el origen del término “e – learning” procede del ámbito o campo de la formación empresarial donde las aplicaciones educativas están basadas en las nuevas tecnologías de la información y comunicación. Fueron las empresas privadas dedicadas a la oferta de educación continua, sobre todo para directivos, quienes acuñaron el concepto. Por tanto, e – learning representa más una

² Juan Amos Comenio (1592-1670), Se le conoce como el Padre de la Pedagogía, ya que fue quien la estructuró como ciencia autónoma y estableció sus primeros principios fundamentales.

etiqueta de “*marketing*” que un vocablo académico, pero que indudablemente, en la actualidad, ha sido ya asumido como el referente del ámbito de formación a través de las redes de computadoras.

E – learning surge vinculado con las aplicaciones de las redes de computadoras en la organización de las empresas: la gestión del conocimiento. Este último indica que el “*conocimiento es uno de los principales activos de cualquier organización y es hoy un instrumento básico de gestión empresarial, que tiene como objetivo aumentar su eficiencia y productividad*”.³

¿Qué es o cómo se puede definir el e – learning? Una traducción literal sería “*aprendizaje electrónico*” y se refiere, en un sentido amplio, a algún tipo de proceso de enseñanza o aprendizaje realizado por computadoras conectadas a Internet. Así como, al conjunto de metodologías y estrategias de aprendizaje que se basa en la tecnología para producir, transmitir, distribuir y organizar conocimiento entre individuos, comunidades y organizaciones. El e – learning abarca un área de conocimiento mayor que el de los cursos “*on – line*”. Es una combinación de herramientas, foros colaborativos, sistemas de gestión de usuarios, ayudas para la mejora del desempeño del puesto de trabajo y otras combinaciones de recursos on –line y off – line, del autoestudio, trabajo en grupo y de interacción de persona a persona y grupo a grupo.

El impulso definitivo a la aceptación del concepto se debió a que la Unión Europea puso en marcha en el 2000 el programa “*e – learning*”, en el que se define el concepto del siguiente modo “*e – learning es el uso de nuevas tecnologías multimedia e Internet para mejorar la calidad del aprendizaje*”. También se indica que el e – learning.

- a) Está basado en una tecnología eficaz, pero con un planteamiento didáctico.
- b) Es un proceso social y debería facilitar la interpretación y colaboración entre personas.
- c) Implica un cambio en la organización y la formación de los profesores y tutores.

Esta iniciativa europea señala que los ámbitos de aplicación del e – learning son: el aprendizaje en la escuela, en las universidades, en el trabajo y en el hogar sobre todo por la parte de la población adulta.

De manera paralela, este programa pretende realizar desarrollo en los siguientes ámbitos.

- Acceso al aprendizaje: implementar tecnologías e infraestructura avanzadas, como los sistemas de gestión de aprendizaje en redes de banda ancha (3G), GRID para el aprendizaje, aprendizaje móvil, aparatos de aprendizaje, arquetipos y agentes inteligentes, realidad virtual y realidad aumentada, simuladores, aprendizaje colaborativo automatizado y entornos inteligentes de aprendizaje.
- Concepción, gestión, puesta en común y transferencia de conocimientos.
- Gestión de recursos y servicios de aprendizaje.
- Comunidades de aprendizaje virtuales

Independientemente de que esta denominación sea acertada o no, desde el la visión académica, el concepto de e – learning está siendo aceptado y generalizado en los ámbitos oficiales, empresariales y profesionales; como la formación apoyada en el uso de las TIC siendo previsible su consolidación, como término y línea de acción, en los próximos años no sólo en contextos educativos, sino también en lo social, político y empresarial.

³ (Dones, 2008)

Pero seguirán siendo el campo de la formación ocupacional o continua, y el de la educación universitaria por otro, los espacios o modalidades educativas en los que la educación a distancia o e-learning estén teniendo mayor éxito.

A continuación se verá las características de la educación a distancia, concepto precursor o anterior al e-learning.

1.5.1 Etapas tecnológicas de la educación a distancia

Las transformaciones tecnológicas han permitido reducir la distancia entre unos y otros, causando el avance insospechado de la enseñanza/aprendizaje no presenciales. La tecnología posibilita mediante la metodología adecuada, suplir, e inclusive superar; a la educación presencial.

Entender el desarrollo histórico tecnológico y cómo han tenido su influencia en la educación, nos permitirá comprender la eficacia y agilidad de los procesos formativos. Esta evolución en la tecnología no se ha aplicado de manera profunda e igual en la educación como se ha hecho en otros campos.

La forma de enseñar y aprender ha evolucionado a lo largo del tiempo, junto a tres generaciones de innovación tecnológica, que Garrison (1985, 1989) identifica como; correspondencia, telecomunicación y telemática. Aceptando estas tres etapas, como iniciales, pero considerando que ya han sido superadas.

Enseñanza por correspondencia

Se caracteriza por textos muy sencillos y poco adecuados para el estudio personal, nacida a finales del siglo XIX y a inicios del XX.

El sistema de comunicación de las instituciones o programas de formación eran muy simples, el texto escrito inicialmente manuscrito, y los servicios de correos, bastantes eficaces, pero lentos en esa época, se convertían en los materiales y medios de comunicación de los inicios de la educación a distancia. La única forma de comunicación entre el profesor y el estudiante en esta etapa, era de carácter textual y asíncrono (en tiempo diferido).

Para mejorar la orientación y guía del alumno se fueron introduciendo paulatinamente las recientes tecnologías audiovisuales. Con las invenciones que por allá en 1830 empieza la comunicación a distancia a través del telégrafo. En 1876 el escocés A. Graham Bell inventó el teléfono permitiendo la comunicación hablada. En 1894, G. Marconi, inventa el radio y en 1901 se realiza la primera comunicación transatlántica por radio, y hasta en 1920 se pone en marcha la primera emisora de radio en Norteamérica. El teletipo en 1910 permitió el envío de mensajes escritos y en 1923 nace la televisión, a partir de 1935, efectúa transmisiones regulares.

Enseñanza multimedia

Este período hace referencia a la utilización de múltiples (multi) medios como recursos para la adquisición de conocimientos, empezó a surgir en la década de 1960 (con la Open University Británica en 1969). Radio y televisión, son los medios presentes en la mayor parte de los hogares, son los estandartes de esta etapa. El texto escrito se inicia con el apoyo de otros recursos audiovisuales (audio casetes, diapositivas, video – casetes, etcétera).

Enseñanza telemática

La tercera generación, situada en la década de 1980, estaría conformada por la educación telemática. La integración de las telecomunicaciones con otros medios educativos, junto con la informática define a esta etapa. Se apoya en un uso exhaustivo de la computadora personal y de las acciones realizadas en los programas flexibles de Enseñanza Asistida por Computadora (EAC) y de sistemas multimedia (hipertexto, hipermedia, etc.).

Se establece un anillo de comunicaciones al que cada participante del hacer educativo accede desde su propio lugar al resto de los sectores que debe relacionarse. La integración permite pasar de la clásica educación a distancia a una educación centrada en el estudiante. Su principal diferencia con la segunda generación es que en ésta, profesor y alumno y éstos entre sí, pueden comunicarse tanto de manera síncrona (en tiempo real) como asíncrona (en tiempo diferido).

Enseñanza vía Internet

A esta cuarta generación se le denomina "*Modelo de Aprendizaje Flexible por Computadora*", en síntesis, la comunicación a través de Internet. Sus inicios son a mediados de la última década del siglo pasado. A esta fase la podríamos definir como la del campus, enseñanza virtual, que trata de basar la educación en la conjunción de sistemas de soportes de funcionamiento electrónico y sistemas de entrega apoyados en Internet, de manera síncrona o asíncrona a través de la comunicación de audio, video, texto o gráficos. Esta tecnología garantiza la superación de una de las grandes trabas y defectos permanentes que han venido achacando a la educación a distancia, la lentitud de la retroalimentación o "*feedback*".

Dentro de esta etapa se está conformado como núcleo dentro de las posibilidades de enseñar y aprender a distancia, la referida a las crecientes tecnologías basadas en teléfonos móviles o celulares.

Son muchas las realizaciones de enseñanza a distancia que aún no han superado la primera generación. En todo caso, muchas de las que se sitúan más claramente en la tercera etapa continúan utilizando los textos impresos, propios de la primera. En definitiva, los períodos no son mutuamente excluyentes y ellos explican que los diferentes proveedores de programas a distancia, utilicen recursos más convenientes en cada caso.

1.5.2 Ventajas, inconvenientes y dificultades de la educación a distancia

El e – learning junto con la educación a distancia en las últimas décadas ha sido blanco de críticas, pero también de buenos puntos a favor. A continuación se mencionaran algunas ventajas y desventajas potenciales de la educación a distancia.

Algunas de las ventajas son:

Apertura

Por medio de la enseñanza a distancia, se puede:

- Ampliar y diversificar las propuestas de cursos para atender a la mayoría de los vacíos actuales de formación y que se adapten a entornos, niveles y estilos de aprendizaje.

- Atender a la numerosa población, aunque esté dispersa, se le puede impartir una formación con suficiente grado de homologación respecto a los previsible resultados de aprendizaje.
- Ofrecer una formación adaptada a la exigencia actual a quienes no pudieron iniciar o concluir su formación anterior, aportando igualdad de oportunidades formativas.

Flexibilidad

- Permite a los estudiantes seguir sus estudios sin el rigor del tiempo, espacio y asistencia.
- Propicia una eficaz combinación entre el estudio y el trabajo.
- Garantiza la permanencia del estudiante en su propio entorno laboral y familiar.
- La formación está fuera del contexto de las cuatro paredes del aula o similar.

Eficacia

- El estudiante es el centro del aprendizaje y de su formación. Caso contrario que suele darse en los procesos presenciales, debido a la máxima atención en la transmisión de contenidos y descuido en el proceso de aprendizaje.
- El estudiante, en caso de ser un trabajador activo, puede verse obligado a comprender y aplicar lo que se le enseña.
- El material didáctico se estructura de manera que facilita la autoevaluación.
- Existen pruebas que muestran que los alumnos que ha cursado a distancia todo un ciclo de estudios consiguen resultado al menos equivalentes a los que han cursado ese mismo ciclo en un centro docente presencial.
- Facilita la adecuación de la formación a las diversas circunstancias profesionales y personales de cada individuo.

Economía

Se reiteran los beneficios económicos más sobresalientes.

- Con la enseñanza a distancia se reduce la carestía de los sistemas presenciales de formación laboral realizada para grupos reducidos.
- Se ahorran los gastos por desplazamientos de los estudiantes y formadores al lugar del curso, y los correspondientes al abandono del puesto de trabajo por causa de la capacitación.
- El alto costo de la inversión inicial y la producción de materiales de este tipo puede verse compensado con una economía a gran escala, que invita al uso de los mismos por una cantidad importante de alumnos de manera simultánea o diferida.

Privacidad/intimidad

La educación a distancia toma al estudiante del grupo de aprendizaje y los traslada a una situación de mayor intimidad y privacidad. Esta forma privatizada de enseñar y aprender encaja con las tendencias de una sociedad actual que exhibe comportamientos relativos al ámbito de lo privado.

Interactividad

El éxito de la enseñanza y aprendizaje a distancia se debe, en buena medida, a las posibilidades de interactividad entre docentes y estudiantes, entre los estudiantes y su entorno de aprendizaje, y

entre ellos mismos, son muy elevadas o incluso superiores a los de un entorno de aprendizaje activo en la aula ordinaria (Sherry, 1996).

Las tecnologías actuales han favorecido el aspecto de interacción, propio de la enseñanza presencial, que limitaba antes las ventajas de la formación y aprendizaje a distancia.

Al referirse a las posibilidades de tele – aprendizaje (Collis, 1996:17), hace mención de la variedad en opciones con las que cuenta el que enseña y, sobre todo el que aprende. Así, indica que esta modalidad de enseñanza – aprendizaje:

- Puede tener lugar a través de diferentes vías.
- Sus realizaciones aparecen en diferentes escenarios y entornos.
- Ofrece programas con o sin un profesor permanente involucrado.
- Puede atender muy distintos niveles y tipos de contenidos.
- Acoge a muy diferentes perfiles de estudiantes.
- Incorpora una gran variedad de tecnologías.
- Se muestra a través de los más diversos enfoques pedagógicos.
- Admite diferentes estrategias motivacionales.

A pesar de todas las ventajas que muestra la educación a distancia en diversos rubros, es importante señalar que posee algunos inconvenientes y dificultades que son necesarios dar a conocer.

Enumeraremos ciertos inconvenientes más frecuentes reiterados:

- El objetivo de la socialización presenta dificultades en esta modalidad. La interacción personal de los alumnos y éstos con su profesor es escasa.
- La relación educativa personal entre el profesor y estudiante se ven empobrecidas. La retroalimentación, la retroalimentación puede ser muy lenta en la educación a distancia.
- La procedencia mayoritaria de los estudiantes que acceden a la modalidad a distancia es de los sistemas convencionales de relación profesor – alumno. El cambio para muchos estudiantes se hace problemático.
- Se duda de la capacidad de los sistemas de enseñanza a distancia para producir algo más que no sea instrucción o transferencia de contenidos. Debe, ser meta de los materiales a distancia – que pueden ser elaborados por profesionales más cualificados – capacitar a los estudiantes en aprender a aprender, entrenar en el autoaprendizaje, autocontrol y automotivación.
- El peligro de la homogeneidad de los materiales – todos aprenden lo mismo –por el único prototipo de paquete de instrucción. Ello obliga a elaborar materiales muy abiertos que abran a la creatividad e iniciativa del estudiante.
- El acceso a la educación a distancia está avanzando a grandes pasos, igual que la enseñanza virtual a través de Internet, aún está cerrado a un gran sector de la población que no dispone, y tardará en disponer, de los recursos mínimos para el acceso a este sistema de aprendizaje. Se puede decir, que la enseñanza a través de Internet es todavía un modelo elitista de nuestra sociedad.
- En ciertos estudios, es preciso que los estudiantes posean un elevado nivel para la comprensión de la materia disponible y en el manejo de los medios.
- Los resultados del modelo a distancia suelen ser menos fiables que en la presencial.

- Aunque los costos corrientes son más bajos en la enseñanza a distancia hay que considerar los altos gastos que se precisan para la inversión inicial. De todas maneras, pocos discuten la economía del sistema.
- No es tan sencillo contar con cuadros de profesionales que conozcan las tecnologías de diseño y producción de los contenidos, propios de esta modalidad. Las funciones tutoriales tampoco son dominadas por los docentes de hoy. de ahí que sea necesaria la existencia de programas de formación de alto nivel en este campo.

1.5.3 Contribuciones de la educación a distancia

Las áreas de impacto de la enseñanza y aprendizaje a distancia son múltiples. Las principales áreas y sectores en los que la educación a distancia ha mostrado resultados óptimos se mencionara a continuación, son las contribuciones básicas que señala la UNESCO (1998).

Educación general

No sólo las personas adultas, aunque si en su mayoría, son las receptoras de los beneficios de la educación a distancia. Sino también, aquellos niños en edad escolar o jóvenes con incapacidad de acudir a centros de formación. Se piensa obviamente en una cercanía tutoría en el caso de los niños y que pueden desarrollar los propios padres o algunos profesores o asistentes asesorados para tal función.

Por este medio se pueden continuar los estudios de carácter oficial del país de origen de los niños, adolescentes o jóvenes alejados geográficamente, y que difícilmente pueden seguir a la enseñanza presencial. También se emplea la educación a distancia cuando el material didáctico es escaso, o los profesores carecen de la necesaria cualificación. Las redes interactivas, la televisión, el satélite pueden acercar estos recursos a las zonas remotas.

Los jóvenes y adultos que no finalizaron sus estudios básicos dentro del sistema formal de educación. Para ellos la educación a distancia supone una oportunidad de lograr aquellas metas que el abandono de los estudios no se concretó.

Formación del profesorado

Gran parte de las instituciones que imparten formación superior a distancia tienen entre sus objetivos el de ofrecer programas destinados al profesorado con el fin que puedan formarse en servicio.

En países en vías de desarrollo, que cuentan con un colectivo de profesores que no alcanzaron un nivel de preparación de nivel superior, se vienen llevando a cabo programas a distancia de formación con resultados desiguales, debido a los diferentes recursos financieros y humanos.

La formación del profesorado, en especial en servicio, por medio del formato a distancia supone una ventaja para mejorar el sistema educativo de un país, sin esfuerzos humanos y económicos que supondría el abandono del aula como docente para acudir a otra.

Formación profesional

Los gobiernos de todos los países tienen la preocupación de mejorar la cualificación profesional de sus ciudadanos, debido a los continuos cambios tecnológicos que exigen una actualización constante de los saberes y competencias. Por otra parte, los individuos aspiran a mejorar sus expectativas laborales. Mediante la formación a distancia se puede atender la constante demanda de los trabajadores adultos y de aquellos con dificultades de tiempo, y/o físicas para recibir una formación presencial. También es meta de la formación a distancia en el ámbito profesional el de cualificar a los grupos más desfavorecidos de hoy: desempleados, discapacitados, mujeres, minorías étnicas, etc.

Educación no formal

La educación no formal, la que no está sujeta a las exigencias del sistema educativo oficial, reglado y formal, así como el desarrollo comunitario están encontrando en la enseñanza a distancia el marco ideal para ofrecer programas.

La educación de las mujeres, el medio ambiente, la educación para la paz, y en definitiva, en todo lo que suponga el desarrollo comunitario y de enriquecimiento personal.

Educación universitaria

En esta área donde más resplandeciente y efectivo ha sido la educación a distancia. Sean la universidades autónomas o modal (sólo enseñan a distancia) o bimodales (mantienen programas presenciales y a distancia). Estas últimas suelen utilizar los sistemas currículos para los estudiantes presenciales o a distancia. Las diferencias entre los sistemas en presencia y a distancia se vienen reduciendo, entre otras razones, por el interés de las universidades convencionales de ofrecer programas a distancia.

Todo lo anterior nos da una idea clara sobre las posibilidades y limitantes de la educación a distancia. A continuación, se destacan algunos puntos importantes sobre la calidad y eficacia del sistema a distancia:

- La educación a distancia es tan efectiva como la educación presencial si se estiman los resultados.
- Los estudiantes a distancia que han cursado en un sistema presencial generalmente tienen una actitud más favorable hacia la educación a distancia en comparación a los estudiantes tradicionales.
- Cada forma de aplicación tecnológica a la educación a distancia tienen sus propias ventajas e inconvenientes en la contribución a la calidad total de las experiencias de aprendizaje.

Una de esas aplicaciones tecnológicas que contribuyen enormemente a la educación a distancia o e – learninges Internet, que posiblemente sea un desarrollo que logre en un tiempo no muy lejano a una calidad total única dentro del aprendizaje.

1.6 Internet como plataforma educativa

Una de las versiones actuales de la educación a distancia es la formación a través de Internet. Algunas de las definiciones por algunos autores sobre el tema:

- 1) *“ Formación a través de Internet se puede entender como un enfoque innovador para desarrollar programas de enseñanza basados en el hipermedia para una audiencia remota, utilizando los atributos y recursos de Internet para crear ambientes de aprendizaje bien diseñados, interactivos y facilitadores”* (Khan, 2001).
- 2) *“Una formación con Internet es un ambiente creado en la web en el que los estudiantes y educadores pueden llevar a cabo tareas de aprendizaje. No es sólo un mecanismo para distribuir la información a los estudiantes, también supone tareas relacionadas con la comunicación, la evaluación de los alumnos y la gestión de la clase”* (McCormack y Jones, 1998).

La formación a través de Internet debe analizarse en función de diversos parámetros o dimensiones. Badrul H. Khan (1997, 2001) ha propuesto un modelo que considera diferentes niveles de discurso. Este modelo incluye ocho dimensiones (figura 1.4).

- 1) Pedagógica: hace mención a aquellos aspectos que tienen relación con enseñar o aprender mediante e – learning. Se refiere a los objetivos de la formación, sus contenidos, metodología y estrategias didácticas.
- 2) Tecnológica: se refiere a las plataformas utilizadas para presentar al e – learning, así como al hardware y software que son necesarios para su seguimiento.
- 3) Diseño de interface: permite la interacción entre el alumno y la acción de formación. Aquí se analizan los componentes de diseño, utilidad, navegación y diseño de contenidos de las páginas que los alumnos deben consultar.
- 4) Evaluación: configura un espacio necesario en toda acción de formación. La evaluación en e – learning no debe ser solamente sobre la satisfacción de los alumnos sino que también permita obtener más información acerca del desarrollo del curso, así como de los aprendizajes de los alumnos.
- 5) Gestión: son aspectos relacionados con el mantenimiento de la plataforma tecnológica (presupuesto, sistemas de seguridad, actualización de contenidos, derechos de autor, etc.) y con la distribución de información (materiales on y off – line, programas del curso, anuncios, exámenes, guías de estudio, etc).
- 6) Apoyos y asesoramiento: se refiere a los aspectos técnicos (al principio los alumnos necesitan información para resolver problemas que se van encontrando) y posteriormente empiezan a estar relacionados con los contenidos a aprender.
- 7) Ética: si el e – learning pretende ser accesible a cualquier persona en cualquier lugar, debe ser sensible a la diversidad cultural, de género, de alumnado, geográfica y de acceso a la información.
- 8) Institucional: para Khan las instituciones que se arriesgan a desarrollar e – learning no pueden actuar como francotiradoras o impulsadas por moda. Hace falta decisiones estratégicas que conduzcan a un compromiso de la institución y de los actores que en ella trabajan para que crean en el proyecto.

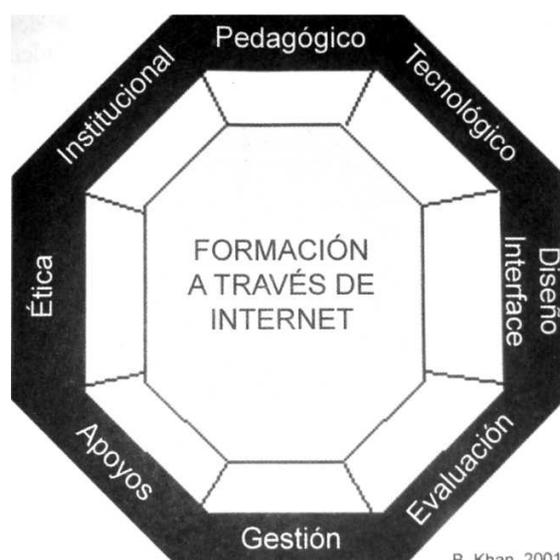


Figura 1.4 “Modelo Khan”

Fuente: “E-learning Teleinformación: diseño, desarrollo y evaluación de la formación a distancia”

La formación en Internet presenta varios niveles de complejidad y riqueza que es preciso diferenciar:

- 1) Cursos por correspondencia que utilizan el correo electrónico.
- 2) Formación mejorada con la Web: el formador crea páginas web con enlaces relevantes para la clase, normalmente como complemento a las clases presenciales.
- 3) Plataformas de e – learning: son ambientes de aprendizaje virtuales en los que los alumnos encuentran todo aquello que necesitan para aprender.

La Internet como se acaba de explicar es un buen medio para la transmisión del conocimiento y el fomento a la educación. Pero también, Internet cuenta con sus aciertos y sus contras al igual que los tiene la educación a distancia como los vimos en el tema anterior.

A continuación se enumeran las ventajas y desventajas que Internet presenta para el desarrollo de la formación y educación “e – learning”.

1.6.1 Ventajas y desventajas de Internet en la educación

En el ámbito educativo, no hay lugar a dudas que la Internet por su volumen y diversidad es una fuente valiosa de conocimiento, convirtiéndose en un poderoso recurso didáctico a emplear. Sin embargo, respecto a los sistemas educativos a distancia, Internet adquiere una gran relevancia como sistema de comunicaciones global. Se consideran algunas destacadas ventajas que tienen estos entornos de aprendizaje.

- a) Interactividad total, próxima e inmediata: la web brinda a los sistemas a distancia la posibilidad de hacer más próxima la interactividad profesor – alumno.
- b) Utilización progresiva en la enseñanza presencial: la enseñanza presencial impartida por muchas instituciones está reduciendo drásticamente los tiempos dedicados a sesiones presenciales. En su lugar son cada vez más proyectos y actividades on – line.
- c) Selección y recuperación inteligente: Internet ha puesto a disposición una cantidad de información; donde el estudiante deja de ser un solo receptor de la misma y pasa a ser un buscador de conocimiento al ofrecer la posibilidad de explorar distintas rutas para la solución de un problema.
- d) Democratización de la información masiva: la red provee masivamente información de todo tipo a todos los usuarios.
- e) Herramienta de aprendizaje: la Word Wide Web es una herramienta que posibilita la búsqueda de casi toda la información imaginable. El control del ritmo de flujo de información está en manos del estudiante, al igual que las rutas a seguir en el aprendizaje.
- f) Soporte a contenidos prediseñados: Internet se nos presenta también como medio para impartir contenidos prediseñados que cumple el papel de producto multimedia.
- g) La privacidad como motivador: la privacidad de cuestionar y responder a interrogantes se convierte en un elemento motivador para muchos estudiantes a quienes les cuesta hablar ante el público.
- h) Igualdad de oportunidades de comunicación: todos pueden expresar lo que desean cuando lo desean. Los procedimientos on – line cambian la propia dinámica social de la educación, al permitir que todos (estudiantes y profesores) puedan hacerse escuchar en igualdad de condiciones.

Dentro de las cautelas en el uso de Internet tenemos.

- a) Internet no es la panacea: cuando se descubrieron las posibilidades educativas de la radio, la televisión, el audio y video se pensó que la educación cambiaría radicalmente, pero evidentemente eso no fue así. Por lo anterior hay que moderar el optimismo con el uso de Internet en el uso como herramienta para la educación a distancia.
- b) Con la Internet se va reducir la cantidad de texto impreso: cuando irrumpió la TV y el video, se pensó que la era del texto escrito había caducado. Esto no fue cierto, lo que sí se puede considerar con Internet es que si en lugar de hablar de material impreso, hablamos de material escrito, ese porcentaje puede aumentar considerablemente.
- c) Lo importante es un diseño de calidad: la verdad es que no son muy optimistas las investigaciones que se han realizado en torno a la incidencia de los diversos medios instructivos en el aprendizaje, como han puesto de manifiesto Clark (1983, 1994) y Kozma (1991, 1994). No se trata de que se apliquen unas u otras tecnologías más o menos avanzadas o sofisticadas, se trata de que los medios o recursos se pongan a servicio de un determinado modelo de enseñanza – aprendizaje, tanto su planeación, diseño y desarrollo.
- d) El equipo preciso y los costos de mantenimiento de la Web: existen tres grandes partidas de costos: el hardware y el software, el desarrollo del curso y el soporte continuo del curso. Los costos del hardware y software suponen la disposición de una computadora y elementos de conexión domestica (línea telefónica y modem). El desarrollo del curso suele encargarse a los profesores y expertos informáticos. El mantenimiento supone facilitar a los usuarios todo el software preciso para optimizar los resultados (audio, video y otros recursos multimedia). Todos estos costos hacen que la disposición del e – learning, para

amplias capas de la población, sobre todo en el área rural y de capas de nivel socioeconómica bajo, el acceso a la red sea aún inferior.

Internet es un universo que contiene ilimitadas oportunidades siendo, claramente, un apoyo excepcional para que los estudiantes se independicen en su proceso formativo, decida el nivel e intensidad de comunicación precisa y aprenda como aprender.

1.7 Las TIC dentro del modelo e-learning

Siglos atrás se ha definido como una persona alfabetizada a toda aquella que dominaba los códigos de acceso a la cultura escrita o impresa (saber leer), y que a la vez tuviera las habilidades para comunicarse a través del lenguaje textual (saber escribir). El mundo de hoy, plantea otros lenguajes de expresión que no son sólo el lenguaje escrito, sino también el audiovisual y por medio de otras formas y soportes de representación como es el multimedia. Por lo anterior, el dominio solo de la lectoescritura parece ser insuficiente, ya que solamente permite acceder a una parte de la información de nuestra sociedad. Una persona analfabeta tecnológicamente que no esté cualificado para el uso de las TIC queda al margen de la red de comunicación que ofrecen las nuevas tecnologías.

Este analfabetismo tecnológico traerá, mayores dificultades en el acceso y promoción en el mercado laboral, educación y vulnerabilidad ante la manipulación informativa e incapacidad para la utilización de los recursos digitales.

El avance y prosperidad económica de un país depende tanto de su desarrollo tecnológico como de la existencia de recursos cualificados. Por consiguiente, la formación profesional y ocupacional debe incorporar a esta realidad tecnológica en sus planes y procesos formativos con medidas como:

- Introducir y preparar a los trabajadores en el conocimiento y uso laboral de las nuevas tecnologías de comunicación, como un aprendizaje básico a todos los niveles ocupacionales.
- Mejorar la calidad de los procesos de formación y aprendizaje apoyando la actividad de los profesores con el uso de las TIC.
- Establecer y desarrollar cursos específicos de formación para puestos laborales de nueva creación con el teletrabajo.
- Implementar redes de telecomunicaciones e informática dirigidas a la formación de distintos ámbitos ocupacionales, abiertas al acceso a los distintos sectores del mundo laboral.

Pero, concebir la formación y la alfabetización de la población en la cultura digital únicamente con argumentos de tipo económico y de dominio instrumental de hardware y software de las TIC es reducir al ciudadano a ser un consumidor de información y productos digitales. Consumir información, pero sin criterios intelectuales ni morales conduce, irremediabilmente, hacia la alineación cultura y social.

Como ejemplo en España muchos jóvenes y adultos están incorporándose a las TIC, claro ejemplo es el uso de Internet, donde la edad es materia importante. Este uso tiende a decrecer con la edad (Figura 1.5). Pero su aprovechamiento viene a ser centrado exclusivamente en el consumo de ocio. Estos datos muestran que la población joven es el que más hace uso de Internet y accede a

servicios digitales, pero que no significa necesariamente ser usuario inteligente y culto con posibilidades tecnológicas de la sociedad de la información.

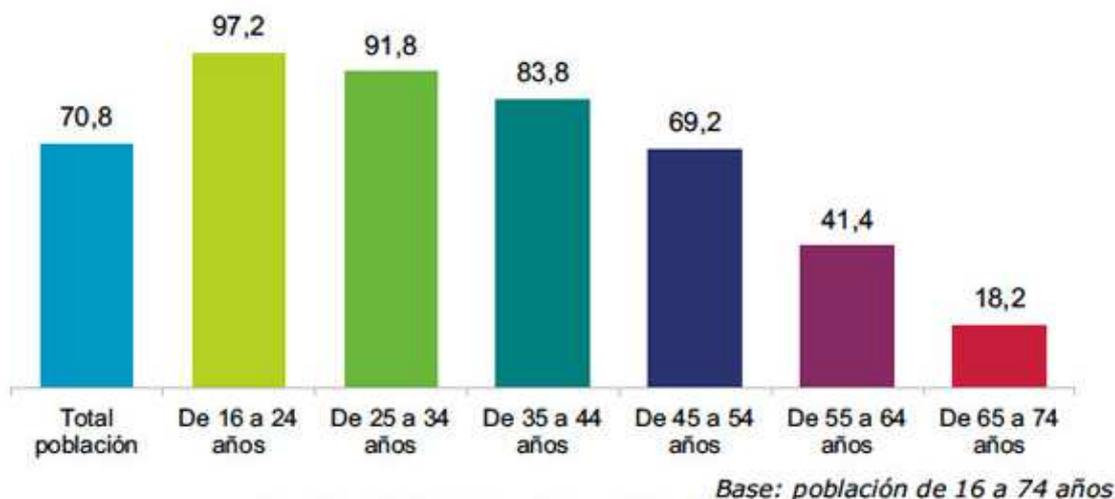


Figura 1.5 “Usuarios de Internet por grupos de edad”

Fuente: ONTSI sobre datos del Instituto Nacional de Estadística (INE), 2009

Un modelo educativo integral en relación a cualificar y alfabetizar en el uso de las nuevas tecnologías debería desarrollar cuatro ámbitos o dimensiones formativas.

- Dimensión instrumental: se refiere al dominio técnico de cada tecnología (conocimiento práctico de hardware y software que emplea cada medio).
- Dimensión cognitiva: referente a la adquisición de los conocimientos y habilidades específicas que permitan buscar, seleccionar, analizar, comprender y recrear la enorme cantidad de información a la que se accede de forma inteligente a la información.
- Dimensión actitudinal: relativa al desarrollo de un conjunto de valores y actitudes hacia la tecnología, de modo que no se caiga ni en posicionamiento tecno – fóbico, ni en una actitud de aceptación acrítica y sumisa de la misma.
- Dimensión política: con relación a la toma de conciencia de que las TIC no son neutrales desde el punto de vista social, sino que las mismas inciden significativamente en el entorno cultural y político de nuestra sociedad.

La meta educativa de la alfabetización, será formar personas que sepan desenvolverse crítica e inteligentemente a través de las redes de cómputo, de modo tal que no estén indefensos intelectual y culturalmente ante las mismas.

La educación no formal es un sentido pedagógico de primer orden para atender las necesidades formativas de los sectores sociales que se encuentran fuera del sistema escolar: ancianos, adultos en edad laboral, jóvenes de edad extraescolar, minorías, emigrantes, mujeres, etc. Es en especial a las mujeres donde se proponen grandes beneficios con el uso de las TIC. Esto podría ocurrir directa o indirectamente, por ejemplo al promover la equidad de género en las TIC relacionado con

la educación, preparación y acceso; causan un desarrollo por parte de ellas en actividades económicas. Pero todavía, existe una disparidad en cuanto al uso de Internet entre hombres y mujeres (figura 1.6), donde se muestra un porcentaje mayor en los rubros de uso de computadora, uso de Internet y frecuencia del mismo por parte del hombre en comparación con la mujer.

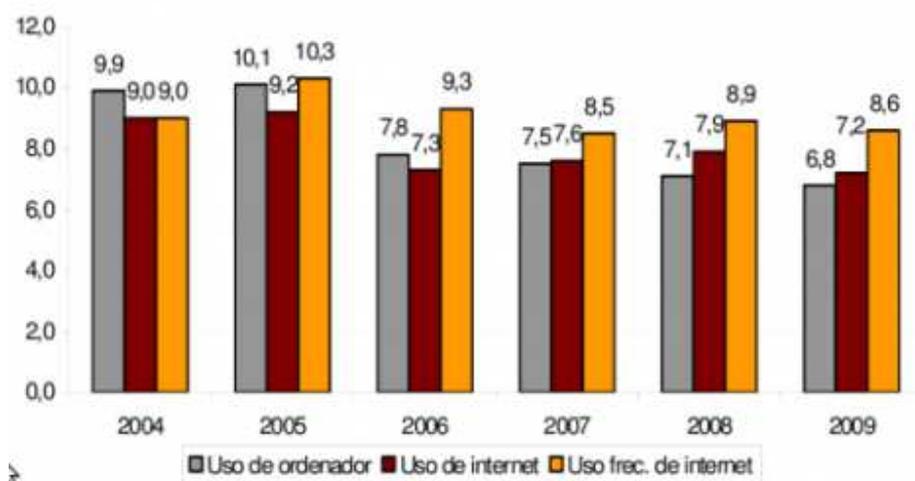


Figura 1.6 “La brecha digital de género”

Fuente: Encuesta sobre Equipamiento y Uso de Tecnologías de la Información y Comunicación en los hogares, Instituto Nacional de Estadística, 2009.

Las razones anteriores demuestran que la simple alfabetización en tecnología no significa una mejor calidad de vida de las personas, sino está acompañada de una educación integral que les permita tomar decisiones y participar en la sociedad de manera activa y responsable. El estudio realizado por la OCDE (2010), demuestra que el uso de Internet se incrementa con el nivel de educación (figura 1.7), así queda de manifiesto que no sólo la alfabetización tecnológica ha de resarcir el rezago en educación y en el uso de las TIC, sino va acompañada a un sistema educativo de calidad incluyente a todos los sectores de la población.

En relación al nivel académico de los sujetos encuestados con la brecha digital, la figura 1.7, evidencia que las personas que menos usan Internet son aquellas que solo han cursado estudios de primaria, y aquellas que tienen estudios de postgrado son las que hacen un mayor uso de Internet, lo cual se relaciona con el estudio realizado por ALADI (Asociación Latinoamericana de Integración, 2003) citado por González (2005), en donde se indica que a medida que el nivel educativo es mayor, existe una mayor posibilidad de acceder a las tecnologías

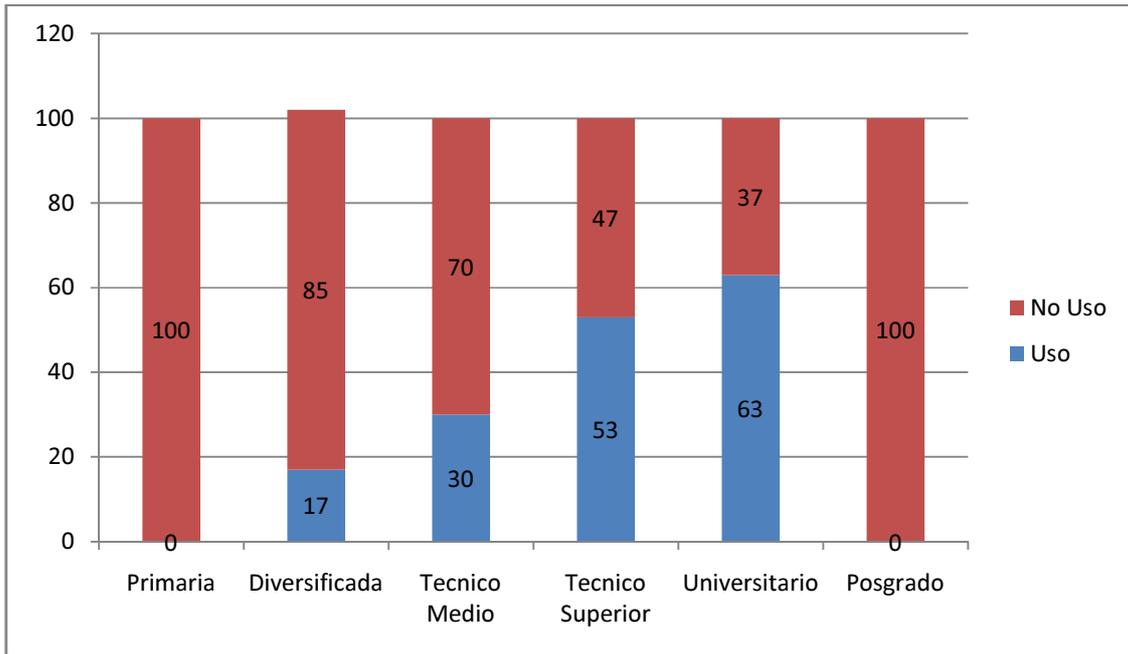


Figura 1.7 “Uso de Internet por nivel educativo”

Estadística de la OCDE, 2010

Capítulo 2

Infraestructura para el E-Learning

El e – learning o la enseñanza a distancia, gracias al crecimiento de Internet y la aparición de la banda ancha posibilita ofrecer contenido educativo de mayor riqueza y de manera más económica.

Anteriormente, la enseñanza a distancia se realizaba a través de la televisión, mediante líneas arrendadas o videoconferencia por RDSI, la enseñanza por Internet ofrece nuevas posibilidades de superar la simple imitación de la distribución unidireccional de contenido del pasado, ya que permite la creación de soluciones realmente interactivas y de multimedios para la enseñanza a distancia.

El e –learning abarca una serie de aplicaciones y procesos que utilizan las nuevas tecnologías disponibles para transmitir cursos y formación profesional. Este término abarca la enseñanza por computadora, la enseñanza por la Red y la utilización de tecnologías móviles.

Para llevar a cabo este “milagro educativo” es necesario la implementación de infraestructura que lo sustente, tal como los equipos de cómputo, dispositivos móviles, redes de energía eléctrica y sobre todo, la convergencia entre varias industrias, en especial, la industria de las telecomunicaciones, la industria de la tecnología informática y de la información, la industria del ocio, y equipos electrónicos para el público general.

Para ello se concibió la idea de la Infraestructura Mundial de la Información (GII, Global Information Infrastructure) que permita a las personas utilizar un conjunto de servicios de comunicaciones que concedan una gama abierta de aplicaciones que abarquen todos los modelos de información, sin importar el momento y el lugar, con costos y calidad aceptables. Además, la GII tiene como otro objetivo establecer un consenso internacional sobre principios comunes que rigen la necesidad de acceso a redes, aplicaciones, y su operatividad, equipos de procesamiento de la información, bases de datos y terminales interconectados que pueden inter – funcionar.

2.1 Redes de Nueva Generación (NGN)

La convergencia tecnológica en las telecomunicaciones ayuda a establecer una moderna manera de proveer nuevos y antiguos servicios a través de un solo núcleo de red, minimizando el número de protocolos de capa de red y permitiendo la combinación en el transporte de todos los tipos de tráfico dentro de un único núcleo de red común. Ahora, los usuarios pueden alternar de forma transparente entre redes fijas, móviles e inalámbricas. Los nuevos servicios supondrán acceso perfecto a Internet y a la PSTN (Public Switched Telephone Network, por sus siglas en inglés), las sesiones multimedia serán capaces de transferirse a lo largo de diferentes redes de acceso, sin ningún cambio obvio o interrupción en los servicios que son ofrecidos.

Todo esto es posible en Internet de Banda Ancha, que es la clave de estos cambios que empujan y establecen la entrega de aplicaciones multimedia en todos los tipos de redes. Internet se puede clasificar como una arquitectura lógica independiente de las características particulares de la red, que permite conectar redes de distinto tipo, de modo que los dispositivos y las personas puedan comunicarse sin que para ello tengan que conocer qué red están utilizando, o la forma de encaminar la información. Es decir, Internet es una creación conceptual, que consiste en protocolos y procedimientos que utilizan las redes constituyentes para interconectarse (Federal Networking Council, 1995).

La instalación de las Redes de la Próxima Generación (Next Generation Network, por siglas en inglés NGN), que utilizan el protocolo Internet (IP) proporcionan todas las características antes mencionadas y servicios telefónicos fijos, inalámbricos y móviles, así como de video, datos y de radiodifusión de televisión, que ofrecerá nuevas oportunidades de aumentar la capacidad de los sistemas de enseñanza a distancia o e – learning.

Las redes NGN no son sino un modelo de arquitectura de redes de referencia que debe permitir desarrollar toda gama de servicios IP multimedia de nueva generación (comunicaciones VoIP, video – comunicación, mensajerías integradas multimedia, integración de servicios IPTV, domótica, e – learning o aprendizaje virtual, etc) así como la evolución, migración en términos más o menos de sustitución o emulación de los actuales servicios de telecomunicaciones.

Alrededor del mundo, muchos operadores y vendedores han iniciado su instalación o migración y han propuesto definiciones diferentes. Como ejemplo, en la República de Corea, *Korea Telecom* utiliza el nombre de BcN (Broadband convergence Network, red de banda ancha convergente); pero la UIT ya ha definido la NGN para homogenizar el término. Según la UIT-T una NGN es:

“Una red de la próxima generación es una red basada en paquetes que permite prestar servicios de telecomunicación y en la que se pueden utilizar múltiples tecnologías de transporte de banda ancha propiciadas por la QoS, y en la que las funciones relacionadas con los servicios son independientes de las tecnologías subyacentes relacionadas con el transporte. Permite a los

usuarios el acceso sin trabas a redes y a proveedores de servicios y/o servicios de su elección. Se soporta movilidad generalizada que permitirá la prestación coherente y ubicua de servicios a los usuarios”.

Las redes NGN se desarrollaron con el objetivo de cumplir los siguientes requisitos:

- Promover una competencia justa.
- Alentar la inversión privada.
- Definir un marco para la arquitectura y capacidades que permitan cumplir diversos requisitos reglamentarios.
- Ofrecer un acceso abierto a las redes.

Todo esto para:

- Asegurar la prestación y el acceso universales a los servicios.
- Favorecer la igualdad de oportunidades de los ciudadanos.
- Promover la necesidad de cooperación mundial, con particular atención a los países con menos desarrollo.

La NGN brindará una capacidad (infraestructura, protocolos, etc.) que permitirán la creación, introducción y gestión de cualquier tipo de servicios (conocidos y aún desconocidos) posibles, sin importar que utilicen distintos tipos de medios (audio, video o ambos), con todos los tipos de esquemas de codificación y servicios. Todos estos, deben de soportarse dentro de las capacidades de las tecnologías de transporte, en donde los servicios tendrán diferentes demandas de tasa de transmisión, que van desde algunos kbits/s hasta centenares de Mbit/s.

Además, tendrá que soportar dispositivos terminales extremos existentes y “los que perciben la NGN”. Es decir, las terminales que se conectan a la NGN incluirán teléfonos analógicos, aparatos de facsímil, aparatos RDSI, teléfonos móviles celulares, dispositivos terminales GPRS, teléfonos Ethernet a través de PC, unidades de adaptación multimedia, etc.

Una característica importante de la NGN será la movilidad generalizada, que permitirá una prestación coherente de servicios a los usuarios, es decir será tomado como una única entidad aunque utilice diferentes tecnologías de acceso, sin importar sus tipos. Pero no es la única característica, la red NGN está caracterizada además por los siguientes aspectos:

- Transferencia basada en paquetes.
- Arquitectura de red horizontal basada en una división diáfana de los planos de transporte, control / aplicación (figura 2.1).
- Separación de las funciones de control de capacidades de portadora, llamada/sesión y aplicación/servicio.
- La disociación de provisión de servicios de transporte, y abasto de interfaces abiertas.
- El plano de transporte estará basado en tecnología de conmutación de paquetes IP / MPLS
- Soporte para un amplio rango de servicios, aplicaciones y mecanismos basados en bloques de construcción de servicios (incluyendo, tiempo real / tráfico / servicios en tiempo no real y multimedia).
- Capacidades de ancho de banda con QoS extremo a extremo y transparencia.
- Interconexión con redes heredadas por medio de interfaces abiertas.
- Movilidad generalizada.
- Ninguna restricción de acceso a usuarios de diferentes proveedores de servicios.

- Una variedad de planes de identificación, los cuales pueden ser resueltos a direcciones IP para propósito de encaminado en redes IP.
- Convergencia de servicios entre redes móviles y fijas.
- Independencia de las funciones relacionadas a servicios de las tecnologías de transporte subyacentes.
- Soporte de múltiples tecnologías de última milla.
- Cumple con todos los requerimientos regulatorios, por ejemplo, lo concerniente a las comunicaciones de emergencia y seguridad / privacidad, etcétera.
- Migración de las redes actuales a NGN.

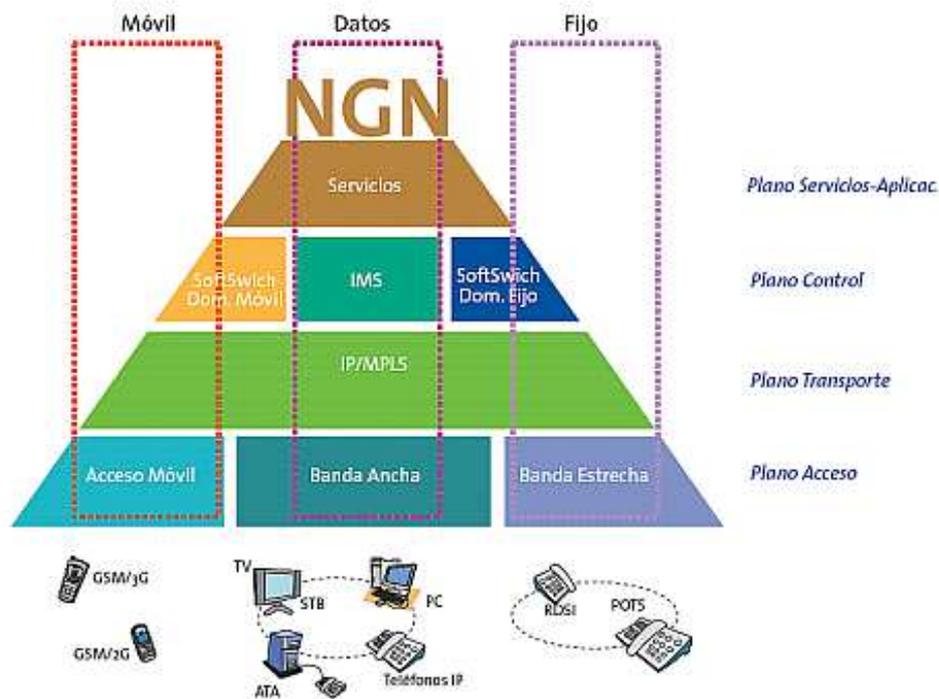


Figura 2.1 “Arquitectura funcional de redes NGN”

En la figura anterior, se observa la característica primordial de la NGN que es la separación entre los servicios y el transporte, de tal manera que los servicios puedan ofrecerse y evolucionar por separado sin importar la tecnología de transporte. A continuación se describe brevemente cada uno de los estratos mencionados anteriormente:

- Estrato de servicio: Parte de la NGN que provee funciones de usuario para transferir datos relacionados con el servicio y las funciones que controlan y gestionan los recursos de servicio y los mismos servicios de red que facilitan los servicios de usuario y aplicaciones. Los servicios de usuario pueden llevarse a cabo por repeticiones de múltiples capas de

servicio dentro del estrato de servicio. Este estrato consta de la aplicación y sus servicios que funcionan entre entidades pares. Como ejemplo, los servicios pueden estar relacionados con aplicaciones de voz, datos, video, dispuestos por separado o combinados como las aplicaciones multimedia.

- Estrato de transporte: Parte de la NGN que proporciona las funciones de usuario que transfieren datos y las funciones que controlan y gestionan los recursos de transporte que transportan los datos entre entidades terminales. Los datos así transportados pueden ser información de usuario, de control y/o gestión. Pueden establecerse asociaciones dinámicas o estáticas para controlar y/o gestionar la transferencia de información entre dichas entidades.

Tanto para el estrato de servicio y transporte de la NGN, cada una se compone conceptualmente de un plano de datos (o usuario), un plano de control y un plano de gestión que pueden identificarse lógicamente (figura 2.2)

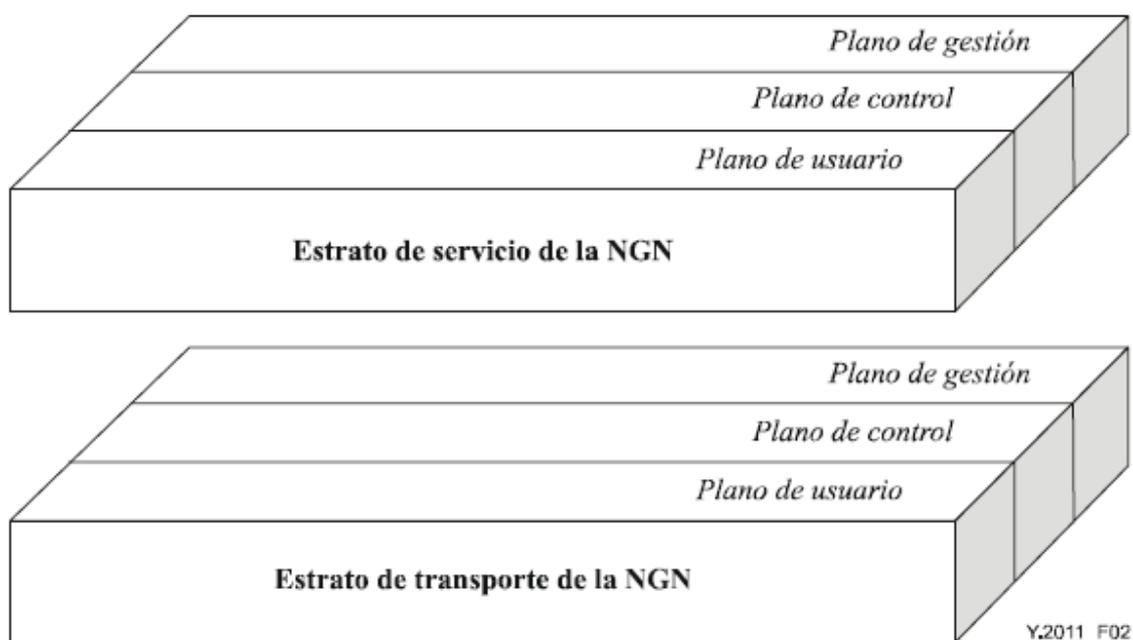


Figura 2.2 "Planos de función en redes NGN"

En el contexto de la gestión y control de la NGN es importante definir lo siguiente:

- Plano de gestión: unión del plano del estrato de servicio y el plano de gestión del estrato de transporte.
- Plano de control: unión del plano del estrato de servicio y el plano de control del estrato de transporte.

El tratamiento a los puntos de vista de implementación, la gestión y el control de la NGN quedan fuera del alcance de esta tesis, por lo que la persona interesada puede consultar la bibliografía referente al tema.

Como se puede vislumbrar, las redes NGN no se conceptualizan como una arquitectura física, sino como una arquitectura lógica, que funciona como referencia para su implementación. En el diagrama (figura 2.3) se muestra esta arquitectura.

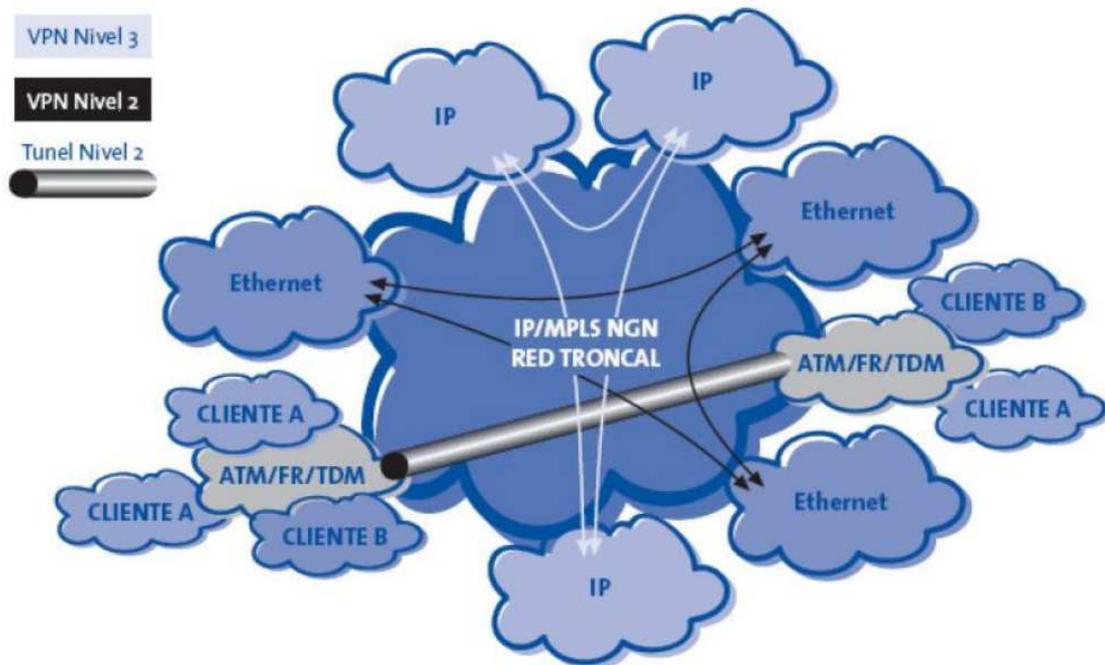


Figura 2.3 “Interacción de redes NGN con otras redes”

2.1.1 Estrato de servicios y aplicaciones

En la actualidad, las nuevas aplicaciones y servicios han creado necesidades que originalmente no fueron consideradas en el diseño de la de la primera generación de red de paquetes. Por lo tanto, la evolución desde las redes tradicionales hacia NGN se fundamenta en la convergencia de aplicaciones y servicios soportados y transportados sobre diferentes redes de acceso y núcleo, hacia una red unificada con capacidad de soportar cualquier servicio.

La convergencia de servicios empezó cuando los proveedores de servicios hicieron grandes inversiones en infraestructura para soportar el transporte de voz sobre IP en sus redes y ofrecer nuevos servicios de valor agregado que, poco a poco fueron insuficientes para sus clientes.

En la actualidad han sido implementadas tecnologías triple – play (voz, datos y video) sobre una misma infraestructura y la idea es avanzar a cuádruple – play (voz, datos, video y movilidad), para llegar a n – play (cualquier servicio en cualquier dispositivo, en cualquier lugar).

A partir de esta convergencia podemos inferir los tipos de características de los servicios y capacidades que serán importantes en los ambientes NGN al examinar las tendencias actuales de la industria relacionadas con los servicios.

La principal meta será permitir a los usuarios conseguir la información que ellos desean que se encuentra contenida en la red, proporcionando cualquier facilidad en cuanto al formato / medio, momento, lugar y volumen. Basado en las tendencias mencionadas anteriormente, los siguientes puntos son un sumario de las características de muchos servicios que probablemente serán importantes en un ambiente NGN:

- Comunicaciones ubicuas, en tiempo real y multimedia: la única alternativa que se presenta ante la tendencia de tener comunicaciones semejantes a las que tenemos persona a persona. Esto requerirá un dramático incremento de ancho de banda.
- Mayor “*inteligencia personal*” distribuida a través de la red: esto incluye aplicaciones donde los usuarios pueden acceder a sus perfiles personales (ejemplo, suscripción a la información y referencias personales), aprender de sus patrones de comportamiento, y mejorar funciones específicas a favor de ellos (ejemplo, agentes inteligentes que los notifican de eventos específicos y búsqueda de contenido de acuerdo a sus interés).
- Mayor “*inteligencia de la red*” distribuida a través de la red: se incluye aplicaciones que permitirán el acceso y el control de los servicios de la red, contenido y recursos. Puede también mejorar algunas funciones específicas a favor de un servicio o un proveedor de red (ejemplo, agentes administradores que monitorean los recursos de la red, recolectando datos de uso, provee resolución a problemas, o agente de nuevos servicios/contenidos de otros proveedores).
- Mayor simplicidad para los usuarios: esto protege a los usuarios de la complejidad y cantidad de información. Permite una mayor facilidad en el acceso y uso de la red con la inclusión de interfaces que concede una interacción natural entre los usuarios y la red.
- Administración y caracterización personal de los servicios: incluye a los usuarios a la capacidad de administrar su uso y reparto de información, caracterizar el uso de sus interfaces, la presentación y comportamiento de sus aplicaciones, y crear y promover nuevas aplicaciones.
- Administración inteligente de la información: esto ayuda a los usuarios en el manejo de la información sobrecargada al proporcionarle la habilidad de buscar, filtrar contenido, administrar mensajes o datos de cualquier medio, e información de mensajes personales (ejemplo, calendario, lista de contactos, etc.).

Los servicios convergentes en NGN pueden ser clasificados en servicios residenciales, empresariales y móviles.

Servicios residenciales

Para maximizar la penetración de los servicios de un proveedor y reducir la pérdida de clientes, los proveedores de servicios tienen como estrategia ofertar una serie completa de paquetes conocidos como triple – play, a los abonados residenciales que incluyen:

- Voz
- Internet de alta velocidad
- Broadcast TV
- Video bajo demanda (VoD)

Estos paquetes de servicios son ofrecidos a precios atractivos (más accesibles que adquirir los servicios por separado), y fomentan su compra por parte de los abonados a un solo proveedor.

La integración de servicios multimedia es juega un papel fundamental en la convergencia de la red a IP. Por ejemplo, los servicios de voz convencionales son reemplazados por sistemas de VoIP; los servicios de video son entregados por medio de IPTV y VoD – IP.

Servicios empresariales

Los abonados residenciales son la base de los clientes para la mayoría de los proveedores de servicios, para algunos de estos los usuarios empresariales son su principal segmento de mercado. Actualmente, los principales servicios prestados a las empresas y proporcionados por la red son los siguientes:

- MPLS VPN
- Carrier Ethernet
- Administración de servicios

En esencia, para las empresas los servicios que los operadores les ofrecen se enmarcan en un ancho de banda dedicado, red empresarial segura y calidad de servicio (QoS).

Servicios móviles

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

La tendencia general de la industria se dirige a que todo servicio pueda ser entregado en cualquier pantalla, además de disfrutar la personalización de las aplicaciones multimedia, integradas para negocios y entretenimiento. Se presenta el esquema (figura 2.4) de la evolución de los servicios en varias líneas de las tecnologías de telecomunicaciones, como IPTV, telefonía y servicios multimedia, relacionados con las redes fijas, móviles, Internet de alta velocidad (HSI) y servicios en los negocios.



Figura 2.5 “Evolución comercial de las tecnologías de acceso”

Fuente: GAPTEL

La convergencia ocurre a nivel tecnológico para poder soportar nuevos e innovadores servicios. La convergencia hacia NGN facilitan por ejemplo, la convergencia de las redes tradicionales de voz y video hacia redes que garanticen la misma calidad, pero en una red IP integrada. También que permitirá que el usuario pueda moverse con sus servicios de localidad o dispositivo. Esta convergencia de voz y datos ha permitido nuevas eficiencias (por ejemplo, reducción de costos), en el cual, la convergencia de servicios hará que los proveedores puedan distribuir nuevos e innovadores servicios a cualquier dispositivo sobre cualquier tipo de red de acceso; y donde los abonados se definirán por su perfil y presencia en la red.

Por lo tanto, basándose en la separación de los servicios y del transporte NGN, dicha convergencia se centrará en las técnicas de transmisión de datos y funciones de la red, y no en la definición de contenido.

Los servicios que deben soportar las NGNs han sido descritos por ITU – T FGNGN WG1 SR7 y se presentan a continuación:

1) Servicios interactivos

- Servicios de conversación en tiempo real.
- Servicios interactivos de multimedia punto a punto, incluyendo voz en tiempo real interactiva, video y otros medios (por ejemplo, video teléfono).
- Servicios de comunicación colaborativos (servicios de conferencia con multimedia con intercambio de archivos y aplicaciones, e – learning, juegos, etcétera).
- Push to talk sobre NGN (PoN).
- Mensajería instantánea (IM) y servicios de mensajería (SMS, MMS, etc.).
- Mensajería en grupo.
- Servicios existentes sobre PSTN/ISDN (emulación y simulación PSTN/ISDN).
- Servicios de comunicación de datos (transferencia de archivos, fax, mail electrónico, etc.).

- Aplicaciones en línea (ventas en línea, comercio electrónico, etc.).
 - Servicios de activación por voz.
- 2) Servicios no interactivos
- Servicios de entrada de contenido (radio y video streaming, video y música bajo demanda, distribución de canales de TV digital, distribución de información financiera, distribución de imágenes médicas y profesionales, publicidad electrónica).
 - Servicios de redes de sensores.
 - Servicios "Push"
 - Servicios de acciones de control remotas, tales como aplicaciones de control de hogar, telemetría, alarmas, etc.
 - Servicios de Broadcast/Multicast.
 - Administración de dispositivos de red.
- 3) Servicios mixtos
- Servicios de VPN.
 - Servicios administrados para empresas (IP Centrex, etc.).
 - Servicios de información (información de boletos para el cine, estado del tráfico, servicios avanzados de "push", etc.).
 - Servicios generales de presencia y notificación (visualización de contactos de un usuario, su estado actual y en fin, cualquier servicio relacionado con notificaciones).
 - Servicios soportados en OSA para 3GPPRelease 6 y 3GPP2.
- 4) Servicios de red
- Servicios Básicos de Transporte (BTS) proveen conectividad básica punto a punto, punto – multipunto. En cuanto a los aspectos básicos del transporte incluyen servicios mejor esfuerzo, seguridad limitada, etc.
 - Servicios de transporte mejorado (ETS): proveen los servicios de conectividad básicos, pero adicionalmente garantizan servicios diferidos como QoS, nivel de seguridad avanzada y acceso a VPN.
- 5) Servicios regulados
- Servicios de telecomunicaciones de emergencia (ciudadano a autoridades, entre autoridades, y autoridades a ciudadanos).
 - Servicios de interceptación legal.
 - Servicios de emisión de alerta de emergencia.

La convergencia antes mencionada requiere de una red inteligente que identifique a los usuarios y no a los dispositivos. Los usuarios, vistos desde de lado de la red, son un conjunto de UEs con un determinado número de servicios disponibles y preferencias que describen cómo se les entrega los servicios según el dispositivo con el cual se conectan a la red. Por tal motivo se incluye el perfil de los usuarios en el plano de servicios. Este es el encargado de almacenar toda la información

acerca del usuario, y comprende los servicios a los que está suscrito y sus preferencias en cuanto a la interacción deseada con la red.

Los subsistemas que componen a una NGN para cambiar radicalmente la entrega de servicios son el subsistema PSTN/ISDN, (Emulation and Simulation (PES)), IMS y otros subsistemas. Éstos últimos no están definidos dentro de la arquitectura NGN, pero pueden ser cualquier subsistema capaz de ofrecer servicios. PES, como su nombre lo indica, es el encargado de emular y simular los servicios digitales que ofrece la telefonía tradicional. La simulación permite a clientes que cuentan con el Protocolo de Iniciación de Sesión (SessionInitiationProtocol: SIP) tener acceso a servicios de la Red Telefónica Tradicional (PublicSwitchedTelephone Network: PSTN) y la Red Digital de Servicios Integrados (IntegratedServices Digital Network: ISDN), mientras que la emulación permite lo contrario: que clientes PSTN/ISDN tengan acceso a servicios únicamente disponibles a clientes SIP.

2.1.2 Estrato de Transporte

Las funciones del estrato de transporte es proveer la conectividad a todos los componentes y a las funciones separadas físicamente dentro de la NGN. Estas funciones proporcionan soporte a transferencias unidifusión y/o multidifusión de información multimedia, al igual que la transferencia de información de administración y de control.

A lo anterior, el estrato de transporte suministra la interconectividad con otras redes, tal como la PSTN/ISDN, la Internet pública, otra NGN, etcétera; por medio de interfaces abiertas. Se compone por dos subsistemas el Network AttachmentSubsystem (NASS) y el Resource and Administration Control Subsystem (RACS).

NASS es responsable de establecer las condiciones con las cuales se comunica cada UE con la red. Esto es posible mediante la autenticación y autorización de las configuraciones del UE junto con la asignación dinámica y reservación de recursos vía IP. NASS es el encargado de configurar la red en función de las necesidades del UE. RACS se encarga de asignar los recursos que solicita el UE, así como la administración y el control de dichos recursos. RACS es principalmente el encargado de establecer las políticas entre los planos de señalización, multimedia y distintos gateways para lograr reservar los recursos que requiere el usuario. Además, es el responsable de administrar la creación y destrucción de dichos recursos de manera eficiente. El funcionamiento de RACS es más amplio y detallado que el funcionamiento de NASS.

El estrato de transporte puede estar formado por un conjunto complejo de redes de capa, que constituyen las capas 1 a 3 del modelo de referencia básico OSI de 7 capas.

Las funciones particulares del estrato de transporte son:

- Conectividad entre usuarios.
- Conectividad entre usuarios y plataforma de servicios.
- Conectividad entre plataformas de servicio.

De manera general, en el estrato de transporte puede utilizarse cualquier tipo, o todos de ellos, de tecnologías de red, en particular las tecnologías de capa con conmutación de circuitos orientada a

la conexión (CO – CS, connection – orientedcircuit – switched), con conmutación de paquetes orientada a la conexión (CO – PS, connection – orientedpacket – switched) y con conmutación de paquetes sin conexión (CL – PS, connectionlesspacket – switched). En el marco de las NGN se considera que el protocolo Internet (IP) puede ser el protocolo preferido para la prestación de servicios NGN así como para el soporte de servicios tradicionales.

2.1.1.1 IP (Protocolo de Internet)

Debido a la exposición de Internet, la demanda de capacidad de transmisión se está incrementando exponencialmente y el núcleo de la red IP de siguiente generación puede permitir un substancial incremento en las tasas de transmisión demandadas hoy en día.

Este proceso de expansión de Internet o evolución de las redes tradicionales hacia lo que se ha dado por llamar arquitectura All – IP se ha producido de una forma más o menos sincronizada en todos los sectores de telecomunicaciones, motivado fundamentalmente por una serie de factores como son:

- La necesidad de reducir los costos respecto a los modelos actuales.
- La necesidad de compartir infraestructuras entre distintas unidades de negocio.
- La preponderancia cada vez mayor del modelo Internet.
- La necesidad de establecer la convergencia y compatibilidad entre las distintas redes.
- La necesidad de acelerar los procesos de creación y puesta en marcha de las aplicaciones y servicios.
- La necesidad de simplificar y unificar la gestión, la operación y el mantenimiento de los servicios.

Queda expuesta de la tendencia observada en los últimos años hacia las soluciones basadas en redes IP, dentro de modelo “*Todo IP*” (All –IP), y que son comunes para todo tipo de servicios y entornos. Sin embargo, es vital reconocer que el éxito de esta transición al modelo All – IP vendrá condicionado, en gran medida, por una necesaria evolución en el modelo de red IP hacia la NGN.

Cuando se refiere a un “núcleo de red IP” significa una red que puede soportar la capacidad de transferir el protocolo IP entre redes de acceso y una “red de núcleo de transporte IP” que constituye una red que puede soportar tráfico IP con una funcionalidad debajo de la capa 2 del modelo de referencia OSI.

IP son las siglas de Internet Protocol o Protocolo de Internet. Es una tecnología de nivel de red en el modelo OSI según se muestra en la figura 2.6) y, por lo tanto, está diseñada para trabajar sobre el conjunto de protocolos de enlace de datos que entre los que se pueden mencionar los relacionados con las LAN tradicionales. También opera sobre líneas de fibra óptica de alta velocidad empleando PPP (Point to Point Protocolo, por sus siglas en Inglés) y HDLC (High Level Data Link Control).



Figura 2.6 “Modelo OSI”

Existen dos protocolos de capa de transporte dentro del modelo OSI que son muy empleados para transmitir IP:

- TCP: “Transmission Control Protocol” (TELNET “Telecommunications Network”, FTP “File Transfer Protocol”, rlogin “remote login”, etc.).
- UDP: “User Datagram Protocol” (SNMP “Simple Network Management Protocol”, TFTP “Trivial File Transfer Protocol”, etc.).

Estos dos pilas de protocolos son los más recurrentes en las comunicaciones IP, donde cada uno de ellos desempeña una función determinante, pero sólo el primero garantiza la fiabilidad de la conexión extremo a extremo dado que hay que recordar que IP en sí no garantiza la transmisión y reorganización fiable extremo a extremo, pues eso le corresponde a la capa de transporte.

Para comprender el funcionamiento general de IP y como ésta se implementa en diversas tecnologías de transporte es necesario conocer algunos conceptos básicos de IP, tal como:

- Enrutamiento.
- Direccionamiento.

Encaminamiento IP

La información en IP se transporta en forma de paquetes y el elemento clave de la red es el “router”.

Un router (figura 2.7) es un tipo de dispositivo de “*internetworking*” que pasa paquetes de datos entre dos redes basándose de direcciones de la capa 3. Al trabajar en la capa 3 permite al router tomar decisiones basándose en las direcciones de red, en lugar de las direcciones MAC individuales de la capa 2. Los routers conectan con frecuencia con conexiones serie y ATM (Modo

de transferencia síncrona). Sin embargo, debido a su capacidad de encaminar paquetes en base a la información de capa 3, los routers se han convertido en el *“backbone”* de Internet y ejecuta el protocolo IP.



Figura 2.7 “Router o Encaminador sobre un equipo modular Cisco Catalyst 6000”

El propósito del router es examinar los paquetes entrantes (datos de capa 3), elegir la mejor ruta para ellos a través de la red y, después, conmutarlos al puerto de salida apropiado. Los routers son el dispositivo regulador de tráfico más importante en las redes grandes. Virtualmente, permiten que cualquier computadora se comunique con otro en cualquier parte del mundo.

El router encamina los paquetes procedentes de un enlace de entrada hacia un enlace de salida. Por ello, cada router mantiene una tabla de encaminamiento que posee, en virtud del destino final, una o más asignaciones de valores de nodos adyacentes hacia los cuales puede enviarse el paquete a la salida del nodo actual. Así, cuando el paquete llega al router, éste inspecciona su cabecera IP de donde extrae la dirección del nodo de destino final del paquete. Con esta, la información se va a la tabla de encaminamiento y se determina el nodo adyacente al cual ha de enviarse el paquete y una vez determinado, se encamina éste hacia él, como se muestra en la figura 2.8

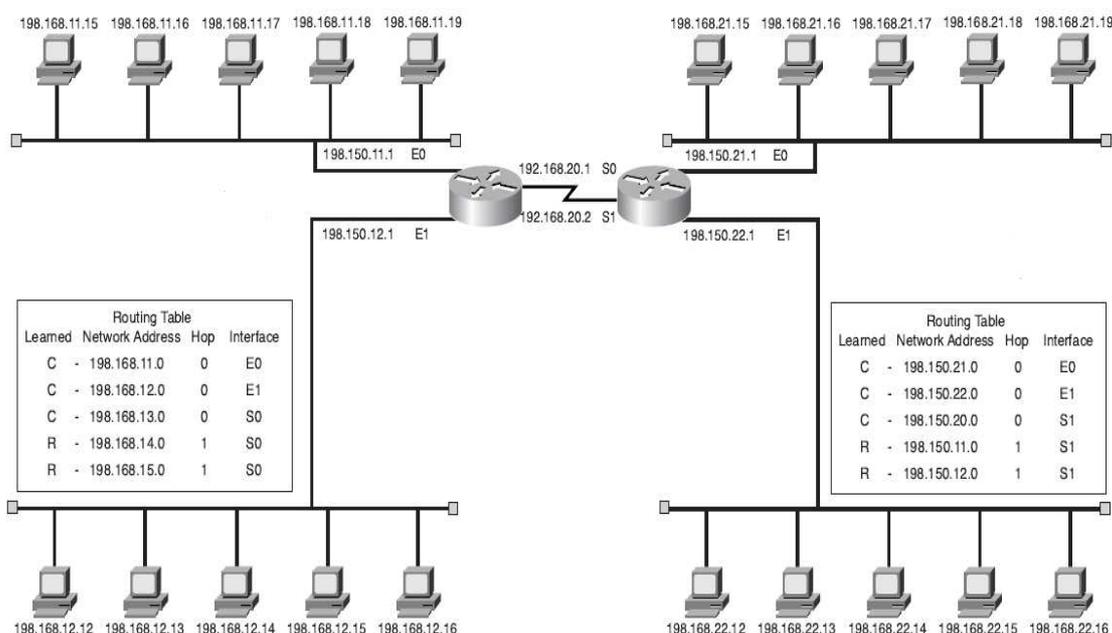


Figura 2.8 “Encaminamiento IP entre dos routers”

Un aspecto esencial para el funcionamiento de la red IP es por tanto el mantenimiento de estas tablas de encaminamiento.

Los cambios en la red se producen de forma frecuente con el tiempo, por lo que los routers detectan instantáneamente estos cambios y actualizan sus tablas empleando un protocolo de encaminamiento distribuido y dinámico. Este protocolo funciona de la siguiente manera: cada router es capaz de verificar si los enlaces a sus routers vecinos están disponibles o no, cada vez que el router detecta un cambio de dichos enlaces genera un paquete de estado de enlace (Link Status Packet, LSP) y lo envía a todos los routers de la red (realmente solo lo envía a los routers que pertenecen a su dominio) esta técnica se denomina “inundación” (“flooding”) y se emplea para diseminar esta información por toda la red. Cada nodo al recibir un paquete de este tipo lo envía a través de los enlaces que le comunican con sus nodos adyacentes, excepto por aquel por donde recibe. Cada nodo emplea esta información para actualizar su tabla de encaminamiento y tener constancia en todo instante del estado de la red. Los paquetes de estado de red van numerados para evitar que se inviertan informaciones, cosa que puede suceder, si por causa de los retardos en la red llega antes un LSP generado más tarde que otro. Con la información de los LSP cada nodo tiene una visión de la topología de la red que emplea para conmutar los caminos más cortos que parten desde él y llegan a los demás nodos. Este tipo de protocolos se denominan intra – dominio y dentro de ellos están “Primero la ruta libre más corta”(Open ShortestPathFirst, OSPF) uno de los más conocidos.

Existen otros algoritmos llamados “Vector – Distancia” para actualizar la información de encaminamiento. En estos, cada router comienza con un conjunto de rutas para aquellas con las que está directamente conectado. Esta lista se guarda en una tabla, en la que cada entrada identifica una red o host de destino y la “distancia” a ella. Esta distancia se denomina “métrica” y se mide normalmente en saltos. Constantemente, cada router envía una copia de su tabla de

encaminamiento a cualquier otro router que pueda alcanzar directamente. Cuando un informe le llega al router B del A, B examina el conjunto de destinos que recibe y la distancia a cada uno. B actualizará su tabla de encaminamiento si:

- A conoce un camino más corto a cada destino.
- A lista un destino que B no tiene en su tabla.
- La distancia de A a un destino desde B pasando por A ha cambiado.

El protocolo de implementación directa de los algoritmos de encaminamiento vector – distancia para LANs es el “Protocolo de Encaminamiento de Información” (Routing Information Protocol, RIP) y emplea UDP como protocolo de transporte para sus mensajes de información (datagramas UDP).

Por motivos de tamaño y operatividad, la red se divide en múltiples dominios interconectados. Cada uno de ellos es un sistema autónomo. Para comunicar estos dominios entre si se emplean protocolos de encaminamiento inter – dominio de entre los cuales destaca BGP o “*Border Gateway Protocol*”.

Direccionamiento IP

IP envía los paquetes desde la red en la que se originan a la red de destino. Por tal motivo, este esquema de direccionamiento debe incluir un identificador para ambas redes, la de origen y destino. Gracias al identificador de la red de destino, IP es capaz de entregar un paquete a dicha red. Cuando un paquete llega a un router conectada a la red de destino, IP debe localizar la computadora o host concreta conectada a esa red.

En consecuencia, cada dirección IP tiene dos partes (figura 2.9). Una parte identifica la red a la que el sistema está conectado, y una segunda parte identifica ese sistema en particular dentro de la red. Este tipo de direccionamiento se denomina “*dirección jerárquica*” porque contiene niveles diferentes. Cada octeto tiene un rango de 0 a 255. Cada octeto se divide en 256 subgrupos, y estos, a su vez, en otros 256 subgrupos con 256 direcciones cada uno. En referencia de grupo por encima de un grupo en la jerarquía, todos los grupos que se bifurcan desde esa dirección pueden referenciarse como una unidad sencilla. Una dirección IP combina esos dos identificadores en un número, que debe ser único porque no puede haber direcciones duplicadas. La primera parte identifica la dirección de red del sistema. La segunda, la parte de host, que se refiere a la máquina particular que se encuentra en esa red.

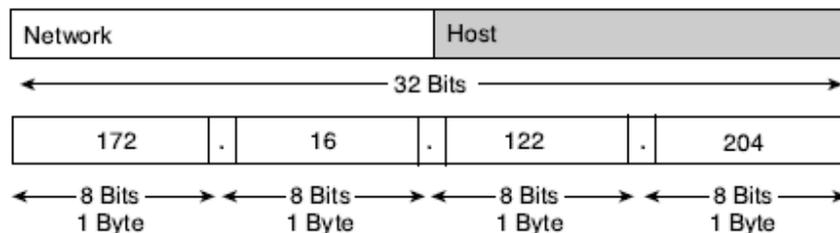


Figura 2.9 “División de una dirección IP entre red y equipo terminal”

Clases de direcciones IP

Para acomodar las redes de distintos tamaños y apoyar a su clasificación las direcciones IP están divididas en grupos denominados clases (figura 2.10). Es lo que se llama direccionamiento con clase. Cada dirección IP de 32 bits completa se divide en una parte de host. Un bit o una secuencia de bits al principio de cada dirección determinan la clase de la misma. Hay cinco clases de direcciones IP.

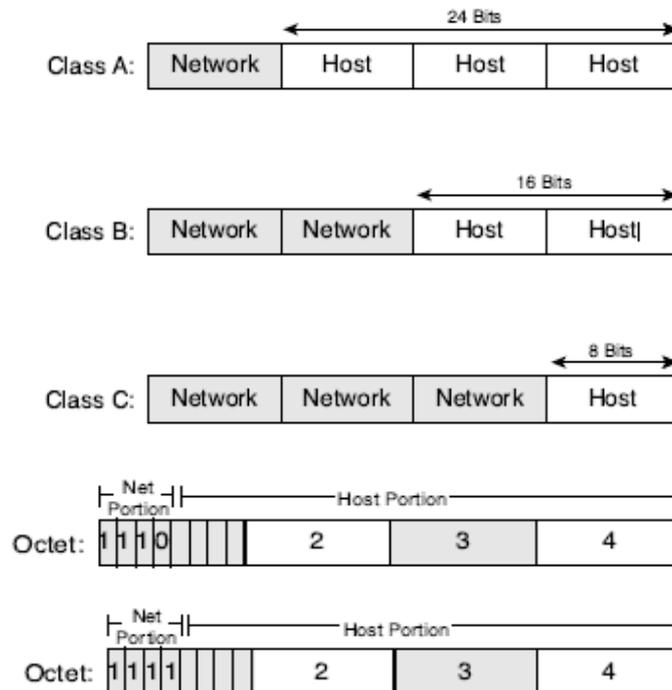


Figura 2.10 “Clases de direcciones IP”

Las direcciones de clase D se utilizan en grupos de difusión. No es necesario asignar octetos o bits para separar las direcciones de red y host. Las direcciones de clase E están reservadas únicamente para la investigación.

CIDR

Con el crecimiento exponencial de las redes IP, la Internet global en la cabeza, el espacio de direcciones IP disponible se estaba reduciendo y los routers centrales de Internet se estaban quedando sin capacidad. Para hacer frente a estos problemas se desarrolló CIDR.

CIDR sustituyó a los antiguos procesos de asignación de direcciones IP basadas en direcciones con clase, con un prefijo de red generalizado. En lugar de sólo limitarse a los prefijos de red de 8, 16 ó 24 bits, CIDR utiliza prefijos de 13 a 27 bits. Puede asignarse bloques de direcciones a redes pequeñas como las compuestas por 32 host, o aquellas con más de 500,000 hosts, lo que permite

que las organizaciones ajusten sus necesidades con una asignación de direcciones específicas para ellos.

Con CIDR, la notación de direcciones IP cambia un poco, ya que una dirección CIDR no sólo incluye la dirección IP de 32 bits estándar también información sobre cuántos bits se utilizan para el prefijo de red. Como ejemplo, la dirección CIDR 206.13.01.48/25, /25 indica que los primeros 25 bits identifican a la red, quedando el resto destinados a identificar el host específico. 206.13.01.48/25 también puede escribirse como 206.13.01.48 255.255.255.128.

Con lo anterior, un router utiliza el prefijo que describe el número de bits que son bits de red (los bits del principio, o prefijo, de la dirección) y los bits restantes son del hosts; dejando atrás el sistema con clases, donde el mismo router determinaba una clase de dirección y después identifica los octetos de red y host en base a esta clase. Con este nuevo formato, las partes de red y host de una dirección ya no están obligadas a utilizar el octeto completo.

CIDR mejora drásticamente la escalabilidad y eficacia IPv4 al proporcionar lo siguiente:

- Sustitución del direccionamiento con clase por un esquema sin clase u más flexible y con menos desperdicio de direcciones.
- Mejora la agregación de ruta, también conocida como “*supernetting*”

Con una simple combinación de una dirección y máscara de red, CIDR permite que los routers agreguen, o resuman, la información de encaminamiento, reduciéndose el tamaño de las tablas de encaminamiento del router. Sin CIDR y la agregación de ruta, un router debe mantener entradas individuales para las redes mostradas en la tabla 2.1 que servirá como ejemplo.

Direcciones	Primer octeto	Segundo octeto	Tercer octeto	Cuarto octeto
192.168.98.0	11000000	10101000	01100010	00000000
192.168.99.0	11000000	10101000	01100011	00000000
192.168.100.0	11000000	10101000	01100100	00000000
192.168.101.0	11000000	10101000	01100101	00000000
192.168.102.0	11000000	10101000	01100110	00000000
192.168.105.0	11000000	10101000	01101001	00000000

Tabla 2.1 “Descripción CIDR”

Las columnas sombreadas de la anterior tabla identifican los 16 bits que, basados en las reglas de clase, representan el número de red. Como se observa, los primeros 16 bits de cada uno de esos ocho números de red son únicos, un router con clase ve ocho redes únicas y debe crear una entrada en la tabla de encaminamiento para cada una.

Sin embargo, estas ocho redes tienen bits comunes, marcados en la parte sombreada. Si el último bit común, está definido por el prefijo, el router puede apuntar a un número común que representa

a muchas redes. Esto es lo que se conoce como “*resumen de ruta*” y ahorra espacio en las tablas de encaminamiento.

Un router compatible con CIDR puede resumir estas ocho redes utilizando un prefijo de 13 bits, que esas ocho redes (y sólo esas redes) comprenden:

10101100 00011

Para representar este prefijo en términos decimales, el resto de la dirección se rellena con ceros y, después, se empareja con una máscara de subred de 13 bits:

10101100 00011000 00000000 00000000 = 172.24.0.0

11111111 11111000 00000000 00000000 = 255.248.0.0

Solamente una dirección y máscara definen un prefijo sin clase que resume a las ocho redes 172.24.0.0/13

El resumen de ruta, puede mantener unas entradas de la tabla de encaminamiento manejables, beneficiándose en lo siguiente:

- Un encaminamiento más eficaz.
- Un número reducido de ciclos de CPU al recalcular una tabla de encaminamiento o al clasificar las entradas de dicha tabla en busca de una coincidencia.
- Requisitos reducidos en cuanto a la memoria del router.
- Asignación eficiente de direcciones.

El proceso de “*supernetting*” es la práctica de utilizar una máscara de bits para agrupar múltiples redes con clase como una sola dirección de red.

Máscara de subred de longitud variable (VLSM)

Las máscaras de subred de longitud variable (VLSM) se desarrollaron para permitir varios niveles de direcciones IP divididas en subredes dentro de una sola red. Esta estrategia sólo se puede utilizar cuando se soporta el protocolo de encaminamiento en uso, como OSPF y EIGRP (Protocolo de encaminamiento de Gateway interior mejorado).

Cuando una red IP tiene asignada más de una máscara de subred, es considerada como una red con máscaras de subred de longitud variable, superando la limitación de un número establecido de subredes de tamaño fijo impuesto por una sola máscara de subred de longitud variable.

La siguiente red (Tabla 2.2), la red 172.16.14.0/24 está dividida en subredes más pequeñas:

- Subredes con una máscara: /27
- Una /27 inutilizada se subdivide en tres subredes de /30

Subnet Name	Needed Size	Allocated Size	Address	Mask	Dec Mask	Assignable Range	Broadcast
A	27	30	172.16.14.0	/27	255.255.255.224	172.16.14.1 - 172.16.14.30	172.16.14.31
B	27	30	172.16.14.32	/27	255.255.255.224	172.16.14.33 - 172.16.14.62	172.16.14.63
C	27	30	172.16.14.64	/27	255.255.255.224	172.16.14.65 - 172.16.14.94	172.16.14.95
D	27	30	172.16.14.96	/27	255.255.255.224	172.16.14.97 - 172.16.14.126	172.16.14.127
E	27	30	172.16.14.128	/27	255.255.255.224	172.16.14.129 - 172.16.14.158	172.16.14.159
F	27	30	172.16.14.160	/27	255.255.255.224	172.16.14.161 - 172.16.14.190	172.16.14.191
G	27	30	172.16.14.192	/27	255.255.255.224	172.16.14.193 - 172.16.14.222	172.16.14.223
H	27	30	172.16.14.224	/27	255.255.255.224	172.16.14.225 - 172.16.14.254	172.16.14.255

Subnet Name	Needed Size	Allocated Size	Address	Mask	Dec Mask	Assignable Range	Broadcast
A	2	2	172.16.14.224	/30	255.255.255.252	172.16.14.225 - 172.16.14.226	172.16.14.227
B	2	2	172.16.14.228	/30	255.255.255.252	172.16.14.229 - 172.16.14.230	172.16.14.231
C	2	2	172.16.14.232	/30	255.255.255.252	172.16.14.233 - 172.16.14.234	172.16.14.235

Tabla 2.2 “Subnetting”

VLSM proporciona la posibilidad de incluir más de una máscara de subred de una red y la capacidad de dividir en subredes una dirección de red ya dividida en subredes. VLSM ofrece las siguientes ventajas.

- Uso más eficaz de las direcciones IP. Sin la implementación de VLSM, las organizaciones deben implementar una sola máscara de subredes dentro de un número de red clase A, B o C entero.
- Proporciona una mayor capacidad para resumir las rutas. VLSM otorga mayores niveles jerárquicos dentro de un plan de direccionamiento, lo que implica un encaminamiento más eficaz utilizando el resumen de ruta dentro de las tablas de encaminamiento. Por ejemplo, en la figura 2.2 la subred 172.16.14.0/24 resumen todas las direcciones que son subredes de 172.16.14.0, incluyendo las subredes 172.16.14.0/27 y 172.16.14.128/30

Con CIDR y VLSM no sólo impide el derroche de direcciones, sino que también propicia la agregación de ruta, o resumen. Sin el resumen de ruta, el encaminamiento del “backbone” de Internet probablemente hubiera colapsado en algún momento anterior a 1997.

Sistema de Nombres de Domino (DNS)

En los inicios de la Internet (en 1969 como proyecto militar del departamento de la Defensa de E.U.), las computadoras conectadas eran pocas, por lo que eran fácilmente identificables; pero con el paso del tiempo el número de equipos se fue incrementando y se requirió de un control de permitiera conocer cuáles computadoras se agregaban a la red y cuáles se desconectaban. Mientras seguía pasando el tiempo y el número continuo incrementándose el control ya no fue eficiente. Debido a esto, se dio lugar al nuevo Sistema de Nombres de Dominio (DNS, por sus siglas en inglés) que conocemos en la actualidad.

Pero, antes de entender el funcionamiento del DNS es necesario comprender que es un dominio, y este se puede referir a dos cosas:

- Conjunto de computadoras conectadas en una red que confían a unos de los equipos de dicha red la administración de los usuarios y privilegios que cada uno de los usuarios tiene en dicha red.

- Parte principal de una dirección en la web que usualmente indica la organización que administra dicha página.

Dentro de la definición de dominio, se referirá como dominio de Internet al nombre de un servidor de Internet que facilita recordar de forma más sencilla la dirección IP de éste, por ejemplo unam.mx.

Los dominios fueron creados para evitar que se tuviera que recordar las direcciones numéricas de las páginas y servidores web. De manera que cuando el usuario escribe en Internet el dominio unam.mx el servidor de DNS del proveedor de hospedaje web del dominio unam.mx nos proporcionará la dirección IP 132.248.10.44 y el navegador se dirige directamente a esa dirección numérica.

La clave de lo anterior se encuentra en el DNS y entre sus características principales están:

- Base de datos distribuida
- Arquitectura cliente servidor
- Estructura jerárquica

La información del DNS está distribuida en diferentes servidores en el mundo. Existe una estructura jerárquica, con un diseño de base de datos similar a una estructura de árbol, de archivos (nivel raíz/nivel superior/segundo nivel/nombre de host) (figura 2.11); en el que cada servidor es responsable de conocer el nombre de dominio que administra y en caso de buscar información que desconoce, debe dirigirse a la cabeza de la jerarquía para iniciar la búsqueda.

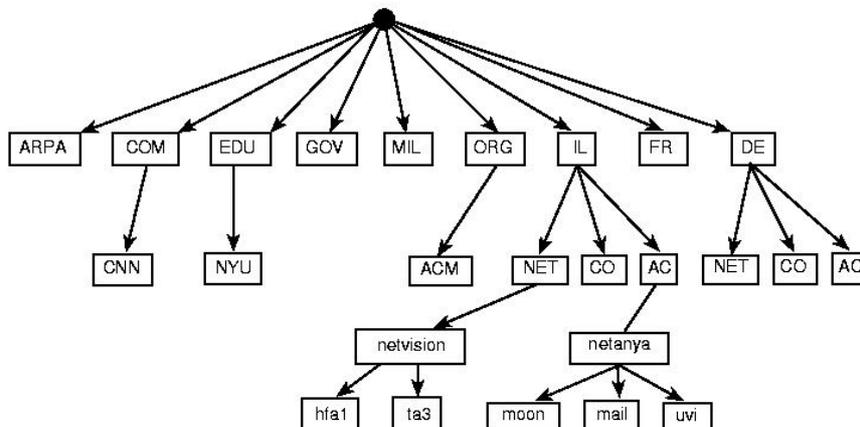


Figura 2.11 “Jerarquía DNS”

La cabeza son los llamados servidores raíz (root – servers) y son 13, la mayoría de ellos están en E.U. y de identifican por letras (de la A a la M). A continuación se presenta el funcionamiento del Sistema de Nombres de Dominio:

- 1) Un cliente pregunta por un dominio **.MX(www.telecomunicaciones.com.mx)**
- 2) Esta respuesta debe ser contestada por el servidor de nombres de la red a la que pertenece el cliente que pregunta.
- 3) En primera instancia, el servidor local, deberá preguntar a los servidores raíz por el dominio que está buscando (**www.telecomunicaciones.com.mx**)
- 4) Estos servidores conocen la información de los diferentes NICs (ccTLDs) en el mundo, así como de los dominios genéricos (gTLDs), por lo que le indican al servidor de la red local en dónde puede encontrar más información de los dominios bajo **.MX** y lo dirigen con los servidores de NIC México.
- 5) Los servidores de NIC México son también los servidores para el **.com.mx**, por lo que buscan en su base de datos la información relacionada al dominio **telecomunicaciones.com.mx**
- 6) En la información que se obtiene, se sabe que el dominio **telecomunicaciones.com.mx** tiene como servidores registrados **ns1.telecomunicaciones.com.mx** y **ns2.telecomunicaciones.com.mx**
- 7) Estos servidores conocen la información referente al dominio **telecomunicaciones.com.mx**, por lo que dan la respuesta a la pregunta de dónde encontrar **www.telecomunicaciones.com.mx**
- 8) Es de remarcar que quién realizó todo el proceso de búsqueda fue el servidor de la red local. Ya con la respuesta de dónde encontrar a **www.telecomunicaciones.com.mx**, el servidor le proporciona esta respuesta a su cliente.
- 9) Con la información de la localización de **www.telecomunicaciones.com.mx**, el cliente puede tener una comunicación directa con el host para solicitar algún servicio, que en este caso, es el servicio web.

Servicio de nombre de Internet en Windows (WINS)

El Servicio de Nombres de Internet en Windows (WINS) funciona igual que DNS para resolver direcciones IP con nombres de host. Sin embargo, aparece una diferencia entre DNS y WINS. WINS emplea un espacio de nombre plano que utiliza NetBIOS en vez de uno jerárquico, como en DNS. Para resolver una dirección IP, el host cliente WINS registra sus direcciones NetBIOS e IP en el servidor WINS. Posteriormente, el mismo host envía una consulta de nombre al servidor WINS, advirtiéndole que desea transmitir a otro host. Si la dirección IP y el nombre de host deseados se encuentran en el registro WINS del servidor, son enviados al host cliente WINS original. Las peticiones que hace WINS son encaminadas. El agente proxy WINS se usa para clientes no WINS como un host UNIX.

Protocolo de Internet versión 6 (IPv6)

Al implementarse TCP/IP en la década de los ochenta, se sostenía en un esquema de direccionamiento de dos niveles, que en sus tiempos proporcionaba una escalabilidad adecuada. Por desgracia, los arquitectos de TCP/IP no vaticinaron que su protocolo sustentaría una red global de información, comercio, entretenimiento y educación. Desde hace 20 años la Internet está creciendo extremadamente rápido. Un indicador de Medición de Dominios de Internet llevado a cabo en enero de 2006, hasta ese momento se contabilizaba 395 millones de host.

Por lo tanto, IPv4 ofrece una estrategia de direccionamiento que, aunque escalable por un tiempo, realiza asignación de direcciones ineficaz. Esto debido a que las direcciones de Clase A y B representan el 75% del espacio de direcciones de IPv4, pero algunas organizaciones (menos de 17,000) se les puede asignar un número de red de Clase A o B. Las direcciones de red Clase C

son más numerosas que las direcciones de Clase A o B, pero sólo representan el 12.5% de los 4 mil millones de direcciones IP, figura 2.12

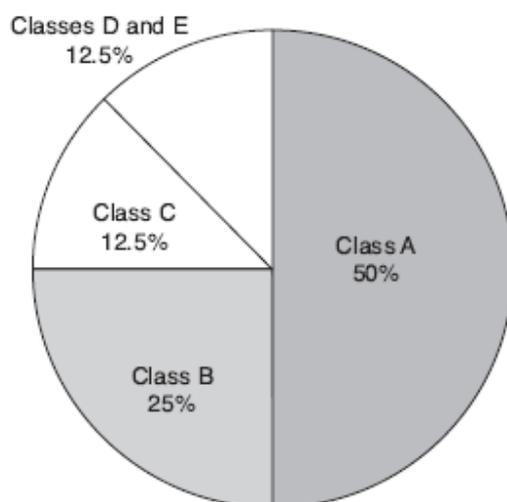


Figura 2.12 “Distribución de direcciones IPv4”

Ya en 1992, el IETF identificó dos problemas específicos:

- Agotamiento de las direcciones de red IPv4 no asignadas, restantes. En ese momento, el espacio de Clase B estaba al borde del agotamiento.
- Incremento rápido y sustancial del tamaño de las tablas de enrutamiento de Internet debido al crecimiento de este último. Cuanta más redes de Clase C aparecían on – line, el aluvión de nueva información amenazaba la capacidad de los routers de Internet.

Durante las últimas décadas, se han desarrollado numerosas extensiones para IPv4 específicamente diseñadas para mejorar la eficacia con que puede utilizarse el espacio de direcciones de 32 bits. Como se mencionó en párrafos anteriores los más importantes son las máscaras de subred y CIDR.

Pero aun así, las tasas de crecimiento actuales son probablemente excedidas más de lo que se esperaba, aunado al agotamiento de direcciones y otras restricciones en IPv4 exigen a la definición de un nuevo protocolo IP:

- Aun con el uso de CIDR, las tablas de encaminamiento, principalmente en los routers del backbone IP están creciendo en demasía para ser manejables.
- Prioridad de tráfico, clase de servicio, están vagamente definidos y apenas usados, y no del todo impuestos en IPv4; pero altamente deseables para las aplicaciones modernas en tiempo real.
- El número de dispositivos y aplicaciones móviles crecen rápidamente, IPv4 tiene dificultad en la administración de envío de direcciones y en la autenticación de la red.

- No existe soporte de seguridad directa en IPv4. Varias soluciones de seguridad abierta y propietaria causan asuntos de interoperabilidad. Como la Internet llega a ser la fábrica de cada vida en el nuevo ciberespacio, la mejora de seguridad a la infraestructura puede ser colocada en el protocolo básico IP.

De lo anterior, se ha definido y desarrollado una versión de IP más extensible y escalable, IPv6, que utiliza 128 bits en lugar de los 32 bits que actualmente utiliza IPv4. IPv6 emplea números hexadecimales para representar los 128 bits. Proporciona 16 mil millones de direcciones IP ($3,4 \times 10^{38}$ direcciones). Esta versión de IP debería proporcionar suficientes direcciones para las necesidades futuras de comunicación.

La representación que IPv6 realiza de los 128 bits utiliza ocho números de 16 bits, representados cada uno con cuatro dígitos hexadecimales (figura 2.13). Los grupos de cuatro dígitos hexadecimales se separan mediante el carácter “dos puntos” (:). Si hay ceros a la izquierda de los dígitos, se pueden omitir.

Internet Protocol Version 4 (IPv4)	4 Octets
11010001.11011100.11001001.01110001	
209.156.201.113	
4,294,467,295 IP Addresses	
Internet Protocol Version 6 (IPv6)	16 Octets
11010001.11011100.11001001.01110001.11010001.11011100. 110011001.01110001.11010001.11011100.11001001. 01110001.11010001.11011100.11001001.01110001	
A524:72D3:2C80:DD02:0029:EC7A:002B:EA73	
3.4 x 10 ³⁸ IP Addresses	

Figura 2.13 “IPv4 e IPv6”

IPv6 ofrece las siguientes características significantes:

- Un dramático y enorme espacio de direcciones, el cual es suficiente para los siguientes 30 años.
- Globalmente único y direccionamiento jerárquico, basado en prefijos en lugar de clases de direcciones, para guardar las tablas de encaminamiento pequeñas y un eficiente encaminamiento del backbone.
- Un mecanismo de auto – configuración de las interfaces de red.
- Soporte para la encapsulación de sí mismo y otros protocolos.
- Clase de servicio que distingue tipos de datos.
- Mejora al soporte de encaminamiento multidifusión.
- Incorporación de autenticación y encriptación.
- Compatibilidad de métodos para coexistir y comunicarse con IPv4.

En lo que se refiere al direccionamiento IPv6 este provee flexibilidad y escalabilidad que:

- Permite el subnetting y localización desde el backbone global a una subred individual dentro de una organización.
- Mejora la escalabilidad multidifusión.
- Añade nuevas direcciones para un grupo de nodos de servidores, donde un servidor puede responder a un requerimiento para un grupo de nodos.
- Mayor cantidad de direcciones de IPv6 está organizado dentro de una estructura jerárquica para reducir el tamaño de las tablas de encaminamiento del backbone.

Después de años de planificación y desarrollo IPv6 está implementándose lentamente en redes seleccionadas. En un futuro no muy lejano, IPv6 podría sustituir a IPv4 como protocolo de Internet dominante.

2.1.1.2 MPLS (Conmutación de Etiquetas Multiprotocolo)

En la actualidad muchos proveedores de servicios de telecomunicaciones están usando una red basada en MPLS (MultiprotocolLabelSwitching, siglas en inglés) para proveer una plataforma común para un amplio rango de servicios que actualmente están siendo proporcionados sobre diversas redes. MPLS se le considera una red de servicios múltiples que puede transportar el tráfico de la PSTN (PublicSwitchedTelephone Network), Internet y servicios de datos privados IP, servicios FrameRelay y de capa 2 como ATM, radiodifusión de TV y tráfico TDM, etc. Esto ofrece ahorros sustanciales en costos de operación y de infraestructura a los operadores de red al permitirles operar una sola red en lugar de redes separadas para cada tipo de servicio.

Esta tecnología para el transporte de paquetes que se sitúa como una capa intermedia entre la capa correspondiente a IP y la capa de enlace de datos. MPLS (modelo OSI) no está diseñado para reemplazar IP o los protocolos de encaminamiento IP, en su lugar trabaja en conjunto con otros protocolos IP que proveer una disminución en el número de procesos internos para la determinación del mejor salto. Los protocolos de encaminamiento externos, tal como BGP, son todavía usados para determinar la conectividad entre los routers de frontera, mientras que la conmutación de etiquetas evita las tablas de encaminamiento complejas a través del uso de etiquetas de longitud fija y simple. Estas etiquetas son fáciles de buscar en las tablas de búsqueda e igualmente fáciles de tratar y manipular que las direcciones IP complejas y su asociada máscara de subred.

Otras de las ventajas fundamentales de MPLS y el empleo de conmutación de etiquetas son:

- Velocidad, retardo y jitter: es mucho más rápido que el envío IP. Esta velocidad se refleja en menor retardo en el tráfico de transporte y también en la disminución del retardo variable (jitter), una importante consideración para aplicaciones que no pueden tolerar una gran cantidad de jitter, tal como voz y video.
- Escalabilidad: MPLS permite que un gran número de direcciones IP sean asociadas con uno o pocas etiquetas. Este aprovechamiento reduce mucho más el tamaño de las tablas de direcciones (etiquetas), y permitir a un router soportar más usuarios.
- Consumo de recursos: la conmutación de etiquetas no necesita muchos recursos del sistema para ejecutar los mecanismos de control para establecer los LSPs para el tráfico de los usuarios.
- Ingeniería de tráfico: como parte del control de encaminamiento, muchas operaciones MPLS son diseñadas para permitir al proveedor de la red ingeniar los enlaces y nodos en

la red con el fin de soportar diferentes tipos de tráfico. Esta idea es importante para una optimización de los recursos de la red.

- Etiquetas y lambdas: si la conmutación de etiquetas es usado en redes ópticas, es posible correlacionar (mapear) una etiqueta (o etiquetas) a longitudes de onda, esto permite el uso un PXC O/O/O como conmutador para el envío del tráfico, y así reducir en lo mayormente posible el retardo y el jitter.
- La encapsulación del encabezado es relativamente baja (4bytes por encabezado MPLS).

Arquitectura MPLS

La arquitectura se divide en dos componentes separados: el componente de envío (denominado plano de datos) y el componente de control (también llamado plano de control). El componente de envío emplea una base de datos de envío de etiquetas sostenida por la conmutación de etiquetas, que ejecuta el envío de paquetes de datos en base a las etiquetas transportadas por paquetes. El componente de control es el responsable de la creación y mantenimiento de la información de envío de etiquetas (referido como enlaces) entre un grupo de switches de etiquetas interconectados. La figura 2.14 muestra la arquitectura de un nodo MPLS realizando el encaminamiento IP.

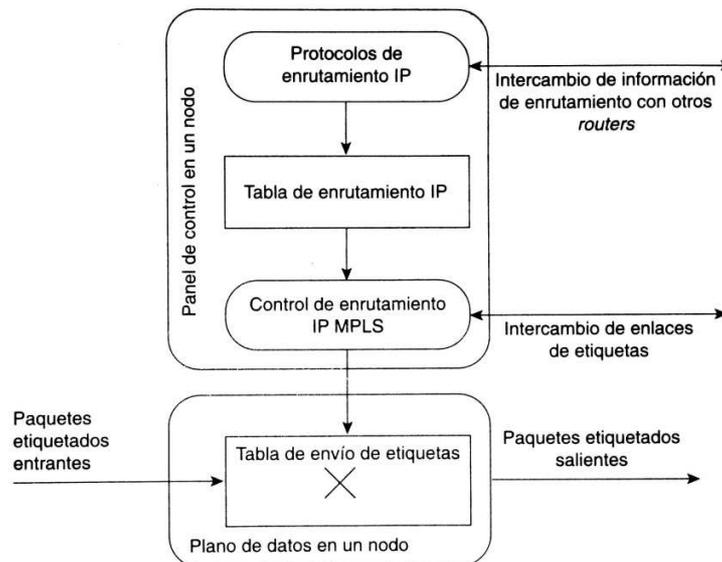


Figura 2.14 “Arquitectura MPLS”

En un nodo MPLS, la tabla de encaminamiento IP se emplea para determinar el intercambio de enlace de etiquetas donde los nodos MPLS adyacentes intercambian etiquetas para las subredes individuales almacenadas en la tabla de enrutamiento. El intercambio de enlace de etiquetas para el encaminamiento IP basado en destinos unidifusión se realiza utilizando el Protocolo de

Distribución de Etiquetas Identificativas (TDP) patentado por Cisco o el Protocolo de Distribución de Etiquetas (LDP) especificado por el IETF.

El proceso de control de encaminamiento IP MPLS utiliza las etiquetas intercambiadas entre nodos MPLS adyacentes para construir la tabla de envíos de etiquetas, que es base de datos del plano de envío de envío que se emplea para enviar los paquetes etiquetados a través de la red MPLS

El primer dispositivo del cual se hablará es del Router de Conmutación por Etiquetas (LSR, siglas en inglés). Todo router o switch que se encargue de la distribución de etiquetas y pueda enviar paquetes basándose en ellos, entra en esta categoría.

Un LSR de contorno es un router que realiza tanto la imposición de etiquetas (llamada también operación push) como la determinación de etiquetas (llamada como acción pop) en el contorno de la red MPLS. La imposición de etiquetas es el hecho de añadir una etiqueta, o una pila de etiquetas, a un paquete en el punto de entrada del dominio MPLS. La determinación de etiquetas en el caso contrario, de otro modo, el acto de retirar la última etiqueta de un paquete en el punto de salida antes de que se envíe a un vecino que está afuera del dominio MPLS.

Un LSR de contorno amplía la arquitectura en el plano de control de la tabla de envío IP y se construye sobre la base de la tabla de encaminamiento IP y se amplía con la información de etiquetado, con el fin de etiquetar los paquetes IP o para eliminarlas de los paquetes anteriormente etiquetados. Los paquetes IP entrantes se pueden enviar como paquetes IP puros hacia nodos que no son MPLS, o pueden ser etiquetados y enviarse como paquetes MPLS a otros nodos pertenecientes al dominio MPLS. Para los paquetes etiquetados destinados a nodos que no son MPLS, la etiqueta se les elimina y se realiza una consulta de capa 3 (envío IP) para encontrar el destino que no es MPLS.

La decisión del siguiente salto para el paquete IP es una combinación de dos funciones. La primera función separa el conjunto de paquetes posibles de un conjunto de prefijos de destino IP. La segunda función efectúa la asignación de cada prefijo de destino IP a una dirección IP de siguiente salto. Esto significa que cada destino en la red se alcanza mediante una ruta respecto al flujo de tráfico que va desde un dispositivo de entrada hasta el dispositivo de salida del destino.

En la arquitectura MPLS, los resultados de la primera función se conocen como Clases Equivalentes de Envío (FEC). Estas serían como un grupo de paquetes IP que se envían de la misma manera, por la misma ruta, y con idéntico tratamiento.

Cuando se asigna a un paquete una FEC particular una sola vez, y eso tiene lugar en el dispositivo de contorno a medida que el paquete entra en la red. La FEC a la que se determina el paquete se codifica con un identificador corto de longitud fija, conocido como etiqueta.

Cuando se envía un paquete al siguiente salto, se le agrega la etiqueta al final del paquete IP, de manera que el siguiente dispositivo en la ruta del paquete pueda enviarlo basándose en la etiqueta codificada en lugar de a través del análisis de la información de cabecera de capa 3. La figura 2.15 ilustra el proceso.

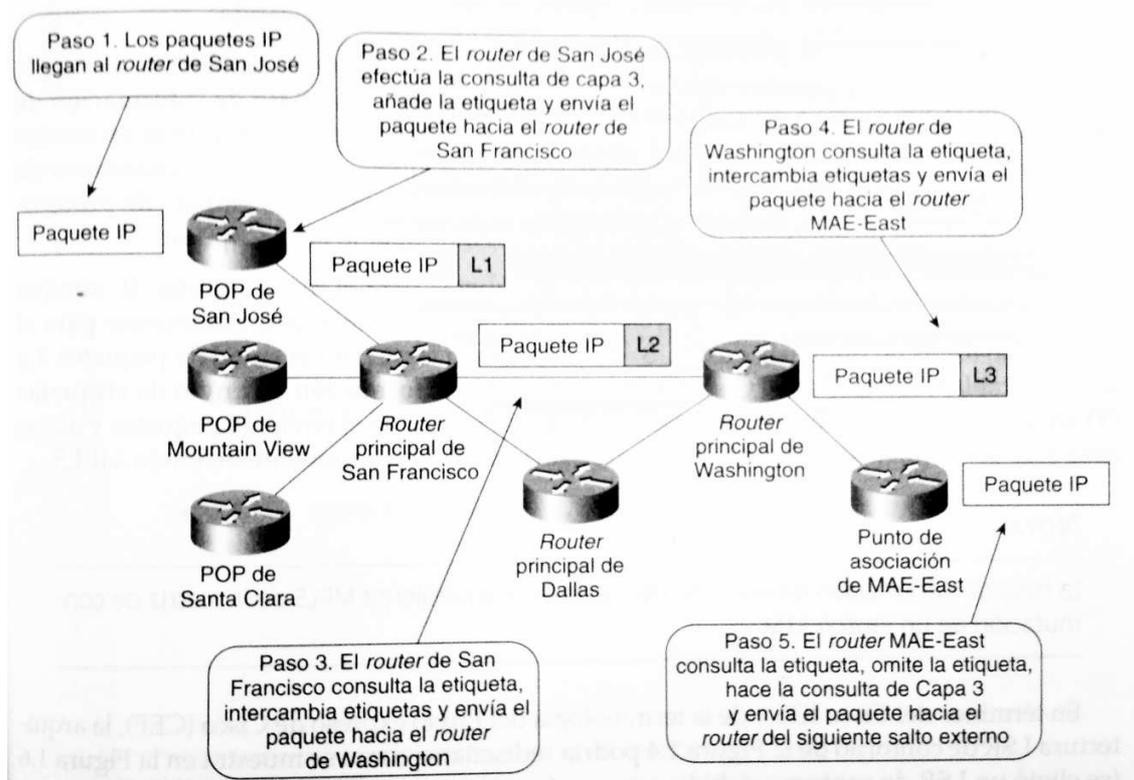


Figura 2.15 “Encaminamiento de paquetes en MPLS”

El siguiente elemento básico en la arquitectura MPLS es la Ruta Conmutada por Etiquetas (LSP), que esencialmente describe el conjunto de LSR a través del cual debe pasar un paquete etiquetado para llegar al LSR de salida para una FEC en particular. Esta LSP es unidireccional, lo que significa que se emplea otra LSP distinto para el tráfico de retorno desde una FEC determinada.

La creación de un LSP es un esquema orientado a la conexión porque la ruta se establece antes que cualquier flujo de tráfico. Pero, el establecimiento de esa conexión se basa en la información topológica más que en la necesidad de un flujo de tráfico. Esto quiere decir que la ruta se crea independientemente de su en ese momento hay tráfico esperando pasar por la ruta hacia un conjunto particular de FEC.

A lo largo de la ruta que el paquete recorre en la red MPLS, cada LSR intercambia la etiqueta de entrada por una de salida, muy similar al mecanismo utilizado en ATM. Esto continúa hasta alcanzar el último LSR, conocido como LSR de salida.

Cada LSR mantiene dos tablas, que almacenan información relacionada con el componente de envío MPLS. La primera, conocida como Base de Información de Etiquetas (TIB y LIB en términos MPLS estándar), que mantiene todas las etiquetas recibidas desde cualquiera de los vecinos. Estas asignaciones de etiquetas se distribuyen mediante el empleo de protocolos de distribución de etiquetas.

La segunda tabla, conocida como Base de Información de Envío de Etiquetas (TFIB, y LFIB en términos de MLPS estándar), se utiliza durante el envío de paquetes y almacena sólo las etiquetas que en ese momento está usando el componente de envío MPLS.

El proceso de propagación de etiquetas descrito en los párrafos anteriores se resume en tres pasos principales:

- El LSR de contorno de entrada recibe un paquete IP, clasifica el paquete en una clase equivalente de envío (FEC), y el paquete con la pila de etiquetas de salida, correspondiente a la FEC. Para el enrutamiento IP unidifusión basado en el destino, la FEC corresponde a la subred de destino y la clasificación del paquete es una consulta tradicional de capa 3 en la tabla de envío.
- Los LSR principales reciben paquetes etiquetados y emplean las tablas de envío para intercambiar etiquetas entrantes en el paquete entrante con la etiqueta saliente correspondiente a la misma FEC (subred en este caso).
- Cuando el LSR de contorno de salida para esta FEC concreta recibe el paquete etiquetado, le quita y realiza una consulta tradicional de capa 3 en el paquete IP resultante.

La figura 2.16 muestra este procedimiento:

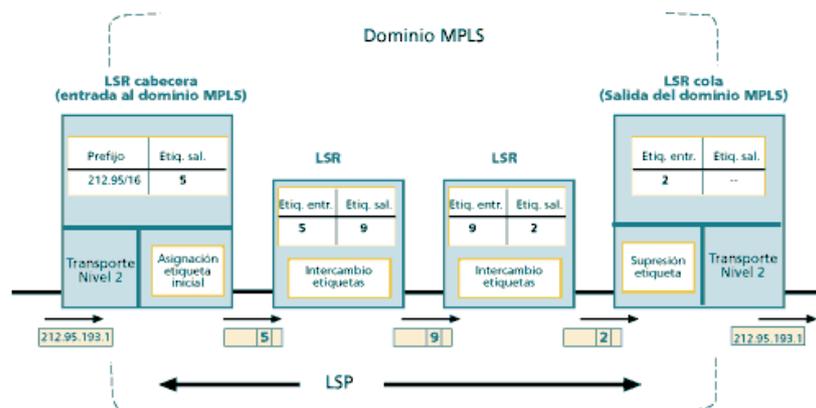


Figura 2.16 “Flujo de paquetes en MPLS”

Cabecera de pila etiquetas MPLS

Las etiquetas MPLS deben de colocarse por delante de los datos de una implementación en una trama MPLS. Las etiquetas MPLS se insertan entre la cabecera de capa 2 y los contenidos de la capa 3 dentro de la trama de la capa 2 (figura 2.17)

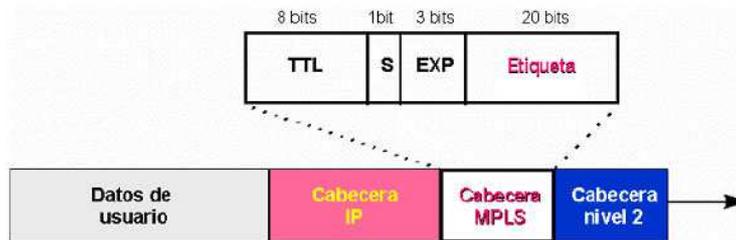


Figura 2.17 “Cabecera MPLS”

Con la cabecera de la pila de etiquetas MPLS insertada entre la cabecera de capa 2 y la carga de capa 3, el router de envío debe tener algunos medios para indicar al router que el paquete que se transmite no es un datagrama IP puro, sino un paquete etiquetado (datagrama MPLS).

Se ha realizado esfuerzos para extender y adaptar el plano de control de MPLS sin restricciones de manera que pueda emplearse no solo con capas cliente y equipos estándar tal como routers, sino también en matrices de conmutación ópticas (OXC) y matrices de conmutación digitales (DXC), de manera que una etiqueta de MPLS pudiera asociarse a una fibra, una longitud de onda de un plan DWDM o una ranura temporal de una señal multiplexada en el tiempo. Esta extensión o generalización se denomina MPLS generalizado o GMPLS.

2.1.1.3 GMPLS

GMPLS (MPLS generalizado), es un protocolo evolutivo de MPLS, que se emplea para denominar a la generalización del plano de control de MPLS que tiene entre principal objetivo, soportar no sólo dispositivos que conmutan paquetes sino también lo que conmutan en el dominio del tiempo, longitud de onda o el espacio. Es decir, GMPLS abarca, además de routers IP y los switches ATM, dispositivos de conmutación tales como conmutadores digitales de señales multiplexadas en el tiempo o DXC, conmutadores de longitudes de onda totalmente ópticos o PXC. La introducción de este protocolo en las redes ópticas e IP producirá una integración total de plano de control de estas redes, posibilitando una rápida y fácil provisión de servicios a un costo razonablemente bajo.

En GMPLS se sigue empleando el término LSP solo que en este caso un LSP puede representar, entre otros, una conexión SDH, un camino óptico o un LSP de MPLS. De igual manera, GMPLS define un conjunto de protocolos del plano de control destinados a cubrir tres funciones primordiales que son precisamente las que apuntaron como necesarias para poder extender el ámbito de aplicación de MPLS:

- Gestión de enlaces: incluye el descubrimiento de vecinos y mantenimiento de los canales de control de señalización.
- Descubrimiento de topología y recursos: incluye propagación de la información relativa a la topología y recursos disponibles dentro del dominio de control de GMPLS. Se conoce también como encaminamiento GMPLS.
- Señalización: relacionada con los protocolos de aprovisionamiento de conexiones y restauración.

Otra funcionalidad que se le ha agregado a GMPLS para evitar las limitaciones de MPLS es aquella que permite implementar acciones de protección de red. En el plano de control de MPLS y sus protocolos de señalización un fallo en un enlace o en un nodo a lo largo de las rutas establecidas solo puede gestionarse y detectarse de manera local a través de los nodos del camino. Sin embargo, en GMPLS se ha añadido la capacidad en la cual los fallos en rutas que proporcionan servicios de conexión puedan reportarse a un centro de alarma pre – definido (mayormente es un sistema de gestión de red centralizado). De esta manera, un fallo puede ser detectado por los dispositivos de la red, y la correspondiente alarma generada y enviada al plano de gestión que puede determinar si existe capacidad redundante en la red y empelarse la señalización correspondiente para restaurar la conexión a través de la nueva ruta.

Gestión de enlaces en GMPLS

En contraste de lo que ocurre con un LSR de MPLS los nodos de una red óptica pueden poseer decenas e incluso cientos de enlaces establecidos con nodos adyacentes. El descubrimiento de nodos vecinos permite a cada nodo identificar la identidad y detalles de la conectividad con sus vecinos.

Esta información es vital para las tareas de señalización en la red y descubrimiento de la topología. La técnica que emplea MPLS que consiste en dejar a los protocolos de encaminamiento realizar esta función, resulta ineficiente.

La solución consiste en emplear una función separada para la gestión de enlaces que permite identificar a los nodos vecinos. Esta función se implementa entre cada pareja de nodos vecinos y aparte de identificar y descubrir a los nodos vecinos, proporciona soporte y mantenimiento a los canales de señalización de control, verificación de parámetros de configuración, y la gestión de averías en los enlaces ópticos a través de un procedimiento de localización de éstas. Este proceso es especialmente útil en las redes ópticas, en dónde un imperfección en un enlace puede detectarse en varios nodos “*downstream*” (hacia el destino), ya que no existe conversión O/E/O. Por lo tanto, se necesita un mecanismo de correlación de alarmas y detección del punto exacto de la avería.

Encaminamiento

Los protocolos propios de encaminamiento de MPLS se han ampliado para poder incorporar las funciones de descubrimiento de topología y recursos en GMPLS. En GMPLS se permite la asignación de diversos atributos en los enlaces y la propagación de información relativa a la conectividad de los enlaces y sus atributos desde un nodo al resto de nodos de la red.

A causa que, como se ha venido mencionado con anterioridad, la densidad de conexiones entre los nodos en una red óptica puede ser muy elevada, GMPLS permite el agrupamiento (“*bundling*”) de las múltiples conexiones que existe entre una pareja de nodos en un solo enlace TE. El encaminamiento en GMPLS permite partir una red de gran escala en múltiples redes, cada una de las cuales cubre áreas más pequeñas. Al igual que ocurre en MPLS, GMPLS no incluye en su encaminamiento los algoritmos de cálculo de rutas.

Señalización

GMPLS emplea los mismos protocolos de señalización que MPLS, es decir RSVP – TE y CR – LDP convenientemente ampliados con el objeto de poder dar servicio a las diferentes tecnologías de conmutación de circuitos. Las extensiones más importantes son:

- Generalización de etiquetas: las etiquetas de MPLS se generalizan para poder acomodar diferentes formatos de etiquetas que corresponden a los diferentes formatos de conmutación de circuitos y paquetes. Por ejemplo, se pueden emplear como etiquetas el número de una fibra dentro de un conjunto que conecte a dos LSRs, una longitud de onda en el caso de dos LSRs conectados por un enlace de transporte WDM, en una banda de longitudes de onda, en un intervalo temporal en el caso de que dos LSRs estén conectados por un enlace de fibra óptica que transporte señales TDM, etc. En GMPLS se extiende la representación de esa etiqueta a un número de 32 bits a un array de bytes de longitud arbitraria.
- Etiqueta extremo a extremo común: esta extensión permite a los conmutadores de la red determinar una etiqueta común extremo a extremo, siendo muy útil en redes ópticas sin conversión de longitud de onda donde las mismas longitudes de onda (etiquetas) deben emplearse extremo a extremo.
- Direccionalidad: GMPLS permite establecer conexiones unidireccionales y bidireccionales empleando un único conjunto de mensajes de señalización. Por el contrario MPLS solo permite conexiones unidireccionales.
- Separación de los planos de control y transporte: mientras en MPLS la señalización se presenta en las mismas interfaces correspondientes al tráfico de datos, GMPLS permite que los interfaces de datos y de control sean distintas. Como consecuencia un único enlace de control entre dos nodos puede controlar varios enlaces establecidos entre ellos. De hecho, la señalización
- Procedimiento de inicialización del plano de control: esto permite a los elementos de la red recuperar su inicialización después de un fallo de un nodo o un enlace.

GMPLS proporciona un panel de control único e integrado y amplía la disponibilidad de disponibilidad de recursos y gestión del ancho de banda a lo largo de todas las capas de la red; es decir, los equipos de las redes dejan de estar separados en diferentes capas, todos los elementos pueden tener información sobre el resto. También, puesto que está diseñado para soportar diferentes tipos de tráfico, las redes podrían ser escaladas y simplificadas y capaces de manejar diferentes tipos de tráfico simultáneamente.

El principal beneficio que GMPLS ofrece actualmente a los operadores de red es una rápida provisión de servicios de cualquier tipo, en cualquier momento, con cualquier calidad de servicio, con cualquier disponibilidad, y a cualquier destino. Esta provisión tiene además un costo operativo muy bajo, por utilizar las ampliamente disponibles herramientas de gestión IP y utilizar un plano de control idéntico para gestionar la red óptica.

2.1.1.4 SDH / SONET

Las redes SONET/SDH a lo largo del tiempo han demostrado su efectividad, y muy recientemente, han sido usados principalmente para el transporte agregado de señales de voz y líneas privadas de servicios Frame – Relay y ATM. Estos servicios de valor agregado han dado como resultado el desarrollo de las redes de servicio mundial SONET/SDH y las redes metropolitanas.

Sin embargo, la demanda creciente de servicios novedosos y atractivos debido al paso de servicios heredados a los servicios basados en IP/Ethernet. Esto se debe primeramente, a la iniciativa de los consumidores por una necesidad creciente de servicios de transporte basados en Ethernet confiables, y segundo, Ethernet está llegando a ser la tecnología de transporte de capa 2 de

elección para ambas iniciativas, sean redes de acceso o transporte. De hecho, con la convergencia de voz, video y datos (acceso triple – play), las conexiones Ethernet están siendo usadas para entregar muchos de los servicios, teniendo un 99.9999% de fiabilidad en los requerimientos absolutos de servicio para cualquier iniciativa de los consumidores.

Este crecimiento por servicios de transporte basados en Ethernet ha llevado a un renacimiento de SONET/SDH. Esto le proporciona una robustez de tecnología y de la inversión masiva de capital que ha sido hecho a lo largo de los años, donde los proveedores han encontrado una forma de cubrir la creciente demanda del mercado por Ethernet a través de SONET/SDH.

Los estándares SONET (Synchronous Optical Network) y SDH (Synchronous Digital Hierarchy) fueron desarrollados para la comunicación de información digital sobre fibras ópticas. Las especificaciones SONET definen interfaces ópticas (OC) y sus equivalentes eléctricos para permitir la transmisión de señales de bajas tasa de transmisión en una tasa síncrona común. Estas especificaciones fueron desarrolladas para remplazar a los sistemas T – Carrier/PDH. Ambos son utilizados ampliamente hoy en día; SONET principalmente en Norteamérica, y SDH en el resto del mundo.

Uno de los beneficios de las señales SONET/SDH, como cualquier estándar, es que facilita la interoperabilidad entre los múltiples proveedores de equipo dentro de la misma red. Pero la mayor ventaja de SONET/SDH es en la operación, administración, mantenimiento, y provisión de capacidades (OAM&P) que son implementadas directamente dentro del “overhead” (tara) de la señal que permite el mantenimiento de la red desde una localización central.

Jerarquía de red SONET/SDH

SONET y SDH son como otros protocolos de capas, en el sentido que sus capas se comunican con otras capas de manera similar. Las secciones SONET y las secciones regeneradoras SDH (RS) son definidas como enlaces entre cualquier par de elementos de red SONET. Una línea SONET o sección múltiplex SDH (MS) representa un enlace entre cualquier par de multiplexores SONET o SDH. Una trayectoria o camino representa una porción entera de la red sobre la cual una señal SONET/SDH está siendo transportada. Cada capa verifica la información de la cabecera, que puede incluir alarmas, punteros, e información de mantenimiento. A continuación se detalla la descripción de las cuatro capas en la arquitectura SONET/SDH.

- Capa eléctrica/óptica: esta capa hace referencia a las propiedades ópticas del camino de la trayectoria de transmisión, el cual envuelve al envío de ceros y unos de forma serial desde un transmisor a un receptor a lo largo del medio físico. La principal función de esta capa es la de convertir las tramas eléctricas STS dentro de los bits de las señales ópticas OC.
- Capa de sección/sección de regeneración: la sección SONET o sección de regeneración SDH se refiere a la sección de regeneración del enlace de transmisión. Esta capa administra el transporte de las tramas STS/STM a través del camino físico, usando la capa óptica/eléctrica. Sus funciones incluyen el monitoreo de errores, entramado, deformación de la señal y el transporte de overhead. El overhead es creada o empleada por lo que se conoce como section – terminating equipment (STE) en SONET y regenerator section – terminating equipment (RSTE) en SDH.
- Capa de sección línea/multiplex: la capa de SONET o capa multiplex en SDH se refiere al período de mantenimiento, el cual forma un segmento entre dos dispositivos SONET/SDH, excluyendo a los regeneradores de capas inferiores. Un solo enlace SONET/SDH desde el sitio de un usuario a otro puede consistir de muchos períodos. Esta capa administra el

transporte de la carga SONET/SDH, que se incrusta en una secuencia de tramas STS, a lo largo del medio físico. Las funciones de la capa incluyen multiplexado y sincronización, ambos requeridos para crear y mantener la carga útil SONET/SDH. Los bytes de overhead proveen a esta capa la capacidad de desarrollar sus funciones para comunicarse con las capas que le soliciten, y proveer cierta protección y características de protección. Este overhead es usada y creada por el line – terminatingequipment (LTE) y el SDH multiplex sección – terminatingequipment (MSTE)

- Capa de ruta: esta capa cubre las transmisiones de extremo a extremos o de usuario a usuario. Uno de los extremos de la ruta está siempre donde los bits de la carga SONET/SDH es originado, y el otro extremo de la ruta está siempre los bits en la Synchronous Payload Envelope (SPE) termina. La ruta del overhead (POH) asociada con el trayecto SONET/SDH es considerada parte del SPE. EL POH es llevada sin cambios a través de otra capa SONET/SDH. La capa de ruta transporta servicios de redes reales entre equipos de multiplexado SONET/SDH. Estos equipos podrían incluir el transporte de DS – 1 de usuarios, DS – 3, celdas ATM, entre otras. Esta capa también mapea estos componentes de servicios dentro de un formato reconocible por la capa de línea/multiplexado y entonces lo comunica de extremo a extremo, usando funciones posibles por los bytes POH para asegurar la integridad del enlace. El POH retiene los datos (la carga) hasta que este encuentre otro extremo del enlace SONET/SDH. El propósito detrás de la capa es dividir responsablemente la carga con el propósito de transportarla a través de la red. Cada elemento de la red (NE) es responsable de la interpretación y generación de su overhead para el control de la comunicación y la información del estatus a la capa correspondiente del otro equipo. Como la carga viaja a través de la red SONET, cada capa está terminado por una de las clases generales de NEs, por el terminating section – terminatingequipment (STE), line – terminatingequipment (LTE), o path – terminatingequipment (PTE) en SONET o, su equipo equivalente en SDH.

La figura 2.18 ilustra una red muestra con las funciones de capa identificadas.

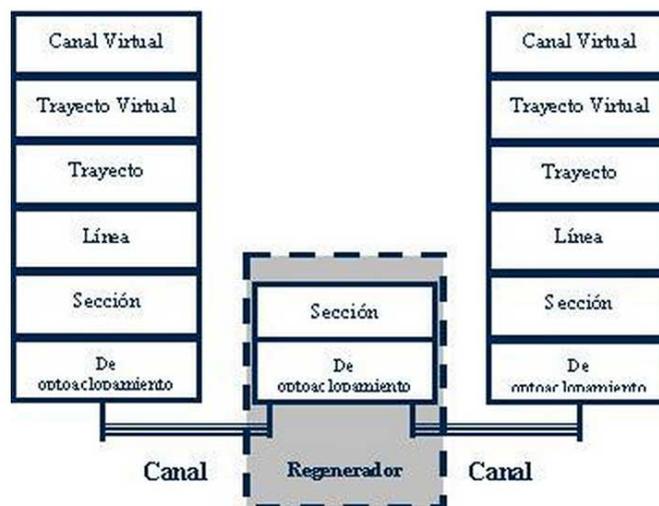


Figura 2.18 “Jerarquía SONET/SDH/ATM”

Formato de la trama SONET.

La construcción básica de un bloque de la jerarquía de transmisión digital SONET es la trama STS – 1 que consiste de 810 bytes, transmitidos 8000 veces por segundo para formar una tasa de transmisión de 51.840 Mb/s. La figura 2.18 ilustra la estructura básica de la trama SONET. El STS – 1 consiste de 9 filas de 90 columnas. La trama STS – 1 es transmitida una fila a la vez, desde la parte superior a la parte inferior, y desde la izquierda a la derecha dentro de cada fila. Por lo tanto, el byte en la fila 1, columna 1 es el primero en ser transmitido, y byte en la fila 9, columna 90 es el último en enviarse.

Una trama STS está compuesta de dos principales secciones. Las tres primeras tres columnas de la trama STS – 1 forman el overhead de transporte (TOH) para la trama entera. Todo el overhead de información de SONET (dividida en sección de línea, y ruta) que es usado para administrar partes definidas de la red SONET y datos transportados es en las mismas tres columnas de la trama. Esta sección del overhead consiste de 27 bytes enviados como parte de cada una de las tramas SONET. Las restantes 87 columnas de la STS constituyen la capacidad SPE, la cual combina el overhead de ruta y los datos del usuario actual.

Todas las tramas SONET son de exactamente 9 filas y son enviadas 8000 veces por segundo. La única variable es el número de columnas, resultando en todas las diferentes velocidades en las cuales SONET opera. Para construir la estructura de un STS – N, la trama STS – 1 puede ser multiplexado dentro de una trama STS – 3 y enviados sobre una señal OC – 3. Los tres STS – 1 están todavía considerados como una cadena de tres tramas independientes y cada una tiene su propia serie de punteros de carga. Toda la información puede ponerse dentro del contenedor de carga síncrona de la trama STS – 1, y las tramas son simplemente multiplexadas antes de transmitirse por la fibra óptica y que puedan ser usadas más efectivamente al utilizar altas velocidades.

Formato de trama de STM – 1

La trama STM – 1 es el formato de transmisión básica para SDH. La figura 2.19 ilustra la estructura básica de la trama STM – 1. Esta consiste en un overhead más un contenedor virtual de carga. Las primeras nueve columnas de cada trama ensamblan la sección de overhead (SOH), y las últimas 261 columnas componen el contenedor virtual (VC) de la carga útil. El VC los punteros (bytes H1, H2 y H3) es llamado la unidad administrativa (AU). El VC tiene su propia estructura de trama de nueve filas y 261 columnas, y carga tanto como el overhead de ruta (POH) y el contenedor. La primera columna es para el overhead de ruta, seguida por el contenedor de carga, el cual puede así mismo cargar otros contenedores. Dentro de la sección del overhead, las primeras tres filas son usadas para el overhead de sección de regeneración, y las últimas cinco filas son empleadas por el overhead de sección de multiplexado.

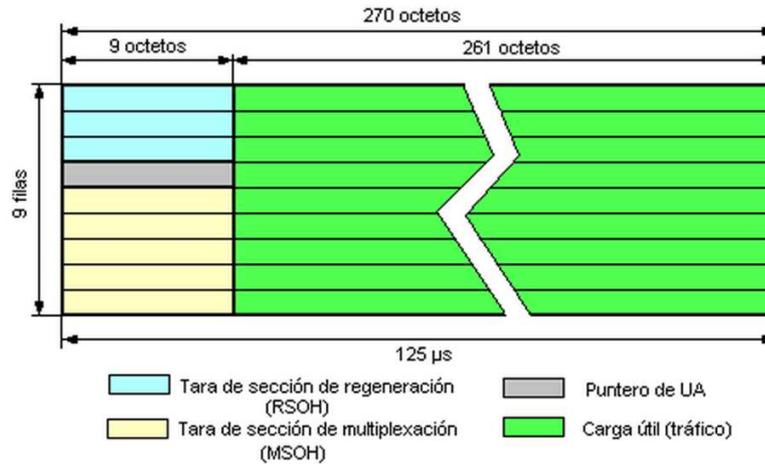


Figura 2.19 “Trama STM-1”

Tributarias virtuales/contenedores

Como se mencionó anteriormente, una de las ventajas del estándar SONET/SDH es que puede transportar todo tipo de señales de baja tasa de transmisión dentro de “secciones” de un STS – 1 o una trama STM – 1, llamadas tributarias virtuales en SONET y contenedores virtuales en SDH. En SONET, la información de la tributaria virtual está organizada dentro de un canal STS – 1 de la trama SONET y encaminado a través de la red a un destino especificado desde una localización fuente. Cada una de las secciones de la tributaria virtual es independiente de las otras y puede cargar un tipo diferente de carga.

Actualmente, existen cuatro tamaños de tributarias en SONET:

- VT1.5: carga suficiente ancho de banda para transportar una señal DS – 0 o 64 kb/s. Cada una es contenido en tres columnas de 9 bytes (27 bytes). Una sola VTG puede cargar VT1.5s.
- VT2: carga suficiente ancho de banda para transportar una señal E – 1, 2.048 Mb/s. Es contenida en cuatro columnas de 9 bytes (36 bytes).
- VT3: carga suficiente ancho de banda para transportar una señal DS – 1C. Es contenida en seis columnas de 9 bytes (54 bytes).
- VT6: carga suficiente ancho de banda para soportar una señal DS – 2. Es contenida en 12 columnas de 9 bytes (108 bytes).

Las diferentes opciones de tamaño de la tributaria son provistas para maximizar lo más posible el ancho de banda del canal STS -1. Por ejemplo, si el usuario final requiere el transporte de señales DS – 1C requiere 3.152 Mb/s, un tamaño de la tributaria virtual VT3 que podría ser la solución idea, como oposición a un tamaño VT&, el cual provee mucho más ancho de banda de lo que se necesita.

La estructura de la tributaria virtual contiene tres componentes principales que consisten del puntero de carga útil (puntero de carga útil VT) que sirve para indicar en qué lugar de la zona de carga comienza la información cuando la carga no empieza síncronamente con el principio de la

zona carga de la trama, un overhead de ruta (VT POH), y bytes de datos de carga útil. Aunque, el número de bytes de carga útil difiere en cada tamaño de tributaria virtual, el número de bytes de VT POH y la funcionalidad de cada uno es la misma, a pesar del tipo de tributaria virtual.

Tributarias virtuales SDH

SDH, soporta un concepto denominado contenedores virtuales (VC). Con el uso de punteros y de valores de compensación, VCs pueden ser cargados en la carga útil SDH como paquetes de datos independientes. VCs son usados para transportar señales tributarias de baja tasa de transmisión. Una trama SDH básica tiene una capacidad de 155 Mb/s, el cual significa que puede transportar un contenedor VC -4 o tres contenedores virtuales VC - 3. La carga útil de cada uno de estos contenedores pueden ser una tributaria de alta tasa de transmisión o una combinación de grupo de tributarias que contiene señales de baja tasa de transmisión.

En cuanto a las señales de baja tasa, VC - 12 (igualmente VC - 2 y VC - 11) pueden ser transportados en otros contenedores con mayor capacidad (VC - 3 o VC - 4) antes de ser transportados en la trama STM - 1. Los contenedores con una mayor capacidad pueden transportar hasta 63 VC - 12 en la trama STM - 1. El contenedor VC - 4 tiene 63 punteros que encuentran la localización de cada uno de los VC - 12 transportados con respecto al VC - 4. Los siguientes son los tamaños de contenedores virtuales actualmente definidas por el estándar SDH:

- VC - 11: carga suficiente ancho de banda para transportar 1.728 Mb/s. Cada una está contenida en 9 filas, 3 columnas (27 bytes).
- VC - 12: carga suficiente ancho de banda para transportar 2.304 Mb/s. Cada una está contenida en 9 filas, 4 columnas (36 bytes).
- VC - 2: carga suficiente ancho de banda para transportar 6.912 Mb/s. Cada una está contenida en 9 filas, 12 columnas (108 bytes).
- VC - 3: carga suficiente ancho de banda para transportar 48.906 Mb/s. Cada una está contenida en 9 filas, 85 columnas (765 bytes).
- VC - 4: carga suficiente ancho de banda para transportar 150.336 Mb/s. Cada una está contenida en 9 filas, 261 columnas (2,349 bytes).

Tasas de transporte

Como se mencionó en párrafos anteriores, STS - 1 y STM - 1 no son los únicos modos de transferencia o velocidad de SONET/SDH. Para transmitir a mayor velocidad se forman agregados estándar mediante el multiplexado se entrelazan las columnas de señales STM - 1.

Existe multiplexado tanto de las cabeceras como de la carga, por columna en todos los casos. Ello implica que cada STM - 1 o STS - 1 conserva sus punteros, por lo que la carga de cada uno de ellos flota independientemente. Así pues, cualquier trama STS (M) - 1 se obtiene de entrelazar N tramas. Sin embargo el valor de N no poder ser cualquier sino que el estándar fija valores predeterminados. En la tabla 2.1 vemos las combinaciones posible, tanto para SDH, como para SONET en los EEUU. Las siglas STS significan “*Synchronous Transfer Signal*”, mientras que los STM corresponden a “*Synchronous Transfer Mode*”. Algunas velocidades de SONET no se recogen en SDH, por lo que están abocadas a desaparecer o ser uso exclusivo en USA. Se fácil encontrar para SONET, las siglas OC, de “*Optical Carrier*” en vez de STS. La diferencia principal estriba en que las especificaciones STS hacen referencia a la señal en el dominio eléctrico, mientras que OC se refiere a la señal SONET en dominio óptico. En SDH no existe esta distinción.

2.1.1.5 OTN Ethernet

Hoy en día, los operadores están esforzándose integrar sus redes con el objetivo de reducir sus gastos operativos (OPEX) y eliminar el adicionalmente gastos de capital (CAPEX) generados por las redes paralelas múltiples. Cada operador de red está por lo tanto intenta proveer un gran número de servicios sobre la infraestructura más simple posible para controlar rápidamente el regreso de la inversión. Además de lo anterior, la demanda mundial de nuevos servicios de mayor capacidad en ancho de banda ha llevado a plantear una nueva tecnología que cubra estas expectativas.

En respuesta a esto, la UIT – T desarrolló una serie de estándares que resolvieran estas necesidades emergentes. La UIT – T estableció la recomendación G.709, “*Interface for Optical Transport Network*” (Red de Transporte Óptico, OTN en inglés). Su aportación es para direccionar los requerimientos de transmisión de amplio rango de servicios presentes hoy en día. Este fue protocolo fue desarrollado para asistir en la evolución de redes a los altos niveles de ancho de banda y mejorar el desempeño de las mismas. Muchas de las nociones en la UIT – T G.709 son similares en aquellas en SONET/SDH; por ejemplo, la estructura de las capas, el monitoreo del desempeño en el servicio, protección y otros servicios de administración. Sin embargo, algunos elementos clave han añadidos para continuar el ciclo de mejora en el desempeño y reducción de costos. Entre los elementos clave, la UIT – T proporciona una estandarización para administrar los canales ópticos en el dominio óptico sin necesidad de convertir las señales ópticas a señales eléctricas y el algoritmo de “*corrección de errores hacia adelante*” (en inglés, Forward Error Correction o FEC) para mejorar el desempeño de la transmisión y permitir ampliar los espacios ópticos.

Capas de la red de transporte óptico (OTN)

La jerarquía de transporte óptico (OTH, siglas en inglés) es una nueva tecnología de transporte óptico. Está basado sobre la arquitectura definida en varias recomendaciones (G.872 sobre arquitectura, la G.709 sobre las tramas y formatos, la G.798 sobre las funciones y procesos). OTH combina multiplexado eléctrico y óptico sobre una base común. El dominio eléctrico está estructurado en una jerarquía como la de SONET/SDH; y en el dominio óptico se basa en la tecnología de multiplexado DWDM pero con interfaces estandarizadas y métodos para administrar la red. La recomendación G.872 de la UIT –T, “*Architecture for the Optical Transport Network*” (OTN) define dos clases de interfaces OTN (ver figura 2.20) – laDI vs. IrDI.

- Interface OTN inter – dominio (IrDI): esta interface conecta las redes de dos operadores, o las subredes de uno o múltiples vendedores en el mismo dominio del operador. La interface IrDI está definida con el proceso 3R (reorganización, regeneración y re – temporalizado) en cada extremo.
- Interface OTN intra – dominio (laDI): esta interface conecta redes dentro del dominio de un operador o vendedor.

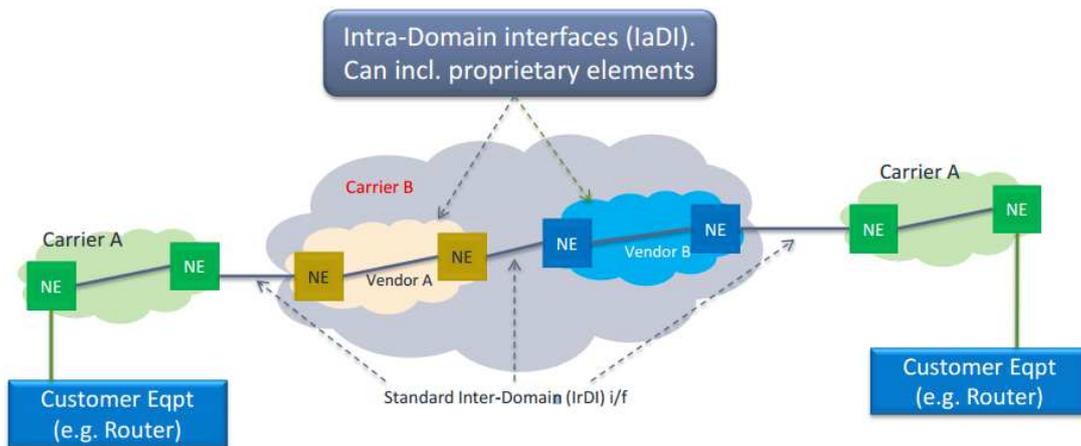


Figura 2.20 “IaDI vs. IrDI”

La recomendación G.872 también define la arquitectura de red óptica basado en los canales ópticos (OCh) montados sobre una longitud de onda específica. Diferente a los sistemas heredados DWDM, la estructura de esta señal es estandarizada. La arquitectura OTN está compuesta de tres capas (figura 2.21) y construidas usando un overhead adicional con OCh.

- 1) Canal óptico (OCh): representa una conexión de red óptica de extremo a extremo con el encapsulado de la señal del cliente en la estructura de trama G.709.
- 2) Sección multiplex óptico (OMS): se refiere a las secciones entre los multiplexores ópticos y los demultiplexores.
- 3) Sección de transmisión óptica (OTS): se refiere a las secciones entre cualquier elemento de red en la OTN, incluyendo amplificadores.

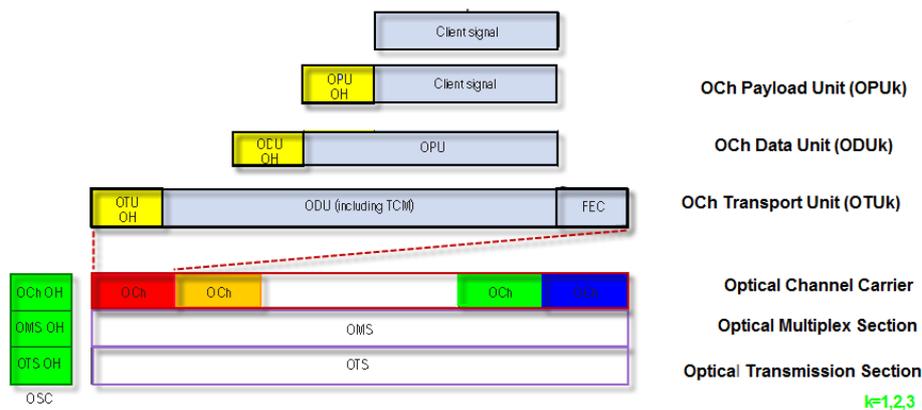


Figura 2.21 “Arquitectura OTN”

El término de las capas OTS, OMS y OCh están representados en el nivel óptico de la OTN. La carga OCh consiste de una subestructura eléctrica, donde la unidad de transporte de canal óptico (OTU) es el nivel más alto de multiplexado. Esta capa es la capa digital – también conocido como “digital wrapper” (envoltorio digital) – el cual ofrece un overhead específico para la administración de las funciones digitales de OTNs. El OTU también introduce una nueva dimensión para la

interconexión óptica al añadir el algoritmo de corrección de errores hacia adelante (FEC) a los elementos de la red, permitiendo a los operadores limitar el número de regeneradores requeridos usados en la red y así reducir el costo.

El transporte de una señal de cliente en la OTN empieza con la señal del cliente (SONET/SDH, ATM, Video, Ethernet, etc.) siendo aceptado en la unidad de carga de canal óptico (OPU) al ajustar la tasa de transmisión de las señal cliente a una tasa OPU. El overhead OPU por sí mismo contiene información para soportar el proceso de adaptación de la señal cliente. Una vez adaptado la señal, el OPU es mapeado dentro de la unidad de datos de canal óptico (ODU) con su necesario overhead ODU para asegurar la supervisión extremo a extremo de la transmisión y poder monitorear conjuntamente la conexión. Finalmente, el ODU es mapeado nuevamente, pero ahora dentro del OTU que provee entramado y monitoreo de sección y FEC.

Cada OTU k ($k=1, 2, 3$) es transportado en un canal óptico (OCh) asignado a una longitud de onda específica del campo UIT. Muchos de los canales pueden ser mapeados dentro de la capa OMS y posteriormente transportados vía capa OTS. Las capas OCh, OMS y OTS tienen cada una sus propio overhead con propósitos de administración en el nivel óptico. El overhead de estas capas ópticas es transportado fuera del campo de la UIT en un canal de supervisión óptica común fuera de banda (OSC). Además, el OSC provee señales de mantenimiento y administración de datos en las diferentes capas OTN. La figura 2.22 ilustra el proceso completo mencionado en los párrafos anteriores.

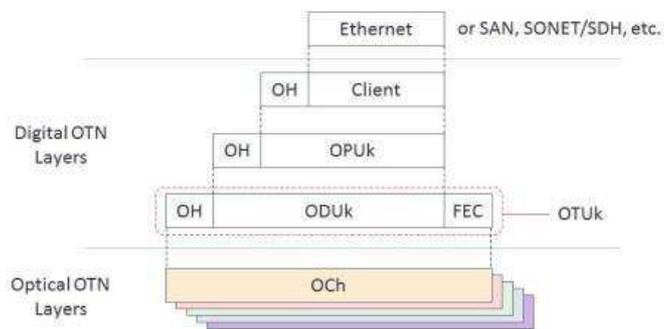


Figura 2.22 “Encapsulamiento OTN”

Tasas de transmisión G.709

La recomendación UIT – T G.709 define las interfaces y las tasa de transmisión estándar en base a las tasas existentes en SONET/SDH. Cuando se habla de la consideración del overhead G.709 adicional y la información FEC, las interfaces resultantes operan en la tasa de línea aproximadamente 7% superior a las tasa de transmisión correspondientes a SONET/SDH. La tabla 2.3 define la lista de interfaces de las tasas de línea G.709 y sus correspondientes interfaces SONET/SDH, además de incluir algunas señales cliente en las que se emplean estas interfaces OTN.

SONET Optical Carrier Level	SONET Formato de trama	SDH Nivel y formato de trama	Ancho de banda de carga (kbps)	Velocidad de línea (kbps)
OC-1	STS-1	STM-0	50.112	51.840
OC-3	STS-3	STM-1	150.336	155.520
OC-12	STS-12	STM-4	601.344	622.080
OC-24	STS-24	–	1.202.688	1.244.160
OC-48	STS-48	STM-16	2.405.376	2.488.320
OC-192	STS-192	STM-64	9.621.504	9.953.280
OC-768	STS-768	STM-256	38.486.016	39.813.120
OC-3072	STS-3072	STM-1024	153.944.064	159.252.480

Tabla 2.3 “Tasa de transmisión SONET/SDH”

Un tipo adicional de interface, el cual no es parte de la recomendación G.709 se aplica para 10 Gigabit Ethernet para clientes de red de área local. En este caso, la misma estructura de overhead y FEC es aplicado dando como resultado una tasa de línea de 11.095 Gbps.

A lo anteriormente mencionado, se pueden enunciar algunas ventajas que presenta OTN entre las que podemos encontrar:

- Aísla la red en contra de la mezcla de servicios desconocidos al proveer un transporte nativo transparente de señales, encapsulando toda la información de cliente – administración.
- Mejora el multiplexado para optimizar la capacidad de utilización, de esta manera mejora la eficiencia de la red.
- Permite la escalabilidad de la red, al igual, soporte de servicios dedicados Ethernet con definiciones de servicio 1 GbE, 10 GbE, 40 GbE y 100GbE, con altas tasa de transmisión.
- Proporciona rendimiento en el monitoreo multicapa y mejora la capacidad de mantenimiento de las señales que atraviesan redes de varios operadores.
- Permite la conectividad de malla automatizada y 50 ms en restauración de malla para clientes Ethernet, OTN, SONET y SDH, cuando es combinado con un plano de control inteligente.

2.2 IMS (Subsistema multimedia IP)

El Internet junto con la telefonía llegaron a ser herramientas imprescindibles que todo proveedor de aplicaciones en base al protocolo IP a sus diversos clientes, independientemente del tipo de acceso del cliente a Internet: ADSL, cable, UTMS...

El IMS o *"IP Multimedia Subsystem"*, normalizado para el mundo de las telecomunicaciones es una nueva arquitectura basada en nuevos conceptos, nuevas tecnologías así como un nuevo ecosistema. El IMS soporta una red toda IP, las sesiones aplicativos en tiempo real (voz, video, conferencia...) y no tiempo real (*"PushToTalk"* o *"PPT"*, mensajería instantánea...). El IMS integra adicionalmente el concepto de convergencia de servicios soportados por redes de naturaleza diversa: fijo, móvil o Internet. El IMS es de igual manera designado por *"NGN Multimedia"* como una red de próxima generación.

El componente servicios multimedia IP (IMS) de las NGN permite la prestación en terminales NGN de servicios multimedia basados en SIP, e igualmente de servicios de emulación RTCP/RDSI. Además, su adaptación y extensiones a efectos de compatibilidad con otros tipos de redes de acceso, como las que se basan en xDSL y WLAN. Las extensiones del IMS habrán de soportar:

- El control de redes de acceso de conectividad IP (QoS, control de admisión, autenticación, etc.);
- La coordinación de varios componentes de control en un solo transporte principal para el control de recursos;
- El inter - funcionamiento y la interoperabilidad con las redes tradicionales y con otras redes;
- El desacoplamiento mutuo de las aplicaciones y el control de sesión/llamada y el transporte;
- La independencia de las tecnologías de acceso del control y de las aplicaciones de sesión/llamada.

Un operador puede utilizar las entidades funcionales de un IMS con el fin de aceptar diferentes casos de red de tránsito. El encaminamiento depende de la entidad que lo efectúe, del caso de tráfico, de la información de señalización, de la información de configuración y/o de la consulta de la base de datos.

2.2.1 Arquitectura IMS

La introducción de IMS en las redes fijas y móviles representa un cambio fundamental en las redes de telecomunicaciones de tipo voz. Las nuevas capacidades de las redes y de las terminales, el "matrimonio" entre el Internet y la voz, el contenido y la movilidad junto con la aparición de IMS concebido para ofrecer a los usuarios la posibilidad de establecer sesiones multimedia usando todo tipo de acceso de alta velocidad y una conmutación de paquetes IP.

El IMS facilita una red IP multi – servicio, muti – acceso, segura y confiable:

- Multi – servicio: todo tipo de servicios ofrecidos por una red "corazón" soportando diferentes niveles de calidad de servicio podrán ser ofrecidos al usuario.
- Multi – acceso: toda red de acceso "banda ancha", fija y móvil, podrá tener interface al IMS.

El IMS no es la única red sino diferentes redes que inter - operan gracias a los distintos acuerdos de *"roaming"* IMS fijo – fijo, fijo – móvil, móvil – móvil. El mismo IMS es un catalizador que hace posible a los proveedores de servicios ofrecer:

- Servicios de comunicaciones en tiempo no real, seudo tiempo real y tiempo real según una configuración cliente – servidor o entre entidades pares.

- La movilidad de servicios / movilidad del usuario (nomadismo).
- Varias sesiones y servicios simultáneamente sobre la misma conexión de red.

La arquitectura IMS puede ser estructurada en capas. Las cuatro capas importantes son identificadas:

- Capa de Acceso: puede representar todo acceso de alta velocidad tan como: UTRAN, CDMA2000, xDLS, redes de cable, Wireless IP, Wi – Fi, etc.
- Capa de Transporte: representa una red IP. Esta red IP podrá integrar mecanismos de calidad de servicios con MPLS, SONET/SDH, RSVP, etc. La capa de transporte está compuesta de encaminadores o routers, conectados por una red de transmisión.
- Capa de control: consiste en controladores de sesión responsables del encaminamiento de la señalización entre usuarios y de la invocación de los servicios. Estos nodos se llaman “*CallState Control Function*” o CSCF. El IMS introduce entonces el ámbito de control de sesiones sobre el campo de paquetes.
- Capa de aplicación: introduce las aplicaciones (servicios de valor agregado) propuestas a los usuarios. El operador puede posicionarse gracias a su capa de control como integrador de servicios ofrecidos por el mismo o por terceros. La capa de aplicación consiste en servidores de aplicación “*Application Server*” o AS, “*Multimedia ResourceFunction*” o MRF que los proveedores llaman servidores de media IP (“*IP Media Server*” o IP MS).

La arquitectura global IMS se ilustra a continuación (figura 2.23)

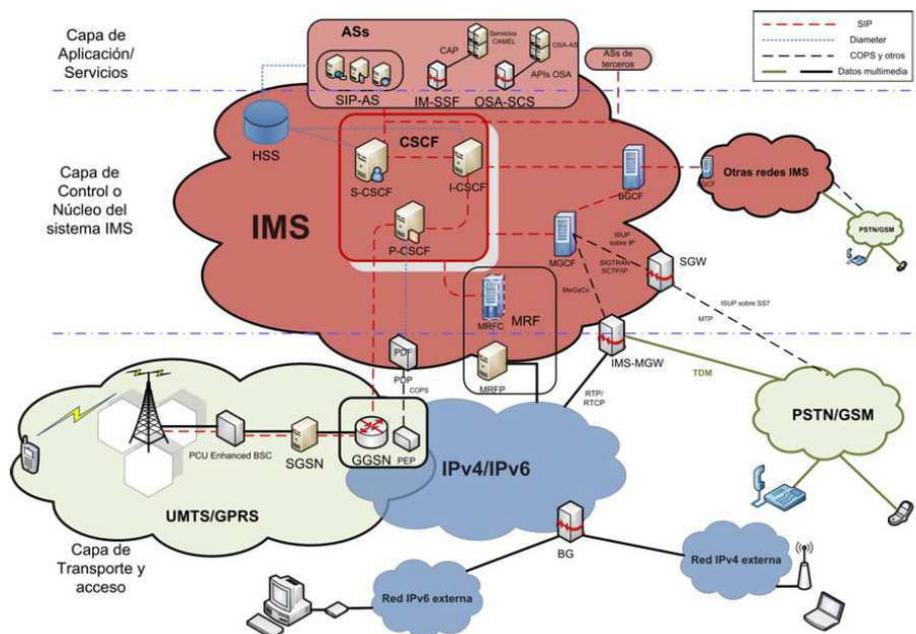


Figura 2.23 “Arquitectura global IMS”

En la concepción de la arquitectura IMS se plantearon un conjunto de necesidades a solucionar, entre las que encontramos:

- 1) Conectividad IP: el usuario debe disponer de la conectividad IP para acceder a los servicios IMS. Para ello es necesario IPv6 como protocolo establecido, y la razón fundamental es la carencia de direcciones IPv4 para permitir a cada móvil (contemplando la aplicación de IMS en redes móviles) disponer de una dirección IP con un modo de acceso permanente.
- 2) Independencia hacia el acceso: IMS ha sido concebido para ser independiente del acceso con el fin que los servicios IMS puedan ser ofrecidos desde cualquier tipo de acceso conectado a una red IP (GPRS, UTMS, xDLS, cable, etc...).
- 3) Garantía de calidad de servicio de los servicios multimedia: en el Internet, el tipo de calidad de servicio ofrecido es *"BestEffort"* (mejor esfuerzo). Eso no va ser el caso con IMS. La desde de acceso y transporte del IMS ofrecen la calidad de servicio del principio al final de la cadena. A través del IMS, la terminal negocia sus capacidades y expresa sus exigencias de calidad de servicio durante la fase de establecimiento de sesión.
- 4) Comunicaciones seguras: IMS brinda mecanismos de seguridad similares a los de redes GSM y GPRS. Por ejemplo, el IMS asegura que el usuario ha sido autenticado antes de poder usar el servicio.
- 5) Soporte de roaming: el usuario puede acceder a sus servicios IMS desde cualquier red IMS visitada. La movilidad del usuario (nomadismo) y de sus servicios son tomados en cuenta.
- 6) Control de servicios: el IMS brinda todos los elementos que permiten conocer los servicios suscritos por el usuario e invocarlos para toda sesión saliente o entrante.
- 7) Desarrollo de servicios: el IMS brinda los APIs que permiten el desarrollo de servicios multimedia. entre los APIs ya contemplados se encuentran la presencia, la mensajería instantánea, el PTT, la conferencia y el chat.

2.2.2 SIP

SIP es un protocolo de señalización que permite el establecimiento, la liberación y modificación de sesiones multimedia. SIP es usando en IMS como protocolo de señalización para el control de sesiones y el control de servicio. El reemplaza a la vez los protocolos *"ISDN UserPart"* (ISUP) y *"Intelligent Network ApplicationPart"* (INAP) del mundo de la telefonía aportando la capacidad multimedia. También hereda ciertas funcionalidades de los protocolos *"Hyper Text TransportProtocol"* (HTTP) y *"Simple Mail TransportProtocol"* (SMTP). SIP se apoya sobre un modelo transaccional cliente/servidor o *"UniformResourceLocator"* (URL SIP) parecido a una dirección de correo electrónico. Cada participante en una red SIP es alcanzable por medio de una URL SIP. Por otra parte, las solicitudes SIP son satisfechas por respuestas identificadas por un código numérico. SIP de igual manera que SMTP es un protocolo textual.

2.2.3 Entidades de la red IMS

- 1) Terminal IMS: se trata de una aplicación sobre un equipo de usuario que emite y recibe solicitudes SIP. Se materializa por un software instalado sobre una PC, sobre un teléfono IP o sobre una estación UTMS.
- 2) Home Subscriber Server (HSS): es la base principal de almacenamiento de los datos de los usuarios y de los servicios a los cuales se suscribieron. Las principales informaciones

almacenadas son las identidades del usuario, la información de registro, los parámetros de acceso así como la información que permite la invocación de los servicios del usuario.

- 3) CallState Control Function (CSCF): el control de llamada iniciado por una terminal IMS es asumido en la red nominal (red a la cual el usuario suscribe sus servicios IMS) ya que el mismo usuario puede suscribir una gran cantidad de servicios y algunos de ellos pueden no estar disponibles o pueden funcionar de manera distinta en una red visitada, entre otros problemas de interacción de servicios. Esto induce a la definición de tres entidades:
- Proxy CSCF o P – CSCF: es el primer punto de contacto en el dominio IMS. Su dirección es descubierta por la terminal durante la activación de intercambio de mensajes de señalización SIP. También actúa como un Proxy Server SIP hacia el destinatario apropiado y como un UserAgent SIP cuando termina la llamada (después de un error en el mensaje SIP recibido).
 - Interrogating – CSCF o I – CSCF: es el punto de contacto dentro de una red de operador para todas las sesiones destinadas a un usuario de este operador. El I – CSCF normalmente se encuentra en las orillas de cada dominio IMS, aunque es posible que se encuentre fuera del dominio. Cuando se decide ocultar la topología de la red mediante técnicas “*TopologyHidingInternet Gateway*” (THIG), el I – CSCF se encarga de encriptar los encabezados correspondientes.
 - Serving CSCF o S – CSCF: asume el control de la sesión. El mantiene un estado de sesión con el fin de poder invocar servicios. Se encarga de encaminar las llamadas y sesiones hacia su destino final. Además de que se encarga de comunicar al usuario con el AS (salvo aquel que fue contactado por el I – CSCF). Primeramente verifica la autenticidad de los usuarios consultando al HSS, después registra la localización del usuario en el HSS haciendo un mapeo entre la dirección IP del que accede el usuario y sus identidad pública, finalmente verifica que el usuario tenga activado el servicio al cual desea acceder.
 - Servidores de aplicaciones (Application Servers AS): componen el plano de servicios y aplicaciones de IMS. Su definición es genérica con la finalidad de impulsar la creación de nuevos servicios y aplicaciones atractivas. A pesar de que frecuentemente manejan diversos protocolos para habilitar la entrega de contenidos específicos, hacen el uso de SIP y el Protocolo de Descripción de Sesión (SessionDescriptionProtocol: SDP) para permitir entablar una comunicación exitosa con S – CSCF y establecer sesiones con sus usuarios registrados. El camino fundamental entre los AS y los servicios de Internet disponibles en la actualidad es que los primeros poseen la habilidad de incorporarse a IMS con la ayuda de SIP, mientras que los segundos carecen de esta funcionalidad. Los AS proporcionan los bloques básicos que ofrecen los servicios de telecomunicaciones dentro de IMS y permiten una amplia gama de nuevas herramientas (como mensajería de voz, video y presencia) para la creación de nuevos servicios con un mínimo esfuerzo.

A lo anterior, se debe mencionar que IMS inter – funciona con la RTP con el fin de permitir a los usuarios IMS establecer llamadas con la RTP. La arquitectura de inter – funcionamiento presenta un plan de control (señalización) y un plan de usuario (transporte). En el plan de usuario, las pasarelas “*IMS – Media Gateways*” o “*IMS - MGW*” son necesarias con el fin de convertir los flujos RTP en flujos TDM. Estas pasarelas, únicamente tratan el aspecto media. Las entidades que son responsables de crear, mantener y liberar conexiones en estas pasarelas son los controladores de pasarelas “*Media Gateway Control Function*” o “MGCF”. Por otra parte, el mismo MGC termina la

señalización ISUP del lado RTC y la convierte en señalización SIP entregada al dominio IMS. Los mensajes ISUP procedentes del RTC son en primer lugar encaminados con el protocolo SS7 a una pasarela de señalización “*Trunking Signaling Gateway*” (TSG) quien los releva al MGC.

El inter – funcionamiento entre el dominio IMS y la RTCP está asegurado por tres entidades: el “*IP Multimedia Subsystem Media Gateway Function*” (IMS – MGW), el “*Media Gateway Control Function*” (MGCF) y el “*Trunking Signaling Gateway Function*” (T – SGW):

- 4) IMS – MGW: se encarga de recibir el tráfico de palabras de la RTCP y lo encamina sobre una red IP, que junto con el tráfico audio es transportado sobre RTP/UDP/IP. Es controlado por el MGCF por medio del protocolo MEGACO/H.248.
- 5) MGCF: este solo pertenece al plano de control como las entidades CSCF. Controla el IMS – MGW para establecer, mantener y liberar las conexiones IMS - MGW. También asegura la conversión de mensajes IUSP (señalización RTC) en mensajes SIP (señalización IMS), y seleccionar el CSCF idóneo con el fin de entregar la señalización SIP que el genera, al subsistema IMS.
- 6) T – SGW: asegura la conversión del transporte para el encaminamiento de la señalización ISUP entre el conmutador telefónico y el MGCF. La señalización ISUP se intercambia el protocolo SS7 entre el conmutador y el T – SGW.

De todo lo anterior se puede concluir que:

- El IMS es independiente de todo tipo de acceso. Tanto los usuarios móviles GPRS/UTMS que los usuarios fijos de banda ancha (xDSL, cable, etc.) pueden acceder a IMS.
- IMS facilita una interfaz normalizada (ISC, IMC Service Control) basada sobre el protocolo SIP para acceso a servicios.

Además IMS puede ser desplegado:

- Por un operador móvil para ofrecer servicios avanzados y multimedia a sus usuarios GPRS/EDGE/UTMS.
- Por un operador de acceso inalámbrico (xDSL, cable).
- Por un operador virtual que despliegue IMS basándose en las redes de acceso de terceros.

Desarrollo de negocio sobre IMS.

El punto clave del desarrollo del negocio sobre el IMS dentro de concepto de NGN es la creación de valor. Esto sucede por:

- 1) Estrategia de apertura a IMS a proveedores terceros (“*Application Service Providers*” o ASP) con el fin de permitir al operador enriquecer su oferta de servicios. Esta apertura no debe confinar al operador a tener un papel de transportador.
- 2) Acuerdo de roaming de red y servicio entre operadores fijo – fijo, fijo – móvil y móvil – móvil con el fin de permitir a un usuario registrarse desde cualquier visitada y poder acceder a los servicios ofrecidos por su operador nominal. La intención es proporcionar la movilidad del usuario así como la movilidad de sus servicios.
- 3) Nuevos servicios y una gran cantidad de aplicaciones deben integrarse con las aplicaciones para las empresas como Outlook o Exchange. Es precisamente este tipo de integración entre IT de la empresa y la red de telecomunicaciones que tiene el potencial de crear nuevos servicios de valor agregado para los clientes corporativos. El IMS deberá

permitir a sistemas dentro de la empresa conectarse a la red de telecomunicaciones y usar las funcionalidades de la red con nuevos conceptos.

- 4) Combinación de servicios donde IMS permite al usuario iniciar varias sesiones simultáneamente. Por ejemplo, una sesión de audio puede ejecutarse en paralelo de una sesión de chat.
- 5) Accounting, rating y billing en la arquitectura IMS permite entregar informaciones de tasación de los equipos de redes y servicios IMS. Equipos de mediación producen tiquetes de tasación sometidos al sistema de facturación encargado de valorizar dichos tiquetes y facturar al cliente.
- 6) Manejo de servicios y del cliente con la personalización de los servicios, aprovisionamiento dinámico por parte del cliente usando por ejemplo la interfaz Web.

2.3 Redes de acceso

El término *Red de Acceso* se emplea para identificar aquella parte de la infraestructura física de una red de telecomunicaciones que se encuentra más próxima al usuario final. Esta definición, que se basa principalmente en criterios geográficos puede considerarse, como una primera aproximación, que se comprobará a lo largo del siguiente capítulo de la presente tesis.

Esta infraestructura ha evolucionado desde sus inicios con la aparición de nuevos servicios que demandan mayor ancho de banda, tal como, la Internet que se ha convertido en la plataforma de integración de servicios, y que se necesitará proporcionar a velocidades elevadas para cumplir esta integración.

Existe una situación que cabe mencionar, ya que la relativa uniformidad y consolidación de las tecnologías de transporte y multiplexado que se observa en las redes de transporte contrasta con la heterogeneidad propia de las redes de acceso. En las redes de acceso actuales, conviven múltiples formas de conexión a la red de troncal (HFC, FTTH, PON), así como diferentes alternativas en cuanto a las técnicas de acceso (ADSL, VDSL, TDMA, ATM, IP), medios de transmisión (fibra óptica, cable coaxial o de pares, radio, etc.), servicios transportados (TV analógica, digital, datos, video bajo demanda, etc.) y velocidades asignadas (desde unos pocos cientos de kb/s hasta 100 Mb/s).

La red de acceso propiamente mencionada se encarga de enlazar la red de transporte con la red interna situada en el domicilio de cada abonado. Según la definición de la Ley General de Telecomunicaciones de España, que define a una red de acceso como:

“El conjunto de elementos que permiten conectar a cada abonado con la central local de la que dependen. Está constituida por los elementos que proporcionan al abonado la disposición permanente de una conexión desde el punto de terminación de la red hasta la central local, incluyendo la planta exterior y específicos”.

Las funciones básicas de una red de acceso son, entre otras:

- a) Transmitir, conmutar, encaminar y multiplexado de tráfico generado por el/los abonados/s hacia la red de transporte.
- b) Clasificar el tráfico de los abonados en función de la calidad de servicio exigida, garantizando ésta última en los casos que sea necesaria.

- c) Ejecutar los protocolos de acceso al medio necesarios para el tráfico ascendente.
- d) Actualizar el software de los equipos de la red interna al domicilio del abonado.
- e) Tarifación.
- f) Autenticación de usuarios.

Modelo de red de acceso de banda ancha.

El disponer de un modelo de referencia es de mucho provecho. Por una parte ayuda al establecimiento de un vocabulario común, para identificar las diversas partes y elementos de red, interfaces, etc. Aunado, proporciona un desglose de las funciones de la red identificando posibles puntos de congestión en la transmisión extremo a extremo.

De los modelos existentes se pueden destacar al DIVIC (Digital Audiovisual Council). Se empleará el DIVIC por ser más general, con ligeras modificaciones a las que se aludirá sea necesario (figura 2.24)

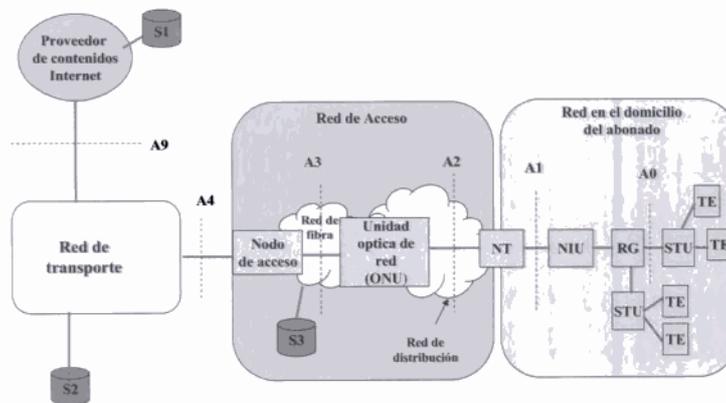


Figura 2.24 “Modelo de una referencia DAVIC de una red de acceso”

Los diferentes elementos que componen el modelo, cumplen cada uno de ellos una función específica. El tráfico exterior a la red de acceso proviene, a través de la red de transporte del proveedor de contenidos (S1, S2), que pueden ser Internet, una red corporativa o una red orientada hacia una aplicación específica. La interfaz (A9) entre el proveedor y al red de transporte puede basarse o no en el protocolo IP.

Sea cual sea el enfoque tecnológico particular, las redes de acceso poseen tres elementos comunes: Nodo de Acceso (AN de Access Node), la Unidad Óptica de Red (ONU de Optical Network Unit) y Terminación de Red (NT de Network Termination). El nodo de acceso conecta la red de acceso a la red de transporte realizando las siguientes funciones:

- Modulación de los datos dirigidos a la red de acceso (tráfico descendente)
- Demodulación del tráfico ascendente.
- Ejecución y cumplimiento del Protocolo de Acceso al Medio (Medium Access Control o MAC).

- Separación y clasificación del tráfico, previamente a la operación de multiplexado y transmisión hacia la red de transporte en función del nivel de calidad de servicio o QoS.
- Multiplexado del tráfico dirigido desde la red de acceso a la de transporte.
- Señalización.

La función de la ONU es la de terminar la parte de fibra óptica que existe en la red de acceso, convirtiendo las señales ópticas presentes a su entrada en señales eléctricas a su salida y alimentando éstas a la parte de acceso basada en cable metálicos. El grado de proximidad de la ONU a la residencia del abonado es un factor determinante a la hora de evaluar el ancho de banda que puede transportarse por la red de acceso.

Por último, la NT es un equipo, que se encuentra principalmente en la entrada del domicilio del abonado que cumple con las siguientes funciones:

- Acoplo del cableado domestico al cableado de la red de acceso.
- Filtrado RF.
- División.
- Remodelación.
- Tareas de seguridad.
- Realimentación para supervisión del estado de la red.
- Toma a tierra.

Como se ha visto a lo largo de este segundo capítulo, las redes de próxima generación NGN representan la evolución futura inmediata de las actuales redes fijas y móviles. En donde, la diferencia radical entre las NGN y las redes de hoy en día es el paso de las presentes redes “conmutadas en circuitos” sistemas “basados en paquetes”, tales como los que utilizan el protocolo Internet (IP). Se espera que las NGN brinden a los usuarios de líneas fijas y móviles una comunicación sin interfaces y que ofrezcan un acceso ilimitado a los usuarios a diferentes proveedores de servicio en un entorno multi – servicios, multi – protocolos y multi – vendedores.

Capítulo 3

Redes de Acceso

Como se vio en el capítulo anterior, las Redes de Nueva Generación son imprescindibles para el desarrollo de las telecomunicaciones futuras que demandan nuevas opciones de servicios y capacidades anteriormente no vistas. Las redes de acceso como parte fundamental del nuevo planteamiento son tema muy amplio y, como se mencionó en el último subtema del pasado capítulo, estas redes contrastan por su heterogeneidad a comparación de las redes de transporte.

La figura 3.1 muestra la evolución de la demanda de los servicios junto a las velocidades exigidas y sus respectivas tecnologías empleadas en la del usuario desde 1995 hasta 2010. Se observa como la aparición de Internet entre otras aplicaciones que requieren el funcionamiento en tiempo real han disparado la tasa de bits que requiere el usuario en su acceso. En la actualidad, el domicilio del usuario recibe varios tipos de servicios: telefonía básica sobre la línea telefónica y difusión de video analógico sobre la red de cable. Recientemente, se han añadido a estos, servicios de datos para acceso a Internet mediante líneas digitalizadas de abonado sobre la red telefónica o sobre esfuerzos para el desarrollo de redes de acceso de gran capacidad que acomoden varias formas de video, como el de video bajo demanda o televisión de alta definición. El acceso a Internet y otros servicios requieren de acceso de alta velocidad como el e – learning y la videoconferencia, entre otros que provocan el incremento en la demanda de ancho de banda disponible en el último tramo de las redes de comunicaciones, tal como se muestra en la tabla 3.1

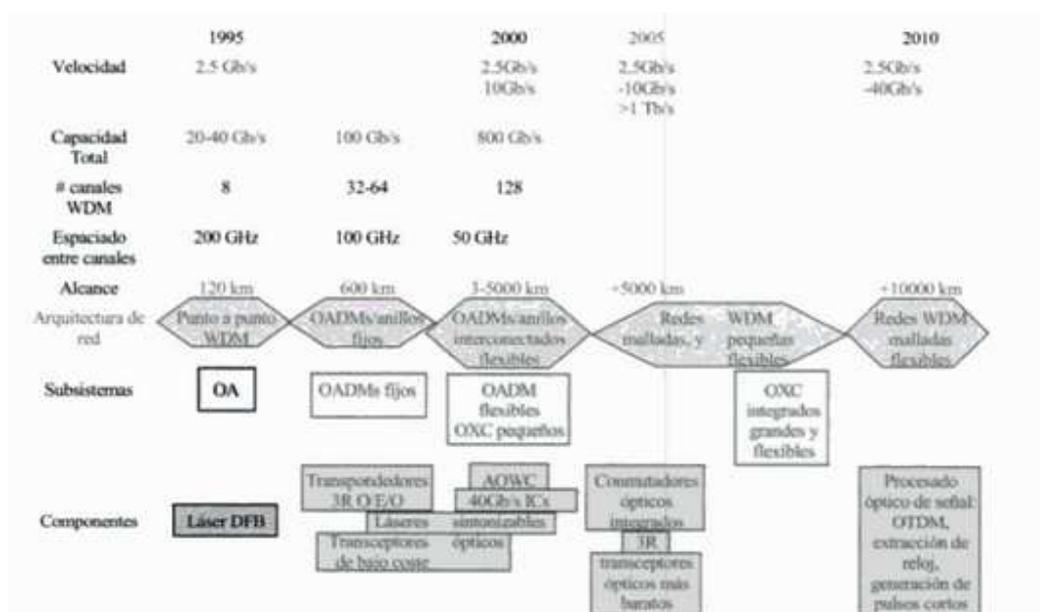


Figura 3.1 “Evolución de la demanda de servicios en las redes de telecomunicaciones”

Acceso usuario	POTS	ISDN	Cable modem ADSL	Óptico, (A/V)DSL	Óptico, Eléctrico
Velocidad	64Kb/s	128 Kb/s, 2 Mb/s	2-8 Mb/s	2,10,50 Mb/s 155Mb/s	622Mb/s 100Mb/s
Servicios	POTS	Internet, videollamada	Teleconferencia, Educación a distancia	Internet interactivo	Presencia virtual para el trabajo, Educación a distancia

Tabla 3.1 “Evolución de la demanda de servicios en las redes de telecomunicaciones”

En este capítulo se abordará los diferentes tipos de redes de acceso que son y serán consideradas como una solución viable a las necesidades mencionadas en el párrafo anterior.

3.1 Redes alámbricas

3.1.1 xDLS

La tecnología DSL fue desarrollada en los años ochenta por la empresa Bellcore, una de las empresas resultantes de la división de la operadora norteamericana A&T. La idea original del DSL era hacer frente al nuevo proceso de libre competencia en el sector de las telecomunicaciones, en la cual, se pensó entregar la señal de video a los usuarios para que las operadoras de línea telefónicas pudiesen competir con las empresas de televisión por cable.

El término DSL que significa “*Digital Subscriber Line*” o Línea Digital de Abonado, y que hace referencia a una familia de tecnologías de modulación que permiten la transmisión de datos a alta velocidad (banda ancha) que utiliza el par de hilos de cobre del bucle de abonado de las redes

telefónicas. A cada uno de los componentes de esta familia de tecnologías se suele conocer por una letra seguida de las siglas DSL, por ejemplo, ADSL, SDSL, HDSL, etc. Por esta razón, a la familia DSL se le conoce como xDSL.

DSL emplea el mismo par de hilos del servicio telefónico, las empresas de telecomunicaciones suelen comercializar DSL ofreciendo toda una serie de ventajas adicionales para el acceso, como: uso simultáneo del teléfono y de la línea de datos (aunque hay tecnologías que no lo permiten), permanecer siempre conectado, conectar varias computadoras a la misma línea y tener un precio bajo.

En la figura 3.2 se muestra una configuración esquemática de una conexión DSL entre una central y varios domicilios abonados.

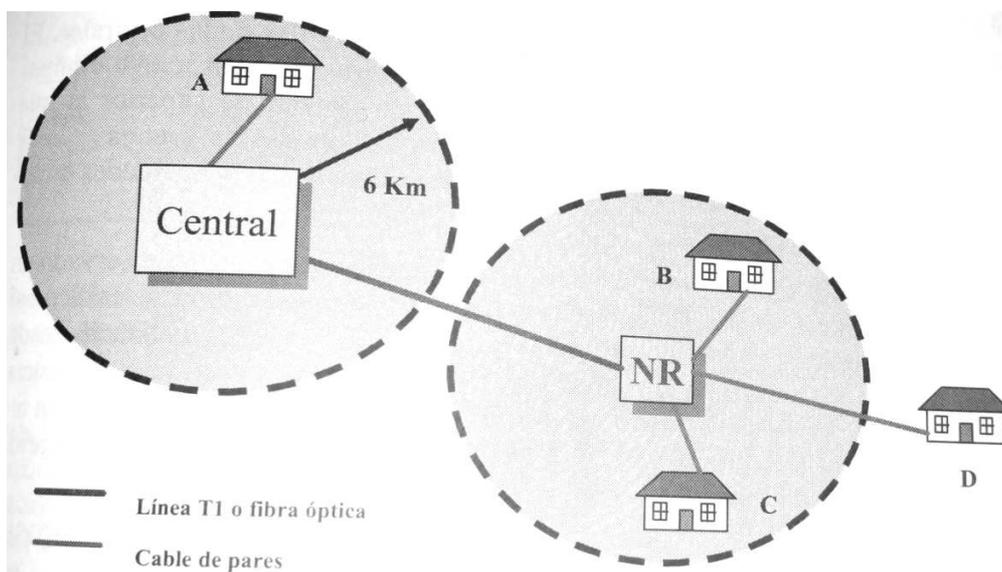


Figura 3.2 “configuración esquemática de una conexión DSL”

El abonado A, se localiza muy cercano a la central telefónica, por lo que se conecta directamente a ella a través de su cable de pares. Los abonados B, C y D se encuentran a una distancia tal que no es posible su conexión directa, por lo que sus cables de par de cobre se conectan a un “nodo remoto” (NR) donde existe el multiplexado el tráfico hacia la central. La conexión entre el nodo remoto y la central es a través de un único cable de tipo T1 (si es metálico) o de fibra. En la figura 3.2 se muestra además sendos círculos de 6 Km de radio que definen el área de cobertura directa de RDSI desde la central y desde el nodo remoto. Esta área conocida como CSA (*Carrier Service Area*) muestra la región en la que es posible instalar línea RDSI sin equipamiento adicional especial.

Las redes telefónicas están diseñadas para ofrecer servicios de telefonía básica y de transmisión de datos vía RDSI (Red Digital de Servicios Integrados). Un problema de importancia es que ambos tipos de servicios, empleaban conmutación vocal dentro de la central telefónica, aunque son de características muy diferentes. Por este motivo, los operadores buscaron soluciones tecnológicas que permitieran que el tráfico de datos no emplee los recursos de conmutación vocal de la red, dirigiéndose hacia conmutadores y equipos especializados directamente en transmisión

de datos. Las técnicas DSL permiten precisamente conseguir este objetivo, así como el de distribuir la carga que soportan los conmutadores vocales de las centrales.

Las líneas DSL son extensiones de las redes de pares como se ha observado en la figura 3.2, donde el NR puede realizar tareas de multiplexado de tráfico así como de conmutación distribuida, ya que por ejemplo las llamadas realizadas desde el abonado B al C no son establecidas por el NR y no por la central.

Existen distintas versiones de xDSL entre las que encontramos:

- HDSL (*“High bit rate Digital Subscriber Line”*).
- SHDSL (*“Symmetrical High – speed Digital Subscriber Line”*)
- SDSL (*“Single line Digital Subscriber Line”*).
- RADSL (*“Rate Adaptive Digital Subscriber Line”*).
- ADSL (*“Asymmetric Digital Subscriber Line”*).
- CDSL (*“Consumer Digital Subscriber Line”*).
- IDSL (*“ISDN Digital Subscriber Line de RDSI”*).
- VDSL (*“Very HighSpeed Digital Subscriber Line”*).

Estas se diferencian entre sí en cuanto a la distancia desde el abonado al NR, velocidad de transmisión por abonado, simetría entre el tráfico ascendente y descendente y otros factores derivados de los anteriores tales como la localización de las terminaciones ópticas de la red, costo, etc. El factor principal de la diferenciación, es la velocidad de transmisión y esta viene determinada por la distancia entre el domicilio del abonado y el lugar donde termina la fibra óptica. Así como ejemplo, para ADSL, HDSL, IDSL, esta separación puede ser como máximo el valor del radio que define el círculo de cobertura CSA, mientras que para VDSL la distancia máxima entre la terminación de fibra óptica y el domicilio del abonado debe ser inferior a 1 Km. A continuación se presenta una descripción detallada de las técnicas más empleadas en la actualidad.

ADSL

ADSL (*“Asymmetric Digital SubscriberLoop”*) es un tipo de xDSL en la premisa de que el tráfico descendente de la central al abonado requiere más capacidad que la ascendente (del abonado a la central), por lo que al garantizar un acceso de características asimétricas entre el abonado y la central se cubren las necesidades de estos en cuanto a la disponibilidad de un acceso de banda ancha.

El incremento en la capacidad que ADSL proporciona proviene en los comienzos de este cuando coincidió los comienzos de dos técnicas de modulación: DMT (DiscreteMultitone, *“Modulación Multi – tono Discreta”*) que, posteriormente, fue normalizada por la ANSI, según la norma ANSI T1.143, y CAP (CarrierlessAmplitude and Phase, *“Modulación de Amplitud y Fase sin Portadora”*).

Las modulación DMT divide la banda de frecuencias desde los 25 Khz hasta el 1.1 Mhz en 255 canales (subportadoras) de 4.3125 Khz cada uno. 25 de esos canales, entre los 25 Khz y los 138 Khz, se utilizan para la comunicación usuario – red (subida), mientras que los canales restantes se emplean para la comunicación red – usuario (bajada).

Por cada canal se transmite una señal modulada en QAM (QuadratureAmplitudeModulation, *“Modulación por Amplitud en Cuadratura”*). La modulación QAM empleada en DMT es una modulación de amplitud en la que cada estado de la señal representa a 16 bits.

La modulación CAP se basa también en una versión de QAM, pero utiliza un solo canal (portadora). El ancho de banda de 26 Khz a 134 Khz se emplea en la comunicación de subida y de 26 a 138 Khz a 1.1 Mhz en la comunicación de bajada. Por cierto, a pesar de utilizar una única portadora, como la portadora no contiene información, está se suprime antes de transmitir la señal; de ahí su nombre.

En la figura 3.3 se muestra el modelo de red DSL desarrollado por el ADSL Forum y adaptado al modelo de referencia DAVIC.

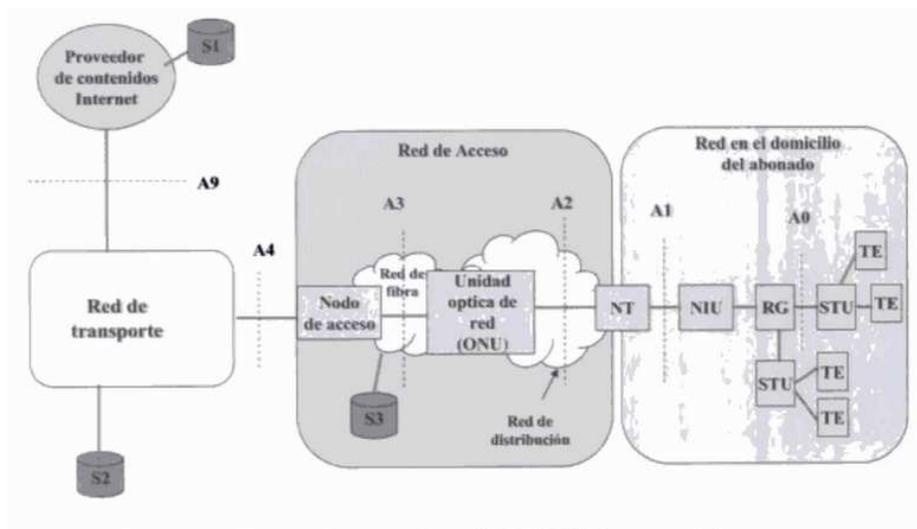


Figura 3.3 “Modelo de una referencia DAVIC de una red de acceso”

Fuente: “Redes Ópticas, José Capmany Francoy”

El elemento de entrada (salida) desde (hacia) la red de transporte es denominada multiplexor de acceso DSL o DSLAM (“*DSL Access Multiplexer*”). Este se encuentra en la central telefónica y contiene múltiples unidades de transmisión ADSL o ATU – Cs (“*ADSL Transmission Unit – Central Office*”). Un ATU – C es una tarjeta de red que corresponde a un usuario, es decir hay un ATU – C por abonado ADSL. Al otro extremo de la red, al final del cable de pares del abonado, hay una unidad de transmisión ADSL remota o ATU – R (“*ADSL Transmission Unit - Remote*”) que puede dar servicio a uno o varias computadoras situadas dentro del domicilio del abonado. Para cada abonado, su pareja de ATU – C y ATU – R establecen las negociaciones pertinentes dentro del nivel físico para enlazar al abonado con la central, por lo que a todos los efectos pueden considerarse como módems.

La red de acceso tiene una parte en fibra óptica que termina en una unidad óptica de red ONU (“*Optical Network Unit*”). De la salida de la ONU parten los diferentes cables de pares que dan servicio a los abonados a ella asignados. En la entrada al domicilio del abonado se sitúa la terminación de red NT, que en este caso incluye un filtro (paso bajo), denominado PS (“*POTS Splitter*”), cuya función es segregar el servicio de telefonía analógica del servicio de datos, que se encamina hacia el ATU – R.

Respecto a las funciones específicas de cada elemento, el DSLAM se encarga de las siguientes tareas:

- a) Contiene las ATU – Cs de todos los abonados.
- b) Multiplexado mediante estadística el tráfico proveniente de los diversos ATU – Cs hacia la red de transporte, por ejemplo mediante el empleo de celdas ATM.
- c) Demultiplexa el tráfico proveniente de la red de transporte, asignándolo al correspondiente ATU – C.
- d) Realiza tareas de gestión.

El DSLAM se encuentra ubicado en la central y la tendencia es proporcionar servicio a un número de usuarios comprendidos entre 500 y 1000. En cuanto ATU – C y el ATU – R, sus funciones con las típicas de un modem, es decir:

- a) Localización en el espectro (modulación) de los servicios transmitidos: para ADSL existen dos alternativas posibles de utilización espectral. La primera consiste en reservar la parte más baja del espectro (0 a 4 KHz) para POTS y la parte más alta para datos, empleando una parte de 25 a 200 – 250 KHz para el tráfico de datos ascendentes y otra, desde 250 KHz a 1.1 Mhz para el tráfico de datos descendentes. Esta opción corresponde a un multiplexado por división de frecuencia o FDM (FrequencyDivisionMultiplexing), donde los canales de datos ascendentes y descendentes son semi – dúplex. La opción permite el solapamiento de la banda de frecuencias para el tráfico de datos ascendentes y descendentes y precisos inevitablemente del empleo de supresores de eco.
- b) Cancelación de eco y multiplexado por división de frecuencia.
- c) Negociación y adaptación de régimen binario: es el proceso mediante el cual los módems ATU – C y ATU – R negocian y establecen el valor de las velocidades binarias a la que se podrán realizar las transmisiones.

Dentro de la estructura ADSL es necesario contemplar los componentes que forman parte del equipamiento necesario para la instalación de un acceso ADSL, los cuales son los siguientes.

- Computadora.
- Modem/router ADSL.
- Filtro.
- Opcionalmente tarjeta Ethernet.

De estos componentes, solo se explicará brevemente lo referente a Modem/router ADSL y el filtro, ya que, los otros dos componentes son de conocimiento general.

El modem se interconecta a Internet con la computadora (o red interna del usuario). No obstante, a diferencia de lo que ocurre con los módem de 56 Kbps de la red telefónica, donde todos funcionan de la misma forma, ADSL permite escoger entre dos tipos de módem: módem bridge y módem router. El primero sirve para conectar una sola computadora y el segundo para conectar varias computadoras simultáneamente.

El filtro sirve para separar la banda vocal de la banda no vocal y poder independizar el servicio telefónico del servicio de datos. Este filtro se utiliza tanto en la dependencia del cliente como en la central telefónica. El filtro separa las frecuencias del servicio telefónico de las altas frecuencias del servicio de datos (figura 3.4)

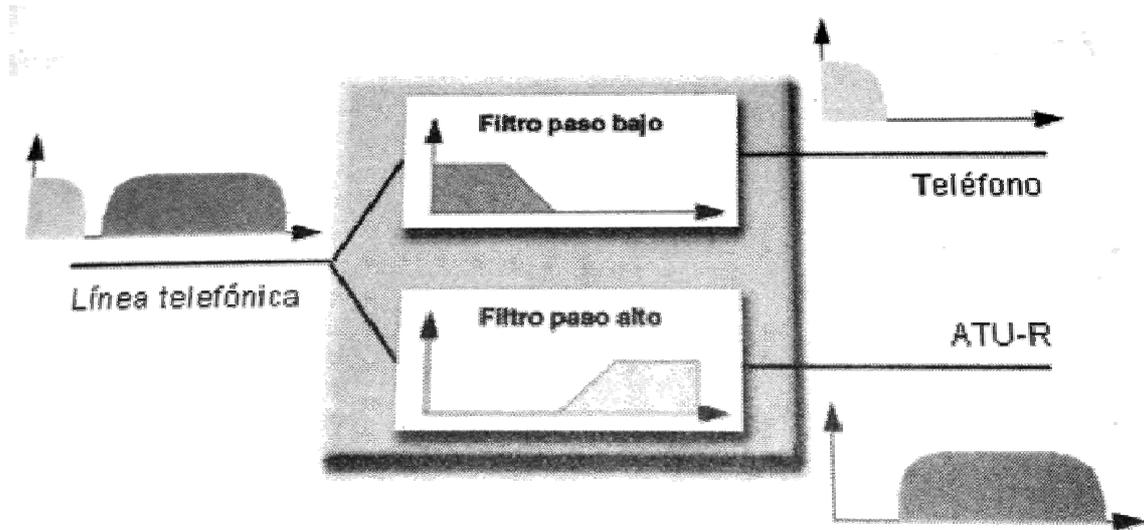


Figura 3.4 “Esquema del filtro centralizado”

Fuente: “ADSL, Guía de usuario”

En la actualidad existen distintos tipos de filtro:

- Filtro centralizado (splitter): este dispositivo consiste en un conjunto de dos filtros: el filtro pasa bajo (filtro que sólo permite pasar las bajas frecuencias) y el filtro paso alto (filtro que sólo deja pasar las altas frecuencias). Cada uno de estos filtros canaliza las señales correspondientes al teléfono y al módem ADSL, respectivamente.
- Filtro distribuido (microfiltro): este dispositivo es simplemente un filtro paso bajo que se coloca delante de cada terminal de telefónico (teléfono, fax, etc.). El módem ADSL se conecta directamente a la línea telefónica, sin filtro. Aunque el módem recibe las bajas frecuencias de las conversaciones telefónicas, éstas no interfieren en su funcionamiento.

En la tabla 3.2 se muestra la comparativa de las diferentes versiones tecnológicas de ADSL que se pueden encontrar en la actualidad.

Tipo	Asimétrico	Simétrico	Comparte uso con teléfono	Requiere filtro	Velocidad máxima	Distancia máxima de la central
ADSL	Si	No	Si	Si	8M/640 Kbps	6 Km
SDSL	No	Si	No	No	2.32 Mbps	6 Km
HDSL	No	Si	No	No	2.32 Mbps	6 Km
SHDSL	No	Si	No	No	2.32 Mbps	7 Km
CDSL	Si	No	Si	No	1M/128 Kbps	6 Km

IDSL	No	Si	No	No	144 Kbps	12 Km
G. Lite	Si	No	Si	No	1.5M/512 Kbps	6 Km
MVL	Si	No	Si	No	768 Kbps	8 Km
RADSL	Si	No	Si	Si	8M/640 Kbps	8 Km
VDSL	No	Si	Si	No	52 M/ 6 Kbps	1.5 Km

Tabla 3.2“Comparación de las tecnologías DSL”

NOTA: Las dos cifras en el cuadro de Velocidad máxima significa 'velocidad máxima de bajada/velocidad máxima de subida'.

Fuente: ONTSI sobre datos del Instituto Nacional de Estadística (INE)

ADSL 2 ha introducido a la familia ADSL altas tasa de transmisión y, con el propósito de conocer algunos de los requerimientos de los operadores. Ha introducido una longitud de lazo extendido (Anexo L) y una tasa amplia de transmisión ascendente, superior a los 3.5 Mbps lo que significa la anexión de las especificaciones M.

Lo mismo ocurrió para ADSL 2+. Esta tecnología ha duplicado la capacidad descendente comparada a su predecesor, lo que significas un anexo de las especificaciones M, lo que ha hecho posible tasa ascendentes de 3.5 Mbps.

En todos los casos es muy importante entender todos los valores son variables, y dependen de múltiples factores externos que pueden impactar las tasas de transmisión y la distancia del abonado.

VDSL

VDSL (“*Very High Speed*”) representa el límite superior en cuanto a capacidad que puede llegar a ofrecerse mediante técnicas DSL. Ello es posible gracias al empleo de procesadores digitales de señal DSPs de última generación que permiten la combinación de esquemas de modulación y de igualación adaptativa. La forma de transmisión puede ser tanto simétrica como asimétrica lo que se contemplan ambas opciones y con diferentes tasa de transmisión.

Esto muestra que no hay una clara decisión, caso contrario, de lo que ocurre con ADSL sobre el tipo de servicio ofrecido. En la actualidad, la opinión más generalizada es que debe proveerse ambos tipos de accesos, dejando una configuración de 1.6 Mb / 25 Mb para el servicio asimétrico y otra de 12.96 para el simétrico.

El modelo de referencia de red para VDSL es similar a ADSL, con cambios lógicamente en la distancia cubierta con cable de pares desde la ONU a la ATU – R que para garantizar los altos valores de velocidad de transmisión ofrecidos, debe de reducirse considerablemente. Se estima que el valor para conseguir el máximo de rendimiento es cercano a los 300 m de la central, reservando unos 200 m para el enlace ONT – NT y otros 100 para la instalación dentro del domicilio del abonado. Los formatos de modulación también son análogos, aunque para VDSL está la posibilidad de emplear la Modulación de Amplitud de Pulsos PAM (“*Pulse Amplitude Modulation*”). Respecto a los servicios ofrecidos, al igual que ocurre con ADSL se proporciona amén de la

transmisión de datos, telefónica analógica básica. A lo anterior es una tecnología muy propicia para el establecimiento de servicios triple – play e igualmente listo para siguientes generaciones de servicios.

La tabla 3.3 se muestran las versiones de esta tecnología y sus respectivas capacidades de transmisión y de distancia entre la central y el usuario

	Formato de modulación	Velocidad Binaria descendente	Velocidad Binaria ascendente	Máxima distancia	Servicio de telefonía analógica
ISDN	2B1Q	64, 128, 144 Kbps	64, 128, 144 Kbps	6 Km	Activo
ISDL	2B1Q	128 Kbps	128 Kbps	5.4 Km	No
HDSL	2B1Q	1.544 Mbps	1.544 Mbps	3.6 Km	No
SDSL	2B1Q	1.544 Mbps	1.544 Mbps	3 Km	No
ADSL G.Lite	DMT	8 Mbps	928 Kbps	3.6 Km	Pasivo
ADSL	DMT	1.5-8 Mbps	64-800 Kbps	6 Km	Pasivo
VDSL	TBD	12.96 Mbps 51.84 Mbps	1.5-3 Kbps	1Km 300 m	Pasivo

Tabla 3.3“Características xDSL”

Fuente: “Redes Ópticas, José Capmany Francoy”

VDSL 2 es solo un desarrollo y extensión de la tecnología previa, lo que permite aún más tasas de transmisión altas. A pesar de las tasas de transmisión, éstas son muy sensibles a la longitud del abonado. Una conexión de abonado grande, disminuye considerablemente la tasa de transmisión.

Las distintas tecnologías que forman a la familia DSL cuentan con sus propias ventajas e inconvenientes. En general, las limitaciones de un servicio DSL suelen depender:

- La distancia de la dependencia del usuario de la central telefónica.
- El equipamiento DSL utilizado en ambos extremos de la conexión.
- El servicio ofrecido por la operadora de telecomunicaciones.

El factor más determinante es la distancia de la dependencia de la central. Esto puede determinar no sólo la velocidad máxima de la conexión, sino la disponibilidad del servicio. Dependiendo del tipo de servicio ofrecido, esta distancia puede estar limitada a los 1,000 metros o alcanzar los 12 Km. Hay que tener en cuenta la distancia a la que nos referimos es la longitud del cableado urbano del tendido telefónico.

3.1.2 HFC/DOCSIS 3.0

Las redes HFC (Hybrid Fibre Coaxial o “Híbrido de Fibra y Coaxial”) es la evolución típica de las redes de CATV (CommunityAntennaTelevision o “Televisión por Cable”) de coaxial permitiendo a los operadores de cable el ofrecer una red capaz de soportar una gama completa de servicios de

telecomunicaciones. Las redes de CATV convencionales presentan una serie de inconvenientes para la consecución de los objetivos en los servicios proporcionados.

Arquitectura HFC

Para solucionar estos problemas y además disponer de una infraestructura competitiva en el mercado, los operadores de cable optaron por modificar la planta de sus redes sustituyendo el cable coaxial por fibra óptica en la red troncal, manteniendo el coaxial en la red local. Esta alternativa, es a lo que se le conoce como red híbrida fibra coaxial o simplemente red HFC, como se muestra en la figura 3.5

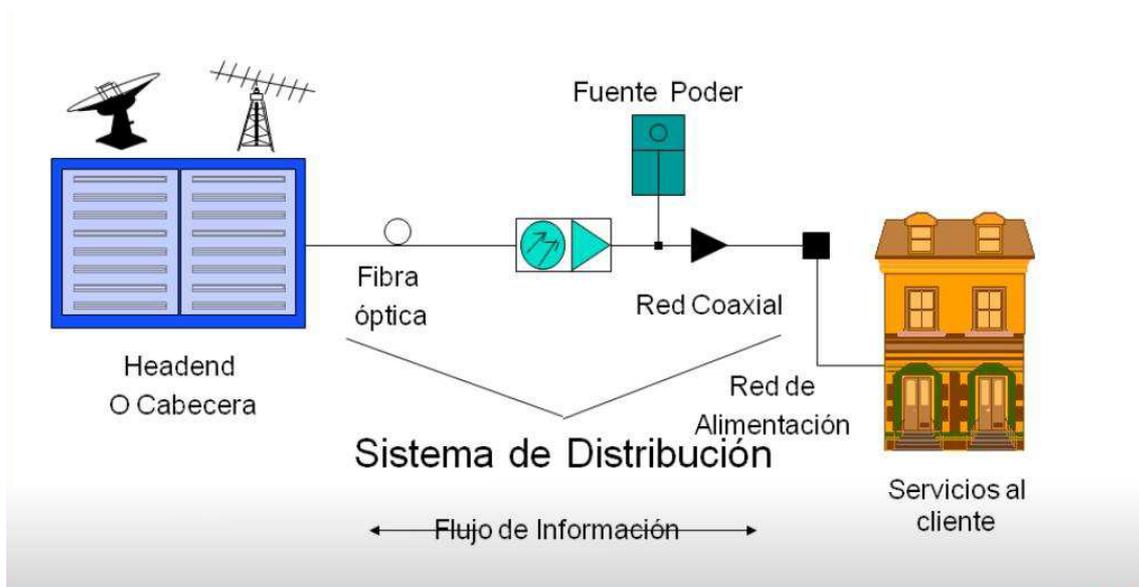


Figura 3.5 "Red HFC"

La utilización de fibra óptica en la red troncal disminuye el número de amplificadores de RF que se deben colocar entre la cabecera y el usuario, ya que en la red troncal (de fibra) se suprimen. Esto tiene como efecto en la reducción de los niveles de ruido y de distorsión de la señal difundida. Por otra parte la red troncal, al ser de fibra no existen limitaciones sobre el ancho de banda que se puede transmitir, que en último caso está limitado por el cable coaxial presente en la red local. Sin embargo, al tener una distancia cubierta por la red local inferior al del conjunto de la red troncal más la red local de las redes CATV de coaxial, es posible aumentar el ancho de banda de transmisión. Otra ventaja importante es que la red troncal, al ser totalmente de fibra, no se imponen restricciones sobre el sentido de la transmisión, siendo esta posible de forma directa tanto en sentido descendente como ascendente. Por lo tanto, para poder conseguir una red con transmisión bidireccional, sólo hay que modificar la parte correspondiente a la red local coaxial.

En una red HFC, los segmentos de fibra están terminados por los denominados nodos de fibra, que desempeñan la función de las ONU en el modelo de referencia. Cada nodo de fibra sirve a una agrupación o clúster de unos 500 a 2000 abonados comúnmente (distribuidos en cuadrantes de 125 o 5009 y en ellos se realiza la conversión óptico – eléctrica (descendente) y eléctrico – óptica (ascendente). Entre la cabecera y cada nodo hay dos fibras; una de ellas canaliza la señal CATV descendente, mientras que la otra transporta la señal ascendente. El papel del nodo de acceso lo

realiza el denominado servidor terminal de cable modem o CTMS (“Cable Modem Terminal Server”) una de cuyas misiones es regular el acceso de los usuarios en sentido ascendente vía modem de cable empleando y supervisando el protocolo MAC correspondiente.

En la actualidad, la mayoría de las redes HFC emplean la técnica para la transmisión descendente el multiplexado por división de sub - portadora SCM. La figura 3.6 muestra el plan de frecuencias típico para una señal en una red HFC. La banda reservada para la transmisión de datos y telefonía ascendente es la más baja del plan de frecuencias, siendo su rango típico de 5 a 42 Mhz, si bien hay variaciones ya que hay sistemas, denominados “*middlesplit*” y “*highsplit*”, donde la banda reservada a la transmisión ascendente llega hasta los 100 y 150 Mhz respectivamente. La parte intermedia del plan de frecuencias, normalmente de 54 a 450 Mhz suele emplearse para la difusión descendente de canales de TV analógicos mediante SCM. Por último, la parte superior del espectro correspondiente al plan de frecuencias (hasta 750 Mhz – 1 Ghz según el caso), se emplea, si esto es necesario, para la transmisión descendente de datos y canales de TV digital también mediante SCM.

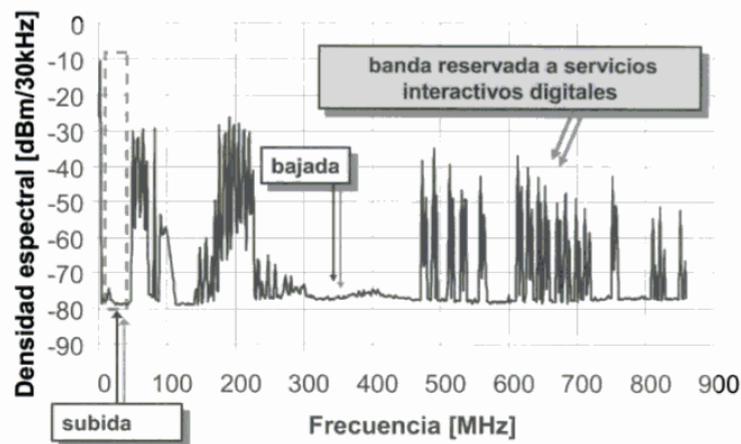


Figura 3.6 “Red HFC”

Fuente: “Redes Ópticas, José Capmany Francoy”

En un caso típico de red HFC bidireccional, los usuarios de un cuadrante comparten aproximadamente 35 Mhz para servicios ascendentes, aunque este ancho de banda no es muy elevado, sí se considera el número de usuarios que forman parte del clúster y cada cuadrante, el uso de técnicas de multiplexado estadística permite proporcionar un acceso de 1 Mb/s por usuario. Las bandas ascendentes de los cuatros cuadrantes se encuentran en la ONU como banda compuesta que modula un láser vía SCM y encamina la señal de la ONU a la cabecera.

Una de las aplicaciones bidireccionales más atractivas de la redes HFC para el potencial entre los usuarios domésticos sea la Internet. Esta alternativa ofrecida por este tipo de redes bidireccionales permite transmisiones de datos a velocidades de 30 Mb/s a la vez que telefonía básica y difusión de televisión, como se verá en los siguientes párrafos.

Para prestar este servicio, STCM que sirve al abonado ha de estar conectada a un proveedor de acceso. Normalmente esta conexión será el enlace SDH o ATM. Los datos precedentes del proveedor se modulan digitalmente. La modulación empleada suele ser 64 – QAM o 256 QAM. En primer caso, para un canal tipo de 6 Mhz, es posible un régimen binario de hasta 30 Mb/s, mientras

que en el segundo caso esta cifra puede llegar hasta los 40 Mb/s. La señal así modulada se coloca en una sub – portadora de RF junto con otras sub – portadoras correspondientes a canales de televisión y otras posibles señales de datos. El conjunto de todas las sub – portadoras modula a un láser para dar lugar a una señal óptica que se distribuye a los distintos nodos de distribución de la red. En cada uno de estos nodos la señal se convierte a un formato eléctrico y es distribuida a los abonados a través de la red coaxial.

En el domicilio del usuario es necesario disponer de un modem de cable. Las funciones de este modem de cable son similares a las del equipo “set top box”, con la diferencia de que no incluye el procesado MPEG. A continuación se enlistan las funciones de este dispositivo:

- a) Demodulación del tráfico descendente.
- b) Modulación digital del tráfico ascendente.
- c) Diplexión del tráfico ascendente y descendente.
- d) Interfaz analógico (RGB y audio) con el aparato de TV analógico.
- e) Decodificación de canales de acceso restringido.
- f) Encriptado.
- g) Control y monitorización.
- h) Decodificación MPEG – 2.

La unidad de interfaz con la red NIU (“*Network Interface Unit*”) separa, mediante un diplexor las señales procedentes del STCM de las que tienen como destino dicha central. Además, la unidad es capaz también de separar señales procedentes del STCM asociadas a diferentes servicios (Internet, televisión y telefonía). De esta unidad parten dos cables coaxiales, uno hacia el demultiplexor de señales de televisión, y de ahí, al receptor de televisión; y otro hacia el módem de cable. Por lo que respecta a los datos generados por el usuario, estos llegan, procedentes de la tarjeta de interfaz de red, al cable módem, en donde son modulados en QPSK y enviados en la parte del espectro comprendida entre los cinco y los 42 MHz. En el nodo de la fibra, estos datos son convertidos al formato óptico y enviados al STCM, en donde son emitidos al proveedor de acceso de Internet. Este modo de operación permite velocidades de transmisión de datos con destino al abonado entre 10 y 30 Mb/s por canal reservado para datos (a compartir entre los usuarios), y con destino al proveedor de acceso.

DOCSIS

La especificación DOCSIS (Data Over Cable Service Interface Specification o “*Especificaciones de Interfase de Servicios de Datos por Cable*”) es un conjunto de estándares aprobado por CableLabs que garantiza la interoperabilidad de la tecnología empleada en la transmisión de datos a alta velocidad en una red de cable.

El proceso de desarrollo comenzó a mediados de la década de los 90; en marzo de 1997 se publicó la primera versión, dos años después se certificó el primer equipo que cumplía con la especificación modificada (versión 1.1) y en diciembre de 2001 se publicó la versión 2.0 que aún se encuentra vigente. Desde ese momento, DOCSIS se posicionó como el estándar sobre el cual se desarrolla la mayoría de las innovaciones tecnológicas de la industria de cable.

DOCSIS 1.0

Fue la primera versión del estándar de interoperabilidad que de forma básica establece las características de equipo de cabecera y subscritor, así como el protocolo de transmisión de datos. Los elementos, además de la red de cable acondicionada según recomendaciones de la misma

especificación, son el Sistema de Terminación de Cable - módems (STCM), el cable - modem (CM) y servidores "back office".

Como se muestra en la figura 3.5, el STCM es el componente de cabecera que administra los cable - módems de la red y el cable - modem es el equipo de suscriptor que modula la señal digital proveniente de la computadora sobre una portadora analógica para transmitirla a través de la red de cable; los servidores de "back office" son aquellos requeridos para establecer la comunicación y definir los servicios que cada cable - modem ofrecerá al suscriptor.

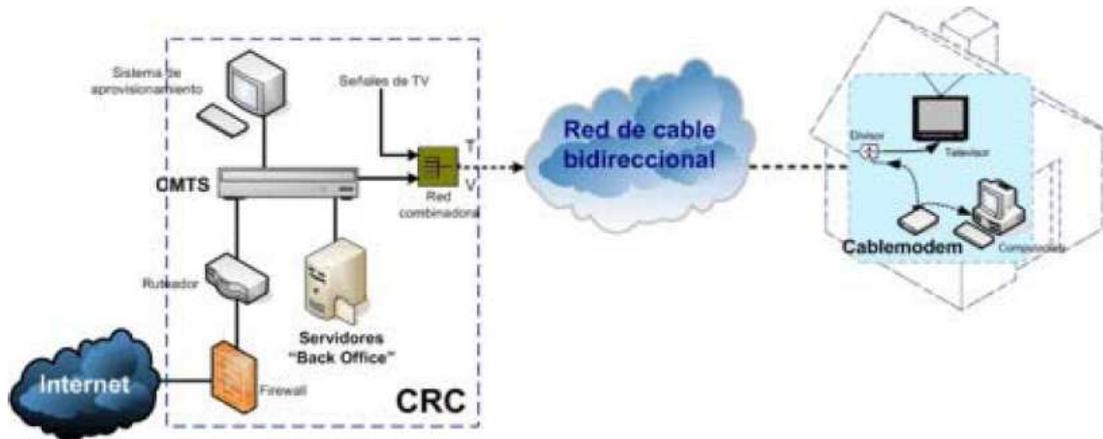


Figura 3.7 "Arquitectura DOCSIS"

Los tres servidores "back office" indispensables:

- 1) Servidor DHCP (Protocolo de Configuración Dinámica de Anfitrión) que asigna de manera dinámica las direcciones IP entre los cable - módems.
- 2) Servidor TFTP (Protocolo Trivial de Transferencia de Archivos) que posibilita la transferencia de archivos de configuración al cable - modem y la descarga de actualizaciones de software.
- 3) Servidor TOD (Hora del Día) que establece marcas de tiempo para elaborar historiales y eventos en la red.

El acondicionamiento de la red de cable también especifica las interfaces de radiofrecuencia, entre los parámetros definidos en estas especificaciones, se encuentra el rango de frecuencias que se emplea en cada enlace de transmisión (figura 3.8): el rango comprendido entre 5 – 42 Mhz para el retorno y 54 – 860 Mhz para el canal descendente.

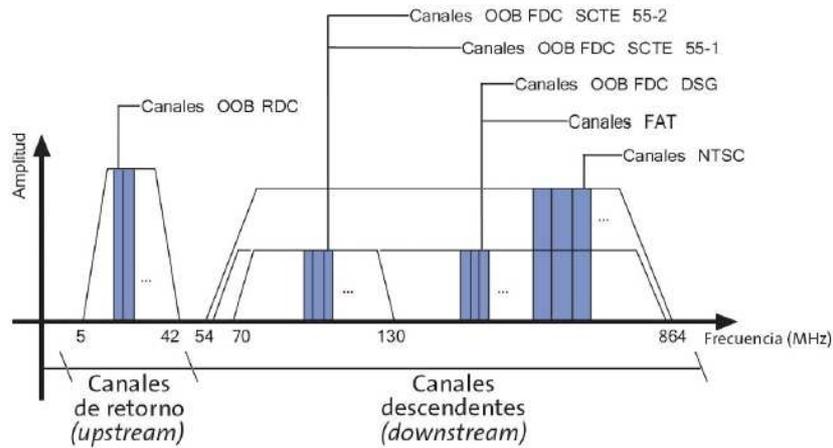


Figura 3.8 “Rango de frecuencias en transmisión”

La primera versión de DOCSIS ofrecía muy baja calidad de servicio en la transmisión de datos, un identificador y una clase de servicio para ambos enlaces, pero ello no era suficiente para manejar tráfico en tiempo real en determinados servicios de voz y video, como la telefonía. De hecho a DOCSIS 1.0 se le conoce como una tecnología de “*mejor esfuerzo*” en vista que no garantiza calidad de servicio en la transmisión. Por esto fue necesario modificar la primera versión para generar una revisión estándar.

Para DOCSIS 1.1 ajustes en la calidad de servicio (QoS), en la clasificación de paquetes tanto en el canal ascendente como en el descendente, en los flujos de servicio, en el establecimiento dinámico y la calendarización del servicio, además de agregarle una Interfaz de Privacidad Básica (BPI+, por sus siglas en inglés) para seguridad al sistema, entre otras nuevas funciones.

En la figura 3.9, se muestra el flujo de servicio como la unidad fundamental DOCSIS 1.1, para proveer servicios con determinada calidad; es decir, los diferentes tipos de tráfico como voz, datos y video, pueden identificarse por separado (identificador de servicio) en el mismo cable – modem con el propósito de tratar a cada uno de forma especial en cuanto a la calidad.

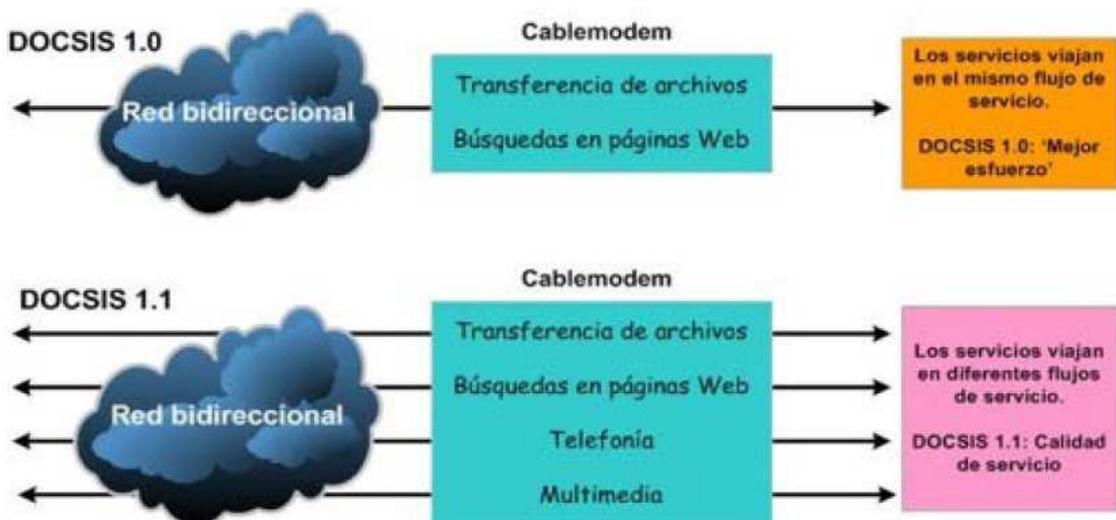


Figura 3.9 “Flujo de servicio”

Las velocidades máximas en la tasa de transmisión del enlace descendente es de 42.88 Mbps y del ascendente, de 10.24 Mbps. El retorno maneja cinco anchos de canales de radiofrecuencia para disponer de diferentes tasas de transmisión.

Tanto DOCSIS 1.0 y 1.1 no son mutuamente excluyentes, la compatibilidad entre estas dos versiones depende del cuidado que se dedique a su implementación para deshabilitar ciertas funciones, restringir el aprovechamiento a determinados parámetros y modificar el archivo de configuración del cable – modem para lograr un desempeño exitoso.

DOCSIS 2.0

Tomando como base todas las capacidades de DOCSIS 1.1, a principios de 2002 se publicó la segunda versión de esta especificación: DOCSIS 2.0, y con él la industria de las telecomunicaciones pudo ofrecer tasas de transmisión mayores en el canal ascendente. Ahora, por medio de canales de 6.4 Mhz, se lograron las tasa de transmisión que se muestran en la tabla 3.3

Enlace	Modulación	Rango de frecuencias (MHz)	Ancho de banda del canal (MHz)	Tasa total de transmisión (Mbps)	Tasa nominal de transmisión (Mbps)
Descendente	256-QAM	88-860	6	42.88	~38
			6	30.34	~27
	64-QAM	88-860	0.2	0.64	~0.6
			0.4	1.28	~1.2
			0.8	2.56	~2.3
Ascendente (retorno)	16-QAM	5-42	1.6	5.12	~4.6
			3.2	10.24	~9
			0.2	0.32	~0.3
			0.4	0.64	~0.6
Ascendente (retorno)	QPSK	5-42	0.8	1.28	~1.2
			1.6	2.56	~2.3
			3.2	5.12	~4.6

Tabla 3.3 “Tasas de transmisión DOCSIS ”

Esta versión de DOCSIS agrega el uso de 32 – QAM, 64 – QAM y 128 – QAM junto con la técnica de corrección de errores en el retorno llamada “Modulación por Codificación Trellis” (TCM, por sus siglas en inglés), mientras que para el enlace descendente, la tasa de transmisión no cambió, continúa con 64 y 256 QAM

Entre sus ventajas más sobresalientes, se encuentra un significativo incremento en la capacidad de retorno (de 10 Mbps a 30 Mbps) debido al uso de esquemas de modulación de orden superior, mayor inmunidad al ruido, compatibilidad con versiones anteriores de DOCSIS y una mejor corrección de errores, entre otros. La implementación del estándar implica que la planta externa de la red de cable deberá incorporar ciertos requisitos para minimizar el ruido, evitar problemas de interferencia e introducir monitoreo en la red para su eficaz mantenimiento.

Como se ilustra en la figura 3. 7, los cables – módems DOCSIS 2.0 son compatibles con los STCM de versiones anteriores.

CMTS	Cablemódems	Funcionamiento
	Versión 1.0	Totalmente compatibles Versiones compatibles.
Versión 1.0	Versión 1.1	<ul style="list-style-type: none"> El CMTS 1.0 puede administrar cablemódems 1.1 aunque el funcionamiento de éstos últimos está limitado a las características de la primera versión de la especificación. Versiones incompatibles.
Versión 1.1	Versión 1.0	<ul style="list-style-type: none"> Un CMTS 1.1 no puede administrar cablemódems que operan bajo una especificación anterior. El cablemodem 1.0 no cuenta con funcionalidades contempladas en la versión 1.1.
	Versión 1.1	Totalmente compatibles.

Tabla 3.4 “Compatibilidad entre DOCSIS 1.0 y 1.1”

DOCSIS 3.0

Con la competencia en el sector de las telecomunicaciones y el deseo de ofrecer nuevos servicios, fue así como CableLabs comenzó el desarrollo conjunto con fabricantes de equipo para promover mejoras a las versiones anteriores de DOCSIS y en septiembre de 2005 publicó las especificaciones de un STCM modular (M - STCM) basado en la tercera versión de DOCSIS que revolucionará la transmisión de datos en la redes de cable: DOCSIS 3.0. La fortaleza de esta versión radica esencialmente en dos importantes innovaciones: la “*unión de canales*” y el soporte de “*IPv6*”, el protocolo de Internet de próxima generación.

De estas dos innovaciones, en el capítulo dos se estudiaron los fundamentos de IPv6, por lo que se abordara solamente el concepto de unión de canales. Este término se refiere a que los datos se transmitirán desde y hacia los cables – módems utilizando múltiples canales de RF en vez de uno sólo, como solía hacerse en las dos versiones anteriores de DOCSIS.

Como se muestra en la figura 3.7, los canales no están físicamente unidos para transmitir la señal modulada digitalmente, sino que se unen de manera lógica para ensanchar el canal de comunicación. En el STCM se distribuye la información para que viaje por diferentes canales y en el cable – modem se recolecta y se ordena.

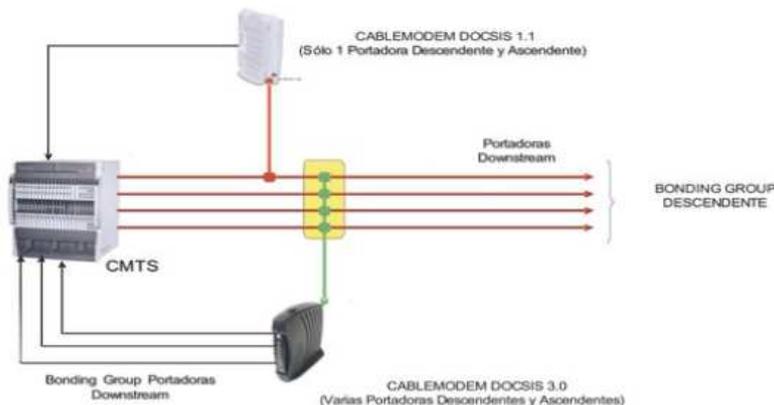


Figura 3.10 “Esquema de funcionamiento DOCSIS 3.0 frente a estándares previos”

Como ejemplo, hoy en día la tasa de transmisión del enlace descendente que comunica al STCM con los cable – módems, es un canal de 6 Mhz de ancho y con un formato de modulación 256 – QAM, es de 42.88 Mbps. Si tan sólo se unieran cuatro de estos canales, al tasa de datos combinada sería de 42.88 Mbps x 4 = 171.52 Mbps para el mismo enlace descendente. El cable – modem DOCSIS 3.0 será capaz de recibir datos de manera simultánea provenientes de estos cuatro canales lógicos, que corresponden a un solo canal de mayor capacidad, aunque estén separados físicamente; es decir, ni siquiera deben ser canales de RF adyacentes.

El mismo resultado se puede aplicar al canal de retorno, elevando significativamente la máxima tasa de transmisión del enlace en DOCSIS 2.0 de 30.72 Mbps.

En términos generales DOCSIS 3.0 contempla las siguientes mejoras sobre las versiones anteriores:

- Capacidad de transmisión muy elevada a través de la unión de múltiples canales de 6 MHz, como mínimo 160 Mbps para el canal descendente y 60 Mbps para el ascendente.
- Arquitectura de cabecera escalable y flexible con STCM modular (M – STCM).
- Capacidad para servicios convergentes.
- Soporte del protocolo de Internet IPv6.
- Multidifusión IP para soportar aplicaciones IPTV.

Las versiones de DOCSIS hasta el momento descritas, fueron creadas para cable – módems individuales que habilitan el servicio de banda ancha a través de la infraestructura de la red de cable. Sin embargo, han surgido dispositivos que integran funcionalidades adicionales al cable - modem convencional, como la telefonía IP, redes caseras y otras opciones de distribución de video, que han planteado la necesidad de agregar requerimientos extras a los modelos de interfaces, administración y aprovisionamiento previamente establecidos.

Para ello se creó la especificación eDOCSIS (embedded DOCSIS), cuyo propósito es la definición de funcionalidades adicionales que deben agregarse al cable – modem DOCSIS para ofrecer otro tipo de servicios y/o aplicaciones, tales como telefonía IP a través de un Adaptador Terminal Multimedia (MTA, por su siglas en inglés).

Para concluir, y con el propósito de conocer la evolución de la especificación DOCSIS, en la tabla figura 3.11.2 se muestran las características que han sufrido las tres versiones y hacia dónde se dirige este estándar para la integración de servicios convergentes.

Versión	Downstream				Upstream			
	Canal de configuración			DOCSIS throughput	Canal de configuración			Upstream Throughput
	Canal mínimo utilizable	Mínimo de canales soportables por hardware	Máximo número de canales		Canal mínimo utilizable	Mínimo de canales soportables por hardware	Máximo número de canales	
1.x	1	1	1	42.88 (38) Mbit/s	1	1	1	10.24 (9) Mbit/s
2	1	1	1	42.88 (38) Mbit/s	1	1	1	30.72 (27) Mbit/s
3	1	4	Máximo no definido	$m \times 42.88$ ($m \times 38$) Mbit/s	1	4	Máximo no definido	$n \times 30.72$ ($n \times 27$) Mbit/s

Figura 3.11 “Esquema de funcionamiento DOCSIS 3.0 frente a standares previos”

3.1.3 FTTx/PON

A pesar de los esfuerzos que llevan a cabo los operadores de telecomunicaciones para introducir accesos de banda ancha empleando técnicas xDSL, se estima que las redes que se basen en el empleo de cables de pares en mayor o menor término presentan inconvenientes serios a medio y largo y largo plazo. Por otra parte, el cable de pares no está diseñado específicamente para el transporte de señales de banda ancha.

Esto lleva al planteamiento por parte de los operadores considerar otra serie de alternativas para la provisión de sus redes de acceso de banda ancha que garanticen simultáneamente altos valores de velocidad de transmisión y fiabilidad. Una de estas opciones se basa en aproximar la fibra óptica a la residencia del abonado y se denominan genéricamente con el acrónimo FTTx (“FiberToThe x”).

Arquitectura general FTTx

Una Red Óptica Pasiva (“*Passive Optical Network*”, PON) es una conexión por medio de fibra óptica punto - multipunto, con una arquitectura de red en la cual splitters ópticos no energizados utilizan los principios de los ángulos de Brewster , y son empleados para permitir a una sola fibra óptica servir a múltiples residencias o establecimientos, típicamente entre 32 a 128.

La UIT –T ha creado muchos estándares para los sistemas de acceso óptico basado en la arquitectura PON, siendo estos:

- Uno de los primeros estándares fue el PON de banda ancha (BPON). Esta usa celdas ATM para la transmisión, con una velocidad de acceso máximo de 155 Mbps en ascenso y 662 Mbps en descenso.
- El último estándar BPON sugería un incremento en la capacidad de transmisión de 622 Mbps en ascenso y 1.2 Gbps en descenso. Sin embargo, el conceso es la barrera técnica de lograr una sincronización en las velocidades superiores de 622 Mbps de en ascenso, y que es proporcionada en la especificación de la capa física BPON.
- En el 2001 se empezó con la discusión de una nueva especificación PON para la transmisión de clase gigabit por segundo. Debido al nuevo sistema de acceso óptico es capaz de transmisiones a esta velocidad. Se le conoce como Gigabit PON (GPON), definido en la recomendación G.984 de la UIT –T.
- En 2004, el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónica (IEEE) definió el Ethernet PON (EPON), o 10 Gbps EPON (GEPON), estándar que forma parte del proyecto de la primera milla Ethernet. EPON usa el estándar 802.3 de tramas Ethernet con simetría de Gbps en la tasa de transmisión en ascenso y descenso. EPON está diseñado para redes de datos céntrico, tal como servicios totales de voz, datos y video.

Una PON en la figura 3.12 se ilustra la arquitectura general de esta. En el CO (“*Central Office u Oficina Central*”), la PSTN y los servicios de Internet son contactados con la red de distribución óptica (“*Optical Distribution Network*”, ODN) vía la unidad óptica terminal de línea (“*Optical Line Terminal*” OLT). Las longitudes de onda de descenso se encuentran a los 1490 nm y ascenso a los 1310 nm que son usadas para transmitir voz y datos.

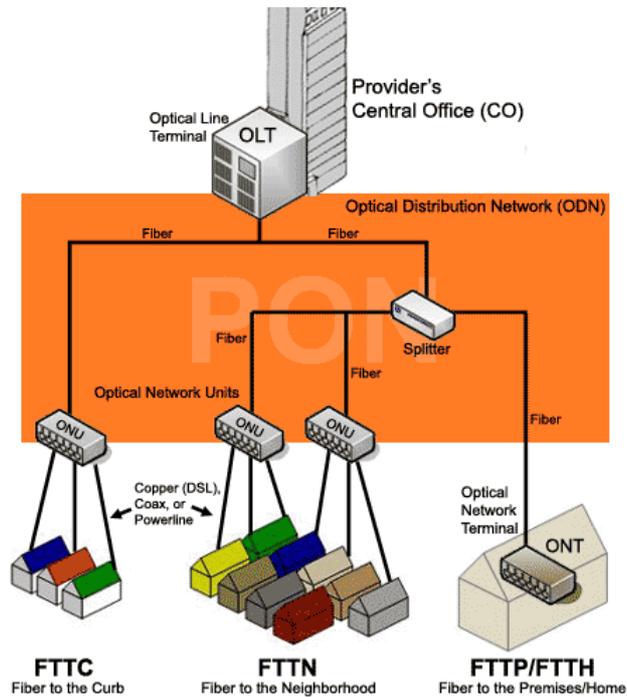


Figura 3.12 "Red Óptica Pasiva"

El servicio de video analógico de RF es convertido a formato óptico en la longitud de onda de los 1550 nm por un transmisor de video óptico. Las longitudes de onda de 1550 nm y 1490 nm son combinadas por el acoplador WDM y transmitidas como señal de descenso conjuntamente. En la actualidad no existen estándares publicados para la transmisión de video como señal de descenso, IPTV es ahora transmitido sobre la longitud de onda de los 1490 nm. En resumen, las tres longitudes de onda (1310, 1490 y 1550 nm) son de simultáneamente transportadas con diferente información y en ambas direcciones sobre la misma fibra óptica.

El alimentador del cable F1 carga las señales ópticas entre el CO y el splitter, en el cual permite un cierto número de ONTs conectadas en el mismo alimentador de la fibra. Un ONT es requerido para cada suscriptor y proporciona conexiones para diferentes servicios (voz, datos y video). Desde una red FTTP típicamente se provee servicios superiores a 32 suscriptores, y hasta 128 con GPON, donde muchas de estas redes, originalmente con la misma CO que usualmente son requeridos para servir a una misma comunidad.

Existen diferentes arquitecturas para conectar suscriptores a la PON. El más simple usa un solo splitter pero múltiples splitters poder ser conectados (figura 3.13)

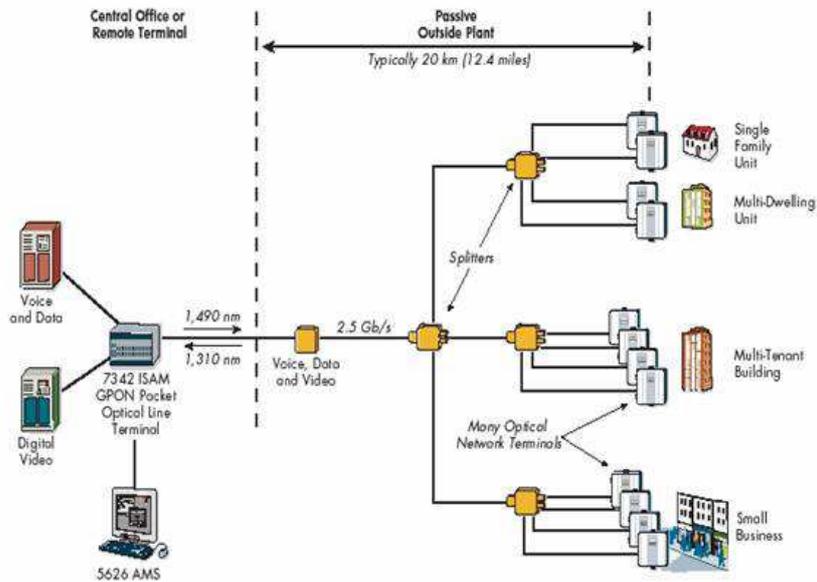


Figura 3.13 “Configuración de splitters”

En la figura 3.14 se muestra otras topologías empleadas en las PON tal como la de estrella, anillo y bus.

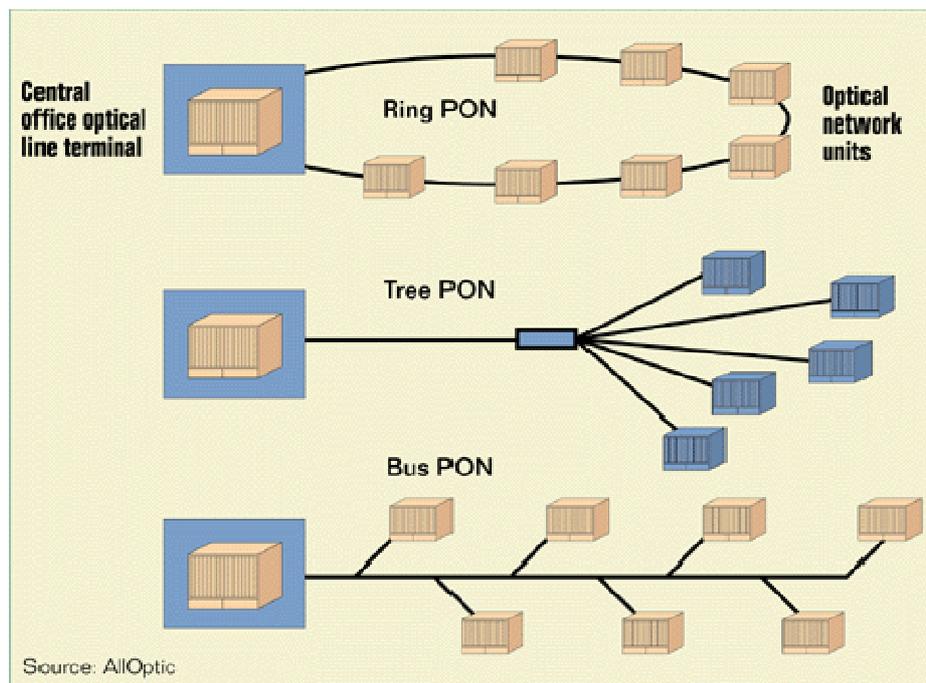


Figura 3.14 “Topología PON”

En algunos casos, y dependiendo de la arquitectura puede que no sea necesario llevar la fibra directamente a cada suscriptor. En este caso, la fibra del splitter es llevada a un ONT, y los enlaces cortos basados en cobre (principalmente VDSL, el cual permite suficiente ancho de banda

para servicios triple – play sobre cortas distancias) son usados para la conexión final con el usuario. Una sola PON puede ser utilizar una combinación de varias arquitecturas como FTTH, FTTN y otro tipo de conexiones (figura 3.15)

From Computer Desktop Encyclopedia
© 2004 The Computer Language Co. Inc.

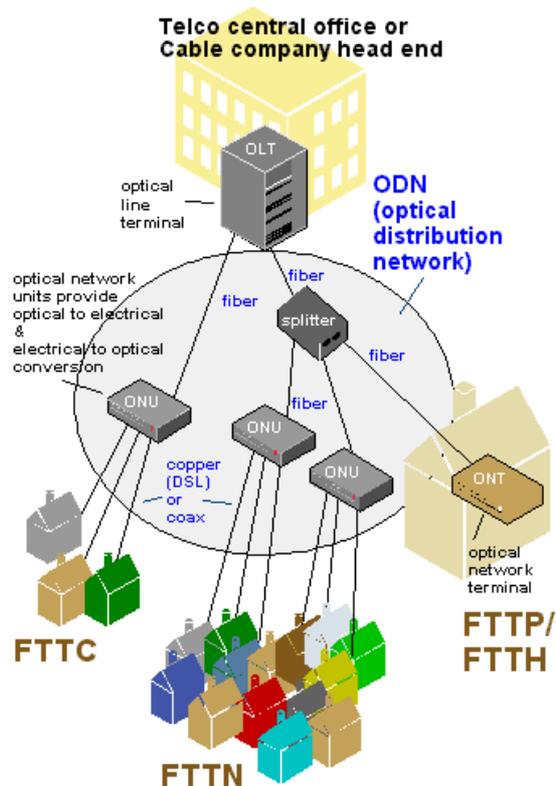


Figura 3.15 “Combinación FTTC, FTTN y FTTH”

Los acopladores WDM son requeridos para el multiplexado de las señales de voz /datos descendentes a la longitud de onda de 1490 nm con la señal de video de RF también descendente y la señal de voz/datos ascendente a la longitud de onda de 1310 nm.

Eliminación de colisiones en transmisiones ascendentes.

En el caso el caso de la transmisión ascendente (ejemplo, hacia el OLT) en una PON, las colisiones de datos pueden ser prevenidos por las diferentes señales ONT que arriban al splitter al mismo tiempo; entonces, el Acceso Múltiple por División de Tiempo (TDMA) es empleado. TDMA puede enviar en ráfagas o en retrasos los datos desde cada ONT de regreso al OLT en específico tiempo. Cada timeslot de transmisión del ONT es aislado por el OLT para que los diversos paquetes de varios ONTs no colisionen con cada uno con los otros.

Equipo FTTx

El equipo PON consiste de equipo y componentes localizados entre el OLT y la residencia del consumidor (ONT); este incluye tanto componentes ópticos como no ópticos de la red. Los componentes ópticos conforman a la Red de Distribución Óptica (ODN) e incluye empalmes,

conectores, acopladores WDM, cables de fibra óptica, cordones de parcheo y posiblemente terminales y cables de acometida. Los componentes no ópticos incluyen pedestales, gabinetes, paneles de parcheo, cierres de empalmes y hardware diverso.

El equipo de planta exterior (OSP) incluye lo siguiente:

- Cables de fibra óptica. Los cables alimentadores del segmento entre el CO y el primer splitter, el enlace de las fibras de distribución del splitter a la terminal de acometida (si es usado) cercano a los subscriptores y los cables de acometida (también si es usado) que están conectados a los ONTs individuales a las terminales de acometida.
- Los concentradores de distribución de fibras incluyen:
 - Gabinetes, pedestal, cierres de empalmes.
 - Splitter(s).
 - Elementos de administración de fibra.
- Terminales de acometida.
- Conectores: muchos de ellos, pero no exclusivamente, SC/APC.

El equipo interior de la construcción (MDU) incluye lo siguiente:

Dependiendo del tipo de MDU a ser desarrollado, el equipo usado puede ser similar al equipo empleado en desarrollos OSP o especialmente diseñados para uso en interiores. El equipo en interiores es menos sujeto a la polución ambiental y entonces no requiere del mismo tratamiento que el equipo OSP. Los siguientes términos serán generalmente encontrados en desarrollo en interiores:

- Cables de fibra óptica:
 - Los alimentadores de cables que forman el segmento entre el CO y el concentrador de distribución de fibras (FDH) que generalmente está localizado en los basamentos de la construcción.
 - Los cables verticales forman la sección entre el FDH y la terminal de distribución de fibras (FDT) situada en cada piso o colector de fibras (FC). Los cables verticales pueden estar compuestos por una sola fibra por puerto del splitter o cables MTP.
 - Los cables verticales forman el segmento entre el FDT y el ONT en la residencia del usuario. Es generalmente hechos de fibras insensibles a los dobleces.
- Concentradores de distribución de fibras (FDH) que incluyen:
 - Gabinetes, cierres de empalmes.
 - Splitter(s)
 - Panel de parcheo
 - Elementos de administración de las fibras.
- Terminal de distribución de fibras (FDT):
 - La localización del FDT es en cada piso con servicio y funciona como conexión entre el FDH y el cable vertical, el cual puede ser conectado o empalmado.
- Colector de fibras (FC):
 - El FC sirve como punto de empalme entre el FDH y los pocos FDTs.

El splitter es un dispositivo de ramificación óptico bidireccional empleado en las PON conocido como “splitter de energía óptica” o simplemente “splitter”, el cual tiene una entrada en el puerto F1 y múltiples puertos de salida. Los splitters son pasivos, esto quiere decir, que no requieren de una

fuerza de energía externa más que el haz de la luz incidente. Estos dispositivos solo añaden pérdidas en el multiplexado de la señal de la fibra F1.

En las PON se usa una parte igual entre los puertos de salida a F2, lo que permite a múltiples usuarios encontrarse con una sola fibra óptica y consecuentemente un ancho de banda deseado. En la dirección de ascenso, las señales ópticas son combinadas en un número de OTNs dentro de la única fibra F1.

Podría existir un splitter o varios en cascada en una red FTTX, dependiendo de la topología de la red. La recomendación 6.982 de la UIT –T actualmente permite niveles superiores a 32 puertos, mientras que la recomendación G.984 extiende estos niveles superiores a los 64 puertos. A pesar de la topología, el splitter puede acomodarse de una manera tal que permite la reducción de pérdidas ópticas.

Dentro del equipo activo en una red PON se incluye lo siguiente:

- El OTL (transmisor y receptor de voz/datos).
- Equipo de video (transmisor) y un amplificador de fibra dopada con Erblio (EDFA), el cual es utilizado para amplificar la carga de video analógica RF antes de transmitirse a través del acoplador WDM.
- ONT localizado en la residencia del consumidor.

Clasificación de la red FTTx

Como se mencionó en los párrafos anteriores la ONT es el dispositivo que se encuentra más cercano al usuario final, y en virtud a esta cercanía de la ONT, las redes FTTx poseen diferentes nombres y características. A continuación se presenta la clasificación más empleada en las redes FTTx:

- a) Fibra hasta el hogar FTTH (*"FiberToThe Home"*): se trata de llegar con fibra óptica hasta el hogar del abonado, directamente desde el OLT (la ONT se encuentra en el hogar del usuario). Es la alternativa más directa puesto que no emplea segmentos de cable conductor, pero de mayor costo para proporcionar acceso de banda ancha. Requiere transmisión totalmente óptica de forma descendente y ascendente, donde cada usuario necesita una ONT con transmisor óptico (motivo de su alto costo) en su hogar.
- b) Fibra hasta el edificio FTTB (*"FiberToTheBuilding"*): se trata de llegar con la fibra hasta el interior de un edificio residencial o de negocios. Existe una única ONT para todo el edificio, de forma que la parte de cobre restante (coaxial) < 500 m. el número de usuarios que comparten la ONT oscila entre 8 – 16.
- c) Fibra hasta la manzana FTTC (*"FiberToTheCurb"*): se trata de compartir la ONT y el tendido de fibra por parte de varios abonados (ubicados en una manzana o área residencial de pequeña extensión). La parte de cobre restante por abonado es < 500 m. el número de usuarios que comparten la ONT oscila entre 16 – 32.
- d) Fibra hasta el armario FTTCab (*"FiberToTheCabinet"*): se trata de una configuración similar a la anterior, donde el tramo de cobre es de longitud inferior a 1.5 Km, el número de abonados que comparten una ONT es superior (64 – 128), pero las capacidades son inferiores.
- e) Fibra hasta la central FTTEx (*"FiberToThe Exchange"*): la misma fibra termina cerca del OLT y la longitud del tramo de cobre es de longitud inferior a 5 Km. El número de abonados que comparten una ONT es de 64 – 128.

Las redes FTTC, FTTB y FTTCab son un conjunto de arquitecturas que comparten características similares, al menos estructuralmente, y que la fibra que parte desde el OLT se termina en una ONT compartida por varios usuarios. Por su similitud se centrara la atención en las redes FTTC.

Existen distintos tipos de redes FTTC, dependiendo de las velocidades que pueden transportar. La DIVIC ha especificado cuatro tipos de redes FTTC denominadas respectivamente de perfiles A, B, C y D, cuyas características más importantes se muestran en la tabla 3.5

Perfil	Capacidad descendente Mb/s	Capacidad ascendente MB/s	Tipo de Cable metálico
Aa	51,84	19,44	Coaxial
B	51,84	1,62	Coaxial/pares
C	25,92	1,62	Coaxial/pares
D	12,96	1,62	Coaxial/pares

Tabla 3.5 “Especificaciones de los perfiles de redes FTTC”

Fuente: “Redes Ópticas, José Capmany Francoy”

FTTC de perfil A solo puede emplear cable coaxial, mientras que en los perfiles restantes, pueden emplearse cables de pares junto con VDSL, por lo que estos últimos no se diferencian substancialmente de las redes VDSL, es más no aportan ninguna ventaja sobre estas.

Al establecer una comparativa entre las diversas arquitecturas FTTx se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- La solución más atractiva a corto plazo es FTTCab ya que, antes de poder conectar a los usuarios esto supone para el operador un desembolso de capital fraccionario con respecto a los que deben de afrontarse con otras soluciones. Más aún, si la opción a desarrollar es FTTCab y el retorno por parte del mercado esperado, la pérdida de capital es mínima empleando esta opción.
- FTTCab es la una opción interesante para situaciones de poca penetración de servicios de banda ancha, pero, al mismo tiempo, se escala de forma satisfactoria si la penetración es elevada, lo que no resulta en una desventaja a comparación del resto de las opciones para dicho caso.
- La opción HFC (no típica para los operadores de telecomunicaciones, pero sí para los de cable) presenta una infraestructura de menos costo frente a sus competidoras para situaciones de elevada penetración de servicios, que aunque su flexibilidad y posibilidades tecnológicas que las correspondientes a FTTC, FTTB y FTTH.
- Aunque para grados de penetración elevados la opción FTTH resulta más costosa en términos económicos, pueden darse una serie de circunstancias que compensen esta desventaja, haciéndola una opción de interés. En general FTTH resulta una opción aconsejable si es necesario realizar un cambio completo de la infraestructura de cable metálico o si esta no existe y ha de procederse a la realización de la obra civil, ya que el costo de ésta es relativamente independiente de la opción tecnológica que se vaya a seguir. En este caso hay que tener en cuenta factores que contribuyen al ahorro de costos como por ejemplo el que ya no son necesarios los alojamiento externos para la ONT y que estas en principio no debe ser modificadas para incrementar las prestaciones de la red.

También se produce ahorro a largo plazo al ser los sistemas basados en fibras ópticas más fiables que los que emplean cable metálico o las basadas en configuraciones híbridas.

3.1.4 PLC

La tecnología de comunicaciones por cable eléctrico PLC (Power Line Communication o “Comunicación por Línea de Potencia”) o también conocida como BPL (Broadband Power Line), inició en el siglo XX en Europa, aunque sin éxito. No fue hasta que en octubre 1997, cuando la compañía británica Norweb en colaboración con el fabricante de telecomunicaciones canadiense Nortel, anunciaron que eran capaces de transmitir señales de datos a 1 Mbps a través del segmento de baja tensión de las redes eléctricas con una tecnología propia llamada “Digital Powerline” o DPL.

Esta tecnología que basa su distribución de información a través de la red eléctrica le permite extender su cobertura hasta los rincones más alejados de los países, a diferencia de las redes de telecomunicaciones cableadas, por ende, las oportunidades de enlazar personas y comunidades antes incomunicadas permitiría lograr saltos insospechados en la inter – conectividad y el acceso de servicios de telecomunicaciones, sobre todo en nivel local, así como en zonas o regiones que antes no eran económicas para las empresas establecidas.

Los servicios de banda ancha sobre líneas de energía eléctrica representan una tecnología que permite la transmisión de datos sobre estas líneas. Los subscriptores se encuentran en los hogares residenciales y en oficinas donde las cuales cuentan con servicio eléctrico. Para obtener el servicio de datos lo único que tiene que instalar es un tipo especial de modem que se conecta a la toma ordinaria de electricidad que se encuentra en la pared, y esto permite el acceso a Internet, de manera fácil y sencilla.

La tecnología PLC puede ser considerado para representar una red de área local (LAN) debido al hecho que el mismo flujo de datos de cada estación reside sobre un circuito eléctrico. De hecho, CSMA/CA es usado como protocolo de acceso a medio en la mayoría de los sistemas PLC. Entonces, desde una perspectiva física, la transmisión sobre redes de energía es similar a la transmisión en el hogar sobre un cableado eléctrico dentro de la construcción porque ambos tipos de cableado usan el protocolo de acceso LAN. Aunque no existe una distinción clara entre los dos, la Comisión Federal de Comunicaciones (FCC) ha intentado definir una. Cuando PLC opera dentro de construcciones, es referido como PLC dentro de la construcción. En comparación, cuando PLC ocurre sobre el tendido de energía eléctrica, este es denominado como PLC de acceso. En otra visión, PLC dentro de las construcciones puede ser considerado para representar una LAN, en contraste PLC de acceso representa una WAN visto por la FCC.

En los siguientes párrafos se enfocarán a PLC de acceso, el cual por simplicidad sólo se referirá como PLC o BPL.

Arquitectura general PLC

En la actualidad, los proveedores de equipos de PLC y capacidades eléctricas usan múltiples arquitecturas de red para proporcionar transmisión de datos a través de las características eléctricas de la infraestructura de las líneas de energía. Existen considerables diferencias existentes en cada arquitectura, ya que en cada una, PLC trabaja por la modulación de ondas de

radio de alta frecuencia, sin embargo, el método de transmisión y la técnica de modulación pueden variar dependiendo de la arquitectura que se emplee.

Una vez moduladas las ondas de radio son insertadas dentro del campo del servicio eléctrico en lugares específicos. Estas ondas moduladas viajan a través de las líneas de energía eléctrica hasta que encuentran al transformador o una localización donde las ondas requieren amplificación. Concerniente a los transformadores, estos fueron diseñados para dejar pasar señales de baja frecuencia cercanos a los 60 Hz en Norteamérica y 50 Hz en Europa. Por lo tanto, estos pueden parecer como un circuito abierto para el paso de señales de alta frecuencia y afectar adversamente el flujo de datos a lo largo de las líneas de energía.

Para suministrar servicios de telecomunicaciones, se deben considerar algunas cuestiones que le dan forma a cada arquitectura, entre estas es la de evitar los transformadores de la red eléctrica, y una de las alternativas es emplear acceso LAN inalámbrico posicionado en lugares estratégicos para subsanar la necesidad de evitar los transformadores que están instalados por el servicio eléctrico para disminuir el voltaje en la línea de energía. Otro de los factores que rigen a las arquitecturas de red es lo relacionado a la manera en la cual los transformadores de los vecindarios sirven a los usuarios. En Norteamérica, un transformador de vecindario puede proveer una conexión de bajo voltaje a solo un puñado de hogares, mientras que un transformador similar en Europa puede suministrar servicios a cientos de hogares. Esta diferencia puede también afectar la arquitectura de red para el soporte de comunicaciones sobre las líneas de energía.

Antes de hablar sobre las diferentes arquitecturas existentes, se enfocará la atención en presentar la infraestructura general del servicio eléctrico. Esta infraestructura puede ser dividida dentro de tres categorías de voltaje que corresponden a los voltajes transmitidos en las líneas de energía. Estas categorías son: alto, medio y bajo voltaje, que resultan en los tres tipos de líneas de voltaje.

- Líneas de alto voltaje: estas líneas son encaminadas desde la estación de generación de energía a la subestación. Las líneas de alto voltaje forman parte de la red medular del sistema de distribución que cargan voltajes entre 155,000 a 765,000 volts. Por esta condición, las líneas de alto voltaje no son usados para la transmisión de datos.
- Líneas de medio voltaje: estas líneas son encaminadas desde la subestación hasta el transformador del vecindario. Debido a que este tipo de líneas transmiten cargas mucho más manejables entre 7,000 a 15,000 volts, que comúnmente forma parte de la red medular del servicio eléctrico de datos sobre la infraestructura de las líneas de energía. De hecho, en algunos campos de prueba implica la conexión de cada línea de medio voltaje a Internet en lugar de conectar las líneas de medio voltaje a las líneas de fibra óptica que corren en paralelo con las líneas de alto voltaje.
- Líneas de bajo voltaje: desde el transformador del vecindario, el voltaje es disminuido a 120 volts, a un bajo voltaje que es encaminado dentro de los hogares y pequeños negocios. Entonces, es la línea de bajo voltaje el que es encaminado al usuario.

En la figura 3.16 se ilustra la infraestructura general del servicio eléctrico que se desarrolló durante el pasado siglo. En este se muestra la distribución de cada uno de los tres tipos de líneas que se mencionaron en el párrafo anterior.

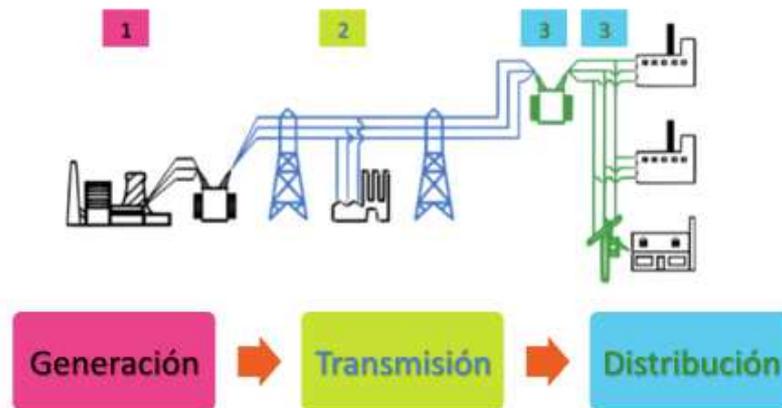


Figura 3.16 “Infraestructura del servicio eléctrico”

Aunque el término “acceso PLC” es empleado para denotar la ruta desde las líneas de medio a bajo voltaje dentro de los hogares del subscriptor y oficinas, es también posible que esta ruta sea extendida a las líneas de alto voltaje. Sin embargo, como se comentó previamente, actualmente líneas de fibra óptica se encaminan en paralelo con las líneas de alto voltaje y son utilizadas para transportar datos de control de la red eléctrica, esto debido al ruido que causan las líneas de alto voltaje y el cual provoca un uso no sustentable para el transporte de datos.

La conversión de que sucede en la red eléctrica, donde las líneas de alto voltaje son convertidas a líneas de alto voltaje y estas mismas son nuevamente transformadas a líneas de bajo voltaje, ocurre a través del uso de transformadores, los cuales, como se mencionó en párrafos anteriores, comúnmente bloquean las señales de comunicaciones transmitidas a frecuencias superiores que la tasa de ciclo alterno de las actuales líneas de energía.

Para contrarrestar el efecto de bloqueo de los transformadores en los datos de información se requiere la instalación de un acoplador entre las líneas de media y bajo voltajes. Este acoplador es conocido como “acoplador inductivo”.

En el servicio de postes dentro del vecindario, otro dispositivo, comúnmente referido como un puente (“bridge”), es instalado. Dependiendo del fabricante de cada producto, el puente puede incluir una o más funciones de comunicación.

El puente representa el corazón del sistema de transmisión PLC. Este dispositivo cuando soporta el estándar IEEE 802.11 WiFi, permite a un producto de bajo costo tal como los adaptadores LAN que son usados por los consumidores. Cuando los puentes manejan transmisión de datos simétricos, permite a los módems de línea eléctrica que se conectan a las salidas eléctricas en los hogares y oficinas comunicarse directamente vía la infraestructura de cable eléctrico. Entonces, el puente puede ser considerado como un mecanismo de controla la arquitectura de red básica en el cual los datos fluyen desde los hogares y oficinas.

En la figura 3.1 se examinó la infraestructura general del servicio eléctrico. En este punto se discutió el uso de las líneas de alto, medio y bajo voltaje, donde se notó el uso de las líneas de fibra óptica previamente instalado para uso interno de la red que puede ser fácilmente actualizado para soportar los requerimientos de transmisión de los usuarios. Esta fibra puede entonces servir

como la red medular (“backbone”) o enlace de retorno (“backhaul”) de la red de datos para la oferta PLC.

El servicio eléctrico tiene un sistema de distribución muy bien definido. Entonces, en suma de una capacidad de comunicaciones resulto en el uso de mucha de la infraestructura existente como técnicamente y económicamente fuese posible. Aunque el servicio del enlace de retorno por fibra óptica puede ser actualizado y usado, en algunos casos puede ser más económico conectar líneas de alta velocidad arrendadas aun vendedor de comunicaciones tercera las líneas de medio voltaje y esquivar el enlace de retorno. Por lo tanto, no existe una única arquitectura adecuada para todos los servicios eléctricos. En la figura 3.17 se ilustra la infraestructura general de acceso PLC.

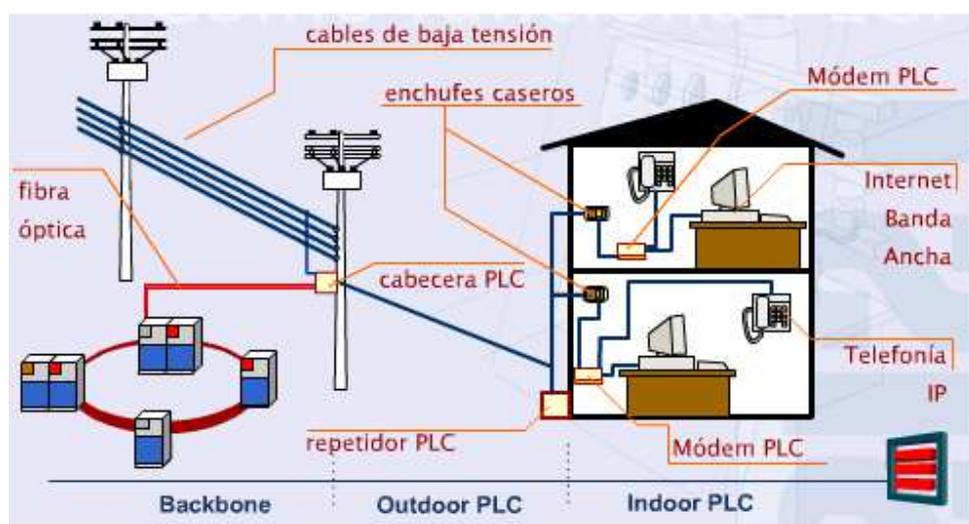


Figura 3.17 “Infraestructura del servicio PLC”

De manera similar a las redes de comunicaciones convencionales, la transmisión de datos sobre líneas de energía requiere el uso de diferentes tipos de componentes de red. A continuación se examina el rol de cada uno de estos componentes que tiene una terminología específica cuando es concierne a comunicaciones sobre líneas de energía.

- **Inyector PLC:** también conocido como concentrador, es típicamente colocado en una vista sencilla en los postes de energía dentro de un área de control de una comunidad. Una fibra óptica o una línea T1 metálica, el cual está conectada a Internet, es llevada a una de las entradas del inyector. Dentro de la estructura interna del inyector existe un transmisor y un receptor que operan en diferentes frecuencias, lo que permite la transmisión “full – dúplex”. El inyector convierte la señal de la fibra óptica o la línea T1 en un formato de señal usado para la transmisión sobre la línea de energía de medio voltaje. Típicamente, esta acción resulta en la generación de una señal OFDM (OrthogonalFrequencyDivisionMultiplexing o “Multiplexado por División de Frecuencias Ortogonales”), que consiste en una serie de portadoras moduladas por medio BPSK (BinaryPhaseShiftKeying o “Modulación por Desplazamiento de Fase”) u otro método de modulación. Las portadoras son puestas en la línea de energía en dos bloques de frecuencia, con un bloque usado para transmisión descendente y la otra provee una

capacidad de transmisión ascendente. El inyector PLC también acopla la señal OFDM en una de las fases de la línea de energía de medio voltaje.

- Repetidor PLC: el repetidor PLC es instalado aproximadamente cada 1,000 a 2,500 pies a lo largo de la línea de energía de medio voltaje. El propósito del repetidor es amplificar y estabilizar las señales de datos transportadas sobre la línea de energía de medio voltaje. A pesar de que mucha literatura con mención a PLC refiere al dispositivo que amplifica y estabiliza las señales como repetidor, esto no es técnicamente correcto. En el mundo de las telecomunicaciones, un repetidor es normalmente pensado como un regenerador de datos, que recibe una señal digital, desechando la señal, y entonces regenera la señal de modo que cualquier distorsión es eliminado. A casa de OFDM y otros métodos de modulación resultan en una transmisión de señales análogas, los amplificadores son utilizados.
- Extractor PLC: el tercer dispositivo que se utiliza en el acceso PLC es el extractor. El extractor suministra una interface entre las línea de energía de medio voltaje que se cargan con las señales PLC y los hogares y pequeños negocios dentro del área de servicio. Los extractores están comúnmente posicionados en cada transformador de bajo voltaje. Algunos extractores incluyen un repetidor integrado, el cual incrementa la intensidad de la señal a un nivel suficiente para permitir la transmisión que ocurre a lo largo del transformador de bajo voltaje. En comparación, los extractores sin repetidor integrado retransmiten la señal alrededor del transformador por medio del uso de acopladores sobre las líneas de bajo voltaje. el tercer tipo de extractor interactúa con dispositivos no PLC, tal como un punto de acceso inalámbrico LAN IEEE 802.11, el cual permite a la red PLC extenderse a un grupo de consumidores.
- Líneas de fase: si se observa con detenimiento la figura 3.17 se nota que existen tres cables para entregar voltaje de media tensión sobre la red eléctrica. El uso de tres cables se basa en las tres fases de generación, las cuales son ahora muy comunes y son más eficientes en el uso de los generadores comerciales. Al entregar estas tres fases al transformador de distribución, una sola fase neutral es por lo regularmente entregada al suscriptor.

Ahora que tenemos una apreciación de los componentes de la red PLC y de la arquitectura general de este tipo de redes, se enfocará la atención a las arquitecturas de red específicas PLC.

Arquitectura basada en el sistema OFDM

En la figura 3.18 se ilustra la arquitectura de sistema basada en OFDM. Al examinar el flujo de datos mostrado en la figura anterior, se observa la conexión del backhaul o backbone de la red PLC a la Internet es convertido en un formato de señal OFDM en el inyector PLC. La salida del inyector es acoplada a una fase de la línea de energía de medio voltaje. En la dirección opuesta, las señales PLC de las líneas de energía son convertidas al formato empelado en la conexión del backbone a la Internet.

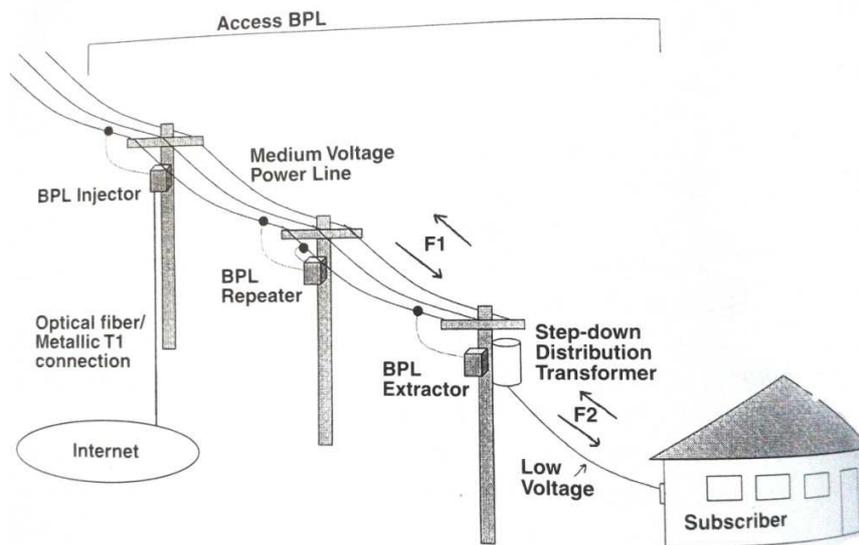


Figura 3.18 “Red de arquitectura basada en OFDM”

El flujo de datos sobre la línea de medio voltaje hacia el consumidor, donde los extractores son usados para encaminar y convertir las señales de datos entre la señal OFDM y la señal PLC formato dentro del hogar. Dependiendo de la distancia entre el inyector PLC y los extractores estos sirven, a uno o más repetidores que pueden requerir periódicamente un incremento de la señal.

Tanto el inyector y el extractor sirven y se encuentran en una banda de frecuencias común en las líneas de medio voltaje. Esta banda de frecuencias, el cual es denotado como F1 en la figura 3.%, difiere de la frecuencia usado por el los dispositivos PLC dentro de hogar del consumidor, el cual es mostrado en la misma figura como el flujo F2. Las frecuencias mostradas en la figura representan un bloque del espectro. Como los repetidores (localizados periódicamente sobre las líneas de medio voltaje pero generalmente a distancias menores de 2,500 pies uno del otro) están al alcance, cada bloque de frecuencias es convertida en un nuevo espectro de frecuencias. El nuevo bloque de frecuencias es empleado para los siguientes 2,500 pies aproximadamente. Los bloques de espectro no pueden ser reutilizados varios tramos de 2,500 pies sobre la línea de energía. Sin embargo, después de dos segmentos, un bloque puede usualmente ser reutilizado sin crear interferencia con un bloque de frecuencias previamente empleado.

Para minimizar la contención, se emplea el protocolo CSMA/CA. Aunque las señales PLC son acopladas en una fase de la línea, si la señal es incrementada de modo que pueda tolerar la interferencia con – canal, estas puede ser tanto de forma práctica y posible implementar dos o tres de estos sistemas y operar independientemente de cada una de las otras sobre la línea adyacente de energía de medio voltaje.

Arquitectura basada en el sistema OFDM – WiFi

La segunda arquitectura de red que opera sobre líneas de energía maneja OFDM como su método de transmisión sobre el cableado; sin embargo, en lugar de comunicar a los hogares y oficinas sobre las líneas de bajo voltaje, este emplea una conexión inalámbrica IEEE 802.11 para el suscriptor. La figura 3.19 representa la arquitectura de un sistema basada en OFDM – WiFi.

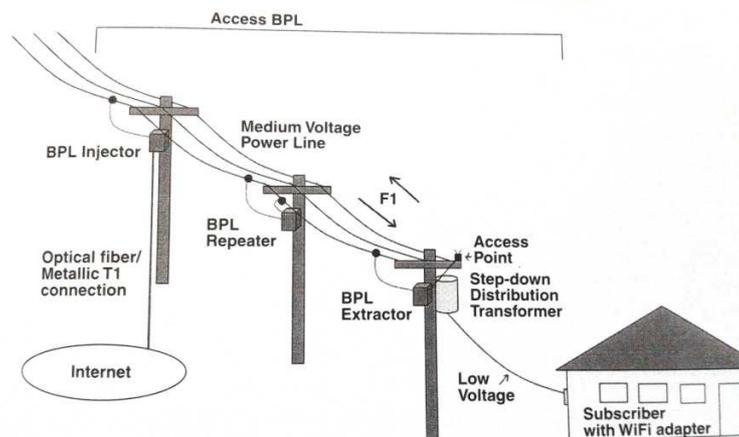


Figura 3.19 “Sistema basado en OFDM-WiFi”

En la figura anterior se nota que el extractor PLC es empleado para convertir la señal PLC que corre sobre la línea de medio voltaje a una señal IEEE 802.11. Este último brinda una señal inalámbrica a los consumidores. Durante los años 2004 a 2005 el protocolo IEEE 802.11b se desempeñó para proveer la comunicación a un grupo de consumidores localizados cercanamente.

Sin importar el protocolo inalámbrico de comunicación que se emplee en el futuro, el punto importante de la arquitectura es el hecho que no utiliza las líneas de bajo voltaje. Además de, se emplea un punto de acceso (“Access Point”) ya que tiene un radio circular de transmisión, que es capaz de proveer una conexión de ancho de banda a un grupo de usuarios, del cual puede redimir el costo del servicio.

La red de comunicaciones OFDM – WiFi es superpuesta sobre la misma estructura de tendido eléctrico como se ilustra en la figura 3. 19. Sin embargo, existen varias diferencias entre las dos. La primera, el sistema OFDM – WiFi puede usar ambos repetidores y extractores para proporcionar una conexión al punto de acceso WiFi. La segunda diferencia entre un sistema OFDM y un sistema combinado OFDM – WiFi concierne al uso de las líneas de bajo voltaje. A causa de que el sistema OFDM –WiFi emplea puntos de acceso inalámbrico, no es necesario el uso de las líneas de bajo voltaje. Esto significa que esta arquitectura de red no tiene que emplear una técnica para esquivar al transformador del vecindario, lo que significa en la reducción del costo de la arquitectura. Aunque la arquitectura de red OFDM – WiFi también acopla las señales PLC dentro de una fase de la línea de energía de medio voltaje, similar a una arquitectura de red todo – OFDM, esto es posible para transmitir sobre múltiples fases en la línea de energía de medio voltaje de tres fases. De hecho, la siguiente arquitectura que se examinará hace esto, sin embargo, usa diferentes métodos de señalización para transmitir datos sobre las líneas de medio voltaje. Debido a que la siguiente arquitectura de red usa “*Espectro Ensanchado por Secuencia Directa*”(DirectSequence Spread Spectrum, DSSS por sus siglas en inglés), se le mencionará a este como un sistema DSSS.

Arquitectura basada en el sistema DSSS

La tercera arquitectura de red usada para transmitir datos sobre las líneas de energía emplea la transmisión DSSS. DSSS representa un método de transmisión a través del cual una señal modulada y extendida sobre un rango de frecuencias, con múltiples copias de cada información transmitida. En el receptor, pasan la mayoría de estas reglas. Que es, si un bit “0”es transmitido en

cinco frecuencias y la demodulación en el receptor resultan en cuatro bits “0” y un bit “1” al ser desmodulado, el receptor asumirá que el bit transmitido fue un bit “0”.

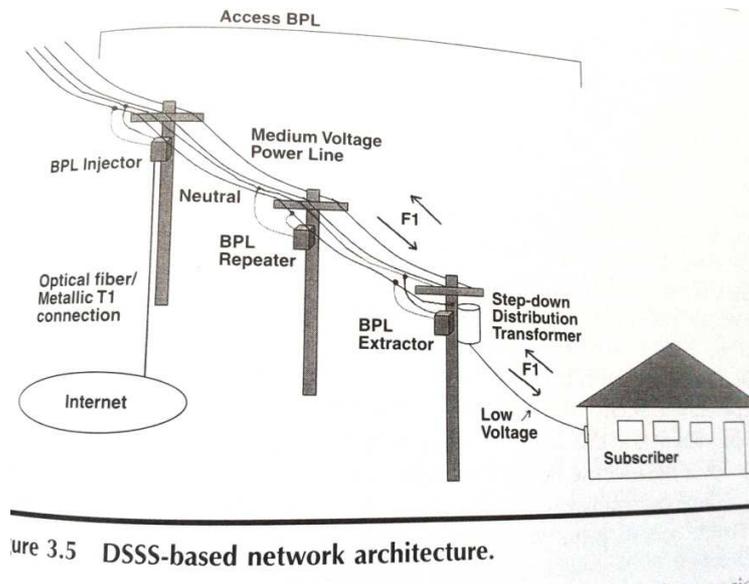


Figura 3.20 “Arquitectura de la red basada en DSSS”

La figura 3.20 muestra un esquema de la arquitectura de red DSSS sobre el cual dicho protocolo es utilizado para transmitir datos PLC sobre las líneas de energía de medio voltaje. Sobre esta arquitectura, todos los usuarios dentro de una celular PLC se encuentran en una banda de frecuencias común. Similar a la arquitectura OFDM, CSMA/CA es empleado para minimizar la contención por un canal. Cada célula PLC consiste de un inyector (concentrador) que provee una interface para la fibra óptica o conexión metálica a Internet, un número de repetidores que compensan las pérdidas en la señal de los datos, y un transformador de vecindario que alimenta a un grupo de hogares y oficinas.

Los sistemas PLC de primera milla instalados en la actualidad (Ascom y Siemens) tiene capacidades de transporte efectivas entre 1.5 Mbps y 3 Mbps, a compartir por el número de abonados que dependen de un transformador del área de servicio.

3.2 Redes inalámbricas

3.2.1 2G (Segunda generación)

Antes de empezar con la explicación de la Segunda Generación de telefonía celular que es la que interesa a fines prácticos, ya que es la tecnología que actualmente se sigue utilizando en nuestro país para proporcionar servicios de telefonía móvil, es necesario comentar brevemente los inicios de la telefonía celular con sus inicios, la Primera Generación.

Esta primera generación de sistemas de comunicación celular que entraron en operación fue de tipo analógico y provocaron una revolución importante en las telecomunicaciones a nivel mundial.

Entre sus principales características, las cuales son muy básicas, es decir, al ser analógicos eran estrictamente para la transmisión de voz con una baja velocidad, todos basados en FDMA (Frequency Division Multiple Access o “Acceso Múltiple por División de Frecuencia”) como método de acceso al medio. Además, en esta primera generación la seguridad en la transmisión era inexistente.

La arquitectura de esta generación, a grandes rasgos, se inspiró en los sistemas de radiodifusión, es decir, en un sistema de comunicación punto – multipunto. Aquí, el punto central lo constituye la estación base. Ésta emite hacia un vasto territorio, en el que las terminales móviles se desplazan. Una red puede resumirse en una potente estación base, tanto que sus ondas llegan hasta 50 Km de distancia. Una haz de líneas telefónicas une la estación base con un conmutador, llamado “Centro de Comunicación del Servicio Móvil” (MSC, de Mobile Switching Centre). El centro de la conmutación enlaza la red telefónica conmutada pública (RTCP) con la red de radiotelefonía (figura 3.21)

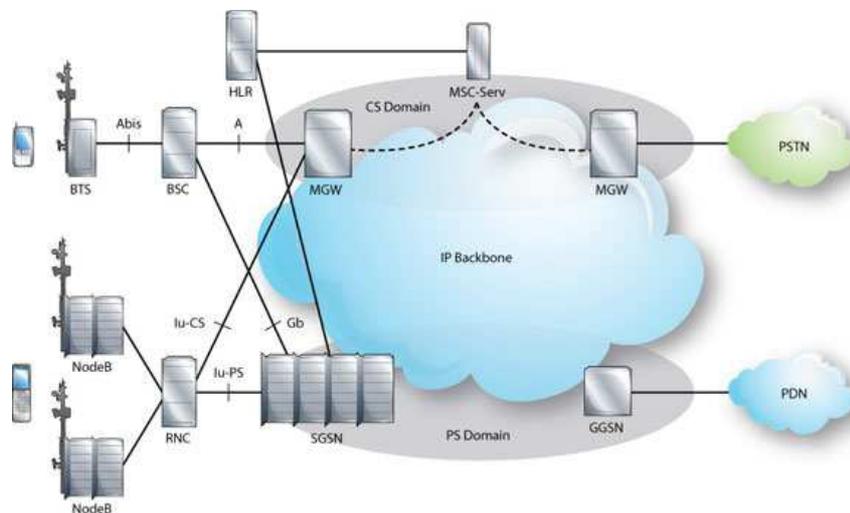


Figura 3.21 “Arquitectura 2G”

La primera evolución de este sistema consistió en conceder un canal de comunicación únicamente cuando la terminal móvil realmente lo necesita. Así, el número de abonados de la red puede ser superior al número de canales de radio. Para aumentar significativamente el número de abonados de la red, se introduce el concepto de “célula”, que consiste en una revolución mayor.

En la tabla 3.22 se enlistan las diferentes tecnologías empleadas en la primera generación de telefonía móvil.

0G (radio telephones)	MTS · MTA · MTB · MTC · IMTS · MTD · AMTS · OLT · Autoradiopuhelin
1G	AMPS family AMPS · TACS · ETACS
	Other NMT · Hicap · Mobitex · DataTAC

Figura 3.22 “Tabla comparativa primera generación”

3.2.1.1 2G (Segunda Generación)

La Segunda Generación apareció en la década de los 90’s, con la principal diferencia con la anterior generación en que esta ya era digital. Los sistemas 2G utilizan protocolos de codificación

más sofisticados a comparación de su generación predecesora, y muchos de ellos, todavía se emplean en algunos de los sistemas de telefonía celular en la actualidad. Es de destacar, que los protocolos de esta generación permiten velocidades de transmisión de información más altas para voz, pero aún limitada en la parte de datos. Estos sistemas ahora permiten ofrecer servicios auxiliares, como fax y SMS; y a su vez, se tienen diferentes protocolos de 2G que ofrecen diferentes niveles de encriptación. En general, se denomina a los sistemas 2G como PCS (Personal Communication Services).

En la tabla 3.23 se enlistan las diferentes tecnologías que dominaron el mercado de 2G, con sus respectivas características.

0G (radio telephones)	MTS · IMTA · MTB · MTC · IMTS · MTD · AMTS · OLT · Autoradiopuhelin	
1G	AMPS family	AMPS · TACS · ETACS
	Other	NMT · Hicap · Mobitex · DataTAC
2G	GSM/3GPP family	GSM · CSD
	3GPP2 family	CdmaOne (IS-95)
	AMPS family	D-AMPS (IS-54 and IS-136)
	Other	CDPD · IDEN · PDC · PHS

Figura 3.23 “Tabla comparativa segunda generación”

De las tecnologías vistas en la anterior tabla, las predominantes son:

- IS – 136 (conocido también como TIA/EIA 136 o ANSI - 136).
- CDMA (Code División Multiple Access o “Acceso Múltiple por División de Código”)
- PDC (Personal Digital Communication o “Comunicación Digital Personal”).
- GSM (Global Systemfor Mobile Communications o “Sistema Global para Comunicaciones Móviles”)

Concerniente a esta tesis, y debido a su predominancia en el país se estudiará en los siguientes párrafos a GSM como tecnología de Segunda Generación.

GSM

El sistema Pan – Europeo GSM (GroupeSpecial Mobile) especificado por ETSI (EuropeanTelecommunicationsStandardsInstitute o “Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones”), estuvo programado para entrar en servicio en la segunda mitad de 1991, que se propuso como un sistema común de comunicación de radio celular para todo el Oeste de Europa, con una mejor capacidad para el uso de los canales de radio. Se pensó también proporcionar con éste sistema un servicio de calidad para la transmisión de voz y datos, con una totalidad de compatibilidad con la Red Digital de Servicios integrados (RDSI). Este sistema, aparece como el resultado a las necesidades de comunicación e incompatibilidad de los sistemas celulares existentes en aquellos años. En éste sistema se tiene el concepto de usuarios internacional (roaming internacional de manera automática), de modo que cualquier usuario de cualquier país puede desplazarse por toda Europa del Oeste, y siempre tener servicio, estando totalmente identificado.

El estándar GSM contiene capacidades de seguridad en cuando al “cifrado de las comunicaciones” de voz y datos, y un concepto de autenticación para el acceso al sistema por parte de las terminales. Además, ofrece la posibilidad a la terminales móviles realizar la transmisión en la modalidad de saltos de frecuencia bajo mandato de la red, para alcanzar una mayor protección; y también transmitir sólo cuando haya señal moduladora a fin de economizar la duración de la batería de las terminales portátiles y reducir interferencias.

Arquitectura GSM

En la figura 3.24 se ilustra el equipamiento que compone a una red GSM. Una red se caracteriza por sus equipos y, para conectar estos últimos, sus interfaces. Todo esto en su conjunto proporciona los servicios de comunicación normalizados.

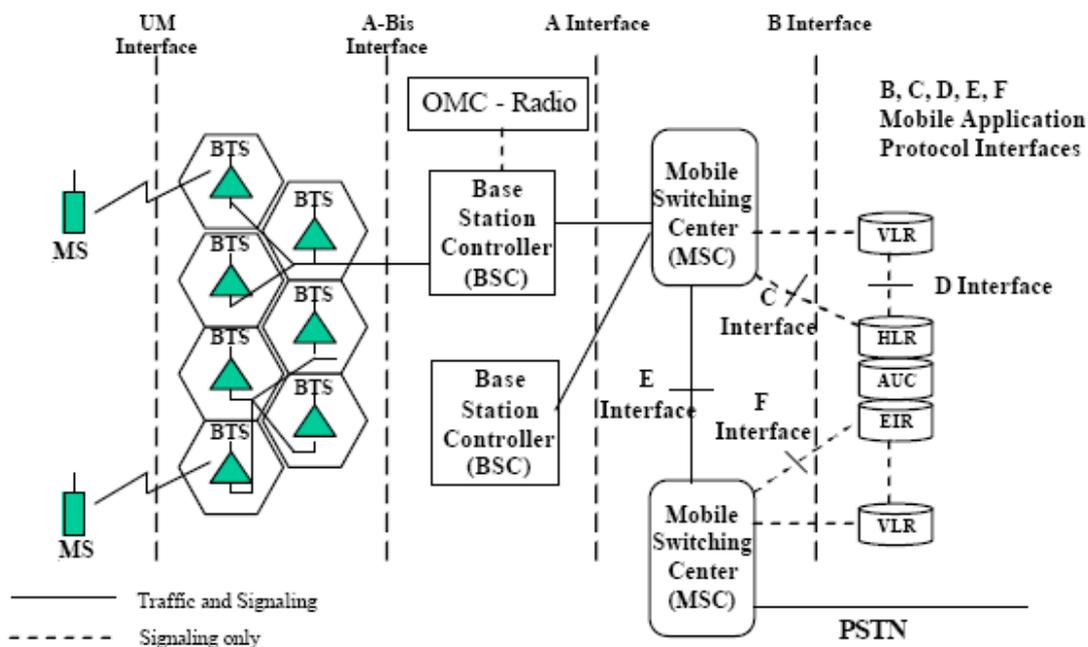


Figura 3.24 “Arquitectura GSM”

Los equipos que se encuentran en una red y sus respectivas funciones son:

- La terminal de abonado que es una estación móvil (*Mobile Station, MS*).
- La estación base que es el emisor / receptor de radio (*Base Transceiver Station, BTS*), que enlaza las estaciones móviles con la infraestructura fija de la red.
- El controlador de estación base (*Base Station Controller, BSC*), que administra un grupo de estaciones base.
- Al conjunto constituido por las estaciones base y su controlador constituyen un subsistema de radio (*Base Station Subsystem, BSS*).
- El conmutador de red (*Mobile Switching Centre, MSC*) proporciona el acceso hacia las redes telefónicas y RDSI.
- El registro de localización de visitantes (*Visitor Location Register, VLR*), es una base de datos en la cual se inscriben temporalmente los abonados de paso en la red.
- El registro de abonados locales (*Home Location Register, HLR*), es la base de datos en donde los abonados de la red se encuentran referenciados.

- El centro de autenticación de abonados (*Authentication Centre, AUC*), es una base de datos protegida donde se controlan los códigos confidenciales de los abonados.
- El conjunto formado por el conmutador, el registro de localización de visitantes, el registro de abonados locales y el centro de autenticación de los abonados constituye un subsistema de red (*Network Subsystem, NSS*).
- El centro de control y mantenimiento (*Operation and Maintenance Centre, OMC*), que garantiza la explotación técnica y comercial de la red.

Antes de comprender y conocer como estos equipos conforman la arquitectura de red, es necesario entender como se establece el dialogo necesario entre ellos, que permiten que funcionen entre sí.

La normalización de las interfaces garantiza la correcta interacción entre los equipos heterogéneos producidos por distintos fabricantes. Por lo tanto, el ETSI ha normalizado las siguientes interfaces.

- La interface de radio Um está localizada entre la estación móvil y la estación base MS ↔ BTS. Se trata de la interface más importante de la red.
- La interface A – bis que conecta una estación base con su controlador BTS ↔ BSC.
- La interface A se sitúa entre un controlador y un conmutador BSC ↔ MSC.
- La interface X.25 la cual conecta un controlador con el centro de control BSC ↔ OMC.
- La interface entre el conmutador y la red pública viene definida por el protocolo de señalización número 7 del CCITT (Comité Consultivo Internacional Telegráfico y Telefónico).

Ahora, que se conocen las diferentes interfaces dentro de la arquitectura se pueden explicar cada uno de los componentes mencionados en párrafos anteriores, es decir el equipamiento de una red GSM.

1) Estación Base, BTS.

La célula es la unidad básica para la cobertura por radio de un territorio. Una estación base BTS garantiza la cobertura radioeléctrica en una célula de la red. Proporciona el punto de entrada a la red a los abonados presentes en su célula para recibir o transmitir llamadas. Una estación base controla, como máximo, ocho comunicaciones simultáneas. El multiplexado AMRT de orden 8 utilizado es el que impone el límite. La superficie de una célula varía enormemente entre los espacios urbanos y los espacios rurales. En los urbanos, donde la densidad de tráfico es importante, el tamaño de las células es pequeño para aumentar la capacidad de comunicación por unidad de superficie. El radio de una célula en este entorno puede llegar a su límite más bajo, impuesto por los costos de infraestructura y las condiciones de propagación de las ondas de radio (200 m). Caso contrario, en espacios rurales, la densidad de tráfico es mucho más pequeña, por tanto, las dimensiones de las células son mucho mayores (30 km), lo que determina las dimensiones de las células la potencia de las emisiones. Una estación base es esencialmente un conjunto emisor / receptor que, por sí mismo, constituye un elemento más en la cadena de comunicación.

2) Controlador de estaciones base, BSC.

Un controlador de estaciones base se encarga de gestionar una o varias estaciones. Cumple con diferentes funciones de comunicación y de explotación. Para el tráfico

abonado procedente de la estación base, se comporta como un concentrador, para el tráfico que proviene del conmutador, actúa como un enrutador hacia la estación base destinataria. En las funciones de explotación de la red, el controlador es, un repetidor para las alarmas y las estadísticas procedentes de las estaciones base y destinadas al centro de control y mantenimiento; por otro, es una base de datos para las versiones de software y los datos de configuración que el operador carga de forma remota en las estaciones base que pasan por el controlador. Almacena y proporciona información bajo petición del operador o de una estación base que entra en funcionamiento. Para el operador, el controlador gestiona los recursos de radio de sus zonas, constituido por el conjunto de células que tienen asociadas. En consecuencia, asigna las frecuencias de radio que puede utilizar cada una de sus estaciones base.

El controlador igualmente gestiona las transferencias entre células cuando una estación móvil atraviesa la frontera entre dos células. En este punto, avisa a la célula que se va a hacer cargo del abonado y le pasa toda la información necesaria. Igualmente, el controlador notifica a la base de datos HLR la nueva localización del abonado. Naturalmente, este equipo constituye una etapa hacia las terminales de abonados en la cadena de transmisión de los tele – servicios o en búsqueda de un abonado para un llamada que llega al conmutador. Para el centro de control y mantenimiento, el controlador es el único equipo del subsistema de radio que se puede dirigir directamente de forma remota, ya que toda la gestión técnica de las estaciones base pasa por él.

La figura 3.25 se presenta un controlador y los equipos conectados a él, un “cluster” formado por cuatro estaciones base, en el centro de control y mantenimiento, y el conmutador.

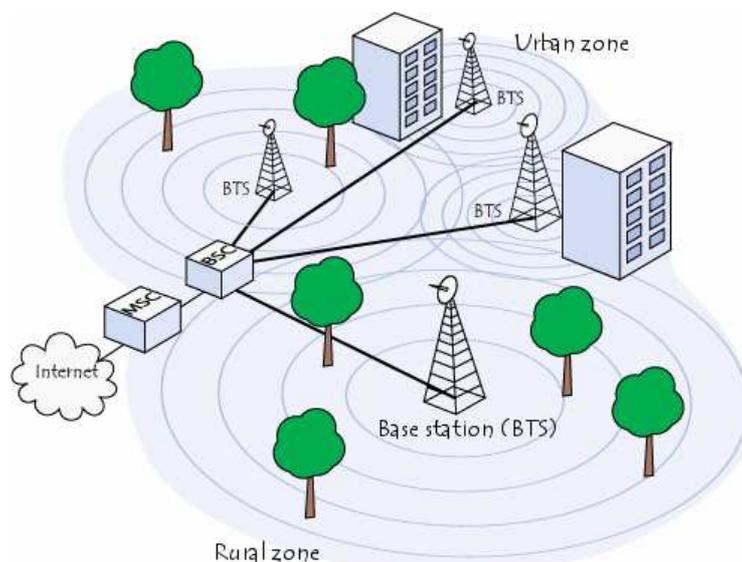


Figura 3.25 “Cluster formado por 4 BTS's”

3) Conmutador, MSC.

El conmutador se encarga de interconectar la red de radiotelefonía con la red telefónica pública. Para ello tiene en cuenta las eventualidades introducidas por la movilidad, la transferencia inter – c lular y la gestión de los abonados visitantes, que son los abonados de otras redes en tránsito por la suya. El auto – conmutador de tipo RDSI es el que con más frecuencia se encuentra en las redes, mejorado con las funcionalidades complementarias particulares para este tipo de uso. El conmutador es un nodo muy importante, y proporciona acceso hacia el centro de autenticación que verifica los derechos de los abonados. Participa en la gestión de la movilidad de los abonados y, por tanto, en su localización en la red, pero también en el suministro de todos los tele - servicios ofrecidos por la red: vocales, suplementarios y mensajería.

4) Registro de abonados locales HLR.

El registro de abonados locales es una base de datos que contiene información relativa a los abonados de la red. Una red puede tener varias de esas bases, según la capacidad de las máquinas, la fiabilidad u otros criterios de explotación elegidos por el operador. En esta base de datos, un registro por cada uno de los abonados describe con detalle las opciones contratadas y los servicios suplementarios a los que tiene acceso el abonado. A esta información est tica est n asociadas otras informaciones dinámicas, como la última localización conocida del abonado, el estado de su terminal (en servicio, en comunicación, en reposo, fuera de servicio, etc.). El HLR diferencia la entidad de abonado de la de terminal. Un abonado puede utilizar la terminal de otro abonado sin ningún problema de facturación, ya que el abonado es reconocido por la información contenida en su tarjeta de abono, llamada “*SubscriberIdentity Module*” (SIM), que es una tarjeta inteligente (como un microprocesador) personal para cada abonado. Cuando un abonado utiliza un servicio de red, una parte de la información contenida en esta tarjeta se transmite a su base de datos HLR que reconoce al abonado, de esta forma, la red distingue las dos entidades, el abonado y la terminal.

La información dinámica relativa al estado y a la localización de un abonado se actualiza constantemente, así, los mensajes que hay que enviar al abonado, el número de teléfono destinatario en caso de un reenvío temporal se memorizan en el HLR. La información dinámica es particularmente útil cuando la red encamina una llamada hacia el abonado. Antes de nada, la red empieza por consultar su HLR para conocer la última localización conocida, el último estado de la terminal de abonado y la fecha de esos datos.

Para determinar el camino entre el emisor de una llamada y su destinatario, hay que determinar la ruta interrogando sucesivamente a las bases de datos para encontrar al destinatario en la red y después dirigir all  la llamada. El HLR contiene también la clave secreta del abonado, que permite a la red verificar su identidad. Esta clave se guarda en un formato codificado que sólo el centro de autenticación de red es capaz de descifrar.

5) Centro de autenticación, AUC.

El centro de autenticación, AUC, es una base de datos que almacena información confidencial, que se encuentra localizado en una dependencia cuya entrada está restringida y donde sólo se permite el acceso a personal autorizado. El centro de

autenticación controla los derechos de uso que cada abonado posee sobre los servicios de la red. Esta comprobación se efectúa para cada solicitud de uso de cualquier servicio formulada por el abonado. Este control se hace con vistas a proteger tanto al proveedor de servicios como a los abonados. En efecto, al operador le interesa conocer sin ambigüedades la identidad de todo aquel que utilice su red, con el fin de facturar el importe del servicio prestado.

Cuando un abonado es correctamente validado, la red interroga al registro de abonados locales, HLR, para conocer las opciones suscritas en el contrato de abono y los derechos de acceso al servicio solicitado. Si los derechos son válidos, el abonado accede al servicio requerido.

6) Registro de localización de visitantes, VLR.

El registro de localización de visitantes es una base de datos asociada a un conmutador MSC. Su misión es almacenar la información dinámica relativa a los abonados de paso por la red. Esta gestión es muy importante, ya que en cada instante la red debe conocer la localización de todos los abonados presentes en ella, es decir, debe saber en qué célula se encuentra cada uno de ellos. En el VLR, un abonado se describe, en particular, por un identificativo y una localización. La red debe conocer esta información, que es fundamental para estar en condiciones de encaminar una llamada hacia un abonado o para establecer una comunicación requerida por un abonado visitante con destino a otro abonado. Dado que la característica de los abonados GSM es la movilidad, es necesario tener localizados permanentemente a todos los abonados presentes en la red y seguir su desplazamiento. Para cada cambio de célula de un abonado, de ahí que se produzca un diálogo permanente entre las bases de datos de la red. La actualización del HLR es importante para el tratamiento de las llamadas destinadas a un abonado. En efecto, cuando la red quiere localizar las llamadas a un abonado, empieza por preguntar al HLR para conocer la última localización conocida de él para comprobar su presencia. La red estaría entonces en condiciones de trazar el camino entre el solicitante y el solicitado, es decir, de encaminar la llamada.

Un subsistema de red, llamado también NSS, se compone de los equipos siguientes, registro de abonados locales, el centro de autenticación, el conmutador de servicio móvil y el registro de localización de visitantes. Sus misiones se centran en la gestión de llamadas, la gestión de movilidad, la gestión de servicios suplementarios y gestión de mensajería.

7) Centro de control y mantenimiento, OMC.

El centro de control y mantenimiento es la entidad encargada de la gestión y explotación de la red. La entidad engloba la gestión administrativa de los abonados y la gestión técnica de los equipos. La gestión administrativa y comercial de la red se ocupa de los abonos en términos de altas, modificaciones, bajas y facturación. Una buena parte de la gestión administrativa interactúa con la base de datos HLR. La gestión comercial solicita a los conmutadores de red las estadísticas para conocer los hábitos y los tiempos de espera de los abonados y, según la información recogida, la dirección comercial adapta las tarifas para distribuir el tráfico a lo largo de la jornada o para potenciar aquellos servicios más solicitados. La gestión técnica se encarga de garantizar la disponibilidad y la correcta configuración material de los equipos de la red. Su línea de trabajo supervisa las alarmas emitidas por los equipos, la reparación de averías, la gestión de las versiones del software,

la evaluación del rendimiento, la gestión de la seguridad. La mayoría de estas tareas de gestión se realizan de forma remota mediante un sistema de telecontrol que trabaja por una red de transferencia de datos distinta a la red de telecomunicación GSM.

El funcionamiento de todos estos componentes de la red GSM permite el encaminamiento de llamadas. En los siguientes párrafos, veremos dos tipos de llamadas que muestran la interacción que existe entre los equipos de la red:

- La llamada de un abonado de la red GSM hacia un abonado RTCP / RDSI.
- La llamada de un abonado de la red pública RTCP / RDSI hacia un abonado de la red GSM.

Para emitir una llamada, el abonado de la red GSM introduce el número de su destino. Su petición llega a la BTS de su célula, después pasa por el BCS para terminar en el conmutador de red, donde el abonado es, en primer lugar, autenticado y acto seguido se comprueban sus derechos de uso. El conmutador MSC transmite entonces la llamada a la red pública y solicita al controlador BSC la reserva de un canal para la futura comunicación. En cuanto el abonado llamado descuelga su teléfono, la comunicación queda establecida.

Cuando un abonado de red pública RTCP / RDSI llama a un abonado de la red GSM, los procesos son diferentes y más numerosos. Cuando el abonado de la red RTCP / RDSI marca el número, a priori, no se establece ningún control por parte de la red, si acaso, una eventual restricción de llamadas salientes. El número solicitado se analiza por el conmutador del que depende el abonado, y a continuación, la llamada es dirigida hacia la red GSM para interrogar al HLR por el número telefónico solicitado a fin de localizar al destinatario. El HLR de un abonado de la red móvil es la base de datos capaz de proporcionar información para localizar al abonado y conocer el estado de su terminal (libre, ocupado, fuera de servicio). Cuando el llamado está libre, la red interroga al VLR que guarda su registro para conocer la célula y el controlador de estación BSC de la zona al que está enlazando. La red está ahora en condiciones de activar el timbre de la terminal que es deseada contactar, al reservar un camino entre el abonado llamante y llamado. A fin de activar el timbre de la terminal, el controlador BSC de la zona difunde un aviso de llamada a través del conjunto de estaciones BTS de su zona hacia la terminal de llamado, el cual, como está a la escucha de la red, reconoce su número y activa el timbre de la terminal. Únicamente cuando el llamado descuelga, la red proporcionará definitivamente los recursos reservados para la comunicación. Al mismo tiempo, las bases de datos VLR y HLR registran la nueva situación del abonado.

3.2.1.2 Generación 2.5

GPRS

A mediados de la década de los 90, el ETSI decidió establecer un nuevo estándar en base a la interface aéreo del sistema GSM, para la transmisión de paquetes vía radio denominado “*Servicio General de Paquetes de Radio o GPRS*” (General Packet Radio Service, por sus siglas en inglés), también conocido como GSM – IP, ya que permite una adecuada integración de los protocolos de Internet TCP/IP con la red móvil GSM. GPRS introduce la conmutación de paquetes de datos a GSM, sin embargo, también se puede utilizar en sistemas más avanzados de telefonía celular o en TDMA, aunque en éste último no se implementó.

GPRS hace móvil a Internet, ya que permite a los usuarios acceder a intranets corporativas o a proveedores de servicios de Internet desde un dispositivo móvil. Los usuarios pueden permanecer en línea sin ocupar continuamente un canal de radio específico. Cada canal está compartido por varios usuarios y se usa solamente cuando se envían o reciben los paquetes de datos.

Al añadir las funcionalidades de GPRS a la “Red Móvil Terrestre Pública o PLMN” (PublicLand Mobile Network, por sus siglas en inglés), los operadores pueden proporcionar a sus subscriptores acceso eficiente de recursos a redes basados en el protocolo Internet (IP).

GPRS ofrece una interface aérea que ofrece tasas de transferencia superiores a 115 kbit/s – sujeto a las capacidades de la terminal móvil y la interferencia del proveedor. Además, GPRS permite a muchos usuarios encontrar los mismos recursos de la interface aérea y permite a los operadores colocar la carga de acuerdo a la cantidad de datos transferidos en lugar de una conexión establecida de tiempo. En la liberación (release) inicial, GPRS utiliza la misma modulación que GSM (GMSK o GaussianMinimumShiftKeying).

Arquitectura

Los GSN (GPRS SupportNodes o “Nodos de Soporte GPRS”) están basados en la plataforma inalámbrica de paquetes (WPP, WirelessPacketPlatform o “Plataforma de Paquetes Inalámbricos”), una nueva plataforma de conmutación de paquetes de propósito general y altas prestaciones. La WPP, que se usa para GPRS, EDGE y UTMS, combina características como una estructura compacta, alta funcionalidad, robustez y escalabilidad.

Los componentes y características de GSN, se describirán a continuación, donde los nodos de soporte GPRS constituyen las partes de la red del sistema celular que conmutan los paquetes de datos. Los dos nodos principales son el “Nodo Servidor de Soporte de GPRS” (Serving GPRS SupportNode – SGSN) y el “Nodo de Soporte Pasarela de GPRS” (Gateway GPRS SupportNode - GGSN). La figura 3.26 muestra un ejemplo de la arquitectura de la solución GPRS en una red celular GSM.

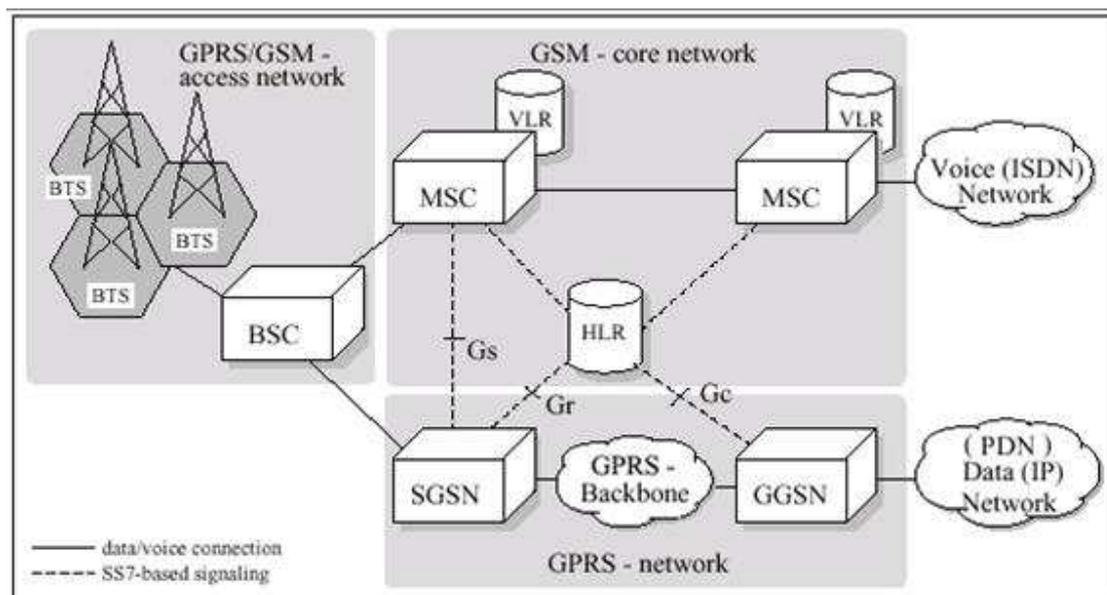


Figura 3.26 “Arquitectura GPRS”

1) Nodo Servidor de Soporte GPRS

El SGSN es un componente primario de las redes celulares que emplean GPRS. Mediante la red de radio, el SGSN encamina los paquetes IP entrantes y salientes dirigidos o procedentes de cualquier abonado de GPRS físicamente situado dentro de la zona geográfica a la que da servicio ese SGSN. Cada SGSN proporciona:

- Cifra (cifrado y descifrado) y autenticación.
- Gestión de sesión y preparación de las comunicaciones al abonado móvil.
- Gestión de movilidad, esto es, soporte para itinerancia y traspaso dentro y entre redes móviles.
- Gestión del enlace lógico al abonado móvil
- Conexión a otros nodos (HLR, MSC, BSC, SMS – GMSC, SMS – IWMSC, GGSN).

El SGSN recopila también los datos de tarificación para cada abonado móvil, tales como el uso real de la red de radio y de los recursos de la red GPRS.

2) Nodo de Soporte Pasarela de GPRS

El GGSN es también un componente primario de redes celulares que emplean GPRS. El GGSN sirve de interface con las redes externas de paquetes IP, que accede a funciones externas de ISP tales como routers y servidores de servicio de usuario de marcación con acceso remoto (Remote Access Dial – In User Service - RADIUS). En términos de la red IP externa, el GGSN encamina las direcciones IP de los abonados servidos por la red GPRS, intercambiando información de encaminamiento con la red externa.

En el GGSN, una pasarela fronteriza (Border Gateway – BG) comparte las interfaces físicas de GGSN a redes externas y a la red principal. Una pasarela fronteriza puede manejar múltiples PLMN.

La GGSN prepara la comunicación con redes externas y gestiona las sesiones de GPRS. También incluye funciones para vehicular abonados con la SGSN apropiada. Para cada abonado móvil, el GGSN recopila también datos de tarificación – uso de la red de datos externos y uso de los recursos de la red GPRS.

El encaminamiento IP en cada GSN tiene un router integrado que:

- Sirve como router de IP primario o secundario IP en redes IP, aunque solamente de forma temporal.
- Proporciona redundancia para la interface Gn/Gi

El router soporta abrir primero el camino más corto (OSFP) y el protocolo de pasarela fronteriza (BGP), así como otros protocolos de encaminamiento. También pueden filtrar paquetes IP en todas las interfaces IP – por ejemplo, desde una PLMN a otra. El filtro, cuyos datos de configuración pueden ser asignados durante la operación y mantenimiento (O&M), aplica a información de cabecera del protocolo de control de transmisión/protocolo de Internet, y una combinación de dirección IP de origen, dirección IP de destino, tipo de protocolo, señales TCP, tipo de mensaje de

protocolo de mensajes de control de Internet (ICMP), puerto de origen de TCP/protocolo de datagrama de usuario (UDP), y puerto de destino TCP/UDP e interface física.

La asignación de direcciones IP dinámicas permite a los operadores, a los ISP, ya la redes corporativas reutilizar direcciones IP desde un fondo común asignado a la PLMN o alguna otra red. También reduce de forma significativa el número total de direcciones IP requerido por PLMN.

Una dirección IP dinámica puede ser asignada por un GGSN o a través de él en la red visitada o por un GGSN en la red propia. La dirección IP dinámica puede ser proporcionada por el GGSN mismo o por un servidor RADIUS elegido por el GGSN.

El GGSN contiene un cliente RADIUS que suministra al servidor RADIUS externo información de autenticación procedente del abonado móvil. Por lo tanto, el servidor RADIUS puede devolver una dirección IP si la autenticación es correcta. La configuración puede especificar que el GGSN debe ponerse en contacto con un servidor RADIUS específico para cada nombre del punto de acceso (Access Point Name – APN), esto es, cada red corporativa o ISP. El servidor RADIUS puede estar situado o bien en el ISP o en otro sitio corporativo. El GGSN incluirá también un servidor DHCP.

En cambio, las direcciones estáticas no se recomiendan, principalmente debido a una escasez de direcciones IP (esta situación cambiará cuando se introduzca IPv6). La dirección IP estática es definida para el abono por el HLR como opción, se puede contactar con un servidor RADIUS con el fin de esta autenticación. Cuando la terminal está en estado de conectado, las direcciones IP del abonado se copian al GGSN. De acuerdo con esto, cuando envía una petición de activación de contexto de protocolo de datos en paquetes (Packet Data Protocol, PDP), la terminal:

- Proporciona una dirección IP que se comprueba con la información del abono.
- Permite a la GGSN asignar IP, siempre y cuando el abono contenga solamente una dirección IP.

A lo anterior, se puede mencionar una serie de ventajas que ofrece GPRS. Se establece una velocidad teórica de 172 kbit/s, esta velocidad se puede alcanzar utilizando las ocho ranuras de tiempo simultáneamente. Esto es aproximadamente tres veces más rápido que la transmisión de datos que se utiliza al usar la PSTN, y es 10 veces más rápido que los servicios de conmutación de circuitos utilizada anteriormente por GSM. Al llevarse a cabo la conmutación de paquetes, los recursos de radio de GPRS son utilizados únicamente cuando los usuarios están enviando o recibiendo datos. Este uso eficiente de los recursos significa que muchos usuarios de GPRS pueden potencialmente compartir el mismo ancho de banda y pueden ser enviados por una sola célula. El número de usuarios que soporta el sistema depende de la aplicación que se emplee y de la cantidad de datos que estén siendo transferidos.

Con esto, queda claro que GPRS es una pieza muy importante al sistema, ya que mejora mucho la eficiencia espectral, sin embargo, GPRS también tiene algunas limitaciones, como las que se mencionan en el siguiente párrafo.

GPRS cuenta con una limitada capacidad en la célula para todos los usuarios. Esto quiere decir, que existen recursos de radio limitados que tiene que asignarse a diferentes aplicaciones. Las llamadas de voz y las de GPRS utilizan los mismos recursos de radio. El impacto depende del número de ranuras de tiempo que se le reservan a GPRS.

Aunque se tiene una velocidad teórica, la velocidad es mucho más baja en la realidad, ya que alcanzar la máxima velocidad de transmisión implicaría que un solo usuario ocupara las ocho

ranuras de tiempo disponible, y sin protección de errores. Claramente, un operador de red no destinaria toda su capacidad a un solo usuario, por lo que la velocidad más baja (115 kbit/s) en realidad al utilizar únicamente entre uno y tres ranuras de tiempo.

EDGE

EDGE (Enhanced Data ratesfor GSM Evolution o “Tasas de Datos Mejoradas para la Evolución de GSM”), también conocida como EGPRS (Enhanced GPRS). Es una tecnología celular, que actúa como puente entre las redes 2G y 3G, y se le puede considerar una evolución del GPRS.

El objetivo de esta tecnología es la de ofrecer tasa de transmisión superiores, una mejor eficiencia espectral, y facilitar nuevas aplicaciones con una mayor capacidad para el usuario móvil. Con la introducción de EDGE en GSM fase 2+, servicios existentes como GPRS y HSCSD son mejorados al ofrecer una nueva capa física. EDGE es introducido dentro de las especificaciones y descripciones existentes en lugar de crear una nuevas.

EDGE es un método para aumentar las velocidades de datos sobre el enlace de radio de GSM. Mientras que GPRS permite tasas de transmisión superiores a 115 kbit/s en la capa física, con la implantación de EDGE el sistema es capaz de alcanzar tasa de 384 kbit/s y teóricamente de 473.6 kbit/s. En esencia, EDGE sólo introduce una nueva técnica de modulación y una nueva codificación de canal que puede usarse indistintamente para transmitir servicios de voz y de datos por conmutación de paquetes y de circuitos. Por lo tanto, EDGE es un agregado a GPRS y no puede trabajar por separado. Con estos se puede aumentar las aplicaciones disponibles hasta acceso a Internet inalámbricamente, correo electrónico y transferencia de archivos.

Arquitectura

La arquitectura de EDGE es muy similar que a la de GPRS, solamente con la introducción de algunos cambios. La unidad de control de paquetes se puede colocar en la radio base, en el controlador de la radio base, o en el nodo de soporte GPRS. La unidad central de control siempre se coloca en la radio base. El controlador del enlace de radio se tiene que extender a EDGE para evitar el colapso del protocolo de radio.

En la figura 3.27 se muestran los elementos afectados de la arquitectura de GPRS para poder soportar EDGE.

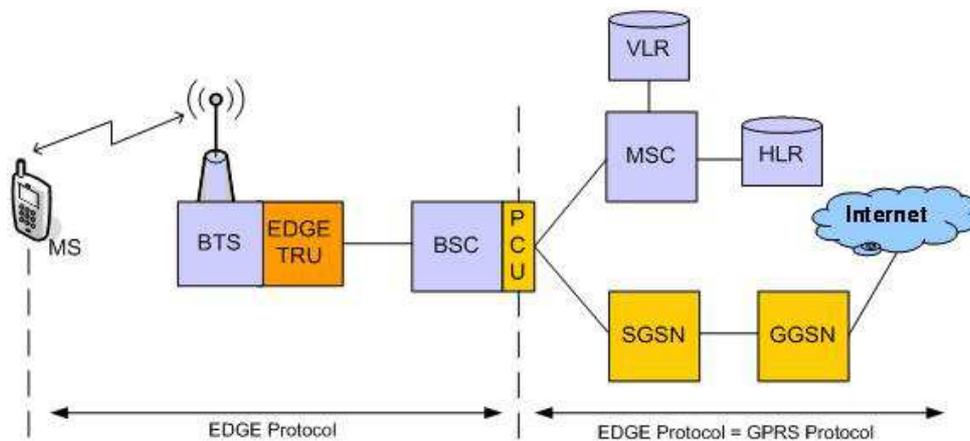


Figura 3.27 “Arquitectura EDGE”

El cambio de GPRS a EDGE simplemente consiste en una actualización de software en la radio base con su Controlador de la Radio Base y la adición de unos elementos que se llama EDGE TRU (Unidad de Transceptor) en el transceptor de la Radio Base.

GPRS y EDGE tienen diferentes protocolos y un comportamiento diferente en el lado de la radio base. Mientras que por el enfoque de la red central, GPRS y EDGE comparten los mismos protocolos de manejo de paquetes, y por lo tanto, se comportan de la misma manera. Con el empleo de EDGE, la misma ranura de tiempo puede soportar un número mayor de usuarios. Esto disminuye el número de recursos de radio que se requieren para soportar el mismo tráfico, lo cual libera capacidad del sistema para soportar más tráfico de aplicaciones de voz o el de datos. Al igual que GPRS, EDGE puede ser visto como un elemento que incrementa la capacidad del sistema cuando es necesario.

EDGE maneja los paquetes con la capacidad de retransmitir un paquete que no fue correctamente decodificado con un esquema de codificación más robusto. En caso de GPRS, si un paquete no era recibido correctamente se retransmitía pero con el mismo esquema de codificación, esto sin importar si las condiciones de radio cambiaran o permanecieran de la misma manera. Con EDGE, un algoritmo decide el nivel de confianza con la cual la adaptación del enlace debe trabajar. Esto trae como resultado la re – segmentación. Paquetes enviados con poca protección de errores pueden ser re – transmitidos con mayor protección contra errores, si es que el sistema lo requiere por las nuevas condiciones de radio.

Al introducir EDGE en los sistemas GSM/GPRS se tiene un impacto, que desde un inicio, la estandarización de EDGE está restringido a la capa física y a la introducción de un esquema de modulación nuevo. Los requisitos establecidos para la introducción de EDGE en sistemas GSM existentes son los siguientes:

- Unidades móviles EDGE y no EDGE deben ser capaces de compartir una ranura de tiempo.
- Transceptores EDGE y no EDGE pueden ser introducidos en el mismo espectro.

Una introducción parcial de EDGE deber ser posible. Para facilitar la implementación de nuevas terminales considerando las características asimétricas de la mayoría de los servicios disponibles actualmente, se decidió que dos clases de terminales deben ser soportadas por el estándar:

- Una terminal que provea modulación 8PSK únicamente en el enlace de bajada.
- Terminales capacitadas para la modulación 8PSK tanto en el enlace de bajada como en el enlace de subida.

Las mejoras en la interfaz de radio de GPRS con EDGE, GERAN provee mejoras para las clases de QoS definidos por U-TMS. Lo que permite toda una nueva gama de aplicaciones, incluyendo aplicaciones multimedia por IP.

EDGE y WCDMA son tecnologías complementarias que unidas cumplen con los requerimientos de un operador para proporcionar con cobertura de tercera generación, así como en capacidad de transmisión. EDGE está diseñado para incorporarse a la red GSM que evoluciona y no se tiene la necesidad de ser reemplazado, lo que hace a EDGE una tecnología de fácil implementación.

El desarrollo de los sistemas de conmutación de paquetes junto con la red GSM, se puede dar paso a la Tercera Generación en telefonía celular 3G.

3.2.2 3G (Tercera generación)

El concepto de sistema de Tercera Generación (3G) se inició en la UIT con el nombre de FPLMST (FuturePublicLand Mobile TelecommunicationSystem), que posteriormente cambió a IMT – 2000 (International Mobile Telecommunication 2000).

IMT – 2000 involucra la idea de la Tercera Generación que tuvo la UIT cuando definió sus requerimientos esenciales:

- Trabajar la frecuencia de 2000 Mhz.
- Capacidad de transferencia de 2000 kbits/s.

Lo anterior es referido a las especificaciones de radio en el año en que tuvieron que estar listas.

Originalmente IMT – 2000 fue una propuesta para tener una sola y verdadera especificación global de 3G, pero por razones técnicas y políticas esto no sucedió. Todo ello llevó a la existencia de diez propuestas para sistemas de tercera generación: dos Europeas, cuatro de EE.UU., dos de Corea, uno de Japón y un más de China.

Entonces, la IMT – 2000 no es realmente una especificación de interface de radio, sino, una familia de especificaciones que técnicamente no tienen mucho en común. De todos los sistemas compatibles con IMT – 2000, se deslumbró que sólo dos de ellos sobrevivirían al final, y así, sucedió. WCDMA o UTRAN, el más importante, y CDMA 2000 que tiene un mercado secundario.

La tercera generación se concibió para ser capaz de ofrecer una amplia gama de servicios. 3G provee acceso a los servicios de las redes fijas y otros servicios específicos de usuarios móviles. Entre las bondades que ofrece 3G se pueden mencionar:

- Velocidades de:
 - 144 kbits/s en movilidad.
 - 384 kbits/s en espacios abiertos.
 - 2 Mbits/s en baja velocidad.
- Conmutación de paquetes y de circuitos.
- Soporta el protocolo IP para acceso a Internet y otras aplicaciones.
- Servicios simultáneos y diferentes en una misma conexión.
- Calidad de voz como en las redes fijas.
- Servicios personalizados, de acuerdo al perfil del usuario.
- Coexistencia con los sistemas 2G.
- Roaming internacional, entre diferentes operadores y diferentes redes.
- Cobertura mundial.
- Alta eficiencia espectral y la coexistencia de FDD y TDD.

Estas ventajas llevaron al desarrollo tecnológico de varias propuestas, como se comentó al principio de este tema, sólo dos llegaron a su desarrollo y madurez WCDMA y CDMA 2000. Pero,

para nuestro estudio sólo trataremos a WCDMA como tecnología principal, ya que es la que más penetración a nivel mundial tiene.

UMTS - WCDMA

UMTS (Universal Mobile Telecommunications System o “Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles”), constituye la visión Europea del sistema 3G de la familia de estándares IMT – 2000. UMTS es la evolución lógica de los sistemas GSM para la tercera generación.

UMTS es un sistema de comunicación para la tercera generación de sistemas móviles, en donde las industrias de las telecomunicaciones, cómputo y multimedia convergen.

La red UMTS es un proveedor de múltiples servicios, una “*red de redes*” que proporciona servicios de telecomunicaciones y nuevos servicios en base a la Internet en la misma red capaz de soportar altas tasas de transmisión. Además, proporciona un creciente número de interconexiones entre una variedad de redes, conmutación de circuitos y paquetes, banda ancha y estrecha, voz y datos, fijas y móviles.

La arquitectura abierta de la red núcleo de UMTS asegura una suave migración de los sistemas existentes 2G a las tecnologías del mañana. UMTS se dará a notar por la introducción de la Red de Acceso de Radio WCDMA y un realce a la red núcleo de GSM. Para soportar altas velocidades de transmisión, la tecnología WCDMA se emplea y proporciona un amplio ancho de banda a un solo usuario comparado con los sistemas móviles de 2G. Esta amplitud en el ancho de banda posibilita altas velocidades en el acceso a Internet/Intranet y un número considerable de aplicaciones multimedia.

WCDMA

Elegido como la técnica de acceso al medio para UMTS. WCDMA tiene los principios de la tecnología CDMA (Code División Multiple Access o Acceso por División de Código Múltiple) que se emplea en algunos sistemas a través del cual suscriptores usan la misma frecuencia al mismo tiempo. Todos los usuarios emplean la misma frecuencia al mismo tiempo dentro de la misma celda, por lo tanto, existe la necesidad en cada usuario de encontrar la información que está destinada a éste.

En base a este principio WCDMA es un sistema DS – CDMA (Direct Sequence Code Division Multiple Access), donde la información de cada usuario es dispersa sobre un amplio ancho de banda al multiplicar los datos del suscriptor con bits cuasi – aleatorios llamados “*chips*” derivados de los códigos de dispersión de CDMA. Con el propósito de soportar alta tasa de bits (superior a los 2Mbps), el uso de factores de dispersión variables y conexiones multicódigo son soportadas.

La tasa de chips es de 3.84 Mcps sobre una portadora con un ancho de banda de 5 Mhz aproximadamente. El inherente ancho de banda de la portadora de WCDMA soporta altas tasas de transmisión y también tiene ciertos beneficios en el desempeño, tal como el incremento de la diversidad multi – trayectoria. Sujeto a su licencia de operación, el operador de la red puede implementar múltiples portadoras de 5 Mhz para incrementar la capacidad.

WCDMA tiene la capacidad de soportar tasas muy altas en transmisión de datos de forma variable, esto quiere decir, el concepto de ancho de banda sobre demanda (BoD, Bandwidth on Demand). La

tasa de datos del usuario se mantiene constante durante cada trama de 10 ms. Sin embargo, la capacidad de datos entre los usuarios puede cambiar de trama a trama. En la figura 3.28 se muestra esta característica. Esta rápida localización de la capacidad en la interfase de radio será controlada por la red para lograr un óptimo throughput para los servicios de datos.

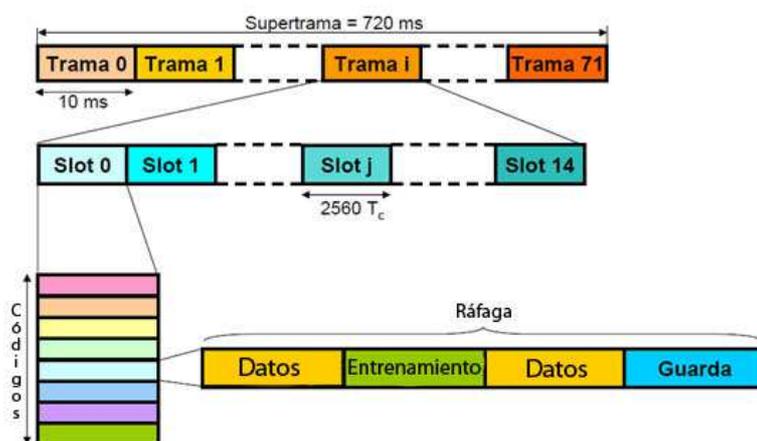


Figura 3.28 “Trama WCDMA”

Además de las anteriores características, WCDMA trabaja en dos modos básicos de operación: FDD y TDD. En modo FDD, existe una separación de las portadoras empleadas para subida y bajada respectivamente, mientras que en TDD sólo una portadora se comparte en tiempo entre subida y bajada.

La interfase de aire en WCDMA ha sido desarrollada en base a los conceptos de los receptores CDMA avanzado, tal como la detección de multiusuario y antenas adaptativas inteligentes, que se pueden introducir por parte del operador como un sistema opcional para el incremento de la capacidad y/o cobertura.

Una de los factores más trascendentales en WCDMA es que está diseñado para ser desplegado por parte de los operadores en conjunto con GSM. Por lo tanto, el “handover” entre GSM y WCDMA es soportado con el objeto de permitir una influencia de la cobertura GSM en el desenvolvimiento de WCDMA.

El uso de espectro disperso conlleva ventajas y desventajas en WCDMA. A continuación se mencionan algunas de ellas.

En resumen algunas de las ventajas son las siguientes:

- el ancho de banda de transmisión tiene la ventaja de ser menos sensible a la interferencia y a desvanecimiento (fading).
- La densidad de energía del espectro a pesar de tener un decremento considerable la transferencia de información es todavía posible aún por debajo del piso de ruido.
- La planeación de la red es fácilmente comparada a las redes que usan FDMA o TDMA en donde todas las frecuencias pueden ser usadas en todas las celdas (frecuencia de re- uso = 1).

- CDMA es muy eficiente con el espectro debido a la posibilidad de usar cada portadora en cada celda.
- No hay capacidad fija limitada (número de usuarios al mismo tiempo). El principal límite es el incremento en el nivel de interferencia de otros suscriptores, los cuales reducen la calidad de servicio.
-

Algunas de las desventajas asociadas a WCDMA son:

- los niveles de energía de todas las transmisiones de los móviles en el RBS deben ser iguales si la tasa de bits es igual y por tanto el control rápido de potencia es necesario.
- Como un MS (Mobile Subscriber o "Subscriber Móvil") en modo soft handover requiere los recursos de más de una celda, la capacidad del sistema se reduce.

Arquitectura UMTS

El sistema UMTS consiste de un número de elementos de red lógicos en la que cada uno tiene una funcionalidad definida. En los estándares, los elementos de red están definidos a nivel lógico, al igual, que una implementación física de forma similar. Los elementos pueden ser agrupados en base a su funcionalidad o a la subred que estos pertenecen.

Funcionalmente los elementos de red al igual que en GSM están agrupados en la Red de Acceso de Radio (RAN, Radio Access Network, UMTS Terrestrial RAN = UTRAN) que toma las funcionalidades relacionadas con el acceso de radio; y la red núcleo "Core", el cual se encarga de la conmutación y encaminamiento de las conexiones de llamadas y datos a las redes externas. Para completar el sistema, se encuentra el equipo de usuario o UE (User Equipment)

Desde el punto de vista de estandarización y especificación, tanto el UE y UTRAN consisten completamente de nuevos protocolos, el diseño está en base a las necesidades de la nueva tecnología de radio WCDMA. Caso contrario, la definición de la red del núcleo (CN) es adoptada de la red GSM. Esto proporciona al sistema una tecnología de radio nueva y una nueva base global ya conocida y probada en cuanto a la tecnología de la red del núcleo que acelera y facilita su introducción, permitiendo ventajas competitivas como "*global roaming*". A continuación se describe cada elemento.

En la figura 3.29 se muestra la arquitectura de UMTS. De acuerdo a la clasificación tomada para GSM, existen tres partes esenciales en la arquitectura de UMTS, y estas son: red núcleo, la red de acceso y el equipo móvil.

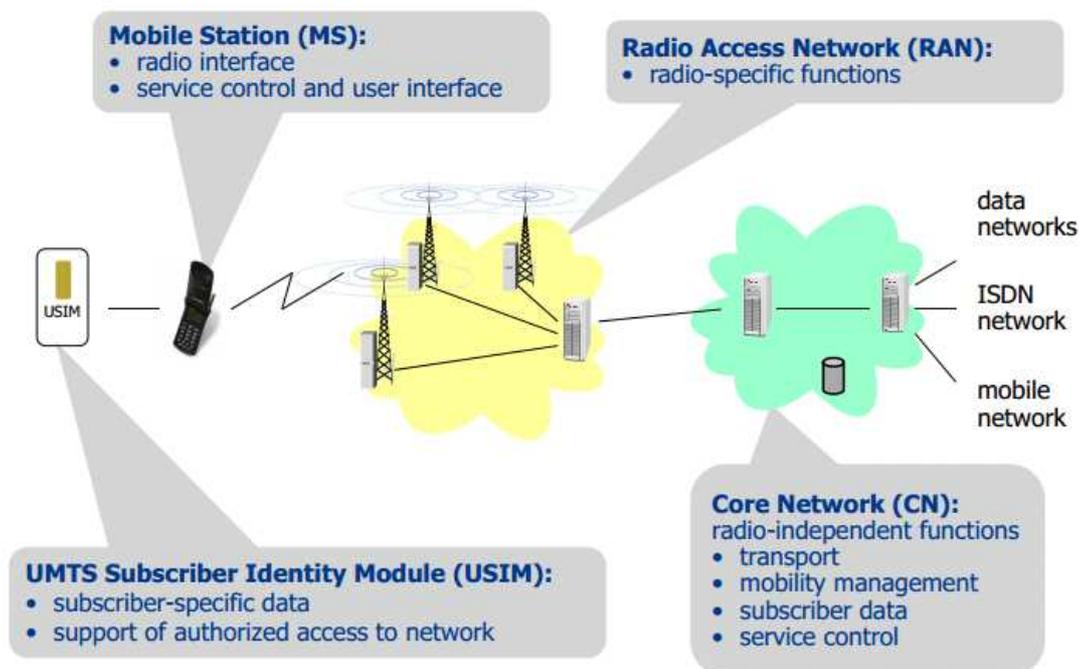


Figura 3.29 “Arquitectura UMTS”

En principio se menciona a la red núcleo que contiene dos dominios. El dominio de conmutación de circuitos CS por sus siglas en inglés (Circuit Switch) que transporta las llamadas de voz y enlaces dedicados. Tiene interfaces para sistemas de telefonía fija (PSTNs), y a redes de conmutación de circuitos que están controlados por otros operadores de red. El dominio de conmutación de paquetes transporta datos con el empleo de la tecnología adecuada para el tratamiento de éstos. Se comunica con los servidores de datos que están controlados por el mismo operador de red, con PDNs (Packet Data Networks o Redes de Paquetes de Datos) como Internet, y con dominios de conmutación de paquetes controlados por otros operadores. Los dos dominios fueron tomados de la red GSM/GPRS respectivamente, con sólo algunas modificaciones.

La parte más importante de la red de acceso de radio es UTRAN (UMTS Terrestrial Radio Access Network o Red de Acceso Terrestre), él cuál fue introducido como parte del Release 99. Sin embargo, el sistema continúa con el soporte a la red de acceso GSM, al igual que provee compatibilidad con otras redes. Esto es probablemente hará que otros tipos de redes de acceso, tal como el satelital, eventualmente sean introducidas.

El móvil UMTS es conocido como UE (UserEquipment o Equipo de Usuario). Este es un cambio en la terminología con respecto a GSM, donde era conocido como Estación Móvil (MS). La mayoría de los móviles UMTS son realmente dispositivos “*dual mode*”, ya que tiene la capacidad de soportar GSM y comunicarse usando tecnología 3G en regiones de cobertura UMTS, y regresar a 2G en regiones donde los servicios de 3G no estén disponibles.

La figura también muestra las interfaces entre las diferentes partes de la red. Muchas de ellas son sólo de referencia, pero vale la pena recordar los dos tipos de interfaces (Iu – CS y Iu – PS) que están ubicados entre la UTRAN y el núcleo de la red; además de la interfase Uu que se localiza entre la red de acceso y el equipo terminal o de usuario.

- Red Núcleo: en la figura 3.30 se muestra la arquitectura interna del Release 99 para el núcleo de la red; tanto para conmutación de circuitos como para la de paquetes. En la figura, aunque están sólo como referencia las líneas punteadas denotan la interfaces que se emplean tanto para control y señalización, mientras que las de color sólido denotan las interfaces que se emplean para tráfico de los usuarios.

De los componentes de la red núcleo solo unos pocos se encuentran en ambos dominios. De los más importantes de estos es el HLR (Home Location Register) o, que al igual como sucede en GSM es la base de datos central del operador de la red y contiene la información acerca de los suscriptores del operador al igual que sus identidades, localización y los servicios permitidos. El AuC, también empleado en GSM contiene la seguridad relacionada a la información de los suscriptores en referencia a la seguridad que la red emplea para confirmar la identidad y prevenir accesos no autorizados. El EIR (Equipment Identity Register o Equipo de Registro de Identidad) es un componente opcional, y es una base de datos que contiene la información de identidad del equipo móvil, el cuál ayuda a bloquear las llamadas de equipos de usuarios robados, no autorización o con defectos. Estos dos últimos equipos son implementados tanto en la configuración “stand – alone” o como un nodo combinado AuC/EIR.

El principal componente en la conmutación de circuitos es el MSC (Mobile services Switching Center), que de igual como ocurre en GSM, el MSC actúa como un conmutador de llamadas de voz y también maneja las comunicaciones de señalización con los móviles que están en su propia área. Un MSC puede estar designado como un Gateway MSC (GMSC o Puerta), que toma el papel como punto de entrada en la red a las llamadas de otras redes. Pueden existir un solo MSC o varios MSC dentro de la red del operador, dependiendo de las necesidades y cobertura de la red. Si se encuentra más de uno, los cuáles cubren un área geográfica particular conocida como área MSC.

El VLR (Visitor Location Register) se ocupa de una o más áreas geográficas conocidas como área de localización. Cada VLR contiene una copia local de la información del HLR acerca de los móviles en su área de localización, los cuál minimiza la señalización entre los dos. El MSC y el VLR están implementados como una sola pieza de hardware, entonces la interfase entre ellos realmente no existe como una entidad física.

Existen componentes en el dominio de la conmutación de paquetes entre ellos el SGSN (Serving GPRS Support Node) que combina funciones del MSC y del VLR al actuar como un encaminador para los datos transferidos desde y hacia la red del operador

- Red de Acceso al Radio: la red de acceso de radio es mostrado en la figura 3.30. La parte más importante es la UTRAN (UMTS Terrestrial Radio Access Network), el cual tiene dos componentes, el Nodo B y la RNC (Radio Network Controller). La interfase Iub conecta un nodo a una RNC, mientras la interfase Iur conecta a dos RNCs. Todas la interfaces en la figura transportan tanto tráfico y señalización.

El Nodo B es una estación base UMTS. Este controla una o más celdas (tres en la figura), y transmite y recibe señales para y desde los móviles que están en aquellas celdas; implementa la capa física de la interface del aire. El Nombre de “Nodo B” no es puesto

para cualquier cosa en particular, fue introducido como un nombre temporal, pero este nombre se quedó.

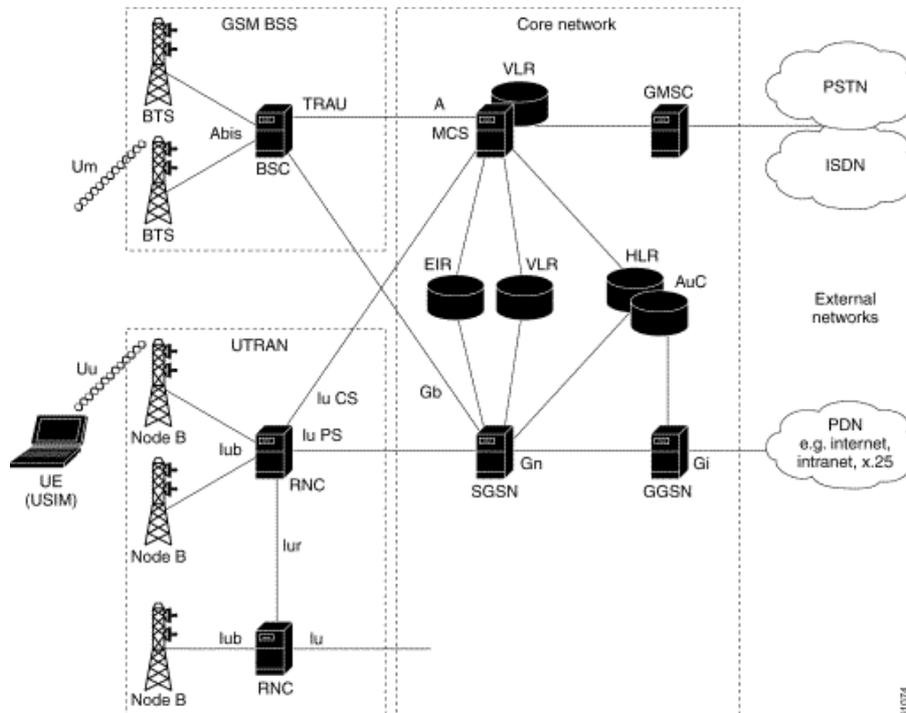


Figura 3.30 “Arquitectura UMTS”

La Controladora de la Red de Radio es un componente intermedio entre el Nodo B y el núcleo de la red. La RNC tiene tres principales funciones, y una RNC individual puede tomar tres diferentes nombres dependiendo de cuál es la función que está desempeñando. Primero, cada Nodo B está controlado por una RNC particular, el cuál es conocido como su RNC Controladora (CRNC). Una RNC controladora distribuye el tráfico de descenso hacia los Nodos B que está controlando, recolecta el tráfico entre ellos para el ascenso, e intercambia mensajes de señalización entre ellos. Segundo, cada móvil está controlado por una RNC particular, el cuál es conocido como su RNC Servidora (SRNC). Una RNC Servidora intercambia mensajes de señalización con los móviles que este sirve, y actúa como el único punto de contacto con el núcleo de la red. También implementa las comunicaciones de capa 2 entre el móvil y la red, por ejemplo el manejo de cualquier retransmisión que es requerida sobre la interfase de aire.

En algunas situaciones, una RNC servidora puede no realmente controlar al Nodo B en la que un móvil se está comunicando. Esta situación es tratada por la tercera función introducida, figura 3.31, que es la RNC Flotante (DRNC o RNC drift). Una RNC flotante usa la interfase Iur para transportar tráfico de un móvil específico y mensajes de señalización entre el Nodo B y la RNC servidora.

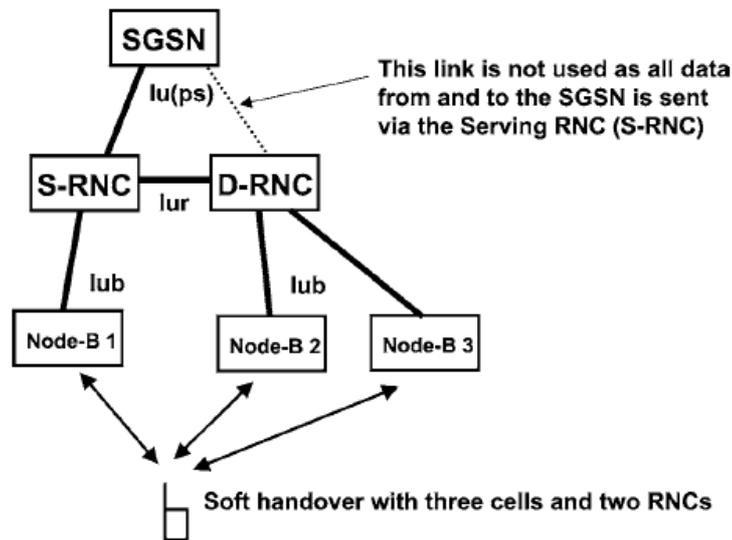


Figura 3.31 "RNC Flotante"

En otras situaciones, un móvil puede comunicarse con más de una celda al mismo tiempo. Este estado es conocido como "soft handover", y es ilustrado en la figura 3.31 y como se muestra en la figura, las celdas pueden ser controladas por el mismo Nodo B, o por diferentes Nodos B, o incluso por diferentes RNC. Si más de una RNC está involucrada, entonces una actúa como la RNC servidora, y las otras como RNC flotantes. Las celdas usadas en soft handover son colectivamente conocidas como "active set".

El sistema también soporta la red de acceso de radio GSM, también conocido como BSS (Base Station Subsystem o Subsistema de Estaciones Base). El principal componente en la BSS como se vio en el tema de 2G, son las BTS (Base Transceiver Station o Estación T Base) y la BSC (Base Station Controller o Controladora de Estación Base). Estos son aproximadamente análogos al Nodo B y a la RNC, pero la división de funciones entre ellos es muy diferente, y en el Release 99 las BSCs no tiene equivalente de la interfase lur.

- Equipo de usuario: La figura 3. 32 muestra la arquitectura del equipo de usuario (UE). Existen dos principales componentes, el equipo móvil (ME) y la tarjeta UICC (Universal Integrated Circuit Card o Tarjeta Universal de Circuito Integrado). El ME es el teléfono móvil por sí mismo, mientras que el UICC es una tarjeta inteligente que se conecta dentro del teléfono móvil.

En un simple teléfono celular, el ME es usualmente un solo dispositivo, pero en terminales de datos, sus funciones son a menudo divididas en dos: la terminal móvil (MT, Mobile Termination) que maneja todas las funciones de comunicación 3G, mientras que el equipo terminal (TE, Terminal Equipment) es el punto donde la ráfaga de datos empieza y termina. El MT podría ser una tarjeta UMTS conectable para laptop, por ejemplo, mientras que el TE puede ser la misma laptop.

La UICC involucra desde el módulo de identidad del suscriptor (SIM), el cual fue primeramente introducido en GSM. La terminología ha cambiado debido a que UMTS hace

una clara distinción entre el hardware y software: la UICC es una tarjeta inteligente que pertenece al hardware, mientras que el USIM (Universal Subscriber Identity Module o Módulo de Identidad de Abonado Universal) es un protocolo de software que corren dentro de ella. La UICC guarda los datos que están asociados con el suscriptor y el operador de la red. Sin embargo, la UICC no sólo guarda datos. También lleva acabo cálculos que están relacionados con los procedimientos de seguridad de la Red.

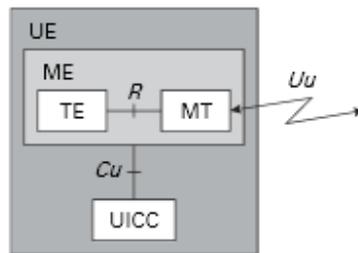


Figura 3.32 “Arquitectura interna del móvil”

Lo anterior es visión general de la tecnología de tercera generación. En los siguientes temas se abordará lo relacionado con la evolución de esta red a redes de mayor capacidad de transferencia de datos con un completo dominio de la conmutación de paquetes como lo es LTE.

3.2.2.2 HSDPA

HSDPA (High-Speed Downlink Packet Access o “Acceso de alta velocidad de paquetes en enlace descendente”) se estandarizó como parte de 3GPP en el Release 5 en marzo de 2002. HSDPA y HSUPA (High-Speed Upwlink Packet Access o “Acceso de alta velocidad de paquetes en enlace ascendente”) juntos se llaman “acceso de paquetes a alta velocidad” (HSPA).

Capacidad HSPA

Los principales parámetros que definen el rendimiento de las aplicaciones incluyen la velocidad de datos y la latencia de la red. Ejemplos de las aplicaciones con bajas tasas de bits, pero con poca latencia, como voz sobre IP (VoIP) y juegos de acción en tiempo real. Por otro lado, el tiempo de descarga de un archivo de gran tamaño se define sólo por la velocidad de datos máxima, y la latencia no juega ningún papel. GPRS Release 99 proporciona típicamente 30 a 40 kbps con una latencia de 600 ms. EGPRS Release 4 empuja las tasas de bits 3-4 veces mayor y también reduce la latencia por debajo de 300 ms. La velocidad de datos EGPRS y la latencia permiten rendimiento de las aplicaciones sin problema.

WCDMA permite velocidades de datos máximas de 384 kbps con una latencia 100-200 ms, lo que hace que el acceso a Internet cerca de la línea de abonado digital (DSL) proporcione un buen rendimiento para la mayor parte de aplicaciones bajo el protocolo IP.

HSPA eleva las tasas de datos hasta 1-2Mbps, en la práctica, e incluso más allá de 3 Mbps en buenas condiciones. HSPA también reduce la latencia de red por debajo de 100 ms, El rendimiento final experimentado es similar a las conexiones DSL de línea fija. Muy poco esfuerzo es necesario para adaptar las aplicaciones de Internet para el entorno móvil. Esencialmente, HSPA es un acceso de banda ancha con movilidad transparente y amplia cobertura. La evolución en capacidad de radio desde GPRS hasta HSPA se ilustra en la Figura 3.33.

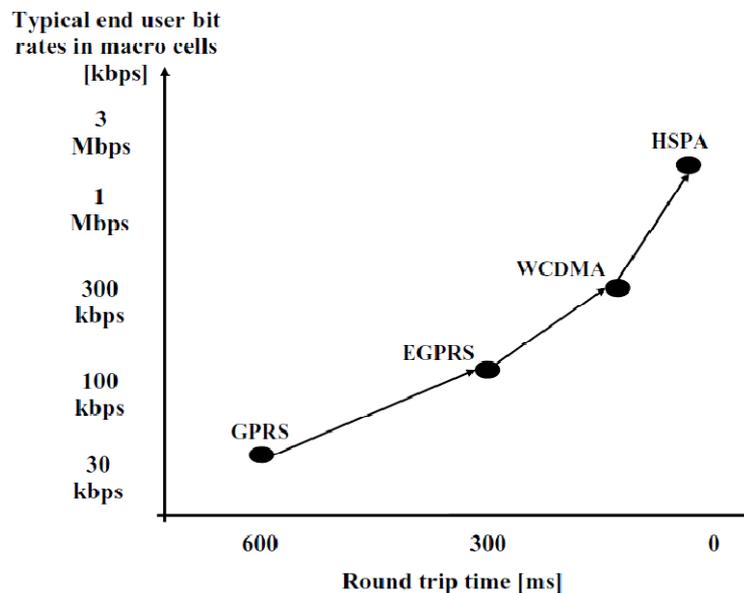


Figura 3.33 “Evolución de la capacidad de acceso”

Fuente: HSDPA/HSUPA for UMTS

Mayor capacidad e la celda y mayor eficiencia espectral proporcionan mayores velocidades de datos y nuevos servicios con las estaciones bases actuales. Figura 3.34 ilustra la capacidad estimada de células por sector por cada 5MHz con WCDMA, con base HSPA y con la mejora de HSPA en el entorno de una macrocélula. HSPA básico incluye un receptor Rake de una sola antena en los terminales y dos antenas con diversidad en las estaciones base.

HSPA puede proporcionar un beneficio sustancial de la capacidad. HSDPA básico ofrece hasta tres veces la capacidad del enlace descendente WCDMA, HSDPA mejora hasta seis veces WCDMA. La mayor eficiencia espectral de HSDPA es cerca de 1 bit/s/Hz/célula. La mejora de la capacidad de enlace ascendente con HSUPA se estima entre 30% y 70%.

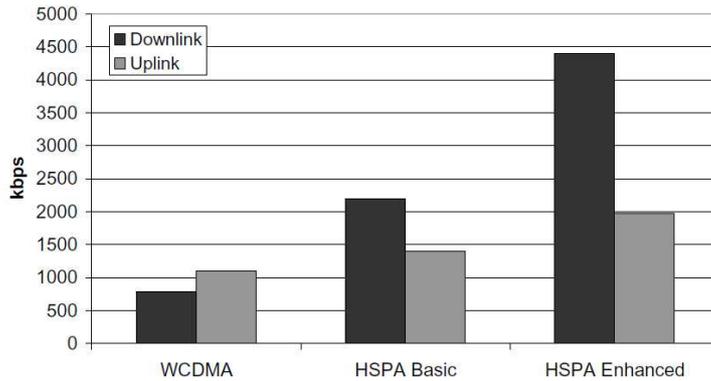


Figura 3.34 “Capacidad de la celda (5 MHz por sector)”
 Fuente: HSDPA/HSUPA for UMTS

Arquitectura

Como el scheduling ha sido movido a la BTS, ahora hay un cambio global en la arquitectura de RRM (Radio Resource Management o “Gestión de recursos de radio”). La SRNC mantendrá el control de los handovers y es la que decidirá el mapeo adecuado para la calidad de servicio (QoS). Con HSDPA la situación se simplifica en el sentido de que, como no hay handovers suaves para los datos de HSDPA, entonces no hay necesidad de enviar los datos de usuario sobre las interfaces lub y lur, a pesar de que HSDPA está soportado sobre lur en las especificaciones la utilización de la lur puede evitarse por completo mediante la reubicación de la SRNC cuando el canal HS-DSCH está bajo control de una RNC distinta. Con la versión 99 esto no se puede evitar en los límites de la frontera cuando un soft-handover sucede entre dos estaciones base de distintas RNCs. El típico escenario podría presentarse con sólo mostrar una única RNC. Note que el canal DCH asociado podría permanecer en el soft-handover cuando siempre hay una sola celda servidora en uso.

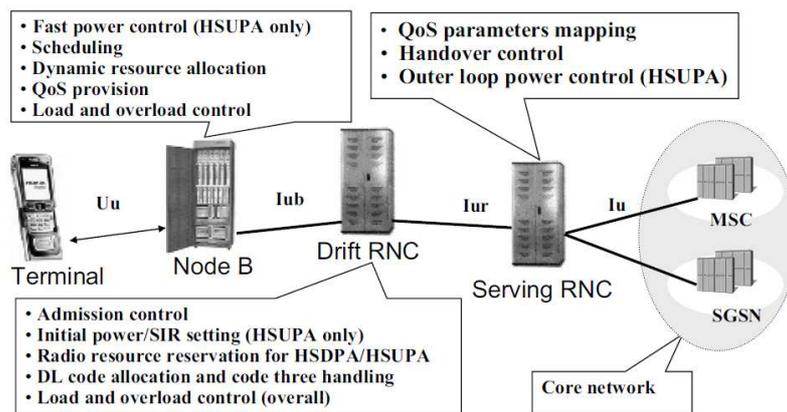


Figura 3.35 “Arquitectura HSDPA”
 Fuente: HSDPA/HSUPA for UMTS

3.2.3 LTE y LTE-Advance (Cuarta generación)

Las especificaciones para LTE emanan del 3GPP, en los cuales se asocia al sistema LTE/SAE a partir del Release 8 en adelante. Dichas especificaciones contemplaban en un inicio (2004) mejoras significativas a UTRAN dichas mejoras fueron:

- Velocidades de transmisión de pico de 100 Mbps en downlink y 50 Mbps en uplink.
- Mejora la eficiencia espectral en un factor 2-4 con respecto al Release 6:
- Latencia del plano de usuario en la red de acceso inferior a 10ms.
- Ancho de banda escalable: 1.4, 3, 5, 10, 15, 20 MHz
- Interoperabilidad con sistemas 3G (IRAT-SCFALLBACK):
- Esquema de acceso OFDMA en downlink
- Esquema de acceso SC-FDMA en el uplink
- Soporte del packet scheduling en el dominio de tiempo y frecuencia. (se explico en HSDPA)
- Simplificaciones MAC y en el modelo de estados RRC, así como reducción del número de canales de transporte (no hay canales dedicados).

En el contexto de la ITU, E-UTRA y UTRA son el equivalente europeo de la familia IMT-2000.

LTE se concibe como el inicio para una transición suave hacia la tecnología 4G, en otras palabras LTE- Advance (IMT-Advance para Europa) es la evolución de LTE.

LTE-Advance surge en la Release 10 y sus principales características son:

- Velocidades de pico de 1Gbps en downlink y 500Mbps en uplink.

Para poder satisfacer los requerimientos establecidos (por ejemplo, soporte de velocidades de pico de hasta 1 Gbps en downlink y 500 Mbps en uplink), son necesarias una serie de mejoras técnicas con respecto a LTE (Release 8). Algunas de las principales componentes técnicas de LTE-Advanced son:

- Agregación de banda hasta 100 MHz, por ejemplo a partir de agregar múltiples componentes de 20 MHz para poder alcanzar un ancho de banda de 100 MHz y así proporcionar las velocidades de transmisión más elevadas previstas en los requerimientos.
- Extensión de soluciones multi-antena, con hasta 8 niveles en el downlink y 4 niveles en el uplink, para así incrementar las velocidades de transmisión alcanzables sobre el enlace.
- Coordinated multipoint transmission and reception (CoMP), que permite mejorar las prestaciones observables en el extremo de la célula a través de efectuar la transmisión/recepción desde distintas células. CoMP es un término relativamente general, que incluye diferentes tipos de coordinación (packet scheduling, beam-forming, etc.) entre transceptores separados geográficamente.
- Repetidores, como mecanismo para mejorar la cobertura y reducir el costo de despliegue.

Arquitectura del sistema LTE

El termino LTE se acuñó inicialmente en 3GPP para denominar una línea de trabajo interna cuyo objeto de estudio era la evolución de la red de acceso de UMTS, denominada como UTRAN.

Formalmente, la nueva red de acceso recibe el nombre de E-UTRAN (Evolved UTRAN) aunque muchas veces se utiliza también el término LTE en las especificaciones como sinónimo de E-UTRAN. Asimismo, en lo concerniente a la red troncal, 3GPP utilizó el término SAE (System Architecture Evolution o “Arquitectura de sistema evolucionado”) para referirse a las actividades de estudio relacionadas con la especificación de una red troncal evolucionada de conmutación de paquetes. Formalmente, dicha red troncal se denomina EPC (Evolved Packet Core o “Núcleo de paquetes evolucionado”) o también Evolved 3GPP Packet Switched Domain, y de la misma forma que pasa con la red de acceso, es común encontrar el término de SAE como sinónimo de EPC. La combinación de la red de acceso E-UTRAN y la red troncal EPC es lo que constituye la nueva red UMTS evolucionada y recibe el nombre formal de EPS (Evolved Packet System o “Sistema de Paquetes Evolucionado”).

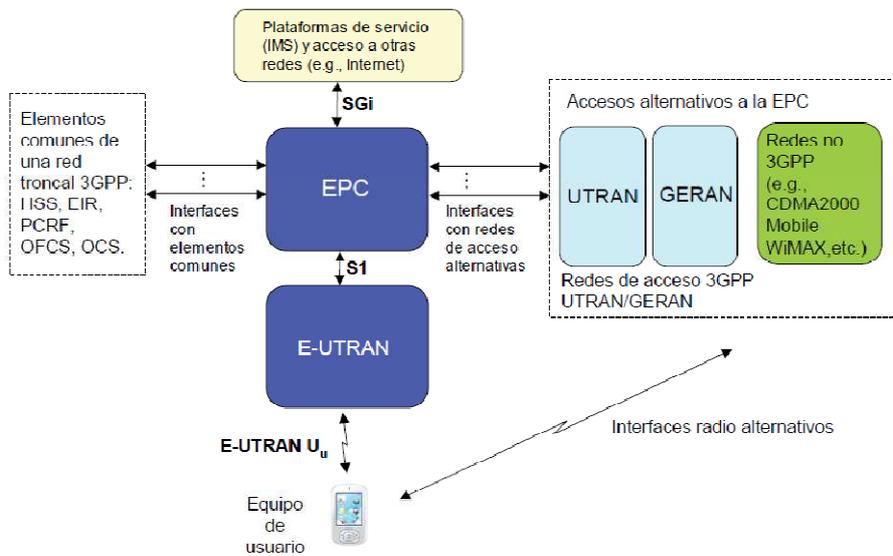


Figura 3.36 Arquitectura EPS'

Fuente: LTE y nuevas tendencias en comunicaciones móviles

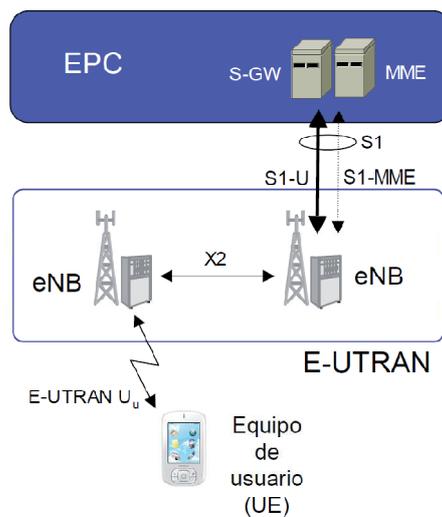


Figura 3.37 “Red de acceso E-UTRAN”

Fuente: LTE y nuevas tendencias en comunicaciones móviles

evolved NodeB

El *eNB* (*evolved NodeB* o “*Nodo B evolucionado*”) constituye la estación base de E-UTRAN. Así pues, la estación base E-UTRAN integra toda la funcionalidad de la red de acceso, a diferencia de las redes de acceso de GSM y UMTS compuestas por estaciones base (BTS, *NodoB*) y equipos controladores (BSC y RNC).

El *eNB* alberga funciones de control de admisión de los servicios portadores radio, control de movilidad (p.ej, decisión de realizar un *handover*), asignación dinámica de los recursos radio tanto en el enlace ascendente como descendente (denominadas funciones de *scheduling*), control de interferencias entre estaciones base, control de la realización y del envío de medidas desde los equipos de usuario que puedan ser útiles en la gestión de recursos, etc.

Un *eNB* puede gestionar una o varias celdas. Un caso típico es el uso de sectorización de forma que, el *eNB* ubicado en un emplazamiento soporta tantas celdas como sectores.

Las principales funciones de la entidad *eNB* son las siguientes:

- Gestiona recursos de radio.
- Alberga funciones de Control de admisión de los servicios portadores radio.
- Control de movilidad (tiene la decisión de realizar un *handover*).
- Asignación dinámica de los recursos radio tanto en el enlace ascendente como descendente (denominadas funciones de *scheduling*).
- Control de interferencias DL-UP y entre estaciones base (*scrambling*, ICIC, diversidad de transmisión).
- Posibilidad de interactuar con múltiples MMEs (balancear la carga de señalización y aumentar la robustez del sistema frente a puntos de fallo críticos)

MME

El MME (*Mobility Management Entity* o “*Entidad de Administración de Movilidad*”) constituye el elemento principal del plano de control de la red LTE para gestionar el acceso de los terminales a través de E-UTRAN. Todo terminal que se encuentre registrado en la red LTE y sea accesible a través de E-UTRAN, tiene una entidad MME asignada.

La elección de la entidad MME se realiza en el proceso de registro y depende de aspectos tales como la ubicación geográfica del terminal en la red (cada MME sirve a un conjunto determinado de *eNBs*) así como a criterios de balanceo de cargas. Dicha entidad mantiene un contexto de datos del usuario (e.g., identificadores del usuario, conexiones y servicios portadores EPS activos, claves de seguridad, datos de localización del usuario en la red, etc.) y articula todas las gestiones que se realicen en relación a dicho usuario (e.g., establecimiento de servicios portadores EPS, etc.). La entidad MME asignada a un usuario puede ir cambiando atendiendo a la movilidad de dicho usuario dentro de la zona de servicio de la red.

Las principales funciones de la entidad MME son las siguientes:

- Autenticación y autorización del acceso de los usuarios a través de E-UTRAN. A partir de los datos de usuario obtenidos desde el HSS, El MME se encarga de llevar a cabo el control de acceso a la red mediante la identificación, autenticación y autorización de los usuarios que se conectan a través de E-UTRAN.

- Es la encargada de articular la señalización necesaria para establecer, mantener, modificar y liberar los servicios portadores EPS sobre los cuales se sustenta el envío de paquetes IP entre los equipos de usuario y la red externa.
- Gestión de movilidad de los usuarios en modo idle (i.e. terminales que no tienen ninguna conexión de control establecida con E-UTRAN). La entidad MME es la encargada de hacer un seguimiento de la localización de los usuarios dentro del área de servicio de la red.
- Terminación de los protocolos de señalización NAS (Non Access Stratum). Los protocolos NAS fluyen entre el equipo de usuario y la entidad MME que tenga asignada. A través de ellos se soportan los procedimientos relacionados con las funciones de control de acceso a la red LTE, la gestión de las conexiones a redes externas y el establecimiento de servicios portadores EPS, y la gestión de movilidad de los terminales que se encuentran en modo idle.

Interfaces LTE

La interfaz Uu, permite la transferencia de información por el canal radio entre el eNB y los equipos de usuario. Todas las funciones y protocolos necesarios para realizar el envío de datos y controlar la operativa de la interfaz Uu se implementan en el eNB.

La interfaz S1 conecta el eNB al EPC. Dicha interfaz está desdoblada en realidad en dos interfaces diferentes: S1-MME para sustentar el plano de control y S1-U como soporte del plano de usuario.

La interfaz X2 puede conectar entre sí a los eNBs. A través de esta interfaz, los eNB se intercambian tanto mensajes de señalización destinados a permitir una gestión más eficiente del uso de los recursos radio (información para reducir interferencias entre eNBs) así como tráfico de los usuarios del sistema cuando estos se desplazan de un eNB a otro durante un proceso de handover.

La interfaz SGi se realiza la interconexión de la pasarela P-GW de la red LTE con redes externas IP, la red externa puede ser tanto una red pública como cualquier otra red privada. La interfaz SGi soporta la interconexión tanto a redes IPv4 como IPv6.

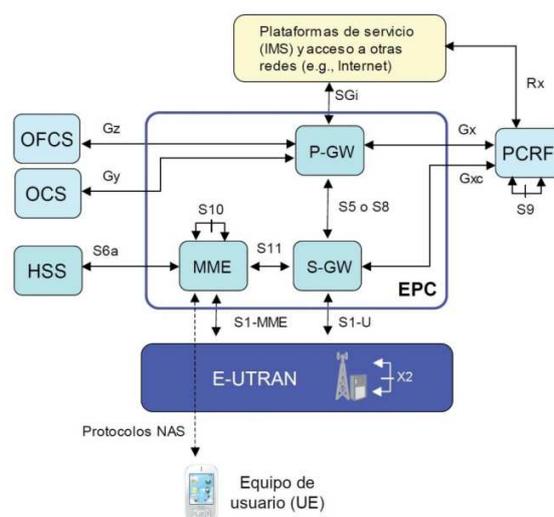


Figura 3.38 “Interfaces EPS”

Fuente: LTE y nuevas tendencias en comunicaciones móviles

La interfaz S6a permite la transferencia de información entre la base de datos HSS y la entidad del plano de control MME de la red troncal EPC. A través de ella se gestiona el mantenimiento de información de la localización, la autorización de acceso a la red LTE, la autenticación de los usuarios.

Entidades de red EPC	Denominación	Descripción
	MME	Nodo que canaliza el plano de control de la red LTE
	S-GW	Punto de anclaje del plano de usuario en la red troncal
	P-GW	Pasarela para la interconexión con redes externas
Entidades comunes a las redes 3GPP	Denominación	Descripción
	HSS	Base de datos global del sistema (contiene, entre otros, los datos de suscripción de los usuarios).
	PCRF	Elemento central del sistema de control de uso de la red (policy control) y control de tarificación
	OCS	Nodo de control para la provisión de servicios que requieren tarificación on-line
	OFCS	Nodo de recogida de la información de tarificación para su posterior transferencia al sistema de facturación.
Interfaces	Denominación	Entidades de red asociadas
	S1-MME	MME E-UTRAN (eNB)
	S1-U	S-GW E-UTRAN (eNB)
	SGi	P-GW Redes externas
	S6a	MME HSS
	S5/S8	P-GW S-GW
	S11	MME S-GW
	S10	MME MME
	Señalización NAS	UE MME
	Rx	PCRF Plataformas servicios
	S9	PCRF PCRF
	Gx/Gxc	P-GW/S-GW PCRF
	Gz/Gy	P-GW OFCS/OCS

Figura 3.39 “Entidades de red e interfaces de EPC para el acceso desde E-UTRAN”

Fuente: LTE y nuevas tendencias en comunicaciones móviles

Técnicas de acceso

OFDMA como técnica de acceso múltiple para el enlace descendente

La técnica de acceso múltiple OFDMA (Ortogonal Frequency Division Multiple Access), utilizada en el enlace descendente de LTE, surge de forma natural a partir de la modulación OFDM presentada anteriormente al considerar la posibilidad de que los diferentes símbolos modulados sobre las subportadoras pertenezcan a usuarios distintos. De esta forma, es posible acomodar varias transmisiones simultáneas correspondientes a diferentes flujos de información al viajar en subportadoras diferentes, tal y como se ilustra en el esquema de transmisión de la Figura 4.14. Obsérvese que en dicha figura existen U flujos de información correspondientes a diferentes usuarios, siendo N_k el número de símbolos enviado para el usuario k -ésimo, y donde $d_{i,k}$ representa el i -ésimo símbolo del k -ésimo usuario. Análogamente, en el receptor de cada usuario bastará con recuperar el contenido de las subportadoras asignadas a dicho usuario para separar la información destinada a este usuario de la del resto (obsérvese que será preciso disponer de los mecanismos de señalización adecuados para notificar a cada usuario a través de qué subportadoras se le está enviando la información).

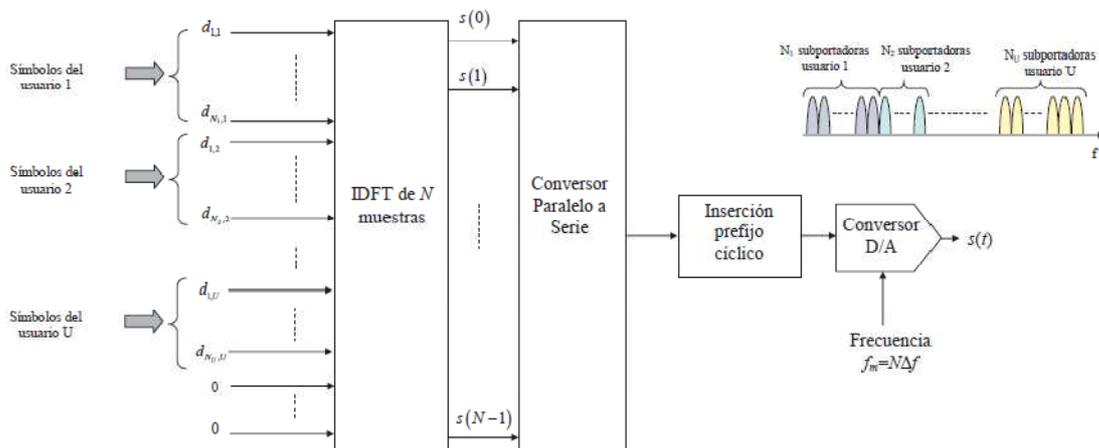


Figura 3.40 “Multiplicación de usuarios en OFDMA”

Fuente: LTE y nuevas tendencias en comunicaciones móviles

Es importante remarcar el hecho de que, si bien en la Figura 4.14 se ilustra el caso de que cada usuario utiliza un conjunto de subportadoras contiguas, esto no tendría por qué ser así, sino que también se podrían distribuir los símbolos de un usuario sobre subportadoras no contiguas.

Algunas ventajas de utilizar OFDMA con respecto de tecnologías anteriores son:

- **Diversidad multiusuario:** Mediante OFDMA la asignación de subportadoras a usuarios se lleva a cabo dinámicamente, pudiéndose cambiar en períodos cortos de tiempo dicha asignación a través de estrategias de scheduling.
- **Diversidad frecuencial:** Tal y como se ha comentado, es posible asignar a un mismo usuario subportadoras no contiguas, suficientemente separadas como para que el estado del canal en las mismas sea independiente, lo que proporciona diversidad frecuencial en la transmisión de dicho usuario ante canales selectivos en frecuencia.
- **Robustez frente a la propagación multitrayectoria:** Gracias a la aplicación del prefijo cíclico, la técnica OFDMA es muy robusta frente a la interferencia intersimbólica resultante de la

propagación multitrayectoria y se puede combatir la distorsión mediante técnicas de ecualización en el dominio de la frecuencia, que resultan más eficientes y menos complejas que las técnicas de ecualización clásicas en el dominio temporal, particularmente cuando se tiene que efectuar una transmisión de banda ancha y en consecuencia se está ante canales muy dispersivos. Esto es particularmente relevante cuando se pretenden emplear bandas de transmisión superiores a 5 MHz, como ocurre con LTE, en que se pretende llegar hasta los 20 MHz.

- Flexibilidad en la banda asignada: La técnica OFDMA proporciona una forma sencilla de acomodar diferentes velocidades de transmisión a los diferentes usuarios en función de los requerimientos de servicio de cada uno, simplemente a base de la asignación de más o menos subportadoras por usuario. Nótese que esto puede llevarse a cabo sin ninguna modificación en el proceso de modulación, solamente cambiando los valores de entrada sobre los que se efectúa la IDFT.
- Elevado grado de utilización de la banda asignada: Gracias al empleo de la transmisión OFDM la transmisión multiportadora se consigue con un espaciado mínimo entre las diferentes subportadoras utilizadas, existiendo de hecho una cierta superposición en el espectro ocupado por éstas (ver Figura 4.1) sin que ello afecte a la recuperación de la señal transmitida. Por el contrario, otras técnicas de transmisión diferentes de OFDM requerirían una cierta banda de guarda entre los diferentes canales, lo que reduciría el grado de utilización de la banda asignada y en consecuencia la eficiencia espectral.
- Sencillez de implementación en el dominio digital: Esto es así gracias a la posibilidad de emplear chips que efectúan los procesos de FFT/IFFT de forma rápida.

Scheduling de paquetes

Como se ha comentado, mediante OFDMA es muy sencillo efectuar una asignación dinámica de las subportadoras disponibles a los diferentes usuarios simplemente modificando los símbolos que se inyectan a cada una de las entradas del proceso de IDFT en transmisión. Esto permite que, en periodos muy cortos de tiempo, típicamente compuestos por un pequeño número de periodos de símbolo (e.g., 6 ó 7 periodos en el caso de LTE), se puedan modificar las subportadoras empleadas por cada usuario, lo que proporciona la flexibilidad necesaria para poder acomodar flujos de información con diferentes requerimientos de QoS.

En este contexto, el mecanismo de scheduling de paquetes es el responsable de determinar, en cada momento cuales de las subportadoras se asignan a cada uno de los diferentes usuarios, o incluso a los diferentes flujos de información que pudieran existir de un mismo usuario, correspondientes a diferentes servicios. El proceso se ilustra gráficamente en la Figura 3.41. Como puede apreciarse, por un lado existen datos asociados a cuatro usuarios diferentes, cada uno representado mediante un color, y por el otro el conjunto de recursos se puede contemplar como una rejilla en los ejes frecuencial y temporal, de modo que en frecuencia existe un conjunto de subportadoras separadas Δf , cada una de las cuales se puede asignar durante un período temporal T . El scheduling de paquetes es responsable de asociar las parejas subportadora/período de tiempo a cada uno de los usuarios.

Para llevar a cabo la decisión de la asignación, en general el algoritmo de scheduling tendrá en cuenta información sobre lo siguiente:

- Requisitos de QoS para los diferentes usuarios, en tanto que servicios que requieran de enviar más información deberán disponer de más subportadoras asignadas durante más tiempo.

- Información sobre el estado del canal para cada usuario en las diferentes subportadoras, de modo que se pueda evitar la asignación a un usuario de una subportadora en la que se sabe que el canal presenta una elevada atenuación o interferencia. Notar que para disponer de esta información, que se puede obtener de medidas efectuadas en el receptor del terminal móvil, será preciso disponer de la señalización apropiada en el enlace ascendente que permita enviar esta información desde el móvil hasta el nodo de la red en el que se ejecute el scheduling (y que en LTE será el eNB).

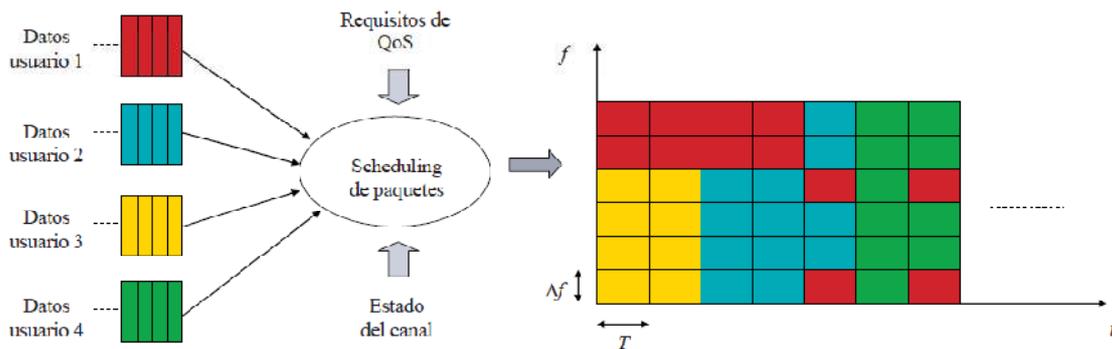


Figura 3.41 “Ilustración del scheduling de paquetes en OFDMA”

Fuente: LTE y nuevas tendencias en comunicaciones móviles

SC-FDMA como técnica de acceso múltiple para el enlace ascendente

Conseguir una eficiencia elevada es algo crítico para los amplificadores de los terminales móviles, en tanto que esto permite reducir tanto el consumo de potencia del terminal (y consecuentemente incrementar la duración de las baterías) como su costo. Si bien existen algunos métodos que permiten reducir el PAPR de la señal OFDMA (por ejemplo mediante la reserva de algunas subportadoras no utilizadas, o bien mediante técnicas de prefiltrado o precodificación de los símbolos antes de modularlos según OFDM), estos métodos también acostumbran a comportar un incremento significativo en la complejidad computacional o una reducción en las prestaciones obtenidas [2]. Por este motivo, en el sistema LTE, la técnica de acceso múltiple OFDMA se emplea únicamente en el enlace descendente, en tanto que en la estación de base no son tan críticos ni la eficiencia ni el costo de los amplificadores. Por el contrario, en el enlace ascendente, se ha optado por utilizar una técnica de acceso de portadora única (single carrier), la denominada SC-FDMA (Single Carrier Frequency Division Multiple Access).

El mecanismo de multiplexación de transmisiones de diferentes usuarios según SC-FDMA para el enlace ascendente se ilustra gráficamente en la Figura 4.26, en la que se aprecian las transmisiones de dos usuarios diferentes. Obsérvese como, manteniendo los mismos parámetros a nivel de número de muestras de la IDFT, N , frecuencia de muestreo y separación entre subportadoras Δf , las transmisiones de los dos usuarios vienen ubicadas en diferentes entradas de la IDFT, de modo que en las posiciones de entrada en las que se ubica la transmisión del usuario 2 el usuario 1 inyectará ceros (y a la inversa, el usuario 2 inyectará ceros en las posiciones de entrada en las que se encuentra la señal del usuario 1). Como resultado se tienen dos transmisiones que ocupan bandas frecuenciales diferentes. Obsérvese también como el diferente ancho de banda asignado a los dos usuarios se consigue mediante DFTs de diferente tamaño, una de K_1 muestras para el usuario 1, resultando en una banda de valor $K_1\Delta f$, y otra de K_2 para el usuario 2, resultando en una banda de $K_2\Delta f$.

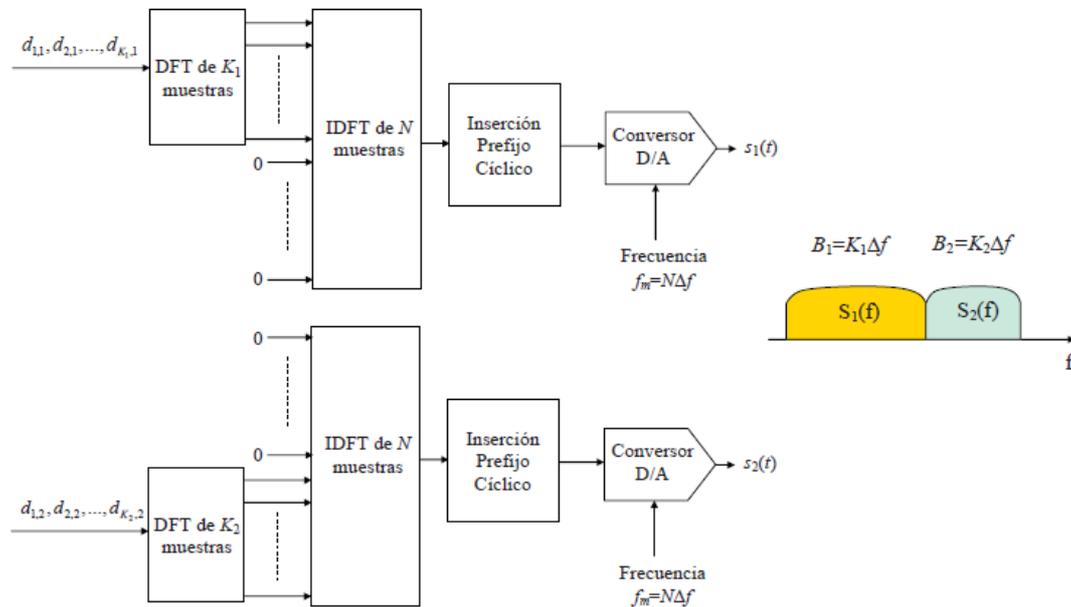


Figura 3.42 “Multiplexación de usuarios con SC-FDMA”

Fuente: LTE y nuevas tendencias en comunicaciones móviles

LTE Comparativa E-UTRAN y UTRAN

Comparando la arquitectura de UTRAN con E-UTRAN, puede observarse en la Figura 2.13 que E-UTRAN sigue una arquitectura “plana”, sin ningún nivel de jerarquización. Tal como se ha indicado en la lista de funciones asociadas a un eNB, los protocolos radio se ejecutan íntegramente en los eNBs (no es necesario ningún equipo adicional como el RNC de UTRAN).

Tal como se ha comentado anteriormente, la interfaz S1 soporta configuraciones donde un eNB puede estar conectado simultáneamente con múltiples elementos de la EPC (varios MME y/o varios S-GW). Esto hace que el dimensionamiento de la red de acceso (eNBs) y de los equipos de la red troncal (MME y pasarelas S-GW) pueda hacerse de forma más flexible, permitiendo, por ejemplo, que el tráfico cursado a través de los eNBs se derive hacia el nodo de la red troncal más adecuado atendiendo a criterios de balanceo de cargas. Por el contrario, en una estructura jerárquica en árbol como la utilizada en UTRAN, la capacidad sobrante en nodos ubicados en ramas diferentes no puede ser aprovechada.

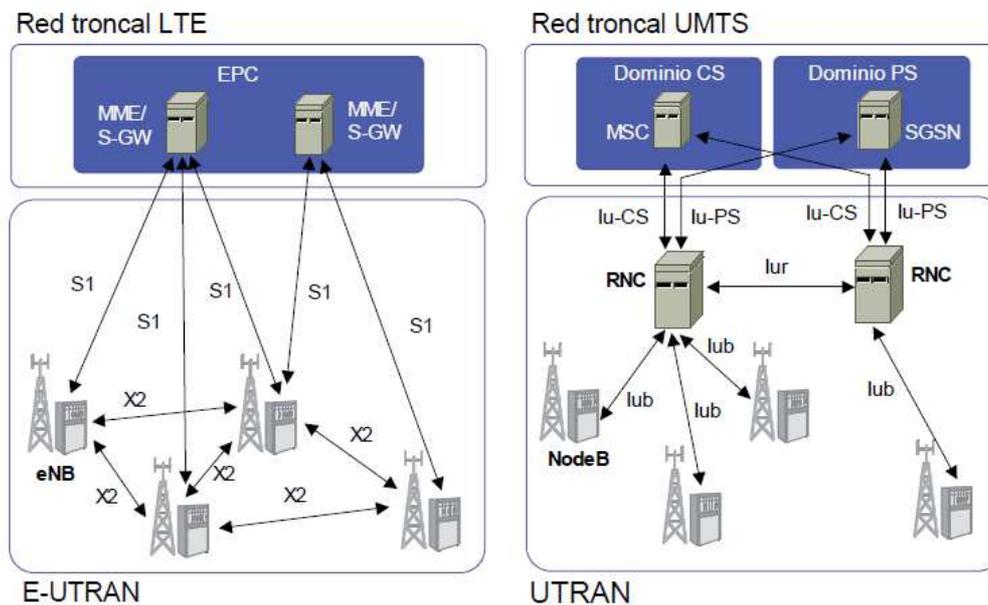


Figura 3.43 “Comparativa de la arquitectura de red de E-UTRAN y UTRAN”

Fuente: LTE y nuevas tendencias en comunicaciones móviles

La existencia de un elemento crítico y de alto costo como el controlador en las arquitecturas centralizadas condiciona la escalabilidad de la red de acceso (si se requiere aumentar la capacidad o cobertura de la red mediante la instalación de una estación base adicional, y el controlador ya se encuentra al límite de su capacidad, sería necesario introducir un nuevo controlador en la red simplemente para poder incorporar una nueva estación base). Además, un elemento controlador constituye un punto de fallo crítico que puede afectar al funcionamiento de muchas estaciones base y, por tanto, afectar a un elevado número de usuarios (un controlador RNC puede gestionar varios centenares de estaciones base).

3.2.4 Satelital

Se consideran VSAT (“Very Small Aperture Terminal” o “Apertura Muy Pequeña”) las antenas que no sobrepasan los 2 o 3 metros de diámetro. A diferencia de otras de mayor tamaño la señal de estos terminales no puede alcanzar a otros VSAT (salvo que se encuentren cerca y en línea recta) por lo que deben recurrir al satélite para comunicarse entre sí. La comunicación se produce por lo tanto de forma indirecta a través de satélites de órbita geoestacionaria. Al ser una alternativa al cableado y tratarse de equipos relativamente económicos se suelen considerar como la solución a los problemas de comunicación entre zonas aisladas (donde extender las redes de cable no sería rentable).

Características esenciales

Los satélites de comunicación pueden recibir y emitir señales en cualquier dirección que se tenga previsto en su diseño. Normalmente lo hacen desde y hacia grandes áreas de la tierra, y en algunos casos también de hacia otros satélites.

El hecho de transmitir desde un satélite una señal que pueda recibirse con intensidad similar y sin obstrucción en cualquier punto de una gran superficie geográfica es su característica más notable, siendo la causa principal de la utilización de este tipo de naves.

La posibilidad de recibir en un satélite señales emitidas por estaciones ubicadas en cualquier parte de una gran superficie de la tierra es casi tan importante como la característica anterior, y resulta indispensable para utilizarlo en servicios de comunicación bidireccional, es decir, en los que se produce, un diálogo entre los puntos extremos de la comunicación, como los de telefonía o los interactivos de comunicación de datos.

La órbita ecuatorial llamada geoestacionaria representa un círculo virtual a una distancia cercana a 36 mil kilómetros sobre la superficie terrestre, en el cual se pueden ubicar satélites sincronizados con la rotación de la Tierra.

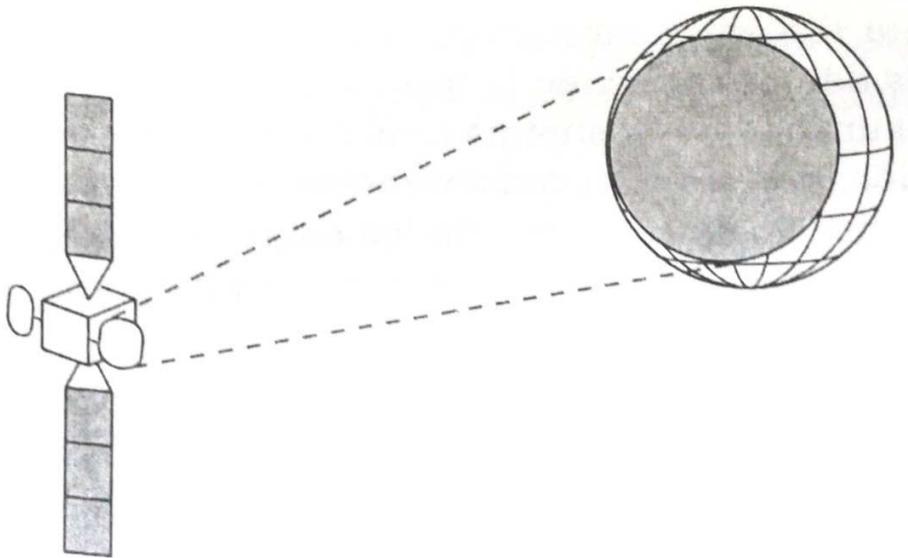


Figura 3.44 “ Satélite geoestacionario de cobertura máxima empleando un haz global”

Fuente: Comunicación por satélite

La principal ventaja de que un satélite ocupe una posición fija en la órbita geoestacionaria estriba en que dentro de su zona de cobertura se pueda comunicar, en la mayor parte de los casos, con estaciones terrenas de apuntamiento fijo en dirección del mismo, las cuales cuentan con haces muy estrechos, para aumentar extraordinariamente la potencia recibida de las señales del satélite como la que es posible enviarle. Se puede entonces utilizar un mínimo de energía total radiada para una alta calidad de la comunicación, gracias a su concentración, generalmente dentro de un ángulo menor que 1° en los haces de las estaciones terrenas que tienen capacidad de transmisión. Esta característica es de gran importancia para los servicios fijos por satélite.

Debido a la agudeza de los haces de las antenas de las estaciones terrenas del servicio fijo, en general mucho mayor que la de los haces de los satélites, es necesario que éstos casi no varíen su posición orbital, para evitar la reducción de la potencia de las portadoras recibidas, y por tanto el deterioro de la comunicación, que serían causadas por un insuficiente control de posición. Como alternativa a un control de posición más preciso, en las estaciones terrenas con haces muy agudos se tendrían que emplear sistemas de seguimiento de los satélites con mecanismos de reapuntamiento automático del eje de sus antenas, en una porción mayor que los que ya se utilizan.

Las estaciones de bajo tráfico bidireccional que se comunican por medio de un solo satélite pueden ser miles, y las de recepción directa de señales de televisión pueden ser millones, por lo que resulta muy importante el ahorro en su costo individual y en la inversión total si se evita el empleo de dispositivos de seguimiento de los satélites, además de la conveniencia y la reducción de las probabilidades de fallas que se logran por medio de esta simplificación.

Sin embargo, las antenas de alto tráfico de estaciones terrenas de servicio público, cada una de las cuales lo entregan a numerosos usuarios mediante enlaces terrenales, comúnmente están dotadas de dichos dispositivos de rastreo o seguimiento, por ser más sensibles a las variaciones de posición de los satélites y para poder cambiar fácilmente su apuntamiento hacia otro satélite en caso de fallas, o en caso de redistribución del tráfico entre las naves de un mismo sistema. Por sus características, tales estaciones son relativamente muy pocas.

En cuanto un satélite está en condiciones de operar se pueden instalar en poco tiempo estaciones para comunicarse en cualquier parte de su zona de cobertura. Dicha ventaja es más apreciable para el caso de redes privadas, debido a que la comunicación entre dos estaciones cualesquiera se puede realizar mediante un salto Tierra-satélite-Tierra, sin pasar por otras estaciones u otros sistemas de comunicación. La posibilidad de cobertura total, directa, inmediata y simultánea en una extensión territorio es una de las grandes ventajas de los satélites de comunicación, de importancia máxima para los servicios móviles y los de difusión.

En contraste, los sistemas terrenales como las redes de microondas y cables de fibras ópticas, aunque se extiendan por un territorio del tamaño de la huella de un satélite tienen cobertura de puntos específicos, y dejan grandes áreas sin cubrir. Además, normalmente dichas redes necesitan múltiples etapas de desarrollo para completarse, cada una de varios años, deben contar con estaciones de alimentación de energía y de reprocesamiento de las señales a intervalos regulares, y se tienen que conectar con redes locales de distribución dentro de las ciudades.

Por otro lado, las redes terrenales de larga distancia generalmente no pueden transmitir a costos competitivos una señal unidireccional única, como las de televisión, de manera simultánea hacia gran número de destinos, aunque sólo haya decenas de puntos de recepción dentro de una extensa cobertura; mucho menos si se trata de miles o millones de ellos, como lo requieren algunos servicios.

Debido a la facilidad para la instalación y retiro de las estaciones terrenas más modernas y compactas de comunicación bidireccional para servicios fijos, y a su costo actual relativamente bajo, la comunicación por satélite es muy útil para servicios no permanentes en zonas donde no se prestan aún los servicios públicos terrestres de mayor demanda y desarrollo, como en muchas áreas rurales.

Funcionamiento básico de los satélites

Un satélite de comunicaciones puede dividirse en dos partes fundamentales para su operación:

El conjunto de equipos y antenas que procesan las señales de los usuarios como función principal, denominado carga útil o de telecomunicaciones, y la estructura de soporte y supervivencia, junto con otros elementos de apoyo funcional, denominada plataforma, existiendo una interacción precisa ente ambas partes.

La carga útil tiene el amplio campo de acción de la cobertura de la huella del satélite empleando ondas electromagnéticas en una extensa gama de frecuencias a través de su capacidad de comunicación al servicio de los usuarios, mientras que la acción de los elementos de la plataforma no se extiende fuera de los límites del propio satélite, salvo en la comunicación con su centro de control. A su vez, el llamado centro de control, en la Tierra, actúa recíprocamente tanto con la carga útil como con la plataforma, en la Tierra, actúa recíprocamente tanto con la carga útil como con la plataforma, para adecuar el funcionamiento del satélite a las necesidades de operación y a los servicios contratados por los usuarios.

Arquitectura de los sistemas satelitales

Un sistema de comunicación por satélite está constituido por uno o más satélites, uno o más centros de control de los mismos y estaciones terrenas que se comunican entre si a través de los primeros. Por ejemplo, un sistema constituido por un solo satélite geoestacionario, un centro de control y un número indeterminado de estaciones terrenas se ilustra simbólicamente en la figura 3.45

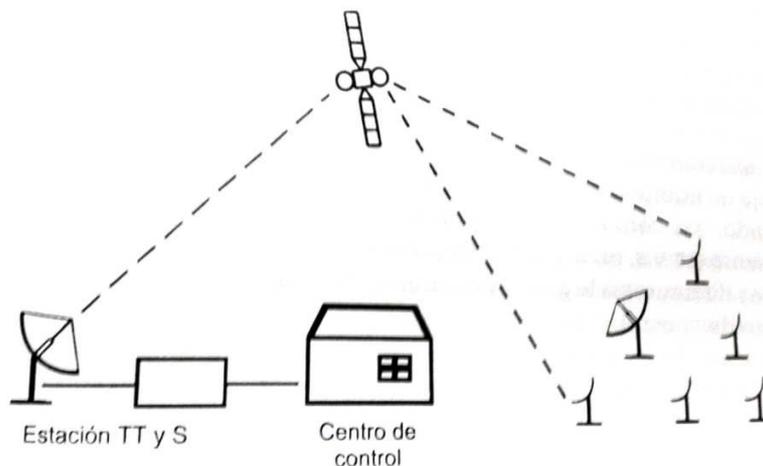


Figura 3.45 “Partes constitutivas de un sistema de comunicaciones por satélite”

Fuente: Comunicación por satélite

El centro de control tiene como función principal vigilar el estado de los subsistemas del satélite y conservar dentro de valores tolerados los parámetros esenciales para su buen funcionamiento. Entre otros, se deben conservar dentro de tolerancia los parámetros de posición y apuntamiento realizando maniobras programadas cuya ejecución se ordena por medio de señales de telemando. Además el centro de control tiene varias funciones adicionales, como activar o modificar las configuraciones alternativas de operación con respecto a la conectividad y coberturas, estimar el combustible remanente en el satélite y generar información para los usuarios sobre riesgo próximo en las comunicaciones o sobre interferencias que se hayan presentado. Opcionalmente, puede participar en las maniobras a partir de la órbita de transferencia de nuevos satélites del propio sistema o de otros sistemas después de ser liberados por el vehículo de lanzamiento, si el equipamiento de la estación lo permite, actividad que puede ser posible gracias a la capacidad, experiencia y extenso entrenamiento del personal con que cuenta.

Los sistemas de comunicación por satélite pueden ser nacionales para servicio de un solo país, o internacionales, que incluyen los de servicio global a varios continentes y los regionales que se establecen para proporcionar servicio a un número restringido de países, aparte del aspecto de la estructura de propiedad del sistema en el cual en los últimos años se han abierto diversas opciones de participación, con implicaciones a largo plazo.

Capacidad de la red

Los recursos que determinan la capacidad de los satélites son la anchura de banda y la potencia de la radiación de sus repetidores en la zona de cobertura de cada haz. Cada red utiliza parte o la totalidad de esta capacidad, y la suma de lo utilizado por todas las redes en cada transponedor, aun cuando no consumiera la misma proporción de anchura de banda y de potencia, no puede exceder su capacidad en ninguno de los dos aspectos.

La capacidad requerida para una red depende del tipo de señales a cursar y de las características de intensidad del tráfico previsto para cada una de las estaciones que la constituyen. En general, dicha capacidad es función de la suma del tráfico de todas las estaciones a la hora de mayor demanda u hora pico, para cada tipo de señales.

Disponibilidad de la comunicación

La disponibilidad, que representa la fracción del tiempo durante la cual se obtiene servicio dentro de las especificaciones requeridas, es alta a través de satélites, debido a la alta seguridad de su operación obligada por la casi imposibilidad de su reparación. Los satélites se construyen con componentes de gran resistencia a las condiciones ambientales del espacio, de larga vida y bajo un control estricto de calidad.

Las interrupciones más importantes pueden dividirse en tres tipos: las debidas a las fallas de equipos en el satélite y en las estaciones terrenas, las debidas a interferencias imprevistas y las debidas a otros factores aleatorios como el efecto degradante de la lluvia.

Mediante las especificaciones del diseño de la red es posible tener disponibilidades anuales del 99.9% del tiempo y aún mayores, representando está cerca de nueve horas de interrupción en un año, generalmente repartidos en intervalos con duración desde segundos hasta minutos.

Educación a distancia

La educación a distancia, o teleducación, empleando señales de video y audibles, está adquiriendo una gran importancia en todo el mundo por la utilidad que ha demostrado, y por su gran potencial evolutivo al apoyarse en nuevas tecnologías ya disponibles, aunque por otro lado la capacidad utilizada de los satélites para estos servicios no requiere ser muy alta.

El objetivo principal de la educación a distancia es proporcionar conocimientos a grandes grupos de personas geográficamente dispersas conforme a programas específicos de enseñanza. Sus recursos y técnicas pueden servir también en forma complementaria a otros propósitos, como mejorar la educación tradicional apoyando las exposiciones de los temas, o acelerar programas nuevos reduciendo el tiempo de preparación de personal académico. De hecho ya se está usando ampliamente como complemento y como otra forma de la educación abierta.

La educación a distancia por medio de señales de televisión se deriva de otros medios de educación a distancia de larga existencia. La ventaja del uso de satélites para esta aplicación reside en su cobertura ilimitada.

Las redes para la educación a distancia por satélite son típicamente redes de punto a multipunto como las empleadas en radiodifusión, a través de las cuales se puede transmitir los temas educativos con contenido, recursos y presentación óptimos, permitiendo una calidad uniforme en estos servicios. La transmisión por satélite es aparentemente más útil para programas más educativos sujetos a un calendario con tiempos fijos sin comunicación de retorno al centro de emisión de las señales.

Incluso en el caso de que los estudiantes inscritos en un programa asistan a aulas especiales geográficamente dispersas, el problema de hacer y responder preguntas y comentarios no es fácil de resolver tanto por la misma naturaleza del servicio como por el costo para realizarlo mediante la capacidad de transmisión instalada en las estaciones receptoras, indispensable para presentar las preguntas al punto de origen de la temática. Debido a que el número de estudiantes en un curso puede ser muy grande, un profesor en el punto de origen de las señales presentando un tema en vivo no podría siquiera recibir en un tiempo razonable las preguntas originadas por cientos o miles de alumnos, y un equipo de personas para ese efecto requeriría de múltiples canales simultáneos de comunicación, representando una solución difícil y de alto costo. Para tratar de solucionar estos problemas se requiere de profesores asistentes en cada aula, los cuales no necesitan contar con otros recursos para la presentación óptima de los temas, pero están disponibles para atender preguntas y comentarios, y son responsables de las estaciones receptoras, convirtiéndose en un sistema que combina características de la educación tradicional con la educación a distancia. Para sistemas de enseñanza con grupos de destinatarios menos numerosos y para estudiantes individuales las preguntas pueden atenderse desde el punto de origen de las señales, con apoyo en otros medios de comunicación como el teléfono, el fax e internet, ya sea de forma inmediata o diferida.

Además de emplearse para la educación formal, las redes de educación a distancia se pueden usar para conferencias abiertas al público, cursos cortos de actualización profesional y otras aplicaciones afines.

A partir de la normalización de la comprensión de señales de televisión se puede dar un gran impulso al uso de satélites para estos servicios, ya que se abate extraordinariamente el costo de la capacidad satelital requerida y el costo de las estaciones receptoras terminales, a causa de su alto volumen de producción.

Capítulo 4

Internet e Infraestructura de telecomunicaciones en México

En el ámbito mundial, pocos sectores de la actividad humana tienen tanto impacto en tantos sectores de una sociedad como la industria de las telecomunicaciones y la educación.

Se tiene documentado que las telecomunicaciones como actividad económica es un insumo indispensable y fuertemente condicionante en la competitividad del resto de las actividades económicas, y a causa de su complejidad, resulta muy limitado y parcial restringir el enfoque exclusivamente a los aspectos económicos.

De esta manera, al tratar del estado de las telecomunicaciones de un país, lo que se piensa en primer plano son los niveles de precios que enfrentan los usuarios, cuán eficaces han sido o no las medidas para promover la competencia, como la industria hace más o menos productivos a otros sectores económicos, la eficacia de las técnicas para asignación de recursos escasos como el espectro radioeléctrico y el crecimiento de ingresos y utilidades de los agentes productivos.

El análisis anterior es esencial, ya que al ser un sector transversal a la sociedad, cruza todos los aspectos de la vida productiva y una correcta visión de Estado debe partir de una perspectiva mucho más amplia, reconociendo que las telecomunicaciones están presentes en toda situación de nuestra vida y son tanto causa como efecto de múltiples aspectos que terminan dando forma a las sociedades contemporáneas.

Es uno de estas situaciones cotidianas que se ha transformado a causa de la situación económica es la competencia global por talento. Este recurso, se vuelve indispensable para solucionar los nuevos retos de la competencia global. Es precisamente en la generación y captación de talento

donde las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) juegan un de los roles más importantes.

Aunque las TIC son útiles para mejorar prácticamente todo – la productividad, seguridad, transparencia, eficacia y demás características de una economía -, el papel que desempeñarán en el sistema educativo mexicano será clave para que el país compita en la nueva guerra por talento.

Las TIC son el vehículo idóneo para transformar nuestro desgastado e ineficiente modelo educativo por tres vías: la primera consiste en posicionar al alumno como centro de la política educativa en lugar del profesor; la segunda, en acercar a los alumnos, profesores y padres de familia el mayor receptáculo del conocimiento que ha tenido la humanidad: Internet. La tercera reside en proporcionar una herramienta de evaluación de nuestra educación.

Facilitar el uso de computadoras conectadas a Internet a todos los alumnos del país permite que éstos *“aprendan a aprender”*. Por ello, acercar el Internet a los alumnos es una herramienta que no debemos desaprovechar ya que entre más información generemos, será más fácil eliminar la baja nivel educativo.

Los programas en línea que se pueden crear fuera del sistema educativo formal representan una oportunidad real para que jóvenes y adultos tengan más y mejores opciones para adquirir las capacidades que requieren los empleadores. Lo anterior permite mayor acercamiento entre la iniciativa privada y alumnos, al tiempo que motiva una educación más útil y de mejor calidad.

Las TIC son también la mejor herramienta para academia, los padres de familia y las organizaciones no gubernamentales evalúen y hagan del conocimiento público la calidad de nuestros planteles, cursos, profesores y hasta de la administración de nuestra educación pública.

Por lo tanto, las tecnologías de comunicaciones y la información darán paso a nuevas oportunidades que emergen desde el mundo en desarrollo, así como a la consolidación de las existentes; una vez que su difusión sea ordenada generará beneficios en términos de productividad y competitividad, sobre todo a aquellas naciones que adecuen sus políticas y marcos regulatorios a las nuevas condiciones tecnológicas, con base a una óptica de largo plazo.

En este capítulo se hará un análisis sobre la situación actual de estos temas que se involucran en la implementación y desarrollo del e – learning en nuestro país. Para continuar con el estudio, es necesario hacer conocer la distribución socioeconómica del país, ya que muchas de las decisiones económicas, políticas y sociales; por parte de los sectores gubernamentales y privados tienen que ver con aspectos de carácter económico y de beneficio social como se mencionó en los primeros párrafos introductorios del capítulo

A continuación, se muestra el mapa socioeconómico (figura 4.1) que de acuerdo al estudio realizado por el Instituto Nacional de Geografía Estadística e Informática (INEGI) se ilustra los estados con su respectivo desarrollo social y económico.



Orden descendente de estratos de mayor a menor ventaja relativa			
Nivel		% Pob.	Total de Entidades
7		8.83	1
6		13.74	4
5		11.22	5
4		23.17	8
3		12.73	5
2		19.6	6
1		10.71	3
			32

Figura 4.1 “Regiones socioeconómicas de México ”

Cabe aclarar, la escala numérica presentada en la imagen anterior es en orden descendente y va de mayor nivel socioeconómico al de menor desarrollo.

4.1 Estado actual de la penetración en servicios de telecomunicaciones

Los servicios de telecomunicaciones se han transformado radicalmente en los últimos años, tanto en México, como en el mundo. Hace más de 20 años sólo existía la posibilidad de hacer llamadas telefónicas mediante la red fija del operador del Estado, hoy existe la opción de realizar llamadas con al menos cuatro operadores móviles y por infinidad de opciones vía internet.

Hoy en día, dotar de banda ancha a más mexicanos es una forma efectiva de promover una mayor eficiencia del sector productivo, como el acceso a una mayor variedad de opciones informativas y formativas, al igual que, una participación ciudadana que enriquezcan la vida democrática.

Al hacer un análisis de la disponibilidad de redes fijas, que a su vez son las que se utilizan para proporcionar el servicio de Internet, es significativa la proporción de la población que cuenta con opciones mínimas de redes competitivas (47 % de la población depende de la oferta de un solo proveedor).

Por lo que podemos decir, en México existe un déficit de infraestructura visto en dos dimensiones. La primera, se refiere a la falta de infraestructura que suministre servicios a la demanda nacional a precios competitivos, mientras que la segunda apunta a la subutilización de la infraestructura existente, principalmente, en manos del gobierno y construida con recursos públicos, por ejemplo, la fibra óptica oscura en manos de la Comisión Federal de Electricidad (CFE).

Es necesario complementar la oferta de telecomunicaciones en México mediante redes convergentes que tengan cobertura nacional, sin importar la procedencia del capital o del origen del operador.

A continuación, se analizarán los niveles de penetración de diversos servicios de telecomunicaciones en el país que se encuentran disponibles al público consumidor que se ofertan en el mercado.

4.1.1 Telefonía fija

En México el servicio telefónico ha venido registrando un retroceso en el número de suscriptores y por ende a la penetración de este servicio. Dicha penetración de líneas es similar a la que había en el 2004, donde existían 17 líneas por cada 100 habitantes, de acuerdo a los datos de la Comisión Federal de Telecomunicaciones (COFETEL), y como se ilustra en la figura 4.2

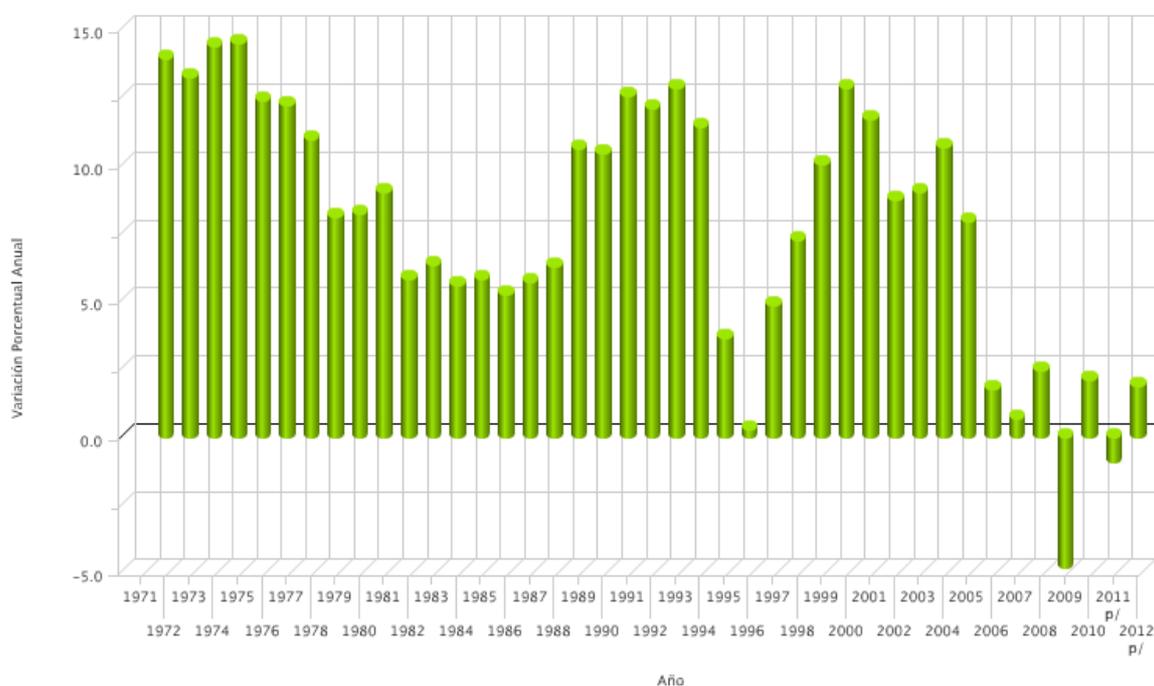


Tabla 4.1 “Variación porcentual anual de suscripciones telefónicas fijas ”

Fuente: Comisión Federal de Telecomunicaciones (COFETEL 2013)

En esta figura se puede observar que desde 1990, año en que el presidente de México en turno Carlos Salinas de Gortari decidió comenzar el proceso de privatización de la empresa estatal Teléfonos de México (TELMEX), los niveles de crecimiento en cuanto a penetración del servicio telefónico fueron constantes, o casi constantes, hasta que en el año 2009 se tuvo un atraso significativo, tal y como se mencionó en el párrafo anterior.

Entre los factores que explican este fenómeno destacan la sustitución de líneas fijas por móviles, lo cual es una tendencia mundial, y la crisis económica que obligó a la desconexión por falta de pago.

Para tener una mejor visión de la situación que hoy en día afecta al servicio telefónico en el país, es necesario conocer la densidad de las líneas totales en el territorio nacional por entidad federativa, y así, comprender en que estados o zonas de la república es necesario emprender acciones para el fomento y desarrollo del servicio. En la tabla 4.2 se ilustra la densidad de líneas por estado.

Estado	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011 p/	2012 p/
AGUASCALIENTES	18,61	19,74	22,72	21,03	20,42	20,97	21,49	21,18	21,75
BAJA CALIFORNIA NORTE	23,38	25,82	24,66	22,88	20,96	18,31	18,17	17,45	16,82
BAJA CALIFORNIA SUR	21,63	22,39	21,90	20,93	21,13	18,84	16,50	16,39	15,79
CAMPECHE	9,97	10,93	10,94	10,77	10,76	9,80	9,17	8,88	8,36
CHIAPAS	5,14	5,71	5,73	5,68	5,96	5,72	5,27	4,94	4,62
CHIHUAHUA	18,76	20,99	21,58	21,68	21,34	19,49	18,63	17,41	17,16
COAHUILA	19,21	21,05	20,96	21,09	21,44	19,71	18,92	14,12	18,27
COLIMA	20,24	22,41	22,38	21,35	21,01	19,77	18,28	17,49	16,92
DISTRITO FEDERAL	39,93	42,07	42,46	43,74	45,90	44,01	45,79	47,12	50,52
DURANGO	14,80	16,56	16,06	16,25	16,21	14,91	13,57	11,84	11,18
GUANAJUATO	13,29	14,88	15,70	15,50	15,58	15,24	14,18	14,07	14,62
GUERRERO	10,31	11,97	12,75	12,63	12,90	12,38	11,36	10,79	10,33
HIDALGO	9,70	10,79	11,24	11,63	11,82	11,01	9,94	9,58	9,18
JALISCO	21,47	22,76	23,04	23,37	24,28	23,86	23,37	22,91	23,26
MICHOACÁN	11,40	13,12	13,82	14,00	14,26	13,71	12,20	11,88	11,64
MORELOS	19,91	23,05	23,16	23,68	23,75	22,48	21,06	20,29	19,55
MÉXICO	16,76	18,63	18,37	16,94	16,69	14,78	13,97	13,56	13,06
NAYARIT	14,61	16,91	17,23	17,86	18,61	18,02	15,58	14,38	13,87
NUEVO LEÓN	28,01	29,44	29,02	29,38	28,72	29,14	28,29	29,44	30,96
OAXACA	6,10	6,99	7,49	7,72	8,02	7,64	7,06	7,02	6,77
PUEBLA	12,55	14,07	14,35	15,06	16,37	15,34	15,32	15,09	15,29
QUERÉTARO	16,72	18,43	19,45	19,90	20,12	18,88	17,99	17,78	17,56
QUINTANA ROO	19,25	18,61	18,58	17,39	17,42	15,77	15,54	14,60	13,95
SAN LUIS POTOSÍ	11,94	13,07	13,50	13,67	13,82	13,17	12,59	12,23	12,23
SINALOA	14,16	16,07	16,07	17,23	18,97	18,03	16,83	15,26	14,99
SONORA	17,81	19,41	18,59	17,91	18,41	16,83	15,44	14,02	13,70
TABASCO	8,68	9,73	9,66	9,49	9,49	8,75	7,96	7,59	7,02
TAMAULIPAS	17,90	19,61	19,56	20,68	20,30	18,84	18,31	17,67	17,81
TLAXCALA	10,51	11,43	11,55	11,43	11,43	10,43	10,11	10,00	9,88
VERACRUZ	10,26	11,38	11,74	11,69	11,99	11,43	10,93	10,52	10,45
YUCATÁN	13,53	14,18	13,55	13,42	13,62	12,87	12,70	11,95	11,52
ZACATECAS	11,98	14,00	14,32	14,32	14,28	13,83	12,45	11,28	10,82

Tabla 4.2“Subscriptores de telefonía fija por cada 100 habitantes por entidad federativa ”

Fuente: Comisión Federal de Telecomunicaciones (COFETEL 2013)

De acuerdo con clasificación socioeconómica de los estados, y en base a los datos proporcionados en la tabla anterior, se muestra claramente que entre mayor nivel económico y social de la población en cada estado, esto influye directamente en el desarrollo del servicio de telefonía fija. Como ejemplo, tenemos a la entidad federativa con el estrato más alto social y económico en el país, el Distrito Federal, este posee la mayor tasa de penetración del servicio con 50.52 líneas por cada 100 habitantes, muy por arriba del promedio nacional que para diciembre de 2010 es de 17.7. Caso contrario, tenemos a los estados con menor nivel socioeconómico que son: Chiapas, Guerrero y Oaxaca. Estos estados tienen respectivamente niveles de penetración del servicio en 4.62, 10.33 y 6.77, respectivamente. Con excepción de

Guerrero que tiene un nivel de penetración superior al del estado de Tabasco (7.02) que se encuentra posicionado en un estrato socioeconómico mayor que éste. Los otros dos estados concuerdan con la idea que a menor nivel económico y social de su población es de igual manera la tasa de penetración en la telefonía fija.

Con estos datos es posible determinar en qué entidades se requieren las acciones pertinentes para llevar el servicio telefónico fijo, y así, dotar a la población de las herramientas necesarias para su desarrollo tanto económico como social.

Todos estos datos estadísticos nos brindan una visión general de cómo se encuentra el desarrollo de la telefonía fija en nuestro país, al utilizar el sistema e-learning y optar por la telefonía fija como tecnología de acceso para nuestro sistema e-learning podemos enseguida darnos cuenta que nuestro objetivo de brindar educación a la mayor parte de la población (sin importar nivel económico) se ve limitado seriamente por la infraestructura nacional de telefonía fija, si a esto le sumamos que las regiones con menos penetración son las de mayor necesidad educativa terminamos concluyendo que un sistema e-learning basado únicamente en la telefonía fija solo cumplirá parcialmente su finalidad de hacer llegar la educación a las regiones de mayor necesidad educativa.

Sin embargo sabemos que las fuentes de conocimiento se encuentran en regiones de nivel socioeconómico alto, las principales sedes universidades más importantes del país se encuentran en lugares donde la telefonía fija no es ninguna limitante, en estas ciudades existen líneas fijas por doquier y resulta económicamente viable utilizar este sistema para impartir conocimiento a distancia.

Debido a las facilidades económicas y tecnológicas que se tienen en los lugares donde se ubican las fuentes de la educación no podemos descartar el uso de la telefonía fija para el e-learning, mas bien, podemos incorporarlo a nuestro sistema en dichas ciudades para recibir y enviar la información desde ese punto, y en lugares de baja penetración de telefonía fija utilizar alguna otra tecnología como las que se mencionaran adelante.

4.1.2 Telefonía celular

A comparación de los servicios de telefonía fija, los servicios móviles continúan en expansión a tasas inesperadas en el país.

Por un lado, la telefonía celular ha venido reemplazado al servicio fijo, a causa de que se han permeado de manera importante en los estratos masivos de bajos ingresos. Esto ha convertido al servicio móvil como la punta de lanza para llevar todo tipo de servicios a estos mercados masivos (comunicaciones, comercio electrónico, entretenimiento, productividad personal, servicios financieros, etc.).

Como dato que corrobora esta expansión en el servicio celular, es el estudio sobre los usuarios de este servicio, que mostró que el 53% de los mexicanos mayores de 18 años utiliza la telefonía celular. Entre los jóvenes, la proporción es mayor, porque dos de cada tres menores de 30 años usan un celular.

Esta explosión en la demanda de servicios móviles es muy interesante. Según los datos de la COFETEL en el 2012, se muestra que la penetración de este servicio a nivel nacional alcanzó los 85.7 equipos celulares por cada 100 habitantes, siendo este servicio el de mayor importancia en el país (figura 4.2).

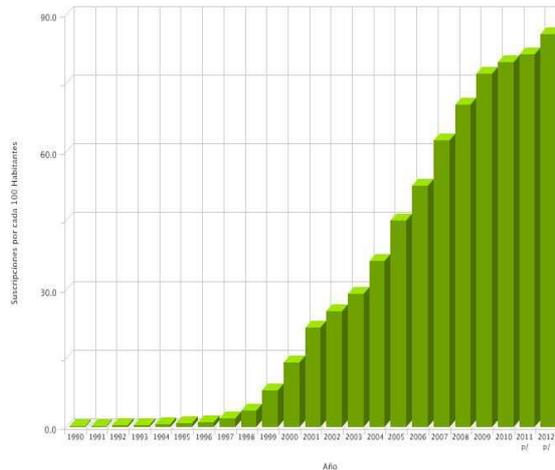


Figura 4.2 “Suscripciones a teléfonos celulares por cada 100 habitantes ”

En este aspecto cabe conocer que el teléfono celular se ha convertido en una herramienta de uso popular entre los sectores de bajos ingresos. Mientras que en el 2003 un 9% de las personas ubicadas en los niveles socioeconómicos bajos eran usuarias de teléfono celular, para 2005 la cifra se había triplicado y actualmente alcanza el 27% de la población de esos estratos. Esta difusión dentro de los niveles más bajos se debe, en gran medida, al bajo costo de acceso y uso que brindan al usuario de prepago y la modalidad “*el que llama paga*”.

Otro punto a considerar en el crecimiento del servicio móvil es su difusión en el sector rural. Esto se debe a las ventajas importantes que proporciona a las comunidades aisladas o rurales. Para constatar esto se muestra la tabla 4.3 proporcionado por la COFETEL, donde los estados de Oaxaca, Hidalgo y Chiapas (los más rurales del país); alcanzan un niveles de penetración móvil de 46.9, 87.4 y 48.4 usuarios por cada 100 habitantes respectivamente.

Estado	Año	Semestre 1	Semestre 2
AGUASCALIENTES	2010	71.7	75.0
	2011 p/	76.5	76.5
	2012 p/	77.3	79.6
BAJA CALIFORNIA NORTE	2010	83.7	85.4
	2011 p/	84.5	90.4
	2012 p/	88.5	88.6
BAJA CALIFORNIA SUR	2010	139.8	147.2
	2011 p/	145.1	102.4
	2012 p/	106.9	115.0
CAMPECHE	2010	78.4	82.5
	2011 p/	85.8	84.9
	2012 p/	89.1	94.0
CHIAPAS	2010	44.7	47.7
	2011 p/	51.2	51.0
	2012 p/	54.6	58.3
CHIHUAHUA	2010	78.4	81.1
	2011 p/	82.4	81.4
	2012 p/	80.9	82.0
COAHUILA	2010	89.5	95.2
	2011 p/	98.1	97.3
	2012 p/	99.5	101.7
COLIMA	2010	91.1	97.7
	2011 p/	100.5	98.0
	2012 p/	100.1	103.4
DISTRITO FEDERAL	2010	94.6	100.0
	2011 p/	105.1	102.5
	2012 p/	104.0	104.3
DURANGO	2010	43.0	43.8
	2011 p/	44.4	43.0
	2012 p/	43.2	44.7
GUANAJUATO	2010	65.2	67.7
	2011 p/	71.5	69.5
	2012 p/	72.9	75.1
GUERRERO	2010	48.4	51.0
	2011 p/	54.3	52.3
	2012 p/	55.6	58.5
HIDALGO	2010	79.0	83.9

	2011 p/	86.0	84.2
	2012 p/	86.7	89.5
JALISCO	2010	82.3	85.9
	2011 p/	89.0	90.4
	2012 p/	91.5	93.1
MICHOACÁN	2010	66.1	68.9
	2011 p/	72.4	69.3
	2012 p/	72.9	75.5
MORELOS	2010	99.1	104.1
	2011 p/	106.9	103.5
	2012 p/	107.4	110.0
MÉXICO	2010	71.0	76.0
	2011 p/	80.0	78.5
	2012 p/	81.0	84.4
NAYARIT	2010	64.9	69.0
	2011 p/	70.4	68.1
	2012 p/	69.2	70.8
NUEVO LEÓN	2010	94.0	97.5
	2011 p/	99.7	97.5
	2012 p/	96.1	99.4
OAXACA	2010	43.2	46.2
	2011 p/	49.2	48.5
	2012 p/	52.1	56.8
PUEBLA	2010	61.3	64.8
	2011 p/	68.8	69.1
	2012 p/	72.3	75.5
QUERÉTARO	2010	77.7	81.2
	2011 p/	85.6	85.3
	2012 p/	89.5	92.8
QUINTANA ROO	2010	96.6	97.5
	2011 p/	100.1	95.0
	2012 p/	96.9	100.1
SAN LUIS POTOSÍ	2010	56.7	60.8
	2011 p/	63.7	65.4
	2012 p/	69.2	73.4
SINALOA	2010	85.0	87.8
	2011 p/	89.8	88.9
	2012 p/	88.1	89.4
SONORA	2010	86.6	90.6
	2011 p/	93.9	91.2
	2012 p/	91.2	91.2

TABASCO	2010	74.7	78.0
	2011 p/	81.3	78.6
	2012 p/	83.2	87.3
TAMAULIPAS	2010	98.8	102.8
	2011 p/	103.2	101.5
	2012 p/	104.1	103.4
TLAXCALA	2010	49.5	53.0
	2011 p/	55.9	56.6
	2012 p/	59.3	62.1
VERACRUZ	2010	63.5	68.1
	2011 p/	72.1	71.1
	2012 p/	75.0	78.1
YUCATÁN	2010	71.0	75.0
	2011 p/	77.7	76.8
	2012 p/	78.8	81.4
ZACATECAS	2010	52.0	55.7
	2011 p/	58.2	58.0
	2012 p/	61.3	63.8

Tabla 4.3 “ Suscriptores a teléfonos celulares móviles por cada 100 habitantes por entidad federativa”

En esta misma tabla de densidad telefónica por entidad federativa se observan datos interesantes. Como sucedió en la telefonía fija, los estados con mayor nivel socioeconómico (estratos 7, 6 y 5) se tienen índices de penetración mayores al promedio nacional de 85.7 usuarios por cada 100 habitantes. Cuando se habla de las entidades más rezagadas (estrato 1 y 2) los niveles de penetración son inferiores a la media nacional, o en algunos casos, es mínimo la superioridad a la media como en el caso de Hidalgo.

Existen datos de algunos estados que son casos muy particulares, al referirse a Baja California Sur, Coahuila, Colima, Morelos, Tamaulipas, Quintana Roo y Distrito Federal. El número de usuarios de telefonía móvil mostrada en cada una de estas entidades es superior al número de habitantes en cada una de ellas. Las cifras de algunos de estos estados supera en cifras el promedio de los países desarrollados con 113.6 usuarios por cada 100 habitantes.

Una vez analizado el estado de la telefonía celular en nuestro país observamos que su penetración, por sus características, es mayor que la telefonía fija, esto nos abre camino en la búsqueda de una tecnología que nos facilite el intercambio de comunicación en lugares de baja penetración económica, regiones limitadas en telefonía fija no están limitadas en telefonía celular y en gran parte de estos lugares se ha dejado atrás, desde hace tiempo, la idea de que la telefonía fija llegue a sus comunidades y se ha optado por la tecnología celular.

Esta nueva forma de penetración sumado a los rápidos avances en la tecnología celular han tirado la barrera tanto de la velocidad, se ha igualado y en casos se ha superado las velocidades que se brindan con la telefonía fija, como la barrera de cobertura, sin embargo los costos de utilizar

sistemas celulares por determinado tiempo y por volumen de datos resulta más caro que la telefonía fija.

Se ha superado las barrera tecnológica pero aún nos queda la barrera económica, tecnologías ya disponibles en el país que cuenten con ancho de banda suficiente para un e-learning con todas sus ventajas para el aprendizaje, como videoconferencias y video streaming, estarían elevando demasiado el costo, si pensamos que cada usuario del e-learning tomara clases al menos 4 horas diarias 5 días a la semana con la ayuda de un dispositivo celular, ya no resultaría viable si recordamos que el objetivo del e-learning es la educación en los lugares cuyo nivel económico es bajo.

Con el progreso y la demanda de los servicios de datos en la redes celulares podemos esperar que los costos de estos servicios se comparen a los de la telefonía fija, de lo contrario podremos apoyarnos en sistemas ya existentes como lo es EDUSAT ("La Red Satelital de Televisión Educativa"), donde los estudiantes se reúnen en instalaciones específicas cercanas a su comunidad, en el caso de utilizar la red celular los costos del servicio de datos se reduciría ya que una sola terminal se utilizaría para toda una comunidad con la ventaja de que podemos de un canal bidireccional para el intercambio de información entre estudiantes y maestros, a diferencia de EDUSAT donde la información solo es de un sentido y casi nunca en tiempo real.

La evidente ventaja de edusat son los convenios realizados por la secretaria de educación pública y los sistemas satelitales, donde prácticamente el costo para el usuario no existe, todo es brindado por el gobierno y la empresa que presta el servicio.

Si se actualizarán o se crearan nuevos convenios tomando en cuenta las nuevas tecnologías disponibles hasta el momento se podría integrar el e-learning a sistemas como EDUSAT y muy probablemente, por sus evidentes ventajas para el aprendizaje en tiempo real y bidireccional, el e-learning desplazaría al sistema actual.

4.1.3 Televisión por cable, microondas y satelital

Este servicio de comunicaciones en los últimos años ha presentado un incremento en el número de usuarios suscritos, en gran medida a la mayor oferta por parte de los operadores de telecomunicaciones que han introducido este servicio a su gama.

La televisión restringida, al menos en México, cuenta con tres tipos de tecnología para la provisión del servicio al usuario final: cable, microondas y satelital.

La televisión restringida aparece en el país a inicios de los años 60's con una pequeña penetración. Conforme avanzaron los años la demanda de este servicio aumento, diversificándose en tipo de tecnología de acceso. Durante los primeros años del servicio sólo existieron dos tipos de tecnología, por cable y microondas. Fue hasta en el 1996, cuando se introdujo otra opción al mercado, la televisión vía satélite, que fue ganando terreno a las demás tecnologías convirtiéndose en la actualidad en la principal tecnología de provisión del servicio como se muestra en la figura 4.3.

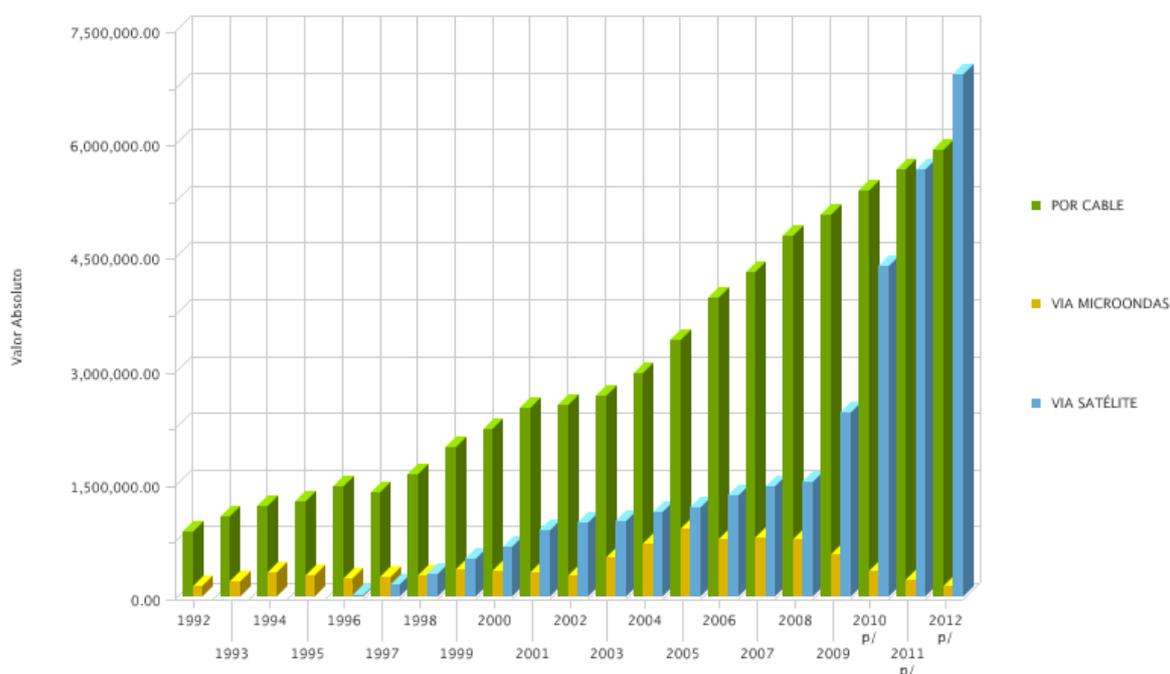


Figura 4.3 “Suscripciones de TV restringida o de paga por tecnología ”

Como puede observarse, el incremento de este servicio va en aumento constante y acelerado donde la principal tecnología como se mencionó en el anterior párrafo es la transmisión satelital.

Esta modalidad junto con la transmisión por cable, ahora en la actualidad por fibra óptica, son las dos tecnologías de acceso a este servicio que quedan como verdaderas opciones. La transmisión por microondas no pudo desde sus inicios posicionarse como serio competidor en el mercado. Hoy en día y en referencia a la TV por microondas, la banda de 2.5 Ghz se ocupa para tal fin en nuestro país, y la emplean pequeños operadores de en ciertas ciudades.

Como se ve en la figura 4.4, la tendencia de esta tecnología en estos dos últimos años es a decrecer considerablemente. Por lo anterior, el gobierno federal ha tomado acciones para recuperar esta banda del espectro radioeléctrico para emplearlo en otros fines. Si se lleva a cabo esta resolución un poco más de un millón de habitantes serían afectados.

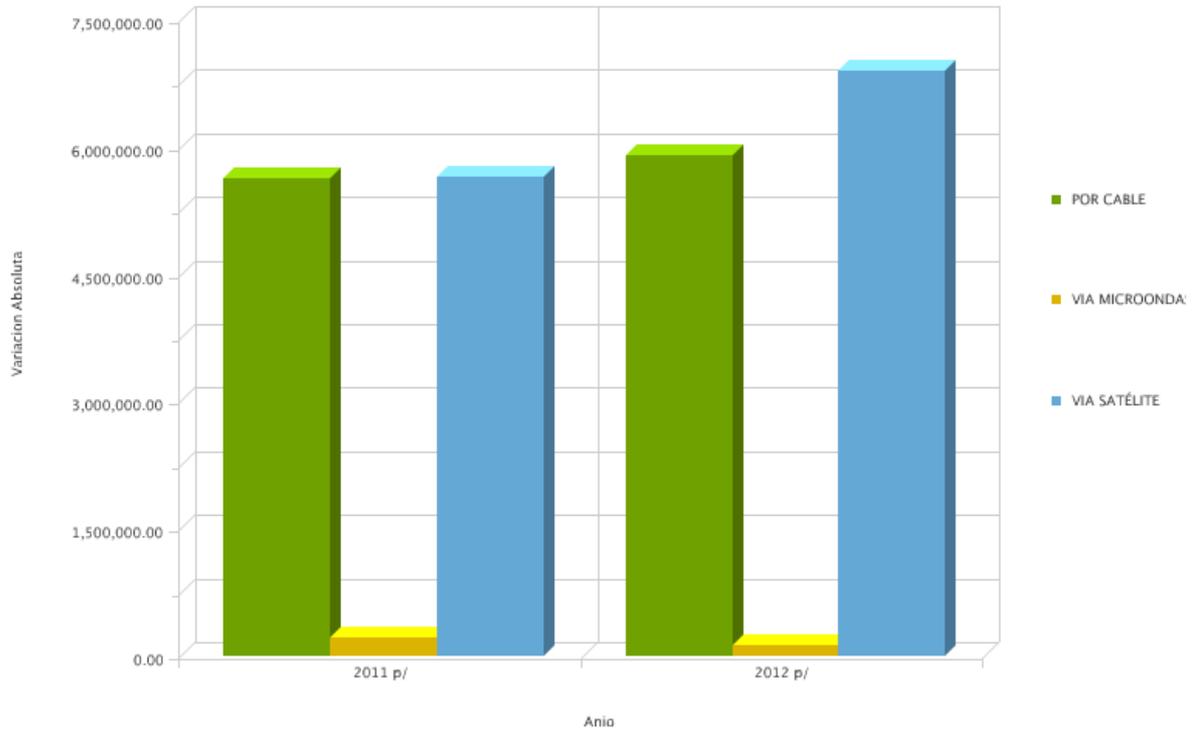


Figura 4.4 “Suscripciones de TV restringida o de paga por tecnología ”

Hoy en día la penetración de este servicio es aún bajo, a pesar de que el incremento de suscriptores en los pasados años. Como se muestra en la tabla 4.5 el nivel de penetración a nivel nacional de este servicio muy bajo a comparación de los otros servicios de comunicaciones analizados anteriormente.

Año	POR CABLE	VIA MICROONDAS	VIA SATÉLITE	Total
1992	1.00	0.16		1.16
1993	1.20	0.22		1.42
1994	1.32	0.35		1.66
1995	1.36	0.31		1.68
1996	1.56	0.25	0.00	1.81
1997	1.46	0.28	0.16	1.90
1998	1.68	0.30	0.32	2.30
1999	2.03	0.37	0.51	2.90
2000	2.24	0.35	0.67	3.26
2001	2.48	0.33	0.86	3.67
2002	2.48	0.27	0.96	3.70
2003	2.57	0.49	0.97	4.03

2004	2.79	0.65	1.06	4.51
2005	3.24	0.85	1.13	5.22
2006	3.74	0.71	1.27	5.73
2007	4.04	0.73	1.36	6.13
2008	4.45	0.71	1.42	6.58
2009	4.68	0.52	2.26	7.46
2010 p/	4.66	0.30	3.80	8.77
2011 p/	4.86	0.18	4.86	9.90
2012 p/	5.14	0.12	6.02	11.28

Tabla 4.5 “Suscripciones de TV restringida o de paga por tecnología ”

En la anterior tabla se constata lo comentado anteriormente, los dos únicos sistemas que dominan el mercado son los sistemas de cable y por satélite.

Como hemos visto antes los sistemas alámbricos resultan muy complicados para regiones de nivel económico bajo, dependeríamos de que las empresas decidieran que es viable para ellas llevar sus servicios a poblaciones lejanas y de difícil acceso o en su caso de que el gobierno exigiera que las empresas lo hicieran, lo cual no ha sucedido, por lo tanto utilizar directamente la red de fibra óptica, par trenzado, coaxial no resulta factible en comunidades de escasos recursos monetarios.

La red de microondas como hemos visto tampoco es factible, por la simple razón de que es escasa aunque en algún punto y dependiendo de la zona puede ser la única forma de llegar a determinadas comunidades en donde la tecnología celular no existe, esta red de microonda solo nos ayudaría a conectarnos a algún proveedor de internet.

El caso de los satélites hemos visto que con el apoyo del gobierno ha dado algunos resultados pero con la limitante de ser un aprendizaje en un solo sentido, sin retroalimentación y no en tiempo real, con lo que se dificulta el aprendizaje en los temas educativos de mayor complejidad como los vistos en niveles universitarios.

4.1.4 Servicios satelitales

En México los servicios satelitales están dominados al menos por una compañía nacional que es Satélites de México (SATMEX) y otras de origen extranjero que operan y sirven en el país.

SATMEX es la empresa de mayor presencia nacional en este sector. Aunque, adicionalmente el gobierno federal inició el pasado diciembre del 2012 con el lanzamiento del satélite “Bicentenario” y otros dos más planeados para octubre de 2013 y septiembre del 2014 el proyecto denominado MexSat (Sistema Satelital Mexicano) con la intención de ser utilizado en asuntos de carácter de seguridad nacional, pero otra muy importante, dar cobertura a 40 mil comunidades ubicadas en zonas marginadas del país, con idea de abatir la brecha digital que padece la población.

De acuerdo con el libro Blanco del MexSat, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), con el sistema satelital se podrá ampliar la cobertura de servicios de voz y datos que coadyuvarían a paliar la denominada “Brecha Digital”, lo que no podría lograrse a si no se contará con dicho sistema.

A lo anterior podemos mencionar que los servicios satelitales en México son de suma importancia, ya que como se vio en párrafos anteriores debido a que el país cuenta con zonas de difícil acceso sólo los sistemas satelitales son capaces de ofrecer la cobertura de servicios necesaria.

A continuación el gráfico (figura 4.5) de abajo que muestra la capacidad satelital en el país desde 1995 hasta el año pasado. Dicha capacidad es la utilizada por servicio medido en Mega Hertz (Mhz).

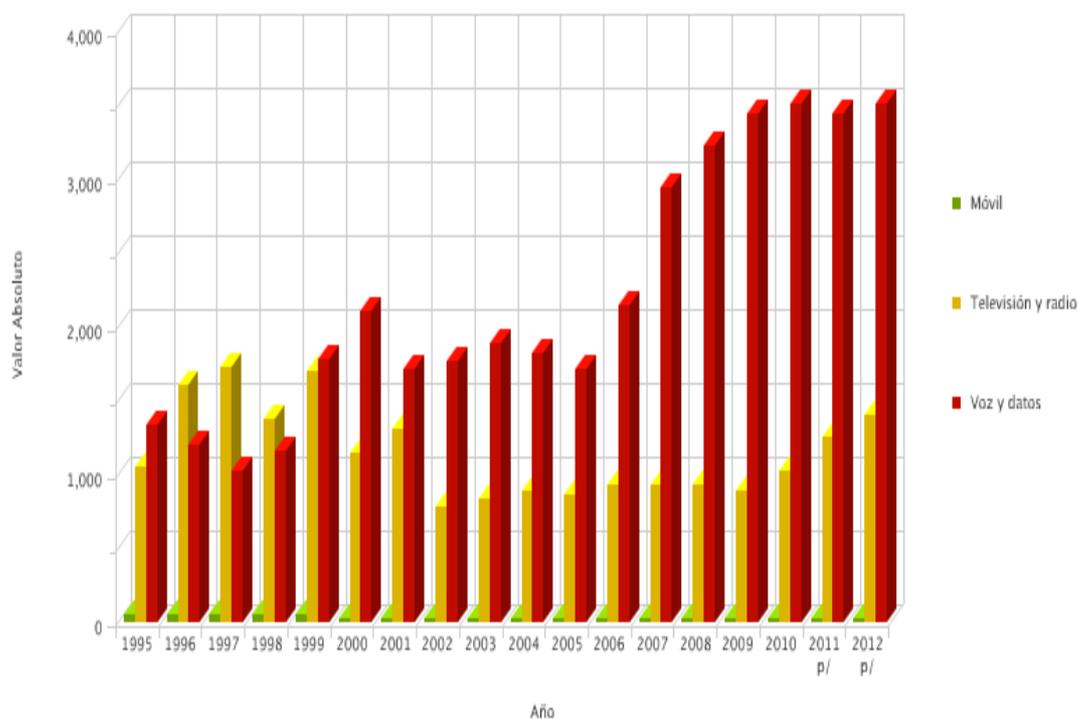


Figura 4.5 “Provisión de capacidad satelital por servicio”

Fuente: COFETEL

Con la incorporación de este nuevo satélite y con los dos nuevos que se lanzarán en próximos meses la capacidad del país aumentara, aunque en palabras de Javier Lizárraga, director de general de Telecomunicaciones de México, instancia que operará el programa, sus expectativas son las siguientes,

“El futuro de la tecnología satelital en México es cara y los satélites que vamos a lanzar no son suficientes para esto”, dijo Lizárraga en una ponencia. Debido a esta situación, el organismo

considera la contratación de servicios satelitales privados para desarrollar la cobertura social pactada.

Como ya hemos visto los servicios satelitales están limitados por el número, tipo y capacidad de satélites con los que cuenta un país, sin embargo para lugares donde ninguna red de comunicación ha sido alcanzada por enlaces de microondas ni por sistemas celulares, la única opción que tenemos son los satélites.

La gran desventaja como hemos venido diciendo a lo largo de la tesis es la manera de educar, un sistema en donde no hay retroalimentación tanto del estudiante como del maestro no puede funcionar para temas de alta complejidad como los temas impartidos a nivel licenciatura, la única solución, es obligar a las empresas de telecomunicaciones a cubrir todas las regiones habitadas sin importar lo lejanas que estén de las principales ciudades.

Realizar un esfuerzo en donde sistemas como EDUSAT se modernicen tanto en tecnologías como en educación y alcancen nuevos niveles de enseñanza incorporando el e-learning a un sistema cuya finalidad, que es la educación de todo el país, todos debemos de apoyar.

4.2 Internet en México

Hablar de Internet sólo del aspecto técnico como se trató en capítulo 2, carecería de sentido para nuestra realidad cuando este medio de comunicación se ha convertido el más importante en la historia de la humanidad, al no únicamente romper las barreras de la distancia, sino al convertirse en una herramienta en la cotidianidad de la vida.

Internet aloja cientos de aplicaciones y servicios que ya vivir si ellos serían impensables. Por lo tanto, hablar de Internet es una tarea más allá de lo técnico, más allá de las estadísticas, va a lo social y a todo en conjunto.

Por lo anterior, el análisis de la Internet en México comenzará con los datos proporcionados por la COFETEL acerca del número de suscriptores de Internet a nivel nacional por tecnología en la tabla 4.5

Año	Dial-up	XDSL	Cable coaxial	Otras	Total
2000	1,023,024.0		8,622.0	103,341.0	1,134,987.0
2001	1,772,568.0	5,300.0	64,479.0	41,291.0	1,883,638.0
2002	1,864,929.0	78,120.0	124,052.0	29,314.0	2,096,415.0
2003	2,015,996.0	213,494.0	180,752.0	34,125.0	2,444,367.0
2004	2,134,042.0	695,912.0	326,774.0	34,596.0	3,191,324.0
2005	1,959,544.0	1,198,725.0	668,874.0	54,753.0	3,881,896.0
2006	1,718,795.0	1,960,557.0	987,802.0	138,785.0	4,805,939.0
2007	1,283,288.0	3,150,190.0	1,236,239.0	177,844.0	5,847,561.0
2008	702,391.0	5,616,704.0	1,615,688.0	298,532.0	8,233,315.0
2009	395,588.0	7,328,757.0	1,850,869.0	533,332.0	10,108,546.0
2010 p/	305,279.0	8,826,447.0	2,115,102.0	628,117.0	11,874,945.0
2011 p/	268,727.0	9,343,108.0	2,272,792.0	970,570.0	12,855,197.0

Figura 4.6 “Suscriptores de Internet por tipo de tecnología”

Como se observa, el número de suscripciones es aún bajo para el tamaño de la población que se cuenta. Además del punto anterior, se constata que a mayor parte de estas suscripciones es a través de xDSL, que como vimos en el capítulo 3, es una tecnología para proveer datos empleando la viejo cableado de cobre de la red telefónica convencional.

Esto origina que la velocidad alcanzada en cada abonado sea limitada e inferior a otras tecnologías disponibles en la actualidad.

La penetración actual en el uso de Internet en el país al 2012 es de 11.1 habitantes por cada 100 como lo muestra la figura 4.7. Esto nos coloca en una situación de desventaja en cuanto acceso a información y su aprovechamiento, ya que muy pocas personas tienen la oportunidad de hacerlo, y las que pueden son en su gran mayoría lo de los estratos socio - económicos de medio a alto.

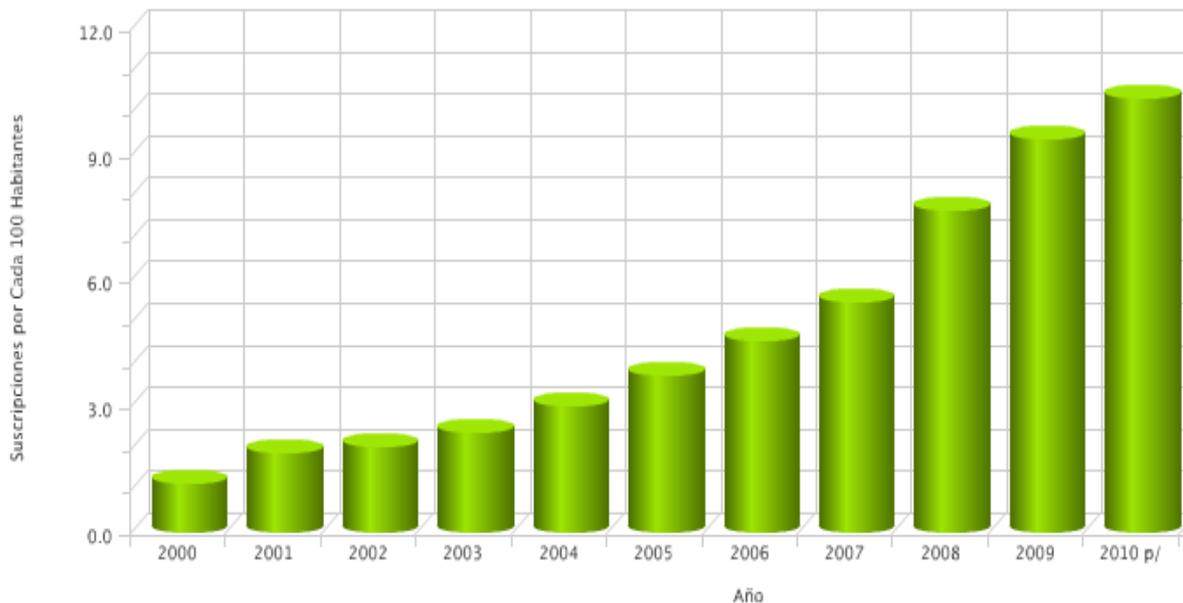


Figura 4.7 “Suscripciones de Internet por cada 100 habitantes”

La anterior información la podemos comparar con los datos arrojados por el estudio de la comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) durante el 2011. Se recopilaron datos de varios países latinoamericanos y se muestra que sólo cuatro países en latinoamérica superan el promedio de la región que es del 12% de los hogares; siendo Chile, Uruguay, Brasil y México como se muestra en la figura 4.8.

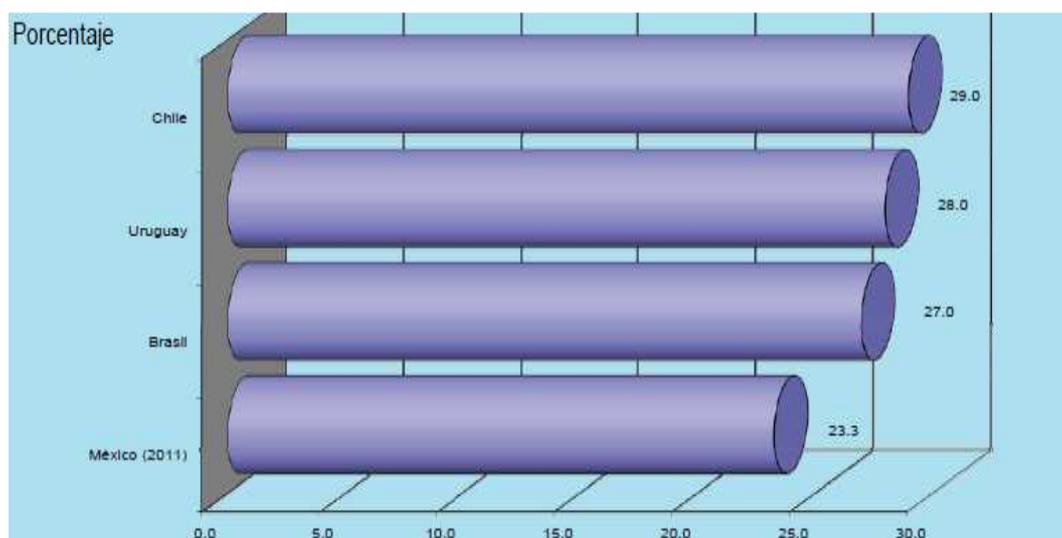


Figura 4.8 “Hogares con Internet por países seleccionados”

Los datos anteriores nos muestran que del total de nuestra población sólo unos cuantos tienen acceso a Internet y posibilidad de desarrollo en la denominada Sociedad de la Información. Como estadística final acerca de la población que tiene acceso a Internet, se tiene el estudio de la asociación World Internet Project en colaboración con el ITEMS (Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey) donde se tiene los resultados que se muestran en la figura 4.9

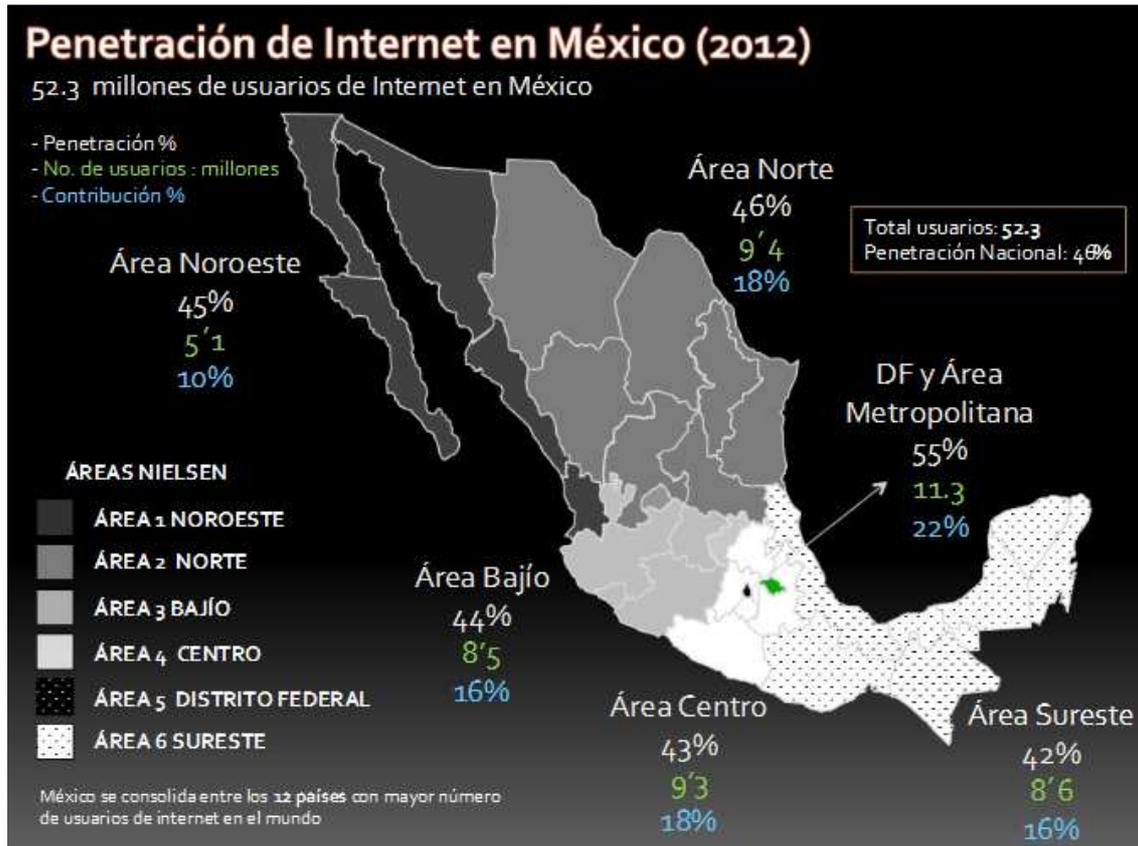


Figura 4.9 “Penetración de Internet en México”

Al 2012, 52.3 millones de personas son usuarios de Internet y como se muestra en la figura de arriba, el nivel de penetración en las diferentes zonas del país es muy similar. Esto nos indica que la población está teniendo al menos eso parece las mismas oportunidades de acceso, muy posiblemente por la llegada de los equipos celulares que han permeado a la mayor de población.

La anterior afirmación la podemos confirmar con la enorme cantidad de usuarios de Internet que acceden a la red por medio de sus equipos móviles, ya sea teléfono celular, teléfonos inteligentes “*smartphone*” o tabletas. Esto se refleja en la figura 4.10 donde se muestra las estadísticas de los lugares y promedio de uso de Internet en México

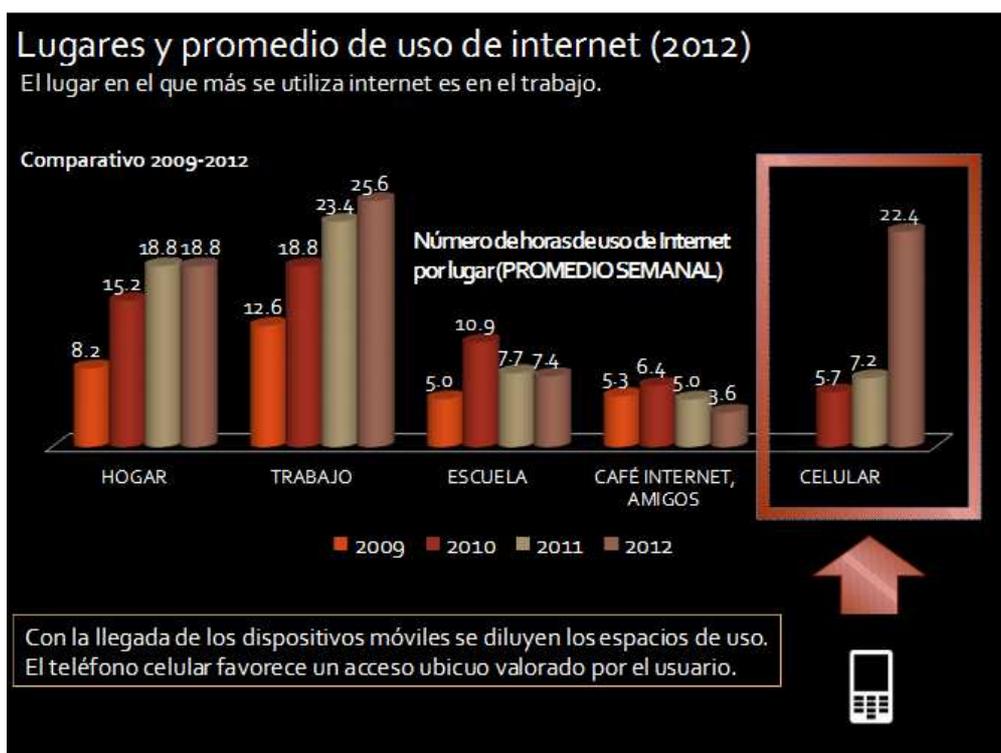


Figura 4.10 “Lugares y promedio de uso de Internet”

Como se puede constatar en el gráfico anterior, en el pasado año (2012) el acceso a Internet a través de dispositivos móviles ha crecido de manera considerable, desplazando como punto de acceso hogar, cafés Internet e instituciones educativas.

Esta tendencia es consecuencia natural de la evolución de las telecomunicaciones y la revolución de los dispositivos móviles con mayor capacidad día a día. Este fenómeno no sería causa de sorpresa, sino fuera que estos dispositivos están tomando el rol tan importante sin un adecuado conocimiento de uso y de aprovechamiento; ya que las horas empleadas para acceder a Internet desde las escuelas es mínimo, cuando este valor debería ser mayor para propiciar un uso adecuado y con carácter formativo al usuario de Internet.

En los siguientes gráficos, figura 4.11 y figura 4.12, se muestra los diferentes modos de empleo de Internet dentro de la población mexicana.

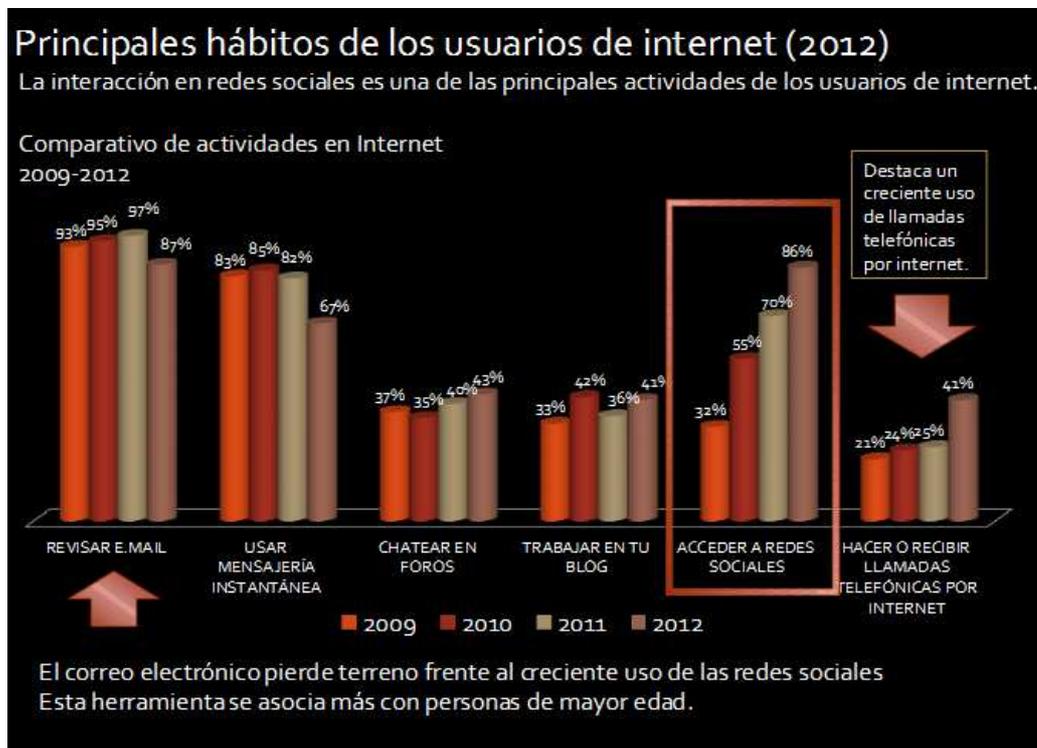


Figura 4.11 “Principales hábitos de los usuarios de Internet”

Fuentes: World Internet Project , ITESM

Como lo revela el estudio de la WIP (World Internet Project), organismo de colaboración internacional para el desarrollo de la economía, sociedad y política a través de Internet, en conjunto con el ITESM se muestra que el revisar correos electrónicos y las redes sociales son las principales maneras de uso de la Internet con el 87% y 86% respectivamente.

Lo anterior se ve igualmente reflejado en el la figura 4.12. Este gráfico es parte del estudio que realizó en 2011 de la Asociación Mexica de Internet (AMIPCI) y se muestran casi los mismos resultados que el estudio anterior.

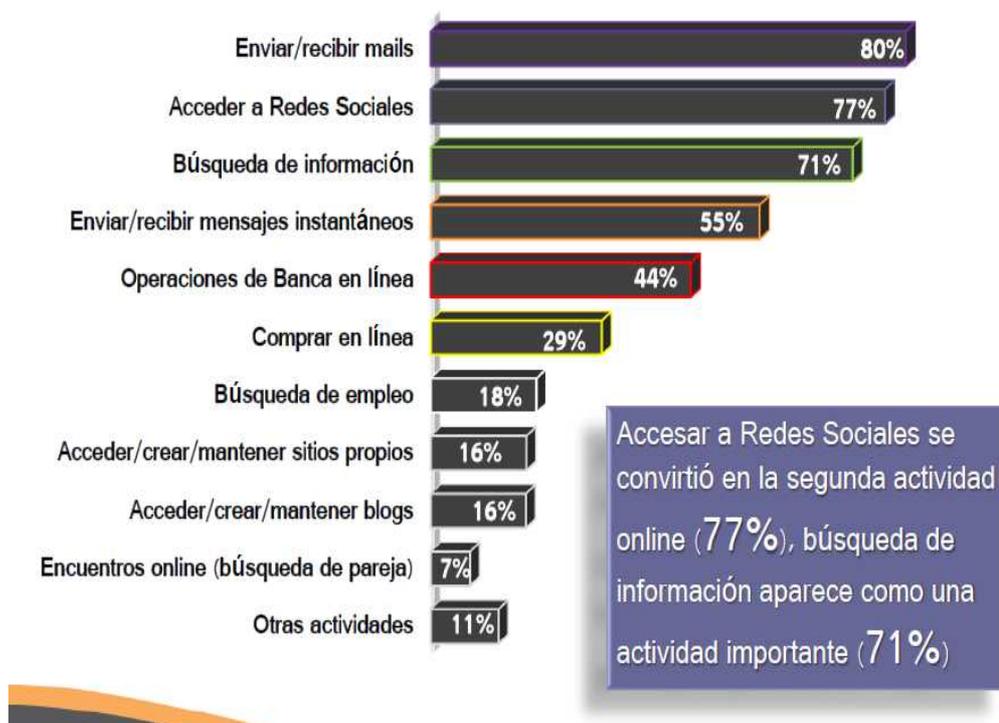


Figura 4.12 “Principales actividades en Internet”

Fuente: Asociación Mexicana de Internet (AMIPCI)

Esto nos da un aclara idea de lo que la población en México hace con su tiempo en Internet. La mayor parte es para mantenerse en contacto con seres queridos y amigos. Posteriormente aparece la búsqueda de información en un tercer lugar.

En este apartado, el uso de la Internet y el grado de estudios están íntimamente relacionados con la veracidad y calidad de la información buscada. Mucha de la información que se encuentra en la red no es de confiar, ya que por la misma libertad que se ofrece muchos usuarios y organizaciones publican información no verás.

Es por esto, que el usuario mexicano debe tener conciencia y conocimiento de causa para hacer uso y búsqueda de información de forma acertada.

Para lograr una utilización adecuada es necesario conocer la edad del usuario de Internet y así enfocar esfuerzos y recursos para cada sector de edad en materia de educación y formación. La siguiente gráfica, figura 4.13, se visualiza el porcentaje de la población por rangos de edad que utiliza Internet.

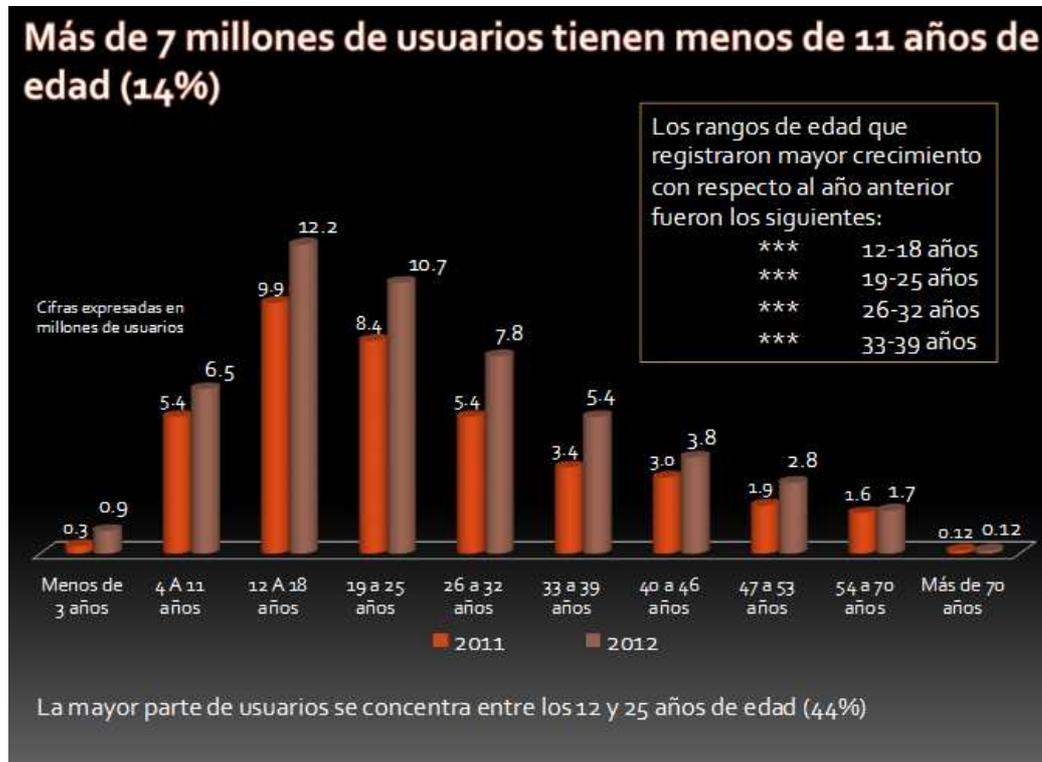


Figura 4.13 “Usuarios de Internet por grupos de edad”

Fuente: World Internet Project , ITESM

Como se puede apreciar en la imagen, el grupo de edad que más contacto tiene con la Internet es la población joven entre 12 a 18 años con 12.2 millones de usuarios. El grupo que le sigue comprende las edades de 19 a 25 años con 10.7 millones y el tercero es el que se encuentra en una edad infantil de 4 a 11 años con 6.5 millones. Estos datos dan una idea muy clara de que la población infantil, adolescente y adultos jóvenes son los que más acercamiento tiene al mundo de la Internet. Estos grupos en conjunto son 29.4 millones de usuarios, o sea, nuestra población en formación y en edad escolar del país.

Esto es otra prueba más que el sector que más atención necesita en cuanto a formación en el uso de la Internet es nuestros jóvenes. Caso contrario en los estratos de mayor edad, después de los 26 años, donde estos grupos ya tienen formación concluida, mayor conciencia y mejor capacidad de discernir entre lo que se obtiene en la red.

Para finalizar el tema de Internet en nuestro país se tocará el punto acerca del porcentaje de la población en cada estado de la república que accede a Internet, figura 4.14. Esta estadística nos da una visión interesante de la situación nacional en cuanto a acceso a Internet y enfocar esfuerzos en esos estados que se encuentran más rezagados por una o varias cuestiones.

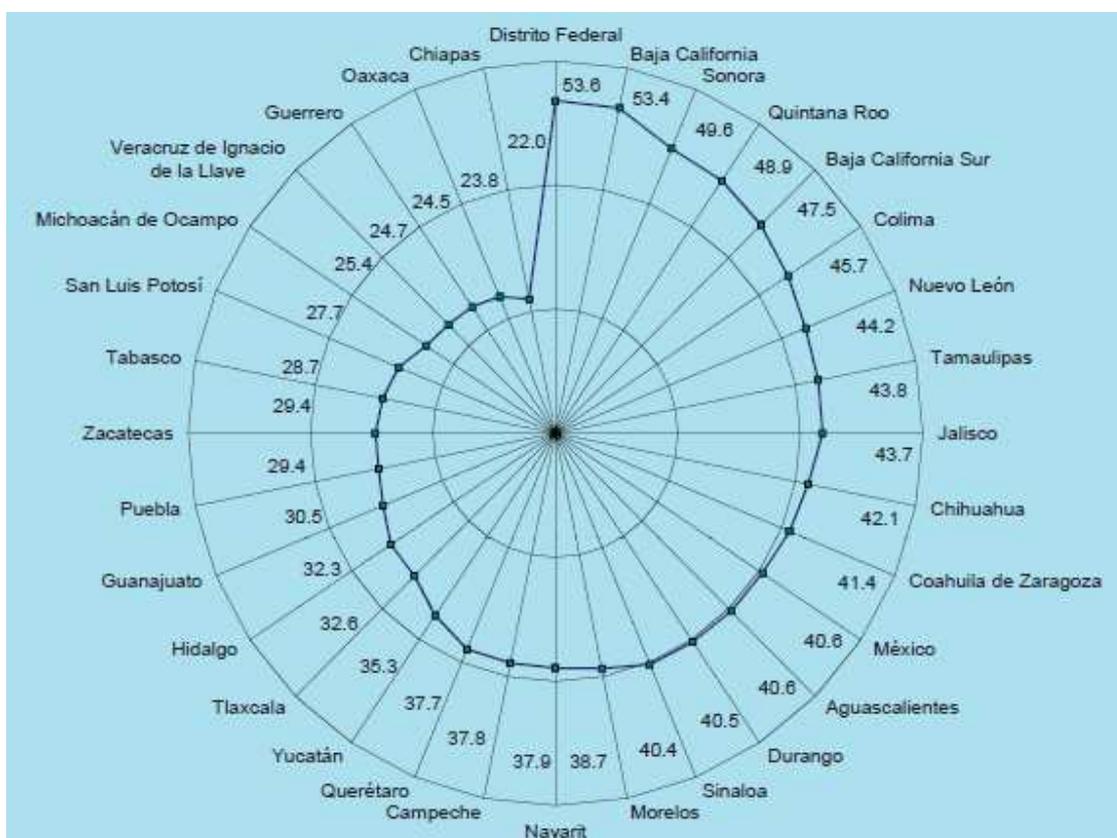


Figura 4.14 “Usuarios de Internet por Entidad”

Fuente: World Internet Project, ITESM

Como en los casos de telefonía fija y celular, tópicos que se trataron anteriormente, se ve una estrecha relación entre el nivel de desarrollo económico – social del estado en cuestión y el porcentaje de habitantes que acceden a la Internet.

Por citar como ejemplo de lo anterior, se tiene claramente que los estados de Guerrero, Oaxaca y Chiapas con los de menor nivel social – económico tiene los niveles más bajos de porcentaje de su población que tiene acceso a Internet. Caso contrario, el DF que tiene el mayor nivel de desarrollo económico y social tiene la misma posición de privilegio en relación a la población que accede a la carretera de la información

Lo anterior toma sentido, cuando vemos que en la hoy en día a la telefonía celular o el dispositivo móvil como tal, toma un importante o si no que el principal punto de acceso a la red debido a las enormes ventajas que esto presenta en cuanto accesibilidad. La telefonía fija como la tecnología dominante debido a su antigüedad se ha convertido como la forma más difundida para llevar el servicio de Internet al hogar, centros de trabajo y de educación muestra un comportamiento similar.

Todos lo anterior hace constatar, que el desarrollo y despliegue de tecnología de telecomunicaciones hacen posible la inclusión de la población a una red que pone a disposición un mundo de información y conocimiento con un solo click o toque.

4.3 La educación hoy

Actualmente en el Sistema Educativo Nacional atiende a 35.2 millones de niños y jóvenes, en la modalidad escolarizada. La educación básica constituye la base de la pirámide educativa, la cual representa el 73.4% de la matrícula del sistema. La matrícula de la educación superior es de 3.3 millones de alumnos, lo que representa una cobertura del 29.2%.

A pesar de estos datos, nuestro país a lo largo de los últimos años ha sufrido un enorme rezago en calidad y cantidad educativa, tanto en ámbito público como el privado. Asimismo, no estamos avanzando a la velocidad suficiente, ni en prácticas ni en resultados. De hecho, al paso en el que se está avanzando, le llevaría al país 50 años alcanzar el promedio de las naciones de la OCDE en matemáticas y más de 150 en comprensión de lectura.

Para tener una visión más clara de lo afirmado en el anterior párrafo se tiene algunos datos importantes que lo demuestran.

A México le llevo décadas tener lo denominado "Cobertura Universal" que significa que todos los alumnos en edad escolar cuentan educación básica, primaria y secundaria. Pero la realidad es otra y muy diferente.

En un estudio realizado por el INEE (Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación), organismo del gobierno público federal de carácter descentralizado, muestra otra realidad muy diferente. De acuerdo a su estudio para examinar la trayectoria escolar y determinar con una aproximación robusta qué proporción de los niños y jóvenes de México completan la educación básica en el ciclo previsto.

En la figura 4.15 se muestra esta trayectoria escolar, donde como se constata apenas 62 de cada 100 inscritos acaban la primaria en los seis años previstos; 3 se pierden en el paso de primaria a secundaria, es decir, ingresan 59; este nivel es completado en los tres años previstos por sólo el 45 de los 100 inscritos.

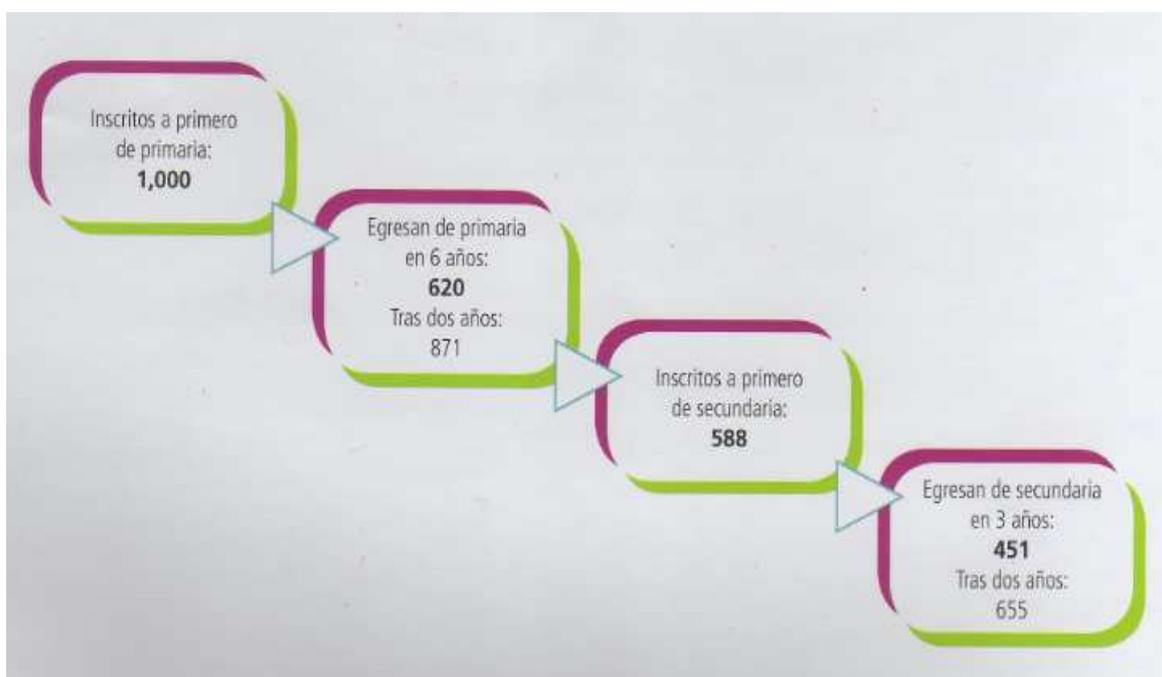


Figura 4.15 "Trayectoria escolar de matriculados en el ciclo 1998 - 1999"

Fuente: PISA 2009

En la siguiente tabla 4.6 se muestra los resultados de dos estudios diferentes llevados a cabo por el INEE y la asociación Mexicanos Primero, respecto al punto tratado el párrafo anterior.

	El derecho a la educación en México	Contra la Pared
Referente para el cálculo	Cohorte de inscritos	Cohorte demográfica
Primer año de primaria	100% (incluye atrasados, adelantados y en edad normativa)	89% (incluye adelantados y en edad normativa)
Egreso oportuno de primaria	62.0%	64.5%
Primer año de secundaria	58.8%	60.7%
Llegan a tercero de secundaria	49.2%	54.8%
Egreso oportuno de secundaria	45.1%	43.9%

Tabla 4.6 "Comparativo de cifras para la trayectoria escolar, generación 2007 - 2008"

Fuente: PISA y INEE, 2009

El punto anterior en ambos estudios se llega al argumento que menos de la mitad de los mexicanos tienen, hoy por hoy, la esperanza de estar en preparatoria a los 15 años de edad.

Estas generaciones llegan diezmas a la mitad en cuanto a su trayectoria escolar para iniciar su bachillerato. Pero ¿Dónde queda la calidad? La calidad en el ámbito educativo tiene muchos ángulos, pero el logro de los aprendizajes es imprescindible.

Para ellos se presentará los resultados de la prueba PISA 2009, pero a reserva de hablar de ello más tarde, el examen EXCALE Matemáticas 2008 y ENLACE Matemáticas de 2010 para tercero de secundaria siguen arrojando porcentajes de logro por debajo del básico o insuficiente en torno al 50%.

Estas dos evaluaciones estandarizadas no son iguales sino complementarias. En ambos casos, la escala en la que se distribuyen los resultados establece un umbral mínimo, por debajo del cual se identifica que el desempeño indica que no se están alcanzando los propósitos educativos del grado escolar evaluado en esos alumnos,

La figura 4.16 busca llamar la atención sobre el hecho de – al llegar al ciclo final de la educación básica – la mitad de los alumnos muestran carencias que hacen temer por su posibilidad de seguir progresando, independientemente de si serán o no promovidos al egreso oficial.

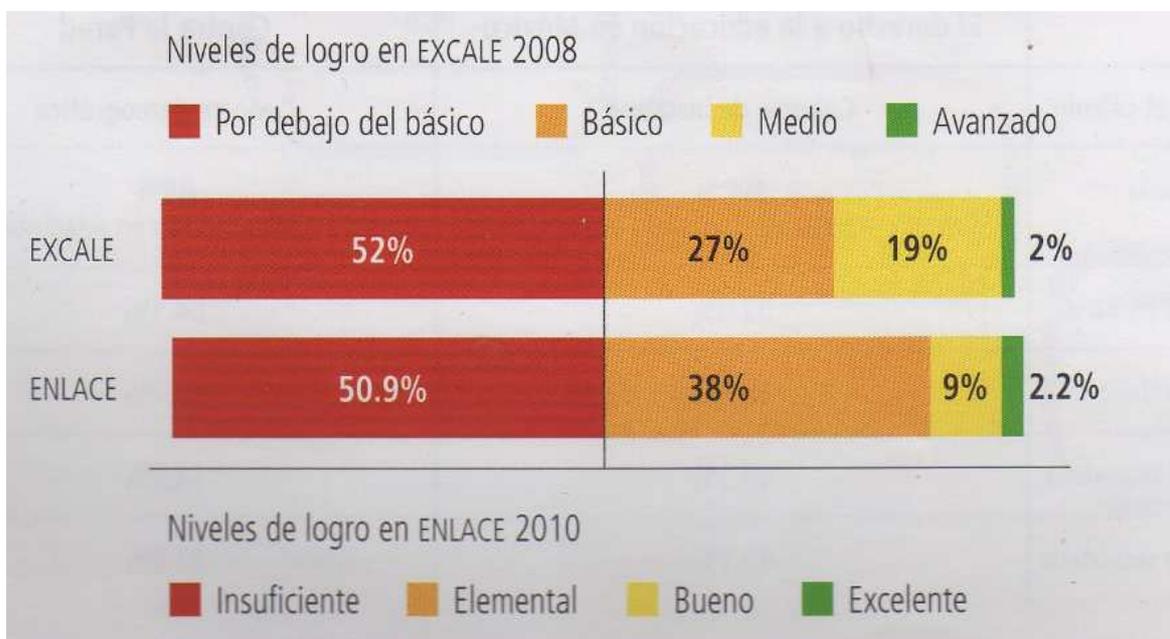


Figura 4.16 “Porcentajes de alumnos en los niveles de desempeño para Matemáticas de tercero de secundaria, EXCALE 2008 y ENLACE 2010”

Fuente: PISA 2009

A nivel internacional el desempeño de los estudiantes mexicanos no es favorable. El examen más reconocido nivel internacional PISA (Programa Internacional de Evaluación de Estudiantes, por sus siglas en inglés) muestra los resultados de sus pruebas en el 2009, figura 4.18

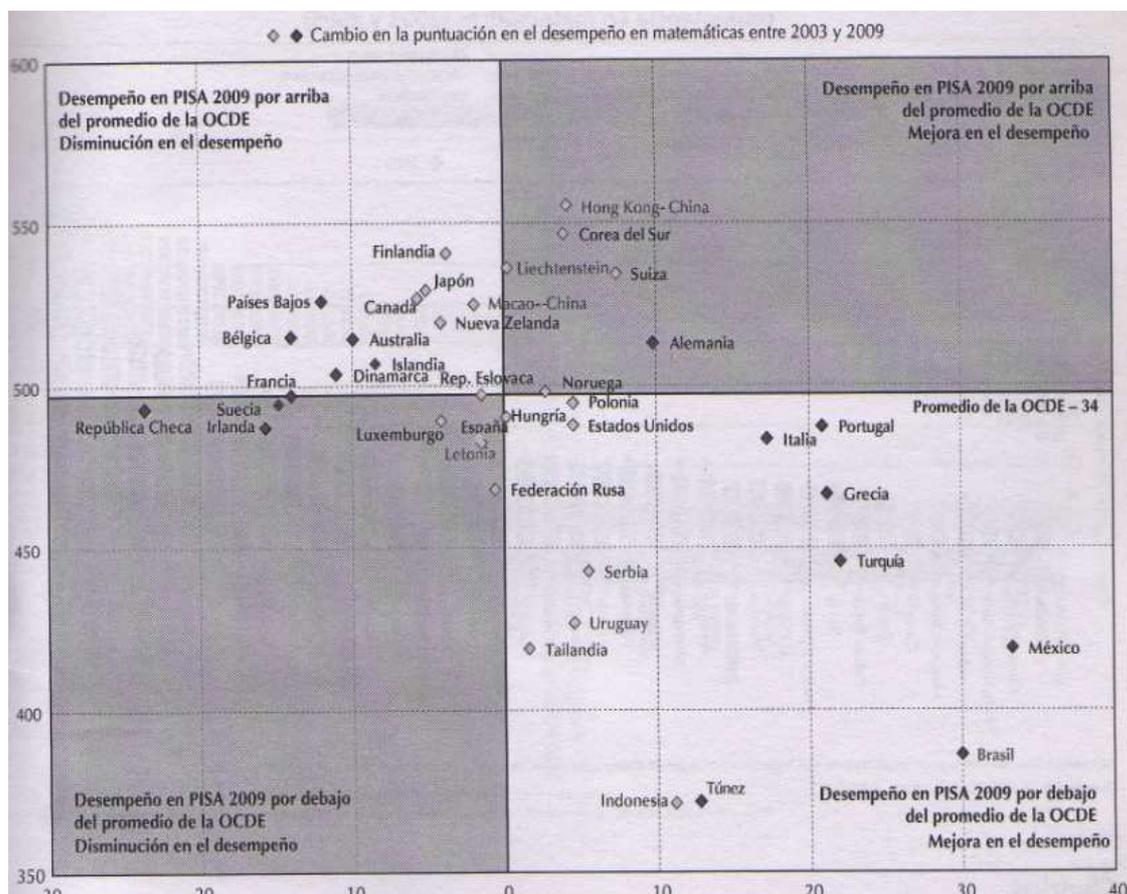


Figura 4.17 “Desempeño relativo y cambio de desempeño de los países desde 2003”

Fuente: PISA 2009

Esta tabla muestra el desempeño de México en la prueba. Por su puesto, existe una variabilidad importante en desempeño del país, incluida la que hay entre los estados individualmente, y dentro de ellos. México midió el desempeño de los estados por separado en PISA 2009. De entre los 15 países del G20 con datos de PISA, México está en el décimo segundo lugar en lectura, matemáticas y ciencias. De entre los 14 países de referencia con nivel similar de PIB per cápita, México está en el décimo lugar en lectura, décimo primero en matemáticas y décimo primero en ciencias.

Desde que se empezó con la prueba en el 2000, y posteriormente en 2006 y ahora en 2009 los resultados permanecieron en esencia sin cambios, respectivamente.

Ha considerarse el desempeño promedio con respecto a una gama de indicadores socioeconómicos, los cuales en su mayoría dan a México una desventaja importante en comparación con otros países industrializados (véase tabla 4.7)

	PIB per cápita (en conversión de equivalencia en dólares EUIA utilizando PFC)	ESCS	Lectura			Matemáticas			Ciencias			
			Desempeño medio	Todos los países/economías Rango bajo	Todos los países/economías Rango superior	Desempeño medio	Todos los países/economías Rango bajo	Todos los países/economías Rango superior	Desempeño medio	Todos los países/economías Rango bajo	Todos los países/economías Rango superior	
OCDE												
Alemania	34 683	0.18	497	26	14	513	13	520	15	10		
Austria	37 615	0.34	515	10	8	514	17	527	11	7		
Austria	36 839	0.06	479	41	26	496	28	494	35	25		
Bélgica	34 662	0.26	506	14	10	515	17	513	24	18		
Canadá	36 797	0.30	524	7	5	527	12	529	10	7		
Chile	14 106	-0.37	449	81	44	421	51	447	43	43		
Corea del Sur	16 574	-0.15	539	1	2	546	6	539	7	4		
Dinamarca	36 336	0.30	495	25	38	503	21	499	30	22		
Eslovenia	26 557	0.07	483	31	30	501	21	512	19	16		
España	31 460	-0.31	481	35	30	482	36	486	37	31		
Estados Unidos	46 634	0.17	502	25	11	487	36	500	29	19		
Estonia	30 020	0.15	501	21	11	512	14	528	11	7		
Finlandia	35 122	0.37	536	4	2	541	7	554	3	2		
Francia	32 495	-0.13	496	27	14	497	28	498	33	22		
Grecia	27 293	-0.02	463	37	22	466	40	470	41	39		
Hungría	18 763	-0.20	494	27	15	490	34	503	27	19		
Irlanda	44 381	0.05	496	19	12	487	15	508	23	16		
Islandia	56 325	0.73	500	19	12	507	19	496	32	26		
Israel	26 444	-0.02	474	40	33	447	44	455	41	42		
Italia	31 624	-0.12	496	31	27	483	36	480	37	32		
Japón	34 635	-0.01	530	8	5	529	12	529	6	4		
Luxemburgo	62 456	0.19	477	39	16	496	33	484	19	17		
México	54 126	-0.22	485	31	26	487	31	488	34	30		
Noruega	53 672	0.47	503	18	10	498	26	500	29	21		
Nueva Zelanda	32 020	0.09	521	9	6	516	14	512	9	6		
Países Bajos	39 594	0.27	508	16	8	526	11	522	16	7		
Polonia	16 812	-0.28	500	22	11	495	27	508	22	17		
Portugal	22 638	-0.57	438	31	25	407	55	453	36	27		
Reino Unido	34 527	0.20	494	27	19	492	35	493	34	34		
República Checa	23 556	-0.09	479	37	31	493	31	514	19	14		
República Eslovaca	20 220	-0.09	477	37	32	492	34	500	29	21		
Suecia	36 285	0.33	497	26	11	494	30	490	37	28		
Suiza	41 800	0.08	501	21	11	534	9	495	34	25		
Turquía	13 361	-1.16	464	41	39	445	44	454	44	49		
Promedio OCDE	32 219		493			496		501				
Países en desarrollo												
Albania	1 459	-0.95	385	60	59	377	61	391	60	58		
Argentina	7 682	-0.62	398	52	50	388	58	401	58	55		
Azerbaián	1 051	-0.64	382	64	63	411	47	373	64	62		
Brasil	7 153	-1.18	412	54	51	396	56	405	56	52		
Bulgaria	5 153	-0.11	429	56	45	428	51	439	42	44		
China Taipei		-0.33	495	27	12	543	7	520	15	11		
Colombia	4 854	-1.14	413	55	50	381	56	402	58	51		
Crucía	15 200	-0.18	429	39	32	460	40	496	39	31		
Dubai (EAU)	47 565	0.42	428	43	41	453	42	466	41	40		
Federación Rusa	8 749	-0.21	459	43	41	468	39	476	40	38		
Hong Kong-China	29 890	-0.80	533	4	3	555	4	549	3	2		
Indonesia	1 824	-1.35	402	50	54	371	63	383	62	59		
Jordania	7 897	-0.37	405	50	53	387	58	415	52	50		
Kazajistán	6 727	0.51	390	60	58	405	54	400	58	53		
Kirguistán	725	-0.65	314	65	63	331	65	330	66	65		
Letonia	12 658	-0.13	484	34	27	482	37	494	35	25		
Liechtenstein	123 970	0.89	490	23	11	536	9	520	16	10		
Lituania	11 384	-0.05	480	41	38	477	38	491	37	28		
Macao-China	26 749	-0.20	487	30	27	525	17	511	19	16		
Montenegro	5 949	-0.24	408	56	53	403	54	401	58	54		
Panamá	5 920	-0.81	371	64	61	360	64	376	64	60		
París	3 771	-1.11	370	64	61	365	64	369	64	62		
Qatar	62 451	0.51	372	63	61	385	63	379	62	60		
Rumania	3 858	-0.14	424	50	48	427	49	428	49	47		
Serbia	3 336	-0.07	442	46	45	442	44	443	46	44		
Shanghai-China		-0.49	556	1	1	600	1	575	1	1		
Singapur	10 521	-0.43	526	6	5	562	2	552	6	4		
Tailandia	3 699	-1.31	411	31	27	419	52	425	49	47		
Tuvalu y Tobago	19 236	-0.55	476	32	30	474	52	490	53	51		
Tuvalu	3 481	-1.20	404	38	34	371	63	401	50	53		
Uruguay	7 206	-0.70	426	50	46	427	49	427	49	47		
Promedio	16 812		432			437		440				

Países similares a México en PIB, Países miembros y asociados de la OCDE con desviación estándar dentro de 0.5
Países por debajo de 1 en ESCS

Tabla 4.7 “Desempeño en evaluación PISA 2009 de jóvenes de 15 años”

Fuente: PISA 2009

La relación indicadores socioeconómicos con el desempeño escolar es muy importante. Los países como México y Turquía tienen una mayor proporción de alumnos con desventaja socioeconómica que los de otros países con menores porcentajes de dichos alumnos. Los resultados de PISA 2009 que la proporción de alumnos de entornos desfavorecidos por debajo de -1.0, medidos por el índice PISA de estatus económico, social y cultural, puede explicar el 46% de la variación del desempeño entre los países de la OCDE (PISA 2009 Results, Volume 1, Gráfica 1.2.4). México es el país con el porcentaje más alto de alumnos de 15 años de edad participantes con índice PISA de estatus económico, social y cultural de -1.0, con un 58.2%, seguido de Turquía con un 58.0% y Chile con un 37.2%.

Lo anterior resume que de acuerdo a PISA, México se ubicó en el lugar 48 de los 65 países participantes y el último de los entonces 33 miembros de la OCDE.

Estos resultados estadísticos muestran el panorama de la educación mexicana desde un punto de vista de resultados. Aunque, asumir esto como una verdad absoluta es una afirmación arriesgada y un poco falta de visión global del entorno educativo de México. Pero no por ello se debe tomar estos resultados a un lado, ya que muestran resultados en base un estudio estadístico concreto y que tomas variedad de variables dentro del estudio. Pero lo más sobresaliente es saber en qué lugar estamos posicionados en el ámbito internacional, cómo se ve a la educación en México y lo más importante los retos que se deben tomar para concretar el desarrollo educativo nacional.

4.4 e – learning en el país

En el país existen y han existido diversas plataformas y programas enfocados al *e – learning*. Como se mencionó en el capítulo 1, la existencia en el país de este método de enseñanza se remonta años atrás cuando la correspondencia fue utilizada como medio de llevar a educación a cierta parte de la población.

Una vez que la tecnología en comunicaciones avanzó, el medio para llevar educación igualmente se modernizó y de la correspondencia paso al teléfono, la radio, la televisión y en los últimos años la Internet.

Esta plataforma que ha revolucionado a la sociedad llevándole a una nueva forma en cómo se constituye y se desarrolla.

Y, es en esta misma donde surge el modelo de “e - learning”. Este modelo que en el país tiene poco años de desarrollo y; tanto gobierno, sociedad y particulares han propuesto iniciativas interesantes que alguna han perdurado y otras desaparecidos.

Se citaran algunos de estos ejemplos, poniendo mayor énfasis en los sistemas que el gobierno ha impulsado para promover la educación a través de esta modalidad y que son la manera en la cual se puede llegar a masificar debido a las condiciones socioeconómicas de la población mexicana.

- 1) Enciclomedia: Programa iniciado en el gobierno de Vicente Fox Quezada que considero llevar y promover en la aulas de 5 y 6 grado de escuelas públicas, centros de maestros y escuelas Normales Públicas, de las condiciones de infraestructura necesarias para el despliegue de TIC en las aulas.

Enciclomedia es una herramienta pedagógica desarrollada por científicos e investigadores mexicanos, que relaciona los contenidos de los libros de texto gratuito con el programa oficial de estudios y diversos recursos tecnológicos, como audio y video, a través de enlaces hipertexto que conducen al estudiante y al maestro a un ambiente atractivo, colaborativo y organizado por temas y conceptos que sirven de referencia a recursos pedagógicos relacionados con el currículo de educación básica.

Asimismo se establecieron las siguientes metas para el programa Enciclomedia,

- Desarrollo de contenidos en soporte electrónico para incorporar libros de texto gratuitos de quinto y sexto grados de educación primaria al sistema Enciclomedia.
- Implementación en coordinación con autoridades educativas estatales, el sistema Enciclomedia para su consulta en todas las escuelas en condiciones de incorporar la tecnología.
- Capacitación en el uso del sistema Enciclomedia a todos los profesores de las escuelas en donde se hayan incorporado al sistema.

Enciclomedia constituyó un esfuerzo para el desarrollo de las tecnologías de la información y la comunicación en la educación básica, y buscó impulsar la producción, distribución y fomento del uso eficaz de materiales educativos, audiovisuales e informáticos, congruentes con los planes, programas y libros de texto.

El propósito de Enciclomedia de llevar las nuevas tecnologías a las aulas de alumnos de los dos últimos años de primaria con el pasar de los años fue perdiendo fuerza e importancia debida a la poca relevancia que le prestaron los sucesores gobiernos.

Esto en gran medida a que al correr los años el programa fue cuestionado en múltiples ocasiones por sus resultados, que nunca fueron medidos por la SEP. Como lo comenta el director del Instituto de Innovación Educativa del Tecnológico de Monterrey, Miguel Székely, y exsubsecretario de Educación Media Superior de la SEP, admitió que, aunque Enciclomedia no fue un fracaso, “de ninguna manera ha sido un éxito”.

“No hay evidencia que haya sido un éxito (...) creo que sería una irresponsabilidad muy grande seguir invirtiendo toda esa cantidad de dinero sin absolutamente ninguna evidencia de que ese dinero está generando un impacto positivo en la calidad de la educación”, advirtió.

El académico enfatizó en que hubiera sido más conveniente invertir ese dinero en capacitar a los maestros.

“Lo que ha pasado en muchas ocasiones es que al llegar la tecnología a la escuela, el maestro no está preparado para emplear esta tecnología e incluso lo ve como una amenaza, y entonces acaba la tecnología.

Todas esas computadoras, en un clóset, o no hubo electricidad para conectarlas, y eso fue porque se hizo una visión muy corta de lo que es la educación. No hay una varita mágica por mandar una computadora a una escuela va a mejorar la educación en México”, comentó.

Ahora con la llegada de Enrique Peña Nieto, en cambio, uno de los nuevos programas que aparecen en el Presupuesto 2013 es una de las promesas del presidente: dar una computadora portátil cada niño que curse el quinto y sexto grado de primaria en todo el país.

Para Fernando Gutiérrez, académico este nuevo esfuerzo debería ir acompañado de una estrategia integral para impulsar el desarrollo en zonas marginadas del país donde la falta de computadoras es el menor de los problemas.

“Esto debe ir acompañado de un cambio global; es decir: voy a dar las computadoras, pero también voy a establecer las condiciones para que el alumno tenga escuelas dignas, profesores capaces y se diseñen los escenarios de aprendizaje para que el alumno, de verdad, obtenga beneficios necesarios”.

Por lo anterior, es casi inminente de este programa que inicio en el 2004 y que pretendía llevar la era digital al aula, pero que por desgracia termino a ser otro programa para la historia.

- 2) POETA: El “Programa de Oportunidades para el Empleo a través de la Tecnología en las Américas”, un proyecto que impulsa la Organización de Estados Americanos para el beneficio de la población con discapacidad y que es ejecutado a través de la Dirección General de Centro de Formación para el Trabajo.

Las aulas POETA son espacios que cuentan con herramientas de la tecnología adaptada para capacitar en áreas productivas a personas discapacitadas, así como a todas aquellas que enfrentan condiciones de marginación extrema, para que obtengan un espacio en el mercado laboral.

El programa POETA ha sido desarrollado por la Fundación para las Américas (Trust of The Americas) que es una entidad cooperante de la Organización de los Estados Americanos (OEA), y está presente en más de 20 centros de América Latina y El Caribe.

El programa comprende la impartición de cursos de alfabetización digital, manejo de programa de ofimática para incrementar el potencial a través del desarrollo de las destrezas en Tecnologías de la Información para eliminar las barreras del desempleo y la inclusión social.

Son espacios educativos que cuentan con tecnologías adaptadas, las cuales tiene el propósito de brindar ayudas especiales para satisfacer necesidades comunes, las que usan para aumentar y mejorar capacidades funcionales de individuos con discapacidad.

En el estudio de programas implementados por el gobierno con impacto nacional en materia de educación virtual, por desgracia, sólo se encontró estos que han tenido o tiene mayor relevancia. Donde verdaderamente se ve un auge en *e-learning* es por parte del sector académico, tanto público como privado.

Son las instituciones educativas que ha sido beneficiadas de las bondades del *e-learning* y que igualmente le han sacado provecho.

Actualmente, existen varias universidades que han integrado a su oferta académica la modalidad llamada por muchos de ellos “campos virtuales”. Estos campos virtuales no son más que educación virtual o *e-learning*, donde los estudiantes son personas que a causa de sus actividades no puede ir tomar clases de forma presencial.

Estos *campus virtuales*, han proliferado de manera masiva siendo una opción atractiva para el mercado educativo en los distintos grados de estudio. Esto conlleva a una serie de preguntas ¿Qué tal efectivo son los campos virtuales? ¿Son de calidad?

Es cierto, que ni en la modalidad presencial hay una garantía de la calidad educativa, por ello es importante inscribirse en instituciones de prestigio y trayectoria académica.

En materia de educación virtual, las instituciones como la UNAM, IPN, U de G y ITESM - TecMileno son las que mayor trayectoria ya que son los iniciadores del proceso de educación a distancia. Estos han manifestado mayores capacidades generales de desarrollo de la tecnología y su asimilación estratégica de la organización.

Hoy en día la UNAM es una de las instituciones que ha destacado esta modalidad pues su sistema de educación abierta y a distancia cumplió 40 años este 2012. En el ciclo escolar 2005 – 2006 en la UNAM había 619 alumnos inscritos y para el ciclo 2011 – 2012 el número subió a 11 mil 877.

Las cifras de las SEP indican que 50.7% de los alumnos inscritos en la modalidad no escolarizada estudia Ciencias Sociales y Administrativas, 28.5% Educación y Humanidades, 15.3 % Ingeniería y Tecnología, 2.9% Ciencias de la Salud, 1.8% Ciencias Agropecuarias y 0.7% Ciencias Naturales y exactas.

A pesar del crecimiento que ha tenido en México la educación a distancia, el ritmo ha sido lento comparado con Brasil, pues en 2005 la matrícula de estudiantes mexicanos en nivel superior era cerca de 200 mil y en Brasil menor a los 100 mil. Para 2009, en México había 260 mil estudiantes, mientras que en Brasil alcanzó un millón.

Existe al menos en el país un riesgo de no definirse una política pública para educación a distancia y advierten expertos “esta modalidad puede proliferar en sentido negativo, pues puede creerse que es muy fácil y que cualquier institución que tenga computadoras puede sacar educación a distancia, y no”.

Enumerar muchos retos por venir, entre ellos definir los perfiles del personal académico, señalando las competencias mínimas de quienes participen en los programas, definir requisitos, las evaluaciones y los procedimientos de ingreso, promoción y permanencia del personal académico y definir mecanismos de atención al alumno para asegurar su permanencia en los estudios, son algunos de los retos que se tienen en el país.

4.5 e – México.

En este tema como conclusión del capítulo trata de exponer la situación nacional acerca del *e-learning* y sobre todo de cómo estamos posicionados en la nueva sociedad del conocimiento.

Años atrás, 2001 para ser exactos en el gobierno del presidente Vicente Fox Quezada se implementó un programa denominado “e – México”

El propósito de esta iniciativa era la de conducir la transición del país hacia la Sociedad de la Información y el Conocimiento y vivir en una sociedad en donde todos los mexicanos se desarrollaran en un entorno de igualdad. Esto a través de políticas para el desarrollo de la Sociedad de la Información y el Conocimiento, así como promover sus servicios, son algunas responsabilidades de la Coordinación de la Sociedad de la Información y el Conocimiento.

Al pasar estos años y con la llegada de los gobiernos de Felipe Calderón y Enrique Peña Nieto este programa se ha mantenido, pero sin el peso y las metas que se tenían pactadas en un principio.

Para términos de esta tesis, queremos incluir en este término “e - México” no sólo a un programa de inclusión digital con unas cuantas temáticas; sino a una política de verdad incluyente en todos los ámbitos de la sociedad y del gobierno mexicano.

Entre estos ámbitos a lo cuáles ponemos como ejemplo la salud (e – medicina o telemedicina), seguridad (e – seguridad), gobierno (e - gobierno), comercio (e - comercio), educación (e – learning o teleeducación), entre otras.

Para efectos de esta investigación dentro de estas políticas se deben incluir como pilar, el tema tecnológico y en especial las telecomunicaciones.

En lo anterior, las últimas políticas públicas acerca del desarrollo, impulso y acercamiento de las tecnologías de la información y las telecomunicaciones al sector educativo muestran poco acerca de ello. Sólo hacen mención pero sin dar un rumbo claro a donde se quiere llegar ni de cómo se quiere llegar.

En últimas fechas, el gobierno de Enrique Peña Nieto mostró a la luz el nuevo Plan de Desarrollo Nacional 2013 – 2018, que según el gobierno, incluyó las opiniones e inquietudes de la población para que en base a ellas hacer este plan acorde a las necesidades del país.

Dentro de PND (Plan Nacional de Desarrollo) el tema de las telecomunicaciones se menciona dentro del objetivo 4.5, donde como premisa se tiene la democratización de las telecomunicaciones al impulsar la cobertura y accesibilidad de la misma. Al leer cada uno de los puntos de acción se hace mención de conectividad y crear infraestructura, que a consideración nuestra, es una política de poco alcance nacional e influyente al contrario de lo que se esperaba. Esto debido a que todo queda en crear infraestructura y accesibilidad sin tener un propósito a que se va destinar y con qué utilidad a la población.

En educación la estrategia 3.1.4 tiene como objetivo promover la incorporación de nuevas tecnologías de la información y comunicación en de proceso de enseñanza, que de igual manera como en el caso de la telecomunicaciones, es una serie de planteamientos que a consideración son muy superficiales y sin una verdadero propósito de inclusión digital.

Esto, ya que la estrategia solo tiene tres puntos y de los cuales son se enfocan a proveer equipo de cómputo y uso de herramientas, sin tener objetivos de desarrollo educativo a través de acciones que propicien en el alumno la capacidad de obtener, procesar, discernir y en el mejor de los casos generar conocimiento.

Con estas acciones la idea de tener una sociedad involucrada en la Sociedad de la Información sólo quedará en una simple provisión de equipo sin una plataforma educativa que desarrolle las habilidades pertinentes para tener un ciudadano consiente e involucrado en este nuevo modelo de sociedad.

4.6 Propuestas tecnológicas para provisión de e –learning en México.

A lo largo de esta investigación se trataron aspectos técnicos de redes de nueva generación (NGN) y de las redes de acceso. Estos, en conjunto con otras tecnologías son capaces de proveer servicios de e – learning y de cualquier otra índole que pueda, ser desplegado, a través de dispositivos de computo.

Teniendo como base al aspecto tecnológico mencionado y una panorámica general de la situación actual de nuestro país en cuantos aspectos como el nivel de desarrollo económico, nivel educativo, acceso a educación y condiciones geográficas en diferentes regiones del país, es posible hacer un análisis adecuado de las necesidades tecnológicas a implementar en una determinada zona.

Con todos estos temas tratados a lo largo de este trabajo de investigación, es posible abordar la problemática de acceso a e – learning en el país desde su perspectiva tecnológica.

Para esto se empieza con la premisa de considerar el aspecto económico de la población que hará uso del e - learning como el pilar determinante de la propuesta tecnológica; dado que los sectores favorecidos económicamente en la actualidad tienen acceso a la TIC's de mejor y en mayores formas, lo que hace que un usuario de estas características pueda hacer uso de cualquier tecnología de acceso y en ocasiones de varias para acceder al e – learning. En contra parte, mientras que los sectores menos favorecidos hoy en día no cuentan con los recursos para poseer un dispositivo de cómputo de uso personal y servicios de comunicaciones.

A lo anterior cabe añadir que es este mismo aspecto socio – económico lo que ha conducido a las empresas de telecomunicaciones a tener poca o nula penetración en zonas donde las condiciones económicas son desfavorables. Esto es entendible dado que el retorno de capital de las inversiones que se necesitan para proveer el servicio a estas localidades o zonas es de largo periodo o en algunos casos a existir la probabilidad de no haber retorno del mismo.

A esto habrá que añadir que la concentración de la población con menores recursos económicos o de mayor marginación se encuentran en las zonas rurales o de difícil acceso principalmente, donde las condiciones geográficas de las zonas hacen casi imposible el tendido de red de telecomunicaciones.

Por tales motivos y tomando en cuenta el propósito general de la tesis, que es proponer soluciones técnicas en telecomunicaciones para promover el acceso a e – learning a grupos social – económicamente desfavorecidos, es que en los siguientes párrafos se propondrá una serie de soluciones en cuanto a tecnologías de acceso que satisfagan los requerimientos mínimos necesarios de ancho de banda, facilidad de despliegue, número de usuarios, etc. Pero sobre todo que cumplan las expectativas económicas por parte de la entidad encargada de la provisión de este servicio a este tipo de comunidades.

Por todo lo anteriormente explicado es que se llega a una propuesta de provisión de e – learning en donde la entidad económica que provee los recursos para el despliegue, operación y mantenimiento de la red de telecomunicaciones es el gobierno en sus diferentes niveles de poder.

Para la parte tecnológica se ha llegado a la conclusión en donde la red de telecomunicaciones esté en base al modelo de las Redes de Nueva Generación (NGN), visto en el capítulo 2 de este trabajo. En este apartado las capas superiores del modelo para nuestros fines y alcances de estudio no son de interés y por lo tanto se consideraran únicas. Por ello, sólo nos enfocaremos en la capa de tecnologías de acceso como caso de estudio.

Con lo anterior ya definido, sólo queda por añadir el aspecto técnico - económico que implica cada propuesta de red de acceso para proveer e – learning en las diferentes zonas donde se concentran los grupos de mayor vulnerabilidad social. Como se mencionó en párrafos anteriores, el aspecto de geográfico de la zona y las dificultades de acceso aumentan los costos para su despliegue, por lo tanto, debe de analizarse que tecnologías de acceso son adecuadas para cada zona geográfica.

En base a todo lo anterior, la conclusión y propuesta técnica parte de la premisa de que las zonas de mayores carencias económicas se centran tanto en las zonas rurales como en las urbanas o metropolitanas de las principales ciudades del país.

Por ello se ha decidido hacer una división entre tecnologías que se proponen como solución técnica en dependencia de la zona, rural o urbanas – metropolitanas, dado que algunas de ellas por su naturaleza son mucho más viables en una zona que en otra.

A continuación se muestra el siguiente diagrama con la propuesta final para la provisión de e – learning en el país.

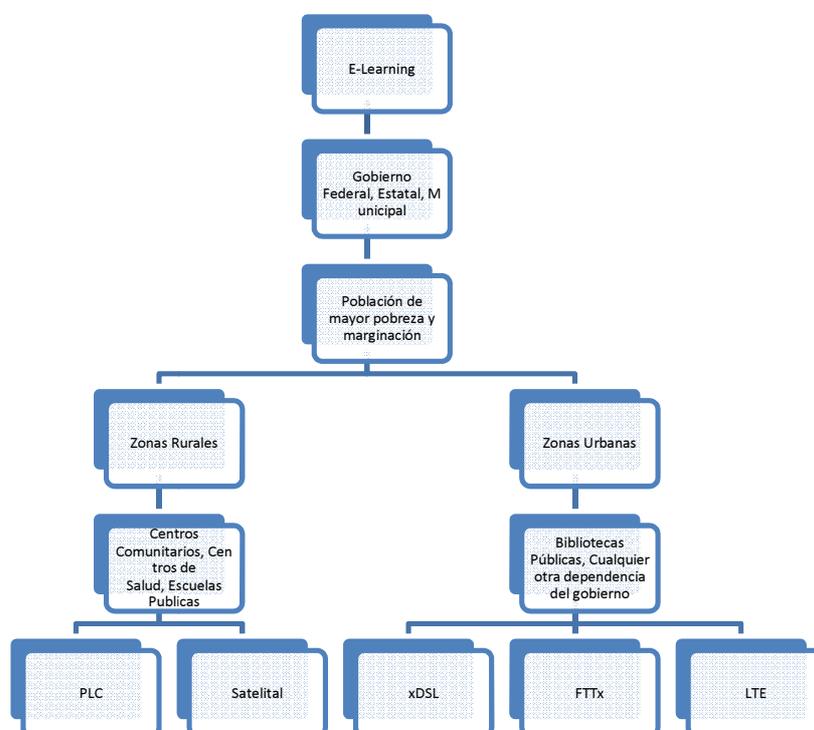


Figura 4.18 “Provisión E-Learning”

En la figura 4.18 se muestra un factor importante y que en párrafos anteriores no se mencionó, las locaciones para proveer el servicio. Como se mencionó anteriormente, el gobierno en sus tres estratos es el que fomenta este servicio. Por ello, los gobiernos municipales principalmente serán los encargados de proveer el inmueble donde la población desfavorecida se concentre para acceder al servicio de e – learning.

Para el fin anterior se proponen inmuebles como bibliotecas públicas, centros comunitarios, mercados públicos, centros de salud, centros deportivos y cualquier oficina de gobierno perteneciente a cualquiera de los tres niveles que disponga del espacio e instalaciones adecuadas para implementar equipo de cómputo y aceptar un número determinado de usuarios.

A continuación se describen las diferentes propuestas técnicas para cada zona geográfica de estudio.

4.6.1 Zonas Rurales

A lo largo de la historia social – económica de nuestro país las zonas agrícolas – ganaderas han sido focos de disparidad en estos ámbitos con respecto a las zonas urbanas. Por lo esto, la infraestructura de comunicaciones, educación y otros servicios en mucho menor en cantidad y en ocasiones en calidad en comparación con las ciudades.

Muchas veces esto es ocasionado a la topología de terreno en la que se encuentran estas localidades o con su lejanía de los principales centros urbanos. Por ello, se debe considerar de tecnologías de acceso de comunicaciones que no impliquen un gran despliegue de recursos económicos. Esto implica que sea fácil de desplegar en comparación con otras alternativas.

Esto han llevado primeramente a descartar técnicas de acceso como las de par de cobre (xDLS), fibra óptica (FTTx), par de cobre cobre/fibra óptica (DOSCx) y la telefonía celular.

Las tres primeras tecnologías se han descartado por los siguientes puntos,

- Necesitan de un gran despliegue de tendido de cable para poder conectar a cada uno de los abonados con la central del proveedor de servicio.
- La degradación del servicio conforme a la distancia entre el abonado y esta central de servicio.
- El enorme costo económico del despliegue del tendido.
- La relación costo/beneficio que se obtiene.

En el caso de la telefonía celular se trata aparte debido a que en la actualidad el principal operador del este servicio en el país cuenta con una cobertura del 95 % de la población con tecnología 3G y en al primer semestre de este 2014 alcanzar el 65 % de la población con LTE. El primer dato suena alentador si pensamos en el empleo de esta tecnología como punto de acceso a e - learning en zonas rurales. Pero existe la limitante en cuanto al ancho de banda que se tiene con este operador, que de acuerdo con sus ofrecimientos oficiales promete hasta 4 Mbps en el canal descendente para cada usuario. Pero en muchas ocasiones esta velocidad es inferior, lo que dificultará aprovechar los recursos multimedia e interactivos que se prevén ofrecer para que el usuario tenga una calidad de aprendizaje.

Si pensáramos en LTE como solución, el resultado es de un no rotundo para ser desplegado estas zonas, al menos a mediano plazo.

Por lo tanto, la telefonía celular para nuestra propuesta técnica está descartada.

De las tecnologías analizadas en el capítulo 3 de este trabajo de investigación, se ha decidido emplear dos de ellas como solución tecnológica para comunidades rurales y alejadas del país, BPL (datos por el cableado eléctrico) y los sistemas satelitales.

Esto debido a las facilidades que presentan en su implementación, operación y mantenimiento es por lo que se ha elegido estas tecnologías como propuesta para encontrar una solución en la provisión de comunicación a estas comunidades, y así mismo, acceder a las plataformas de e-learning.

A continuación una breve descripción de la propuesta de cada modelo de conectividad para las zonas rurales y marginadas del país,

- 1) BPL: Este sistema tiene como principal sustento la penetración a nivel nacional del servicio de energía eléctrica. De acuerdo a datos oficiales proporcionados por la empresa paraestatal que se encarga de este servicio, CFE, a finales del 2013 el 98% de la población contaba con servicio de energía eléctrica. Esto en que se traduce, que el despliegue del medio de transmisión está garantizado en las comunidades rurales y alejadas del país.

Por ello es de considerar esta tecnología como una solución dado que el costo de implementación se reduce con sólo la introducción de los equipos transductores, repetidores BPL y extractores BPL que se emplean en las diversas etapas de la transmisión de energía eléctrica. Además de la instalación de los equipos transductores en la parte del usuario.

En la siguiente figura se describe el modelo a seguir para la implementación del servicio de telecomunicaciones en base a esta tecnología;

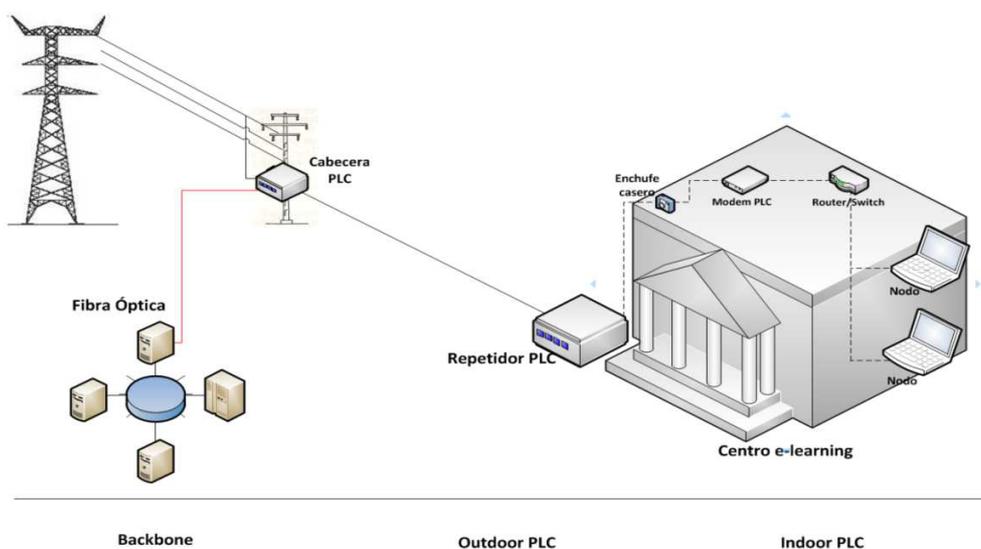


Figura 4.19 “Arquitectura e-learning sobre PLC”

Como podemos ver en la figura 4.19, los centros comunitarios juegan un papel primordial. Es en estos donde la población se acercara para recurrir al e – learning. En cada uno de ellos se instalara uno o varios módems BPL que transformaran la señal de información contenida en el cableado eléctrico a señal de información que pueda ser entendida por los switches y equipos de cómputo.

- 2) Servicios satelitales: Este sistema en la actualidad es empelado por el gobierno para proveer educación secundaria a través de la modalidad de telesecundaria. Pero a pesar de estos intentos el nivel de aprovechamiento de este sistema ha sido limitado.

Anteriormente el gobierno mexicano ha empleado la red satelital para este fin con el primer sistema de satélites *Morelos I* y *Morelos II* y posteriormente con los satélites *Solidaridad I* y *II*.

Con la privatización de sector y convertirse en SATMEX (Satélites Mexicanos) el empleo de estos para servicios a la población se siguió enfocando, al menos en el ámbito educativo, a la provisión de contenidos educativos a través de la televisión como son EDUSAT, ILCE por nombrar algunos.

Por ello, los sistemas satelitales deben ser empleados con el fin de aprovechar los recursos disponibles y así obtener el mejor beneficio de ellos, al disponer de una flota de satélites que cubren la totalidad del país y, así, llegar a cada una de las comunidades alejadas en donde proporcionará servicios de e –learning y de otra índole.

Debido a que los sistemas satelitales abarcan grandes áreas son sistemas bastante considerados para la provisión de servicios a zonas donde otras tecnologías por su naturaleza no es fácil de implementar. Por esto y otras razones es que consideramos que este modelo es el principal que proponemos,

- Es el sistema de mayormente empleado en la actualidad en el mundo y en México para provisionar servicios de telecomunicaciones a comunidades marginadas.
- Actualmente el país cuenta con un nuevo sistema de satélites pertenecientes al gobierno federal denominado “MEXSAT”. Este sistema compuesto, al menos en proyecciones a futuro, de 3 satélites denominados de MEXSAT I, II y III, ya que en estos momento está solamente uno de ellos en operación.
- La implementación de la infraestructura es relativamente sencillo. Como se explicó en el capítulo 3, para proveer servicio satelital en la parte de usuario sólo es necesario una estación satelital conocida como VSAT (Terminal de Apertura muy Pequeña o “*Very Small Aperture Terminal*”) y la flota o el satélite a utilizar para cubrir la zona de relevancia.

En la figura 4.20 se puede observar el modelo del sistema satelital

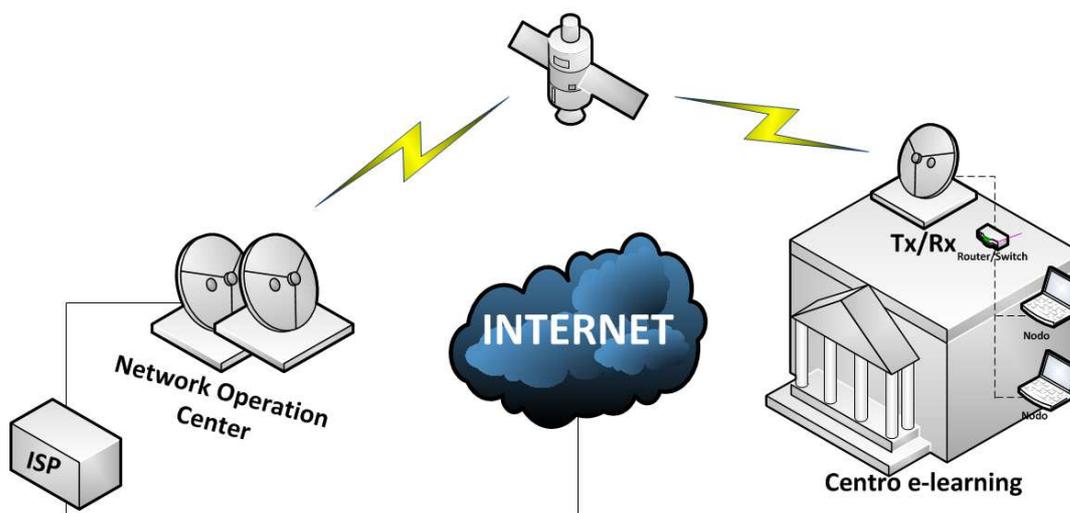


Figura 4.20 “Arquitectura e-learning sobre Satelital”

En ambas propuestas el factor de cobertura y permanencia de esta del gobierno de la república lo hacen candidatos naturales a ser empleados como tecnologías de acceso.

4.6.2 Zonas Urbanas

Para implementar el sistema e-learning en el ambiente urbano tenemos muchas opciones tecnológicas, en este subtema analizaremos las tecnologías más viables para la implementación del sistema e-learning en las zonas urbanas.

Los lugares en donde se implementaría el sistema de e-learning sería en la red de bibliotecas públicas de los distintos niveles de gobierno (federales, estatales, municipales y delegacionales). Se eligieron estos lugares porque no es necesario realizar ninguna inversión extra para la construcción de lugares adecuados para implementar el e-learning, ya existen y son de fácil acceso en las zonas urbanas.

Esta red mediana de bibliotecas públicas, que son de fácil acceso para los habitantes urbanos, se encuentran en cada municipio y colonia y en algunos casos extremos han sido casi abandonadas o mal aprovechadas (no han cumplido su objetivo como lugares de fomento a la educación), es por ello que dotándolas de un sistema de acceso a internet de alta velocidad (algo muy atractivo para los jóvenes) podemos atraer a ese sector de la población al que va dirigido el e-learning.

Una vez que tenemos los lugares objetivos en los que implementaríamos el e-learning debemos definir que tecnología usaremos para ello, analizaremos las tecnologías más viables que ya han sido descritas en capítulos anteriores de este trabajo, para lograr acotarlas a solo las más viables por su facilidad de implementación, costos, etc.

- 1) Como ya se analizó en capítulos anteriores, una tecnología relativamente nueva en nuestro país es LTE. LTE nos brinda velocidades muy elevadas (20Mbps de bajada y 6Mbps de subida, comerciales en México) con las cuales nuestro sistema e-learning no tendría ninguna limitación con respecto a las velocidades ocupadas para las actividades en tiempo real cuya demanda de ancho de banda es elevada como son las videoconferencias, streamings de información en tiempo real.

Con los últimos datos obtenidos acerca de las coberturas de esta tecnología en las ciudades urbanas nos aseguramos que ya ha sido implementada en todas las principales ciudades del país, es decir, tendríamos cobertura LTE y por lo tanto puntos de acceso para e-learning en cualquier lugar de las principales zonas urbanas.

Para lograr la implementación de e-learning usando LTE necesitaríamos implementar pequeños equipos transceptores LTE que serían implantados en las bibliotecas, estos transceptores funcionarían como los módems comunes que contamos en nuestras casas a los que se conectarían los equipos ubicados dentro de las bibliotecas de forma alámbrica o inalámbrica. A continuación podemos observar su arquitectura:

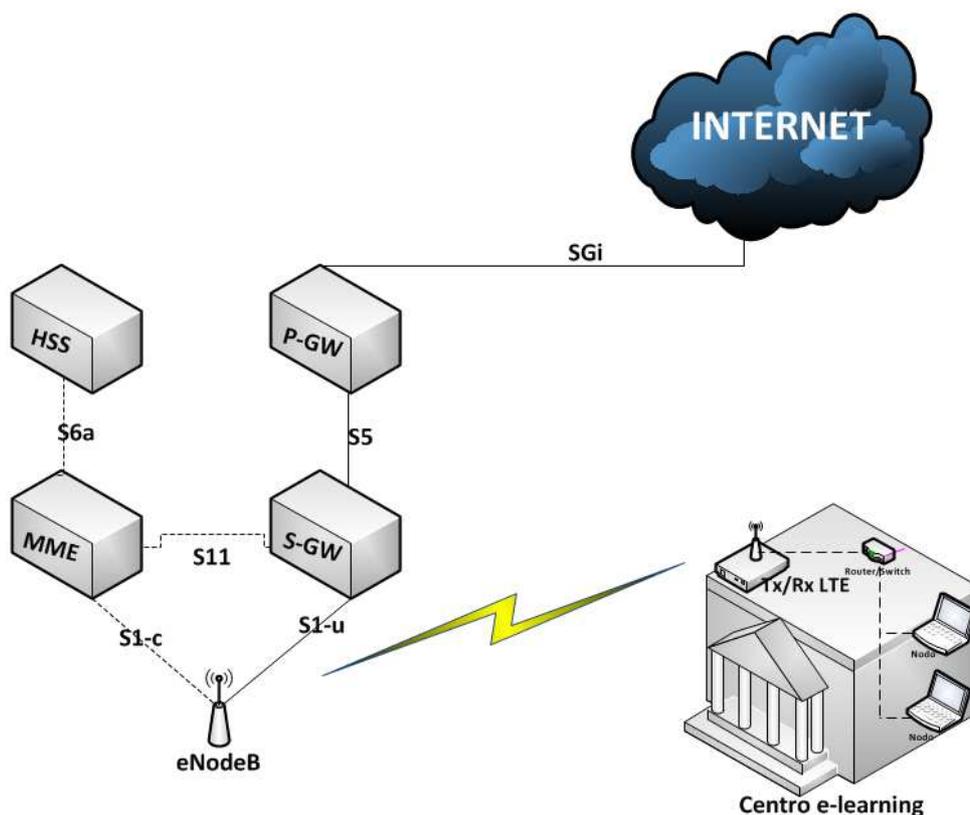


Figura 4.21 “Arquitectura e-learning sobre LTE”

- 2) Otra tecnología que brinda ventajas para la implementación del sistema e-learning es xDSL, esta tecnología nos brinda velocidades de bajada que van desde 64 Kbps con ISDN hasta los 51.84 Mbps con VDSL, otra ventaja que tiene esta tecnología es que en las zonas urbanas su disponibilidad es inmediata.

Otra ventaja de utilizar xDSL es que la mayoría de las instalaciones en zonas urbanas ya contemplan un número determinado de líneas de abonado telefónico cuyas velocidades más limitadas están en 3 Mbps con lo cual se puede mantener fácilmente videoconferencias y streamings. A continuación podemos ver en la figura 4.22 cómo sería la arquitectura de nuestro sistema usando xDSL:

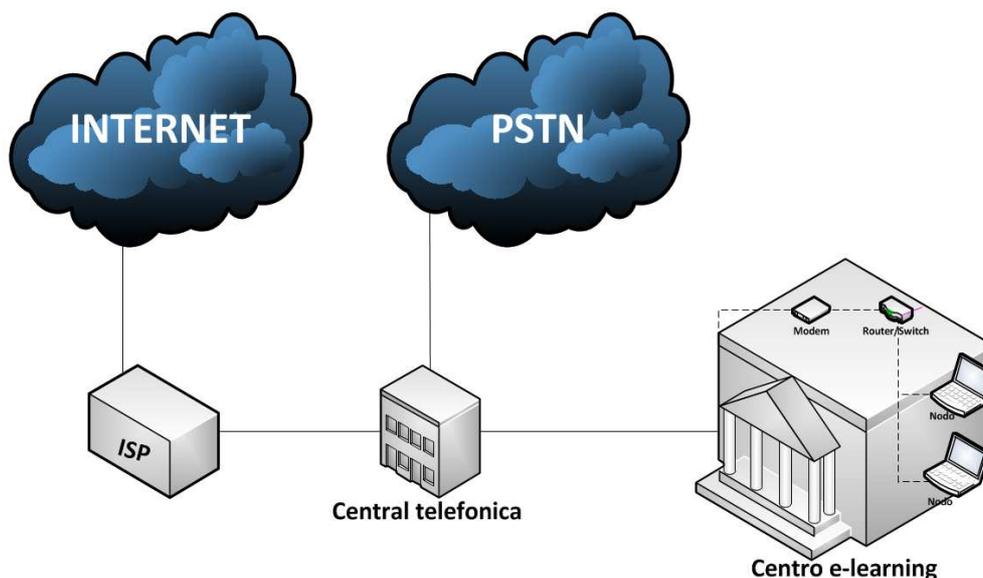


Figura 4.22 “Arquitectura e-learning sobre xDSL”

Las arquitecturas que hemos propuesto nos ofrecen velocidades que van desde los 3 Mbps hasta los 50 Mbps y varias formas de acceso; alámbrico e inalámbrico, pero aún contamos con más opciones como la fibra óptica.

- 3) Con la tecnología FTTx podemos alcanzar velocidades que van desde los 24 Mbps con FTTN hasta los 1.25 Gbps con FTTH, esta tecnología nos garantiza video conferencias de alta calidad digital HD, un ancho de banda lo suficientemente grande para soportar todo tipo de streamings, además de ampliar el número máximo de alumnos que podrán conectarse al sistema e-learning desde una misma locación. Una de las ventajas de utilizar esta tecnología son las velocidades máximas que se pueden alcanzar las cuales sobrepasan los requerimientos del sistema e-learning.

A continuación podemos ver en la figura 4.23 cómo sería la arquitectura utilizando tecnología FTTx;

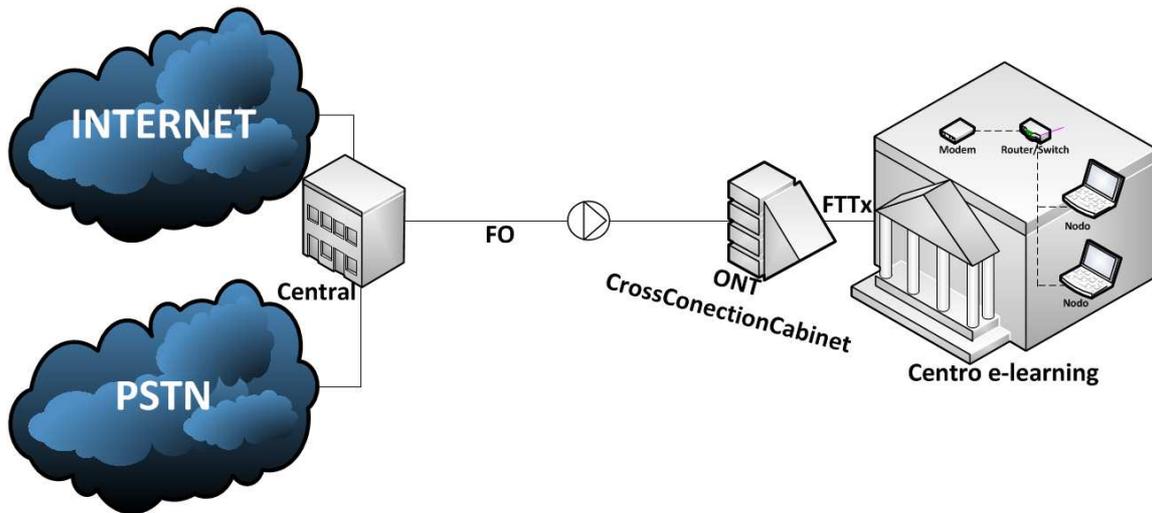


Figura 4.23 “Arquitectura e-learning sobre FTTx”

Debido a los dispositivos ópticos que se utilizan en las redes ópticas el costo se incrementa comparado con la tecnología xDSL la cual nos proporciona velocidades menores pero suficientes y a un menor costo, comparando xDSL con LTE vemos que las velocidades son comparables, la ventaja radica en el costo y la disponibilidad, debido a su relativamente nueva salida al mercado es un servicio de mayor costo que el xDSL, otra ventaja ya antes mencionada es que casi por definición cualquier edificio público, bibliotecas, centros comunitarios, etc., ya cuenta por lo menos con una línea de abonado, facilitándonos el tiempo de implementación del sistema e-learning y el costo. Por lo tanto podemos ver que las diferentes tecnologías son útiles para el sistema e-learning y solo las características que dan la ventaja a xDSL sobre las demás es el costo de implementación y su inmediata disponibilidad.

Conclusiones

Al finalizar el trabajo de investigación resalta la importancia de la educación y las telecomunicaciones como motores de desarrollo económico y social de un país. Al iniciar esta investigación, a primera vista, la educación y las telecomunicaciones parecerían dos entes totalmente ajenos, pero al adentrarse más en esta investigación concluimos que no lo son y nunca lo fueron, tal como se aprecia desde el primer capítulo.

Importancia del e – learning en la educación.

Actualmente el tema de la educación se ha convertido un tema de debate en la mayor parte de los sectores de la sociedad mexicana y del mundo. Esto debido a que la educación es el propulsor de una economía envuelta en las últimas décadas por el conocimiento que conllevan al desarrollo científico – tecnológico.

En México como en la mayor parte del mundo la educación tiene retos, carencias que persisten y que no se han solventado por el modelo tradicional de formación. Por ello, se han buscado alternativas, que cubran en mayor o en menor medida estos retos, y que garanticen su efectividad en la formación de educandos.

Como una solución viable y que alrededor del mundo se ha puesto en práctica es lo que en el ámbito educativo y tecnológico se denomina “*e - learning*”.

E – learning ha venido a cambiar la manera en la que la educación tradicional y la formación profesional pueden ser impartidos, al romper las barreras de lugar, tiempo y distancia; ya que al

pertenecer al conjunto de la educación a distancia, que toma como pilar a la red más importante que es la Internet, permite que estos tres conceptos que en la educación tradicional son una limitante, ahora no sean impedimento para tener un proceso de aprendizaje constante.

Por lo anterior, se han desarrollado iniciativas y proyectos en el país y alrededor mundo para el desarrollo, impulso y penetración del e – learning como modelo educativo que incremente el número de personas con acceso a la educación y así, solventar este rezago que actualmente se presentan en la población a causa de la falta de oportunidades para cursar en algún sistema educativo tradicional.

Como claro ejemplo del párrafo anterior están las iniciativas por parte de la UNAM, IPN, ITESM y UDG principalmente; donde han puesto a disposición sus sistemas educativos presenciales a la población que anteriormente no tenía la oportunidad de cursar alguna licenciatura y, ahora puedan hacerlo a través del e – learning.

Existen otros ejemplos de e – learning implementados en otros niveles de enseñanza, secundaria o bachillerato, que han también han coadyuvado a la reducción de la brecha educativa, pero que en número de iniciativas y de personas beneficiadas no se comparan con los resultados que se muestran a nivel superior o formación profesional.

Por todo lo anterior e – learning es una modalidad que en la actualidad y en específico en México tiene una penetración reducida, pero a su naturaleza y a los resultados mostrados es serio candidato a convertirse a una alternativa educativa para la población que está buscando ofertas de educación, que se han negado por circunstancias económicas, sociales o de cualquier índole. Al no tener acceso a la educación presencial han volteado la mirada al e – learning como una verdadera alternativa para satisfacer estas necesidades.

Las telecomunicaciones y su estrecha relación con el e – learning.

Como se explicó con anterioridad en el capítulo 1 de esta investigación, el e –learning surge como evolución natural dentro de la educación a distancia. Esta evolución es causada por el desarrollo de las llamadas Tecnologías de la Información y la Comunicación o comúnmente denominadas TICs.

Desde los principios de la educación a distancia, su principal objetivo es proveer educación en cierta medida formal, con el paso del tiempo esto ha cambiado, a las personas que por diversas circunstancias no contaban con la posibilidad de una educación presencial.

Para este propósito se requirió echar mano de algún medio de comunicación. En sus inicios el servicio de correos tomó ese rol y se empleó para proveer esta modalidad educativa. Con la aparición de nuevas investigaciones en el campo de la electricidad y el electromagnetismo se lograron varios avances tecnológicos que revolucionaron la comunicación como es el caso de la telegrafía y el teléfono en su momento.

Con esto la educación pasó a otro medio más rápido y eficaz para la provisión de información necesaria al educando que se encontraba de manera remota.

Esto logro hizo que la educación tuviera por primera vez esa inmediatez y doble sentido en la comunicación que posterior a esto no se contó.

La evolución de la tecnología en las telecomunicaciones fue el parte aguas a la vez de la evolución de la educación a distancia ya que cada nuevo aporte tecnológico provisionó a la educación de recursos que lo hacía más sofisticada hasta llegar a ser lo que es en nuestros días es, la denominada “e - learning”.

El e – learning surgió en la Internet , una red a nivel mundial convertida como medio de comunicación de gran importancia en la actualidad debido a los recursos que provee, facilidad de uso, flujo de información inmediata y sobre todo a su cada vez mayor penetración en la población.

Por todo esto creemos que entre más evolución presenten las telecomunicaciones la educación y otros sectores de la sociedad tendrán mejores medios para proveer sus servicios y beneficios a grupos marginados sin acceso a estos servicios.

Redes de nueva generación como base tecnológica del e – learning.

Las redes de nueva generación han conllevado una nueva forma de ver y entender a las redes de telecomunicaciones, debido a la forma en la que se estructuran estos tipos de redes.

Las redes de nueva generación tienen una estructura vertical a comparación de las anteriores redes que se basaban en una estructura horizontal. Esto ha conllevado a que cada capa de la red es independiente a la otra en cuanto a su desarrollo, implementación, operación, administración y mantenimiento.

Para caso práctico del e – learning esto se traduce en un servicio que puede ser provisto por diversas compañías o institutos educativos que montan sus contenidos en diversas plataformas de software conocidas como LMS (“*Learning Management System*” o Sistemas de Administración de Enseñanza) como por ejemplo Moodle, iLearning de Oracle, Docebos, DaVinci, entre otros para proporcionar sus contenidos y que en caso de alguna modificación de dicho software el servicio en si no se vea afectado.

Además como se trató en este trabajo de investigación, las NGNs contiene otros estratos que se interrelacionan para proveer cualquier tipo de contenido. Por lo tanto la modificación de cualquiera de los estratos inferiores donde residen los programas de e – learning no afectaría al servicio en sí; lo que posibilita a los usuarios finales del e – learning elegir libremente la empresa de solución tecnológica para este fin.

A su vez, las compañías de proveedoras de servicios de tecnología y comunicaciones tienen la libertad de elegir a sus respectivos proveedores que le brinden el equipo y soporte técnico para su operación y mantenimiento.

Por lo anterior, las redes de nueva generación son el paradigma en las redes de comunicaciones que ha permitido no sólo al e – learning, sino a una infinidad de servicios migrar de sus conceptos originales a una ambiente tecnológico que le da nuevas oportunidades de crecimiento.

Redes de acceso y su juego primordial en el acceso al e – learning.

Al igual que en el apartado anterior donde las NGNs han permitido el desarrollo del e –learning, creemos que las redes de acceso son de mayor relevancia en esta revolución tecnológica.

Esta afirmación se basa en la premisa que las redes de acceso son el punto de contacto con la tecnología que tiene el usuario final de un servicio como e – learning. Es el lugar donde el usuario tiene la verdadera capacidad de conocer y elegir en cuanto a tecnología se refiere dado que existen diferentes opciones, como se trató en el capítulo 3 que habló precisamente de las estas tecnologías y sus principios.

Al igual que la estructura de las redes de comunicación, las redes de acceso han evolucionado de una forma acelerada en los últimos años que a nuestro parecer han permitido la revolución de los servicios tradicionales a servicios multimedia.

Lo anterior se basa a que las redes de acceso han evolucionado en cuanto a capacidad de usuarios y sobre todo en capacidad de transmisión de datos , pasando de unos cuantos usuarios y unos kilobits sobre segundo a cientos de usuarios y tasas de transmisión de cientos de Megabits sobre segundo.

Esto ha conllevado a que los usuarios experimenten mejores servicios y contenidos en sus hogares, lugares de trabajo y en sus dispositivos móviles ya que al contar con mayores tasas de transmisión de datos, igualmente, la cantidad de recursos que pueden ser implantados en esos contenidos son mayores. Esto permite una mejor experiencia a los usuarios que utilizan servicios como e – learning, ya que los contenidos se despliegan en formas diversas como audio, video, texto, animaciones y una interactividad entre profesor – alumno tanto en tiempo diferido como en tiempo real que no se lograba con otros medios de comunicación o redes de acceso anteriores.

Esto no podría ser posible si las tasas de transmisión en las redes de acceso no fueran los suficientemente grandes como para ser capaces de transmitir las enormes cantidades de datos que se necesitan.

México y su posición e – learning – telecomunicaciones

En el último capítulo de esta tesis de trataron temas de carácter estadístico e informativo acerca de las telecomunicaciones, educación y e –e learning en el país para clarificar las ideas acerca de la situación nacional sobre estos temas.

Muchos de los resultados mostrados en cuánto a telecomunicaciones y educación no son para nada los deseados ya nivel internacional nos ha colocado en un puesto de total desventaja en estos rubros.

Uno de los primero servicios de telecomunicaciones que en nuestro país aparecieron y que todavía en nuestros días prevalece es la telefonía fija. En la actualidad los números muestran un estancamiento en la cantidad de abonados por número de habitantes lo que indica que sólo un limitado sector de la población cuenta con servicios de comunicación y, que a nuestro parecer es un buen indicativo del desarrollo en Internet y e – learning en México.

Esta afirmación surge de la premisa que el mayor proveedor de servicio de Internet en el país, Infinitum de Telmex, basa su tecnología de provisión del servicio en XDSL; como se vio en el capítulo 3. Una tecnología de acceso donde el medio de transmisión es el par trenzado de cobre de la línea telefónica convencional. Esto refleja dos situaciones, la primera el estancamiento de los servicios fijos y, la segunda el limitado acceso a Internet.

Aunado a esto, es un servicio que se necesita contratar por aparte del servicio telefónico lo que hace aún más restringido el uso de Internet, al menos en el ámbito residencial. Esto nos ha colocado en un rezago en penetración de este servicio en comparación a otros países con similitud en tamaño económico.

Otro de los servicios que se trataron fue la televisión de paga o restringida, donde en el capítulo anterior se mostró un crecimiento en el número de usuarios. Creemos que esto acontece debido a la apertura del sector de las comunicaciones a nuevos competidores que ahora enfocan su catálogo de servicios no por separado como se venía haciendo en tiempos pasados, sino en conjunto al proporcionar telefonía fija, televisión e Internet a precios competitivos lo que ha atraído al consumidor.

La telefonía celular por otro lado es un tema que debe ser analizado por separado, y surge la pregunta ¿Por qué? La respuesta creemos que se encuentra básicamente en que es el sector de las telecomunicaciones con más auge, no sólo en nuestro país sino en el mundo entero.

Desde la aparición de esta tecnología a mediados de los años 80's se convirtió un hito en el mundo de las comunicaciones, lo que causó su rápida expansión. Su llegada a México a principios de los 90's presentó un crecimiento lento pero constante, pero a finales de esta década la reducción de costos en equipos de red y la aparición de nuevos competidores han logrado que desde esas fechas su crecimiento se haya mantenido constante y a pasos acelerados hasta nuestros días.

Hoy es el sector no sólo de las telecomunicaciones, sino de la economía con mayor crecimiento y esto lo ha puesto como un referente en el futuro de las comunicaciones y de otros sectores productivos que pueden aprovechar su potencial a través del Internet.

En la actualidad existen alrededor de 90 millones de celulares a nivel nacional. Esto nos da una clara muestra que se cuenta con casi la totalidad de la población con este servicio independientemente del grupo social, económico al que pertenezca.

Hoy en el mundo la Internet se ha convertido una necesidad y en países como Finlandia un derecho humano. Por consecuencia, se necesita la tecnología necesaria que pueda sacar el mayor provecho a este recurso.

Por ende es la tecnología celular el punto de lanza para llegar a la población y proporcionarle una gama de servicios a parte del sólo hablar y mandar mensajes. A lo anterior debemos añadir el desarrollo de dispositivos móviles con mayores capacidades que han propiciado la expansión de la Internet y haya acelerado de manera exponencial, al pasar de sólo acceso a través de redes fijas y una computadora a estar disponible en cualquier lugar y momento a través de las redes celulares.

En México la tecnología celular ha pasado de la red 2G hasta la 4G o LTE, visto en el capítulo 3. Las redes 4G permiten tener velocidades de transmisión muy superiores a las que se tenían en las redes de 3G o HSPA+. En la actualidad dos empresas ofrecen sus servicios de LTE, Telcel de América Móvil y Movistar de la española Telefónica.

LTE en primera instancia apoyará a desahogar el incremento del tráfico de datos que ha empezado a saturar las redes 3G y por otra con el tiempo abrir nuevos servicios ofrecidos a través de Internet.

Es en donde las diversas denominaciones “@ o e” toman fuerza y para propósitos de esta investigación el “e- learning”.

En México el e – learning principalmente se concentra a la provisión de educación en el sector privado y dirigido puntualmente a personas que ya se encuentran en la vida productiva y que por cuestiones de tiempo no pueden recurrir a un sistema de educación presencial.

En el país principalmente las instituciones de educación superior privadas son la que hacen uso de esta plataforma y empresas privadas dedicadas a la provisión de capacitación, entrenamiento o actualización de habilidades al personal de empresas.

Las instituciones públicas también ha incursionado en el e – learning al implementar algunos de sus programas académicos presenciales en esta plataforma. Esto ha apoyado a jóvenes que no tiene la oportunidad de estudiar el bachillerato o licenciatura por falta de espacio puedan hacerlo a través del e – learning.

Pero con todo esto, la penetración total en el país es muy reducida y no se ha explotado las bondades de esta plataforma. Existe un vasto campo de acciones en la materia.

El marco de las telecomunicaciones y el e - learning en México no estaría completo sin la relación de un sistema de comunicación y una cuestión educativa que lleva más de cuatro décadas en México y que van muy de la mano. Nos referimos a la fórmula educación a comunidades rurales y los sistemas satelitales.

La educación rural y a distancia y los sistemas satelitales.

A comparación de las primeras tecnologías y el e –learning de las grandes instituciones tratados en la conclusión anterior, la simbiosis sistemas satelitales – educación rural es una de las más importantes en nuestro país y la que mayor tiempo ha prevalecido.

Consideramos que esta relación es una de las viables para solventar el rezago educativo que prevalece en nuestros días. Y decimos viables, porque a pesar del tiempo que lleva este modelo los resultados no son muy satisfactorios como lo muestran los resultados de las diversas pruebas para evaluar la educación de país.

Los sistemas satelitales en México se han enfocado a proporcionar servicios de comunicaciones a lugares remotos y de difícil acceso, en donde la población es escasa y carente de muchos servicios, entre ellos la educación y la salud.

Es por ello que el 17 de agosto de 1965 se anunció por primera vez en el periódico Novedades, el proyecto de Alfabetización y Educación Secundaria por televisión, mencionado en aquellos tiempos en algunos países que el uso de este medio había generado mejores resultados educativos, y en menor tiempo que los métodos tradicionales.

Desde aquellos años hasta nuestros tiempos la desigualdad social, aún muy marcada, ha orillado a las comunidades rurales y marginadas un único método de enseñanza, la educación a distancia. Para ello se ha recurrido a los sistemas satelitales, dado que son la tecnología viable por sus características, como se vio en el capítulo 4; pero principalmente al menos en nuestro país, a la participación del gobierno federal en la compañía o sistemas de satélites, SATMEX y MEXSAT, este último de reciente incorporación que han contribuido que la provisión de servicios sea viable económicamente para el gobierno y para la misma población.

Lo anterior viene por la cuestión en el cual otros sistemas no se han integrado, como los sistemas de telefonía fija y celular. Esto, debido a que están en manos de particulares y por los puntos ya mencionados no les es viable económicamente la implementación, operación y mantenimiento de este tipo de redes.

Por lo tanto, los sistemas satelitales juegan y seguirán jugando un papel primordial para abatir el rezago educativo que persiste en comunidades rurales y marginadas del país, y por otro la de proveer la Internet que es un medio donde el conocimiento están disponible.

Pero sobre todo, al tener mayor capacidad de trasmisión los nuevos sistemas satelitales, permitan proporcionar una calidad en los contenidos que se les imparte a los niños y jóvenes, ya que al tener anchos de banda más grandes los contenidos educativos estarán llenos en recursos audiovisuales y de interactividad, lo que permitirá al educando obtener el conocimiento requerido para seguir sus estudios.

Para finalizar, estamos seguros y convencidos que sin una guía en cuanto a lo que se desea impartir y sobre todo abatir, ningún sistema o tecnología por sí sola será capaz de reducir las brechas educativas y económicas de la población en nuestro país y en el mundo.

Por ello creemos que antes de pensar en implementar una red o una nueva tecnología, se debería razonar a conciencia que se desea con ella y con qué propósito.

Gracias.

Índice de tablas

Tabla 2.1	“Descripción CIDR”	54
Tabla 2.2	“Subnetting”	55
Tabla 2.3	“tasa de transmisión SONET/SDH”	77
Tabla 3.1	“Evolución de la demanda de servicios en las redes de telecomunicaciones”	87
Tabla 3.2	“Comparación de las tecnologías DSL”	93
Tabla 3.3	“Tasas de transmisión DOCSIS ”	94
Tabla 3.3	“Características xDSL”	100
Tabla 3.4	“Compatibilidad entre DOCSIS 1.0 y 1.1”	101
Tabla 3.5	“Especificaciones de los perfiles de redes FTTC”	110
Tabla 4.1	“Variación porcentual anual de suscripciones telefónicas fijas ”	163
Tabla 4.2	“Suscriptores de telefonía fija por cada 100 habitantes por entidad federativa ”	164
Tabla 4.3	“ Suscriptores a teléfonos celulares móviles por cada 100 habitantes por entidad federativa”	169
Tabla 4.5	“Suscripciones de TV restringida o de paga por tecnología ”	173
Tabla 4.6	“Comparativo de cifras para la trayectoria escolar, generación 2007 - 2008”	185
Tabla 4.7	“Desempeño en evaluación PISA 2009 de jóvenes de 15 años”	188

Índice de figuras

Figura 1.1	“Subscriptores de telefonía celular por nivel de desarrollo, 1998-2009”	17
Figura 1.2	“Usuarios de Internet por nivel de desarrollo, 1998-2009”	18
Figura 1.3	“Conectividad entre continentes”	19
Figura 1.4	“Modelo Khan”	31
Figura 1.5	“Usuarios de Internet por grupos de edad”	34
Figura 1.6	“La brecha digital de género”	35
Figura 1.7	“Uso de Internet por nivel educativo”	36
Figura 2.1	“Arquitectura funcional de redes NGN ”	40
Figura 2.2	“Planos de función en redes NGN”	41
Figura 2.3	“Interacción de redes NGN con otras redes”	42
Figura 2.5	“Evolución comercial de las tecnologías de acceso”	45
Figura 2.6	“Modelo OSI”	49
Figura 2.7	“Router o Encaminador sobre un equipo modular Cisco Catalyst 6000”	50
Figura 2.8	“Encaminamiento IP entre dos routers”	51
Figura 2.9	“División de una dirección IP entre red y equipo terminal”	52
Figura 2.10	“Clases de direcciones IP”	53
Figura 2.11	“Jerarquía DNS”	57
Figura 2.12	“Distribución de direcciones IPv4”	59
Figura 2.13	“IPv4 e IPv6”	60
Figura 2.14	“Arquitectura MPLS”	62
Figura 2.15	“Encaminamiento de paquetes en MPLS”	64
Figura 2.16	“Flujo de paquetes en MPLS”	65
Figura 2.17	“Cabecera MPLS”	66
Figura 2.18	“Jerarquía SONET/SDH/ATM”	70
Figura 2.19	“Trama STM-1”	72
Figura 2.20	“IaDI vs. IrDI”	75
Figura 2.21	“Arquitectura OTN”	75
Figura 2.22	“Encapsulamiento OTN”	76
Figura 2.23	“Arquitectura global IMS”	79
Figura 2.24	“Modelo de una referencia DAVIC de una red de acceso”	84
Figura 3.1	“Evolución de la demanda de servicios en las redes de telecomunicaciones”	87
Figura 3.2	“Configuración esquemática de una conexión DSL”	88
Figura 3.3	“Modelo de una referencia DAVIC de una red de acceso”	90
Figura 3.4	“Esquema del filtro centralizado”	92
Figura 3.5	“Red HFC”	95
Figura 3.6	“Red HFC”	96
Figura 3.7	“Arquitectura DOCSIS”	98

Figura 3.8	“Rango de frecuencias en transmisión”	99
Figura 3.9	“Flujo de servicio”	99
Figura 3.10	“Esquema de funcionamiento DOCSIS 3.0 frente a estándares previos”	101
Figura 3.11	“Esquema de funcionamiento DOCSIS 3.0 frente a standares previos”	102
Figura 3.12	“Red Óptica Pasiva”	104
Figura 3.13	“Configuración de splitters”	105
Figura 3.14	“Topología PON”	105
Figura 3.15	“Combinación FTTC, FTTN y FTTH”	106
Figura 3.16	“Infraestructura del servicio eléctrico”	112
Figura 3.17	“Infraestructura del servicio PLC”	113
Figura 3.18	“Red de arquitectura basada en OFDM”	115
Figura 3.19	“Sistema basado en OFDM-WIFI”	116
Figura 3.20	“Arquitectura de la red basada en DSSS”	117
Figura 3.21	“Arquitectura 2G”	118
Figura 3.22	“Tabla comparativa primera generación”	118
Figura 3.23	“Tabla comparativa segunda generación”	119
Figura 3.24	“Arquitectura GSM”	120
Figura 3.25	“Cluster formado por 4 BTS's”	122
Figura 3.26	“Arquitectura GPRS”	126
Figura 3.27	“Arquitectura EDGE”	129
Figura 3.28	“Trama WCDMA”	133
Figura 3.29	“Arquitectura UMTS”	135
Figura 3.30	“Arquitectura UMTS”	137
Figura 3.31	“RNC Flotante”	138
Figura 3.32	“Arquitectura interna del móvil”	139
Figura 3.33	“Evolución de la capacidad de acceso”	140
Figura 3.34	“Capacidad de la celda (5 MHz por sector)”	141
Figura 3.35	“Arquitectura HSDPA”	141
Figura 3.36	“Arquitectura EPS”	143
Figura 3.37	“Red de acceso E-UTRAN”	143
Figura 3.38	“Interfaces EPS”	145
Figura 3.39	“Entidades de red e interfaces de EPC para el acceso desde E-UTRAN”	146
Figura 3.40	“Multiplicación de usuarios en OFDMA”	147
Figura 3.41	“Ilustración del scheduling de paquetes en OFDMA”	149
Figura 3.42	“Multiplexación de usuarios con SC-FDMA”	150
Figura 3.43	“Comparativa de la arquitectura de red de E-UTRAN y UTRAN”	151
Figura 3.44	“Satélite geostacionario de cobertura máxima empleando un haz global”	152
Figura 3.45	“Partes constitutivas de un sistema de comunicaciones por satélite”	154
Figura 4.1	“Regiones socioeconómicas de México ”	159
Figura 4.2	“Suscripciones a teléfonos celulares por cada 100 habitantes ”	164
Figura 4.3	“Suscripciones de TV restringida o de paga por tecnología ”	169
Figura 4.4	“Suscripciones de TV restringida o de paga por tecnología ”	170
Figura 4.5	“Provisión de capacidad satelital por servicio”	172

Figura 4.6	“Suscriptores de Internet por tipo de tecnología ”	173
Figura 4.7	“Suscripciones de Internet por cada 100 habitantes”	174
Figura 4.8	“Hogares con Internet por países seleccionados”	175
Figura 4.9	“Penetración de Internet en México”	176
Figura 4.10	“Lugares y promedio de uso de Internet”	177
Figura 4.11	“Principales hábitos de los usuarios de Internet”	178
Figura 4.12	“Principales actividades en Internet”	179
Figura 4.13	“Usuarios de Internet por grupos de edad”	180
Figura 4.14	“Usuarios de Internet por Entidad”	181
Figura 4.15	”Trayectoria escolar de matriculados en el ciclo 1998 - 1999”	183
Figura 4.16	“Porcentajes de alumnos en los niveles de desempeño para Matemáticas de tercero de secundaria, EXCALE 2008 y ENLACE 2010”	184
Figura 4.17	“Desempeño relativo y cambio de desempeño de los países desde 2003”	185
Figura 4.18	“Provisión E-Learning”	193
Figura 4.19	“Arquitectura e-learning sobre PLC”	195
Figura 4.20	“Arquitectura e-learning sobre Satelital”	197
Figura 4.21	“Arquitectura e-learning sobre LTE”	198
Figura 4.22	“Arquitectura e-learning sobre xDSL”	199
Figura 4.23	“Arquitectura e-learning sobre FTTx”	200

Bibliografía

- Fundación de Dones. ¿Qué son las TIC?. Barcelona, España:
- Druetta Covi, Delia. Sociedad de la Información y el Conocimiento: Entre lo Falaz y lo Posible (2004). Buenos Aires, Argentina: La Crujia y UNAM.
- García Aretio, Lorenzo. La educación a distancia: de la teoría a la práctica (2002). España: Ariel Educación.
- Moreira Area, Manuel. La educación en el laberinto tecnológico: de la escritura a las máquinas digitales (2005). Barcelona, España: Octaedro-Eub.
- Ballesteros M.A., Palazón A., Marcello C., Puente D. E-learning Teleinformación: diseño, desarrollo y evaluación de la formación a distancia (2000). Barcelona, España: Gestión 2000.
- Ballesteros, Fernando. La Brecha Digital: El Riesgo de la Exclusión en la Sociedad de la Inf. (2002). Madrid, España: Fundación Retevisión.
- Santoyo Serrano, Arturo; Martínez Martínez Evelio. La Brecha Digital: mitos y realidades (2003). Baja California, México: UABJ.
- International Telecommunication Union. Measuring the Information Society (2010). Ginebra, Suiza: UIT.
- Mexicanos primero. Brechas: estado de la educación en México (2010). México: Mexicanos Primero.
- Bocci Matthew. Converged Multimedia Networks (2006). Inglaterra: John Wiley & Sons.
- International Telecommunication Union. Manual sobre redes basadas en el protocolo Internet (IP) y sus asuntos conexos (2005). Ginebra, Suiza: UIT.
- Hernández MacDonald; Alton Kennet. Servicios Personalizados de Multimedia ofrecidos sobre la Plataforma IP Multimedia System (2009). México, DF: ITAM.
- Capmany Franco, José. Redes ópticas (2007). Valencia, España: Limusa.
- CISCO. Guía del primer año CCNA 1 y 2 (2004). Madrid, España: Pearson Educación.
- CISCO. Guía del primer año CCNA 3 y 4 (2004). Madrid, España: Pearson Educación.
- Parzlate, Lydia; Britt, David T.; Davis, Chuck. TCP/IP Tutorial and Technical Overview (2006). EUA: IBM.
- Caballar, José A. ADSL: Guía de usuario (2003). México: Alfaomega.
- Held, Gilbert. Understanding Broadband over Power Line (2006). EUA: Auerbac Publications.
- Tisal, Joachim. La red GSM (1999). España: Paraninfo.
- Aca Linares, Ana Laura; Gallardo Bolaños, Lorena. Migración a las redes de próxima generación (2006). México: UNAM.
- Vázquez Medina, Rubén; Marcelín Jiménez, Ricardo; Téllez Analco, Oreste. Sistemas de telefonía celular digital (1993). México, DF: UAM - I.
- Toskala, Antti; Holma, Harri. WCDMA for UMTS: Radio Access for Third Generation Mobile Communications (2004). Inglaterra: John Wiley & Sons.
- Cox, Christopher. Essentials of UMTS (2008). Inglaterra: Cambridge University Press.
- Wisely, Dave. IP for 4G (2009). Inglaterra: John Wiley & Sons.
- Erik Dahlman, Stefan Parkvall, Johan Sköld. 4G LTE/LTE-Advanced for Mobile Broadband (2011). Inglaterra: ELSEVER.
- Ramón Agustí, Francisco Bernardo, Fernando Casadevall, Ramon Ferrús, Jordi Pérez-Romero, Oriol Sallent. LTE: Nuevas Tendencias en Telecomunicaciones Móviles (2010). España: Fundación Vodafone España.

Web

- <http://download.broadband.gov/plan/creando-un-estados-unidos-conectado-plan-nacional-de-banda-ancha.pdf>
- <http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/18878.html>
- http://www.itu.int/dms_pub/itu-s/md/03/wsis/doc/S03-WSIS-DOC-0005!!PDF-S.pdf
- http://www.itu.int/wsis/newsroom/coverage/publications/docs/aladi_brecha_digital-es.pdf
- http://www.mobilein.com/NGN_Svcs_WP.pdf
- http://www.efort.com/media_pdf/IMS_ESP.pdf
- <http://www.itu.int/rec/T-REC-Y.2001-200412-l/es>
- <http://www.itu.int/rec/T-REC-Y.2021-200609-l/es>
- <http://www.itu.int/rec/T-REC-Y.2011-200410-l/es>
- <http://www.itu.int/rec/T-REC-Y.130-200003-l/es>
- <http://www.itu.int/rec/T-REC-Y.2012-201004-l/es>
- <http://www.exfo.com/MyEXFO/Library/docs/GuideSONET-SDH-ang.pdf>
- <http://www.exfo.com/MyEXFO/Library/docs/GuideOTN-ang.pdf>
- http://www.teracom.com/technical-library/communications-test/white_papers/g709otntutor_wp_tfs_tm_ae.pdf
- <http://www.exfo.com/MyEXFO/Library/docs/GuideFTTx-ang.pdf>
- <http://e-mexico.gob.mx/web/focos-de-produccion-e-mexico/antecedentes>
- <http://www.itu.int/wsis/basic/about-es.html>
- http://www.surt.org/zonatics/?page_id=6
- <http://e-mexico.gob.mx/web/agenda-digital/brecha-digital>
- <http://www.inegi.org.mx/sistemas/sisept/default.aspx?t=tnf140&s=est&c=19380>
- <http://www.itu.int/itu-news/manager/display.asp?lang=es&year=2005&issue=03&ipage=interconnectiv-poor&ext=html>
- <http://www.itu.int/itu-news/manager/display.asp?lang=es&year=2007&issue=02&ipage=next-generation2&ext=html>
- <http://www.itu.int/en/ITU-T/gsi/ngn/Pages/definition.aspx>
- http://sociedadinformacion.fundacion.telefonica.com/DYC/SHI/seccion=1188&idioma=es_ES&id=2009100116300121&activo=4.do?elem=3188
- <http://www.ibm.com/developerworks/webservices/library/ws-soa-ipmultisub1/>
- <http://www.nic.mx/es/Tutoriales?tutorial=8&page=0>
- <http://www.internetnetworks.com.mx/dominios/que-es-un-dominio.asp>
- <http://www.metaswitch.com/mpls/what-is-mpls-and-gmpls.aspx>
- <http://www.networkworld.es/%28S%28051oqw55umvv1ozwk2t24u55%29%29/Articulo.aspx?id=143406&seccion=>
- <http://www.exfo.com/en/Applications/FTTx-Overview.aspx>
- http://www.ericsson.com/ourportfolio/ericsson-academy/online-tutorials/xdsl_technology_overview/player.html
- <http://www.cinit.org.mx/articulo.php?idArticulo=35>
- <http://www.cinit.org.mx/articulo.php?idArticulo=36>
- <http://www.etcetera.com.mx/articulo.php?articulo=3777>
- <http://www.politicadigital.com.mx/?P=leernoticia&Article=2489&c=105>
- http://www.cft.gob.mx/es/Cofetel_2008/Cofe_lineas_telefonicas_en_servicio_y_densidad_tel
- <http://www.inegi.org.mx/sistemas/sisept/default.aspx?t=tnf140&s=est&c=19380>
- <http://sc.inegi.org.mx/niveles/index.jsp>
- <http://www.informador.com.mx/economia/2010/212976/6/registra-mexico-retroceso-en-penetracion-de-telefonía-fija.htm>

- http://www.cft.gob.mx/es/Cofetel_2008/densidad_de_lineas_telefonicas_fijas_en_servicio_p
 - http://www.cft.gob.mx/es/Cofetel_2008/Cofe_densidad_de_telefonia_movil_por_entidad_feder
 - http://www.cft.gob.mx/es/Cofetel_2008/Cofe_telefonia_movil_penetracion_1990__2007_mensua
 - <http://www.politicadigital.com.mx/?P=leernoticia&Article=20684&c=2>
 - <http://www.politicadigital.com.mx/?P=leernota&Article=20918&c=9>
-