

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



**PROYECTO PARA INTEGRAR EL SERVICIO DE
VOZ Y EL ACCESO A INTERNET EN EDIFICIOS**

INFORME DE SUFICIENCIA

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO ELECTRÓNICO**

**PRESENTADO POR:
CARLOS ALBERTO NESTAREZ QUISPE**

PROMOCIÓN 2000 – I

LIMA – PERÚ

2003

Dedico este trabajo a:

Mis padres, inspiración plena de lucha y sacrificio,

Mi Hermana y abuelos por el apoyo

incondicional en mi carrera.

**PROYECTO PARA INTEGRAR EL SERVICIOS DE VOZ Y EL ACCESO A
INTERNET EN EDIFICIOS**

SUMARIO

En el presente informe se presenta una solución técnica y el respectivo estudio de rentabilidad para integrar el servicio de voz convencional y el acceso a Internet de alta velocidad en edificios, orientando la aplicación de este proyecto básicamente al requerimiento del hotel H&M, para ello se realizó un estudio del mercado para tener cifras aproximadas de las demandas, también se realizó una investigación de las tecnologías mas adecuadas para el desarrollo del proyecto dando todos los criterios de diseño e implementación que puedan ser necesarios y satisfacer los requerimientos solicitados.

ÍNDICE

PRÓLOGO	1
CAPÍTULO I	3
PLANTEAMIENTO DE INGENIERÍA DEL PROYECTO	3
1.1 Objetivo	3
1.2 Justificación	3
1.3 Estudio de Mercado	4
1.3.1 Definición del servicio	4
1.3.2 Demanda del servicio	5
1.3.3 Estrategia de Mercado	5
CAPÍTULO II	7
MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL	7
2.1 Introducción	7
2.2 Tecnología DSL	7
2.2.1 Historia	12
2.2.2 Modulación DMT	14
2.2.3 Reparto del Ancho de Banda	22
2.2.4 Medio Físico	25
2.2.5 Aplicaciones	28
2.2.6 Técnicas xDSL	30

2.2.7	Tecnología ADSL	31
2.2.8	Tecnología VDSL	42
2.3	Tecnología WLAN	54
2.3.1	Orígenes	55
2.3.2	Definición de Red de Área Local Inalámbrica	56
2.3.3	Beneficios de la solución WLAN	57
2.3.4	Aplicaciones de la Solución WLAN	58
2.3.5	Topologías y configuraciones WLAN	59
2.3.6	Nivel físico, arquitectura y tecnología de modulación	62
2.3.7	Nivel de acceso al medio (MAC)	65
	CAPÍTULO III	69
	INGENIERÍA DEL PROYECTO	69
3.1	Introducción	69
3.2	Descripción de la solución	69
3.3	Investigación de tecnologías	71
3.3.1	Ethernet	71
3.3.2	VDSL (very-high-data-rate digital subscriber line)	73
3.3.3	WLAN – Wireless LAN	74
3.4	Características técnicas del proyecto	76
3.5	Características técnicas de los equipos a utilizar	76

3.5.1	Switch de Acceso	76
3.5.2	Splitter	78
3.5.3	CPE	80
3.5.4	BBSM – Cisco Building Broadband Service Manager	81
3.5.5	Cisco router 2611	82
3.5.6	Access Point	84
3.5.7	Interface Wireless	85
3.6	Localización y tamaño de planta	86
3.7	Topologías	87
3.7.1	Topología Ethernet	87
3.7.2	Topología LRE	88
3.7.3	Topología WLAN	88
3.7.4	Topología de integración de servicios	89
	CAPÍTULO IV	90
	EVALUACIÓN ECONÓMICA	90
4.1	Introducción	90
4.2	Evaluación económica	90
4.2.1	Inversiones	90
4.2.2	Financiamiento	93
4.3	Aplicación de los parámetros de rentabilidad	93

4.3.1	VAN: Valor Actual Neto	93
4.3.2	TIR: Tasa Interna de Retorno	93
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	95
	ANEXO A: ACRÓNIMOS	97
	ANEXO B: LISTA DE FIGURAS	100
	ANEXO C: LISTA DE TABLAS	104
	BIBLIOGRAFÍA	105

PRÓLOGO

Dada la actual demanda que se tiene de acceder a Internet desde los hoteles, se presenta esta solución que integra el servicio de voz convencional y el acceso a Internet permitiendo a los inversionistas o propietarios brindar estos servicios como valor añadido a los huéspedes o clientes de cada una de las habitaciones; también se integra en esta solución el acceso a Internet desde la sala de conferencias del hotel por medio de dispositivos inalámbricos.

La solución de este proyecto está enmarcada básicamente en la utilización de tecnologías existentes que nos permita utilizar el cableado estructurado de telefonía evitando de esta manera realizar nuevas inversiones en el tendido de un nuevo cableado de cobre.

El VDSL (Very-high-data-rate digital subscriber line) es una tecnología de alta velocidad de acceso simétrico por el cual se pueden brindar servicios como el de

video bajo demanda, video conferencia y audio conferencia dentro del edificio, una de las limitantes de esta tecnología es su cobertura.

En el capítulo I se presenta el planteamiento del problema, las justificaciones para realizar este proyecto y el respectivo estudio de mercado que nos ayuda a tener un panorama mas grande de las demandas actuales para este servicio.

En el capítulo II se muestra un marco conceptual donde se describen las características, ventajas y aplicaciones de las principales tecnologías de acceso que pueden ser utilizadas para el desarrollo del proyecto como son las tecnologías xDSL y las tecnologías wireless LAN.

En el capítulo III se presenta la descripción de la solución en base a la tecnología de acceso seleccionada y criterios a tomar en cuenta para el diseño de la red a implementar, también se describe las características técnicas de los equipos a utilizar y las topología de las redes a integrar.

En el capítulo IV se realiza la evaluación económica por medio de un el análisis de rentabilidad del proyecto.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DE INGENIERÍA DEL PROYECTO

1.1 Objetivo

El objetivo de este proyecto es mostrar a los inversionistas del hotel H&M las ventajas técnicas y económicas que obtendrían al implementar una solución que integre el servicio de voz convencional y el acceso a Internet de alta velocidad en todas sus habitaciones así como el acceso a Internet desde su sala de conferencias como un valor añadido a los demás servicios ofrecidos.

Se realizará el análisis de rentabilidad del proyecto en un periodo de 5 años.

1.2 Justificación

Dada la necesidad de los clientes del hotel H&M que oportunamente hacen uso de las habitaciones de acceder a una red de datos (Internet) por intermedio de sus PC portátil (Laptop) así como también la gran demanda existente en contar con acceso a una red de datos cuando se realizan conferencias es lo que motiva presentar esta solución.

Existen varias razones por el cual se presenta a los inversionistas del hotel H&M esta solución que integra los servicios. Entre las principales tenemos:

- a) Bajos costo para implementar el acceso a una red de datos de cada una de las habitaciones existente así como para su sala de conferencias, esto debido a que actualmente cuenta con el cableado para los teléfonos (un par de hilos de cobre).
- b) Permitir mayor movilidad a los eventuales asistentes dentro de la sala de conferencias.
- c) Ofrecer un valor agregado al servicio propio del hotel como es el de acceso a Internet.
- d) Actualmente los inversionistas tienen en una entidad financiera \$ 50 000 el mismo que genera intereses del 10% anual, se deberá realizar un análisis en la que se justifique la inversión de este capital en dicho proyecto.
- e) Además sobre la misma plataforma a ser desarrollada se pueden brindar otros servicios que involucren una red de banda ancha.

1.3 Estudio de Mercado

A continuación se realiza una definición del servicio y un histórico con los requerimientos o solicitudes de este servicio en el hotel, también se presenta en esta parte la estrategia para dar a conocer a las empresas y público en general las facilidades del servicio.

1.3.1 Definición del servicio

Servicio de conmutación para transmisión de datos, que según el reglamento general de la Ley de telecomunicaciones se clasifica como un servicio Final o Tele servicio

Público, y lo define como el que utilizando una red propia para permitir a los abonados comunicaciones individuales en forma de datos entre equipos informáticos situados en lugares diferentes.

1.3.2 Demanda del servicio

Este proyecto está orientado a los hoteles donde los clientes que se hospedan tienen la necesidad de estar conectados a una red de datos desde sus habitaciones pero también aquellos que cuenten con sala de conferencias donde es habitual que los asistentes estén interconectados a una red de datos sin tener que usar cables UTP utilizando para ello interfaces Wireless con lo que le permite mayor movilidad.

A continuación se presenta una tabla con las estadísticas de solicitud de acceso a una red de datos.

Año	Número de clientes que han solicitado acceso a una red de datos	Conferencias realizadas que solicitaron acceso a la red de datos
1999	10	1
2000	90	3
2001	300	5
2002	600	10

Tabla N° 1.1 Estadísticas de solicitud para el acceso a una red de datos

1.3.3 Estrategia de Mercado

La estrategia del mercado será a través de publicidad por intermedio de correo electrónico a los trabajadores y empleadores de empresas nacionales e internacionales así como también a los organizadores de eventos y conferencias.

La tarifa para el acceso a Internet será de \$5.00 adicional por noche para el caso de habitaciones y de \$3.00 adicional por cada interface wireless solicitada para las conferencias, estos precios se irán reduciendo de acuerdo a la demanda del servicio.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

2.1 Introducción

En el presente capítulo se presente la parte teórica donde se realiza un estudio de las tecnologías de acceso que nos pueden servir para presentar la mejor solución del proyecto solicitado, las tecnologías a ser estudiadas son: La tecnología xDSL y la tecnología WLAN

2.2 Tecnología DSL

La tecnología DSL, Digital Subscriber Line, (Línea de Abonado Digital) suministra el ancho de banda suficiente para numerosas aplicaciones, incluyendo además un rápido acceso a Internet utilizando las líneas telefónicas; acceso remoto a las diferentes Redes de área local (LAN), videoconferencia, y Sistemas de Redes Privadas Virtuales (VPN).

xDSL esta formado por un conjunto de tecnologías que proveen un gran ancho de banda sobre circuitos locales de cables de cobre, sin amplificadores ni repetidores de señal a lo largo de la ruta del cableado, entre la conexión del cliente y el primer nodo de la red. Ésta tecnologías de acceso punto a punto permite un flujo de información tanto simétrica como asimétrica y de alta velocidad sobre el bucle de abonado.

Las tecnologías xDSL convierten las líneas analógicas convencionales en digitales de alta velocidad, con las que es posible ofrecer servicios de banda ancha en el domicilio de los abonados, similares a los de las redes de cable o las inalámbricas, aprovechando los pares de cobre existentes, siempre que estos reúnan un mínimo de requisitos en cuanto a la calidad del circuito y distancia.

Para utilizar DSL, se debe estar a menos de 5500mts aproximadamente de la oficina central de la empresa proveedora de telefonía, ya que a una distancia mayor no se puede disfrutar de la gran velocidad que provee el servicio. Después de los 2 400mts. la velocidad comienza a disminuir, pero aún así este tipo de tecnologías es más veloz que una conexión mediante un módem y una línea telefónica.

Los beneficios del DSL pueden resumirse en:

- a) **Conexión Ininterrumpida y veloz:** Los usuarios podrán bajar gráficos, video clips, y otros archivos, sin perder mucho tiempo esperando para que se complete la descarga.
- b) **Flexibilidad:** Antes del desarrollo de la tecnología DSL, aquellos quienes querían utilizar Internet sin ocupar su línea debían adherir otra más; lo que en realidad tenía un costo bastante elevado. Utilizando la tecnología DSL, los

usuarios podrán utilizar la misma línea para recibir y hacer llamadas telefónicas mientras estén en línea.

- c) **Totalmente digital:** DSL convierte las líneas telefónicas analógicas en digitales adhiriendo un dispositivo de interconexión de línea en la oficina central, y un módem del tipo DSL en la casa del abonado.

Los costos de inversión son relativamente bajos, especialmente comparados con los costos de recableado de la planta instalada de cobre. Adicionalmente a esto, la facilidad en la instalación de los equipos xDSL permite la reducción de costos por tiempo de instalación para la puesta en marcha de los nuevos servicios.

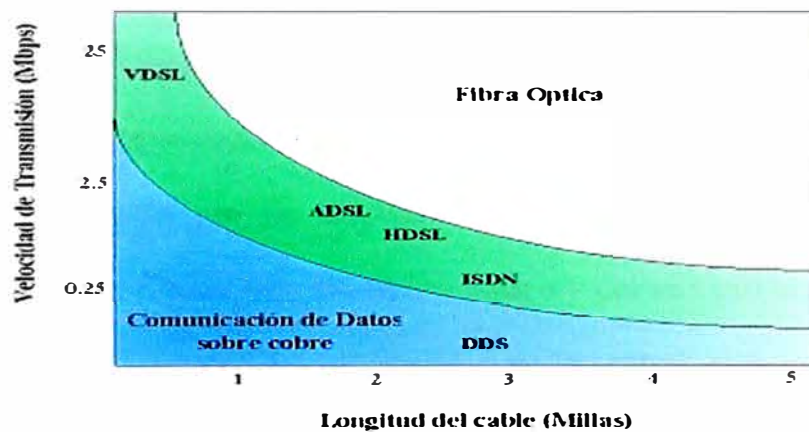


Figura 2.1 Límite teórico del cobre

Las líneas de cobre telefónicas soportan diferentes canales de ancho de banda. El canal más bajo es para la comunicación de voz, mientras que el canal con mayor ancho de banda utiliza dos vías de alta velocidad para la transmisión de datos utilizando la tecnología DSL. No hay necesidad de una línea telefónica adicional porque DSL usa el canal de mayor ancho de banda que el teléfono no utiliza. Así pues, podemos llamar por el teléfono al mismo tiempo que accedemos a Internet.

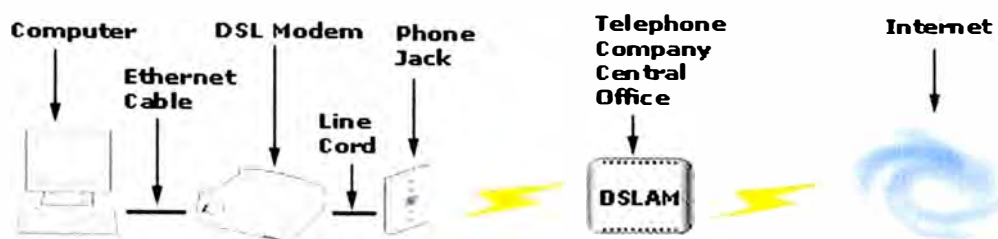


Figura 2.2 Esquema general de acceso con la tecnología DSL

Para trabajar con DSL, el modem digital o router debe estar accesible a la oficina central (CO) de telefonía local, donde la compañía de teléfono tiene instalada un DSLAM que traduce las señales DSL. La señal es transmitida desde la línea telefónica de cobre por nuestra red backbone, y directamente al router del servidor DSL, donde se verifica el acceso a la red y da servicio para la conexión a Internet.

En general, en los servicios xDSL, el envío y recepción de datos se establece a través de un módem xDSL (que dependerá de la clase de xDSL utilizado: ADSL, VDSL, etc.). Estos datos pasan por un dispositivo, llamado "splitter", que permite la utilización simultánea del servicio telefónico básico y del servicio xDSL. El splitter se coloca delante de los módems del usuario y de la central; está formado por dos filtros, uno pasa bajo y otro pasa alto. La finalidad de estos dos filtros es la de separar las señales transmitidas por el canal en señales de alta frecuencia (datos) y señales de baja frecuencia (Telefonía).

Las transmisiones de voz, residen en la banda base (4 KHz e inferior), mientras que los canales de datos de salida y de entrada están en un espectro más alto (centenares de KHz). El resultado es que los proveedores de servicio pueden proporcionar velocidades de datos de múltiples mega bits mientras dejan intactos los servicios de voz, todo en una sola línea.

La tecnología xDSL soporta formatos y tasas de transmisión especificados por los estándares, como lo son T1 (1.544 Mbps) y E1 (2.048 Mbps), y es lo suficientemente flexible para soportar tasas y formatos adicionales como sean especificados (ejemplo 6 Mbps asimétricos para transmisión de alta velocidad de datos y video). xDSL puede coexistir en el circuito con el servicio de voz. Como resultado, todos los tipos de servicios, incluyendo el de voz existente, video, multimedia y servicios de datos pueden ser transportados sin el desarrollo de nuevas estrategias de infraestructura.

xDSL es una tecnología "Modem-Like" (muy parecida a la tecnología de los módem), donde es requerido un dispositivo xDSL terminal en cada extremo del circuito de cobre. Estos dispositivos aceptan flujo de datos, generalmente en formato digital, y lo sobrepone a una señal análoga de alta velocidad. Las tres técnicas de modulación usadas actualmente para xDSL son **2B1Q** (2 Bits, 1 Cuaternario), "Carrier-less Amplitude Phase Modulation" (**CAP**) y "Discrete Multi-Tone Modulation" (**DMT**).

xDSL provee configuraciones asimétricas o simétricas para soportar requerimientos de ancho de banda en uno ó dos sentidos. Se refiere a configuraciones simétricas si el canal de ancho de banda necesario o provisto es el mismo en las dos direcciones ("upstream": sentido cliente-red, y "downstream": sentido red-cliente). Aplicaciones asimétricas son esas en las cuales las necesidades de ancho de banda son mayores en una dirección que en la otra. Por ejemplo, para "navegar" en el WWW, se requiere de un ancho de banda muy pequeño desde el cliente hasta su proveedor, dado que solamente se requiere lo necesario para pasar información de control y generalmente

con algunos Kbps basta. Mientras que en el otro sentido (desde el proveedor hasta el cliente), el ancho de banda requerido se podría expresar en Mbps.

xDSL equivale a bucle de abonado digital x, donde x hace referencia a la tecnología del momento. Se trata de tecnologías que explotan el par de hilos de cobre de la red de telecomunicaciones ya existente para transmitir datos a alta velocidad.

2.2.1 Historia

Principalmente debemos hablar de los sucesores de los módem xDSL, comunicaciones de alta velocidad. Siguiendo la serie comenzada años anteriores sobre las nuevas tecnologías de acceso a redes de datos de alta velocidad, entre ellas conoceremos las tecnologías xDSL, que prometen grandes velocidades por el mismo cable. En comunicaciones, la velocidad es una de esas cosas en las que nunca mucho es suficiente. Hace unos años, 2 400 bits/s era considerada una velocidad bastante respetable. Luego aparecieron aplicaciones interactivas y las primeras conexiones de redes LAN remotas, que llevaron dicho nivel de aceptabilidad a velocidades de 9 600 bits/s y 14 400 bps. Luego aparecieron Internet y la World Wide Web, con sus transferencias de imágenes y sonidos, y la velocidad debió subir a 28 800 bits/s y 33 600 bits/s. Pero estas velocidades no son suficientes para aplicaciones multimedia interactivas o para transmitir vídeo con una buena resolución. Esta necesidad de velocidad ha llevado al nacimiento, o resurgimiento en algunos casos como el ISDN, de varias tecnologías: los módem de 56 Kbps, ISDN, los módem de cable y satélites, y el conjunto de tecnologías llamadas xDSL.

A pesar de los aumentos de velocidad sobre los módem actuales que ofrecen tanto los módem de 56 Kbps como ISDN, que trabajan a velocidades de 64 y 128 Kbps; éstos son vistos como soluciones intermedias, ya que no poseen el ancho de banda necesario como para transmitir vídeo con una buena calidad. Se calcula que, para un vídeo comprimido en MPEG-2, el estándar de transmisión de vídeo digital del momento y que es utilizado por los discos DVD y por la televisión digital son necesarios entre 2 y 6 Mbps de ancho de banda. Es en este rango de velocidades donde se está librando la batalla tecnológica del futuro por la conquista de millones de usuarios hogareños ávidos de información y entretenimiento.

Entre las varias tecnologías propuestas, la que tuvo mayor aceptación fue la de digitalizar dicha conexión analógica, técnica que se conoció como DSL, Digital Subscriber Line o Línea de Abonado Digital.

La primera especificación de la tecnología xDSL fue definida en 1987 por Bell Communications Research (Bellcore), la misma compañía que inventó la RDSI, que forma parte de un consorcio formado por las compañías telefónicas regionales denominadas RBOC (Regional Bell Operating Company) y creadas a partir de la sentencia del caso de monopolio de AT&T de la Corte Federal de los EE.UU., en 1983. En ese momento, xDSL estaba diseñada para suministrar vídeo bajo demanda y aplicaciones de TV interactiva sobre el par de cobre.

Otro momento en el que se dio un nuevo impulso a esta tecnología fue cuando se aprobó en EE.UU. la Ley de Reforma de las Telecomunicaciones de 1996

(Telecommunications Reform Act), que permitía a las compañías de comunicaciones competir entre sí en cualquiera de estos mercados.

En el año 1989 se desarrolló la tecnología conocida como ADSL_(Asymmetric Digital Subscriber Line, Línea de Abonado Digital Asimétrica). La denominación de asimétrica es debida a que las velocidades de transmisión y recepción son distintas. La velocidad de bajada, con la que llega la información a nuestro ordenador, suele ser bastante mayor que la de subida, con la que se mandan datos desde nuestro equipo. Este tipo de tecnología se encuadra dentro de la familia DSL (Digital Subscriber Line, Línea de Abonado Digital) que lo forman **SDSL** (Symmetric DSL), **R-ADSL** (Rate Adaptative DSL), **VDSL** (Very-High-Bit-Rate DSL) y **HDSL** (Hight Bit-Rate DSL).

La historia de DSL realmente empezó a tener éxito en 1999, tomó la convergencia de varios eventos antes de que DSL empezara a mostrarse. Las compañías del teléfono estaban en una posición ideal para ofrecer los *servicios DSL* porque ellos poseían el alambre cobrizo sobre el que DSL opera.

2.2.2 Modulación DMT

Las tecnologías DSL usan varios tipos de modulación aunque están regularizándose por la Unión de la Telecomunicación Internacional. Los fabricantes de módem DSL usan Tecnología de Multi-Tone Discreta (DMT) o bien Carrierless Amplitud Modulación (CAP).

Al igual que ocurre con los módems tradicionales, es necesario realizar una transformación de la señal que se quiere enviar (y el proceso contrario en la que se recibe) para que pueda ser transmitida por medio de las líneas telefónicas convencionales. Este proceso, que se conoce como **MODULACIÓN** de la señal, consiste en modificar una señal "tipo" que se genera dentro del dispositivo en función de la señal a enviar. La señal que se genera con el fin de ser modificada teniendo en cuenta la que se transmite se denomina portadora. Estas modificaciones se pueden hacer alterando alguna de sus propiedades.

A. 2B1Q

Una secuencia de dos bits se transmite como un pulso de señal de cuatro niveles. 2B1Q es un tipo de codificación de línea, en la cual, pares de bits binarios son codificados de 1 a 4 niveles para la transmisión (por tanto 2 binarios/1 cuaternario). Será utilizada, exclusivamente, en la tecnología *IDSL*.

B. CAP – Carrierless Amplitude and Phase

La modulación Carrierless amplitude and phase (CAP) es un estándar de implementación propiedad de Globespan Semiconductor. Mientras el nombre especifica que la modulación es "Carrierless" una portadora actual es impuesta por la banda trasmisora formando un filtro a través del cual los símbolos fuera de los límites son filtrados. Por eso CAP es algorítmicamente idéntico a QAM.

El receptor de QAM necesita una señal de entrada que tenga la misma relación entre espectro y fase que la señal transmitida. Las líneas telefónicas instaladas no garantizan esta calidad en la recepción, así pues, una implementación QAM para el

uso de xDSL tiene que incluir ecualizadores adaptativos que puedan medir las características de la línea y compensar la distorsión introducida por el par trenzado.

CAP divide la señal modulada en segmentos que después almacena en memoria. La señal portadora se suprime, puesto que no aporta ninguna información ("Carrierless"). La onda transmitida es la generada al pasar cada uno de estos segmentos por dos filtros digitales transversales con igual amplitud, pero con una diferencia de fase de $\pi / 2$ ("Quadrature"). En recepción se reensamblan los segmentos y la portadora, volviendo a obtener la señal modulada. De este modo, obtenemos la misma forma del espectro que con QAM, siendo CAP más eficiente que QAM en implementaciones digitales.

La tasa de subida es de 136 Kbaudios sobre una portadora de 113.2 KHz, mientras que la tasa de bajada es de 340 Kbaudios sobre una portadora de 435.5 KHz, 680 Kbaudios sobre una portadora de 631 KHz, o 952 Kbaudios sobre una portadora de 787.5 KHz. Esto permite al modem adaptar la tasa de símbolos variando las condiciones de la línea. La modulación QAM también adapta las tasas variando el número de bits por símbolos.

C. DMT – Discrete Multi-Tone

Discrete Multi-Tone es una técnica de código de línea que fue patentada (pero no implementada) por AT&T hace más de 25 años.

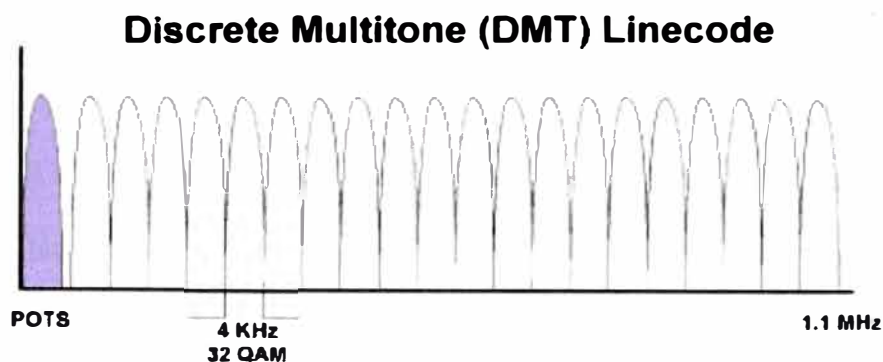


Figura 2.3 División del espectro en 256 sub-frecuencias.

La modulación DMT es un método por medio del cual el rango de frecuencias usadas es separado en 256 bandas de frecuencias (o canales) de 4.3125 KHz cada uno. Esto está relacionado con el algoritmo FFT (Fast Fourier Transform, Transformación de Fourier rápida) el cual usa DMT como modulador y demodulador. FFT no es perfecto en la separación de frecuencias en bandas individuales, pero es suficiente, y esto genera un espectro suficientemente separable en el receptor. Dividiendo el espectro de frecuencias en múltiples canales DMT se considera que funciona mejor con la presencia de una fuente de interferencias tales como transmisores de radio AM.

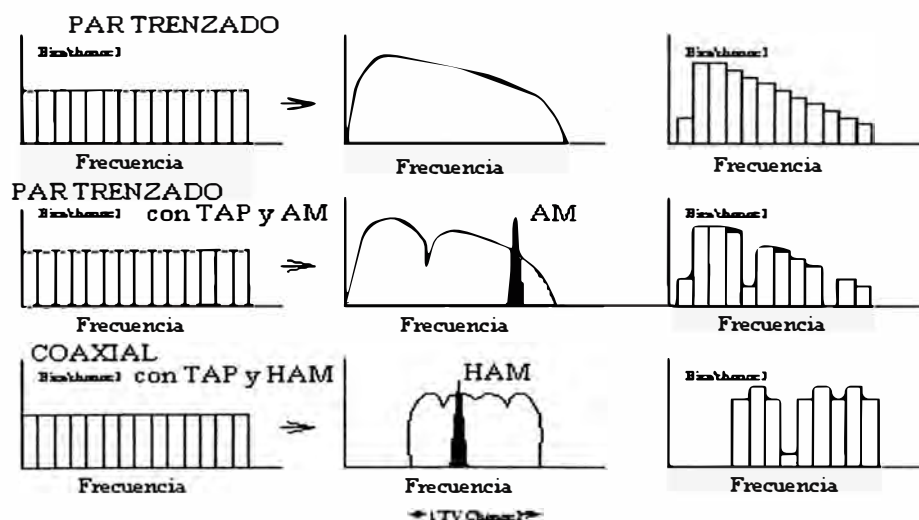


Figura 2.4 Espectro de frecuencias en múltiples canales DMT

La asignación de canales es menos flexible, pero valores típicos deber estar entre 6-31 canales para subida (Upstream) (24KHz-136KHz), 32-250 para bajada (downstream) (136KHz-1.1MHz). La modulación usada sobre algunos canales de frecuencias dados es QAM. Los canales 16 y 64 son reservados para tonos guía los cuales son usados para restablecer la medida del tiempo. El número de bits por símbolo de cada canal debe ser independientemente seleccionado mediante el MODEM para adaptar la tasa.

La línea se comprueba para determinar qué banda de frecuencias es posible y cuántos bits pueden ser transmitidos por unidad de ancho de banda. Los bits se codifican en el transmisor mediante la transformada rápida de Fourier inversa y después pasan a un conversor analógico/digital. Al recibirse la señal, ésta se procesa mediante una transformada rápida de Fourier para decodificar la trama de bits recibida. DMT puede operar con una velocidad fijada o en modo adaptativo; es decir, puede usar un valor constante de velocidad, o puede modificar dicho valor durante la operación, como respuesta a las características de la línea.

Los servicios tradicionales de telefonía utilizan una frecuencia base de transmisión muy pobre (hasta 4Khz) para transmitir señales de voz analógicas. Esto significa que aunque se usen las técnicas más sofisticadas de modulación, las tecnologías locales de módems solo pueden alcanzar velocidades de 56Kbps. Para que ADSL alcance velocidades de hasta 8Mbps, aparte de usar un amplio ancho de banda (hasta 1.1Mhz), se utiliza FDM (Frequency Division Multiplexing) para dividir el canal en varios sub-canales, para el envío de la información a través de cada canal se debe utilizar alguna técnica de codificación de la información. En el caso de *ADSL* se

utiliza DMT (Discrete Multi-Tone Modulation) el cual a su vez subdivide cada canal en Tonos. La modulación por multi-tonos (DMT) utiliza QAM (Quadrature Amplitude Modulation) que es una modulación combinación de modulaciones por amplitud (AM) y por fase (PM), esta puede alcanzar (teóricamente) a transmitir 15-bits por baudio. En la siguiente figura se propone un ejemplo de transmisión de los bits 001-010-100-011-101-000-011-110 usando QAM.

Bit Value	Amplitude	Phase Shift
000	1	None
001	2	None
010	1	1/4
011	2	1/4
100	1	1/2
101	2	1/2
110	1	3/4
111	2	3/4

Tabla N° 2.1 Valores de la codificación QAM

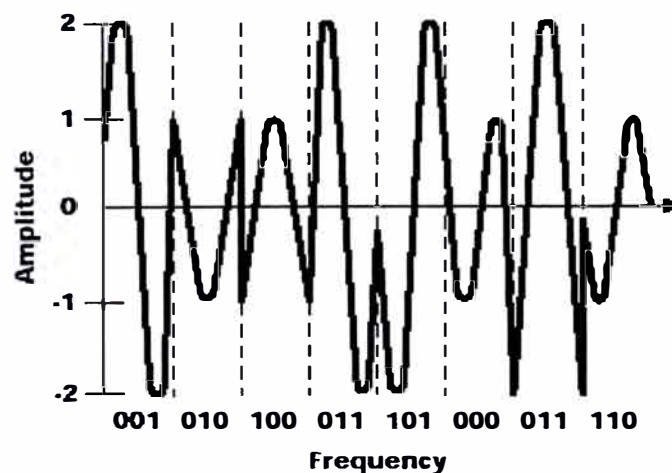


Figura 2.5 Ejemplo de codificación QAM

El uso de FFT es considerado como un tanto sub-estandarizado para otras transformaciones ortogonales tales como transformaciones de onda discretas para

mejorar el trabajo de aislar los espectros de frecuencias individuales. La FFT es elegida por su eficiencia computacional.

Los principales inconvenientes de esta modulación son:

- a) El uso de la transformada de Fourier que, al introducir armónicos adicionales que no transportan información, consumen potencia y ancho de banda innecesarios.
- b) Su elevado costo.
- c) Su gran complejidad.

Tiene como ventaja el estar estandarizada por ANSI, ETSI e ITU. Mientras DMT marcha lentamente a iniciarse en el mercado, se espera que domine por dos razones: es mejor por razones técnicas y hay un estándar ANSI detrás de ella.

D. DWMT – Discrete Wavelet Multi-Tone

Existe una variante de DMT, denominada DWMT (Discrete Wavelet Multi-Tone) que es algo más compleja pero a cambio ofrece aún mayor rendimiento al crear mayor aislamiento entre los 256 sub-canales. Esta variante podría ser el protocolo estándar para transmisiones ADSL a larga distancia y donde existan entornos con un alto nivel de interferencias.

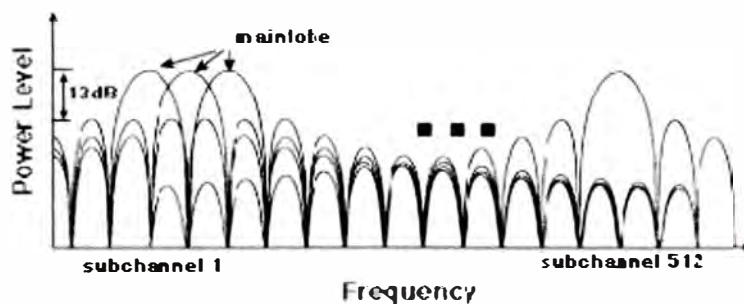


Figura 2.6 Espectro de la modulación DMT

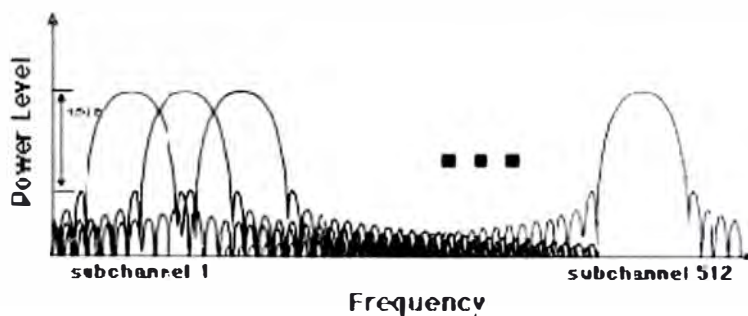


Figura 2.7 Espectro de la modulación DWMT

Esta tecnología es similar al estándar basado en DMT. DWMT usa una avanzada transformación de onda digital en vez de la transformada de Fourier usada en OFDM y DMT. Los sub-canales de DWMT tienen lóbulos laterales (Sidelobes) significativamente más bajos que los de DMT y más fielmente aproximados al ideal. La ideal sub-canalización debería ser usada en los lóbulos principales (Mainlobes) los cuales contienen el 100 % del voltaje del sub-canal.

Los lóbulos laterales de DWMT son de 45 dB inferior al lóbulo principal, mientras que los lóbulos laterales de OFDM y DMT son sólo de 13 dB por encima, así pues el 99.997 % del voltaje de los sub-canales de DWMT reside en el lóbulo principal mientras que en OFDM y DMT es el 91 %.

El espectro superior de DWMT da lugar a las siguientes ventajas:

- a) DWMT tiene menos solapamientos de transmisión que OFDM or DMT. No hay tiempos de seguridad entre los símbolos ni una costosa sincronización de tiempo
- b) DWMT es capaz de mantener niveles superiores de ruido a ADSL
- c) En arquitecturas HFC multipunto a punto DWMT activa el ancho de banda repartiéndolo a usuarios de forma independiente con un único canal de seguridad.

E. SLC – Simple Line Code

Simple Line Code, una versión de señal en banda base de 4 niveles que filtra en banda base y restablece la señal en el receptor. Para configuraciones pasivas NT, SLC debería usarse como TDMA para multiplexar upstream, aunque FDM es posible.

2.2.3 Reparto del Ancho de Banda

A pesar de que aún no se han logrado estandarizar por completo, los módems xDSL nos ofrecen la capacidad necesaria en términos de ancho de banda para acceder a toda clase de servicios multimedia interactivos a través de los accesos telefónicos tradicionales. En otras palabras, nos permiten convertir el bucle de abonado convencional, hoy utilizado únicamente para conectar el teléfono o un módem de hasta 56 Kbit/s, en un potente sistema de acceso a los nuevos servicios multimedia o a las redes WAN de banda ancha.

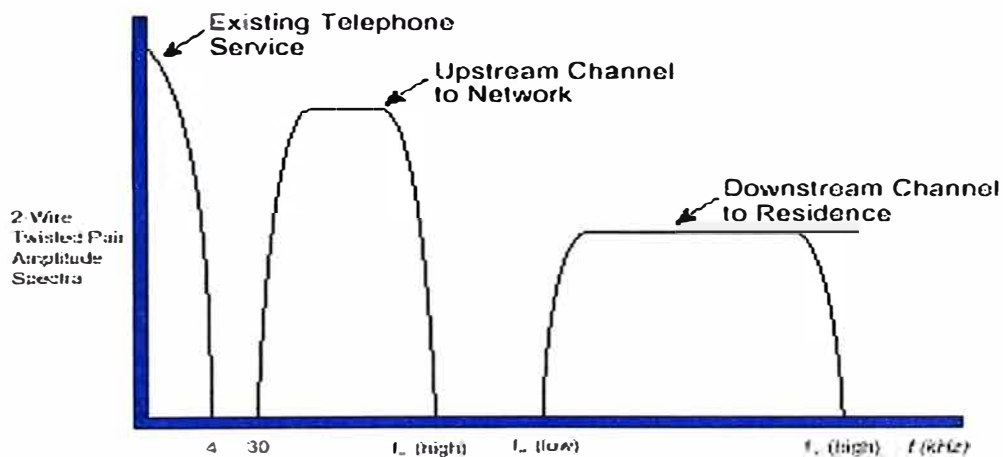


Figura 2.8 Distribución del ancho de banda

Los módems DSL (ISDN banda estrecha) crean en total tres canales, dos canales B y un canal D.

- a) La capacidad de información del canal D es de 16 Kbps y se usa principalmente para señalización.
- b) Los canales B pueden transportar hasta 64 Kbps duplex (igual velocidad de transmisión de la red al cliente y del cliente a la red).
- c) La distancia de operación de la tecnología DSL es de 5 400 metros aproximadamente.

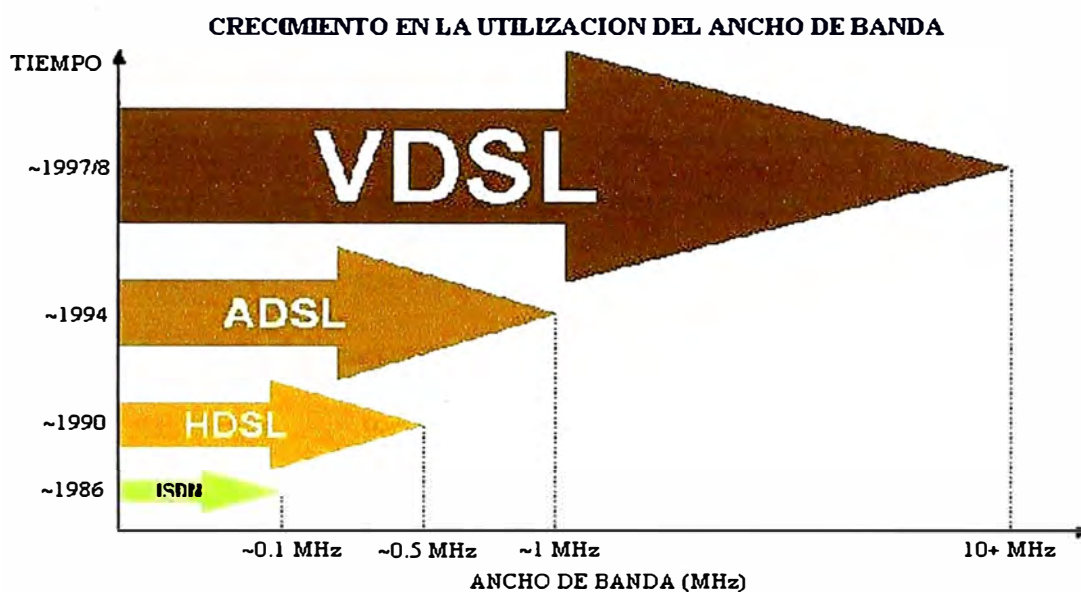


Figura 2.9 Crecimiento en la utilización del ancho de banda

Para crear varios canales, los módems ADSL dividen el ancho de banda disponible de la línea telefónica utilizando para ello dos métodos:

- a) La multiplexación por división de frecuencias (FDM) o cancelación del eco.
- b) La multiplexación en tiempo (TDM), que permite intercalar los datos procedentes de varios usuarios en un único canal, vía serie.

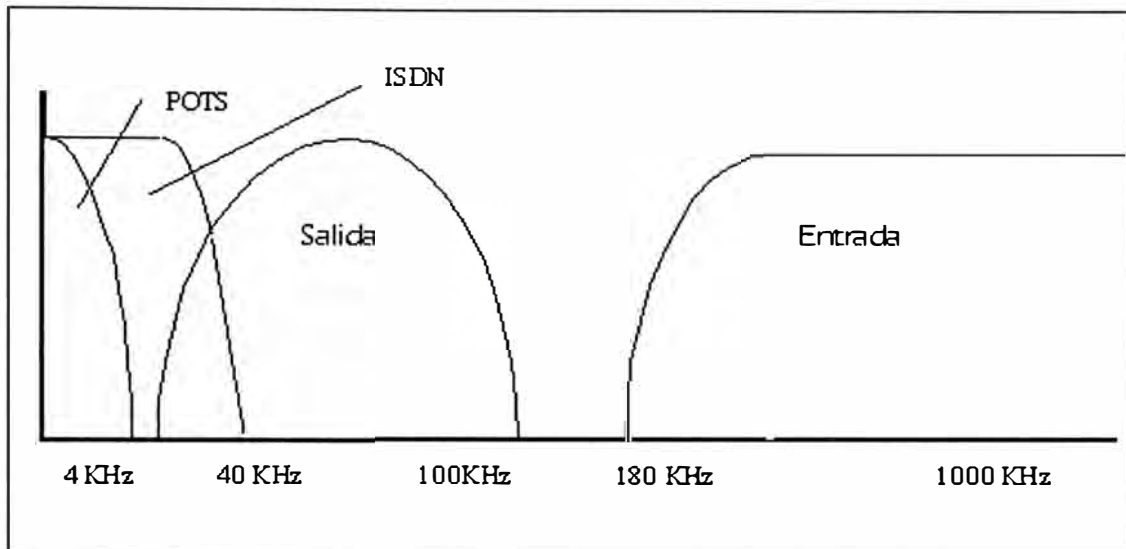


Figura 2.10 Multiplexión por división de frecuencia en xDSL

La técnica FDM asigna un ancho de banda para los datos enviados a la central telefónica y otra para los procedentes de esta. Al mismo tiempo, el circuito lógico que va a la central se fracciona mediante la multiplexación por división de tiempo (TDM), en uno o más canales de alta velocidad y en uno o más canales de baja velocidad. La cancelación del eco superpone ancho de banda dirigido al usuario, al dirigido a la central y luego las separa mediante la supresión de del eco local, de la misma forma que se hace en los módems V.32 y V.34, este sistema permite utilizar el ancho de banda con mas eficacia, pero a cambio de un mayor coste y complejidad.

En ambos métodos es necesario añadir un filtro, que separa una banda de 4 KHz para la línea telefónica habitual. De esta forma el tráfico de voz y de datos puede transmitirse por el mismo cable y eliminándose así la necesidad de tener una línea para voz y otra para datos.

El Forum ATM y DAVIC (Digital Audio-Visual Council) han reconocido a la tecnología ADSL como un protocolo de transmisión del nivel físico para medios de

transmisión UTP (Unshielded Twisted Pair). Tanto el ANSI (American National Standards Institute), Grupo de Trabajo T1E1.4 como el ETSI (European Technical Standards Institute) han aprobado estándares para ADSL. En 1994 se formó el Forum ADSL para promover la tecnología ADSL y facilitar el desarrollo de arquitecturas de sistemas ADSL, protocolos, e interfaces para las principales aplicaciones ADSL.

2.2.4 Medio Físico

El factor común de todas las tecnologías DSL (Digital Subscriber Line) es que funcionan sobre **par trenzado** y usan la modulación para alcanzar elevadas velocidades de transmisión, aunque cada una de ellas con sus propias características de distancia operativa y configuración. A pesar que entre ellas pueden existir solapamientos funcionales, todo parece indicar que su coexistencia está asegurada, lo cual obligará a los proveedores de estos servicios a decantarse por una u otra según el tipo de aplicación que se decidan a ofrecer. Las diferentes tecnologías se caracterizan por la relación entre la distancia alcanzada entre módems, velocidad y simetrías entre el tráfico de descendente (el que va desde la central hasta el usuario) y el ascendente (en sentido contrario). Como consecuencia de estas características, cada tipo de módem DSL se adapta preferentemente a un tipo de aplicaciones. Las velocidades de datos de entrada dependen de diversos factores como por ejemplo:

- Longitud de la línea de Cobre.
- El calibre/diámetro del hilo (especificación AWG/mm).
- La presencia de derivaciones puenteadas.
- La interferencia de acoplamientos cruzados.

La atenuación de la línea aumenta con la frecuencia y la longitud de la línea y disminuye cuando se incrementa el diámetro del hilo.

Muchas aplicaciones previstas para ADSL suponen vídeo digital comprimido. Como señal en tiempo real, el vídeo digital no puede utilizar los procedimientos de control de errores de nivel de red ó de enlace comúnmente encontrados en los Sistemas de Comunicaciones de Datos. Los módem ADSL por tanto incorporan mecanismos FEC (Forward Error Correction) de corrección de errores sin retransmisión (codificación Reed Soloman) que reducen de forma importante los errores causados por el ruido impulsivo. La corrección de errores símbolo a símbolo también reduce los errores causados por el ruido continuo acoplado en una línea.

Si nos fijamos en las tecnologías basadas en la infraestructura existente encontramos:

- Red telefónica de cobre + ADSL (Línea de abonado Digital Asimétrica): Dos módems ADSL a cada lado de la línea telefónica (nodo de conexión, abonado), utilizando la banda completa de línea de cobre, restringida a la voz por medio de un método de codificación digital específico.

Pero si nos fijamos en tecnologías que utilizan o utilizarán nuevas infraestructuras tenemos:

- Red híbrida: fibra óptica + ADSL/VDSL: Fibra desde el nodo de conexión hasta la acera o el edificio, y acceso final al hogar proporcionado por línea telefónica de cobre junto con módem ADSL o VDSL (Línea de Abonado Digital Asimétrica o de muy alta velocidad).



Figura 2.11 Muestra de un hilo de fibra óptica

A. ¿Porque es importante hacer pruebas en xDSL?

Con el fin de maximizar la calidad del enlace xDSL, es necesario que se midan las características físicas del par de cobre y evaluar su aplicabilidad al xDSL específico.

Algunos de los parámetros importantes se mencionan a continuación:

- a) Continuidad, impedancia (resistencia del loop, aislamiento y capacitancia).
- b) Balance longitudinal de impedancias. Desequilibrio resistivo (normalmente 2% de resistencia del loop)
- c) Pérdida de retorno, pérdidas por inserción.
- d) NEXT (Near End CrossTalk).
- e) Longitud del cable, detección de empalmes, bobinas de carga y presencia de agua.
- f) Atenuación a 40, 120 ó 150 KHz@135Ohms, dependiendo de la aplicación.
- g) Voltaje AC y DC inducido en la línea.
- h) Corriente AC y DC en la línea.
- i) Background noise, ruido impulsivo, relación señal a ruido, según la aplicación.
- j) Medición de la velocidad máxima de transmisión del xDSL.
- k) Medición de la tasa de error (BERT) del xDSL.

Hay que conocer cual es el impacto que cada uno de estos parámetros tiene en el desempeño del xDSL. Es importante que al momento de seleccionar las herramientas

para pruebas de xDSL, se consideren aquellas que cubran la mayor cantidad de parámetros importantes. Se debe tener en cuenta que en la medida en que aumenta la velocidad de transmisión de los DSLs, más crítica será la influencia de parámetros como la capacitancia y el NEXT.

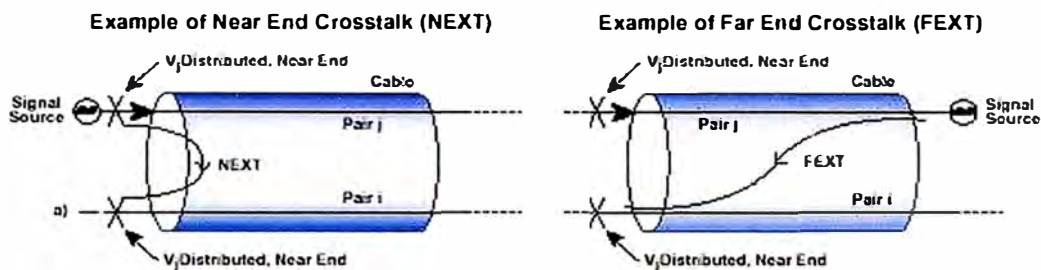


Figura 2.12 Muestras del NEXT y FEXT

La meta final es garantizar la calidad del servicio que se le ofrece al cliente, sin importar si hace frío o calor; si es tiempo seco, época de lluvias, de nieve o si se adiciona un nuevo DSL al grupo de cables.

2.2.5 Aplicaciones

El módem DSL se utiliza para ISDN banda estrecha. ISDN puede ser utilizado para transmitir voz y datos además su velocidad es suficiente para soportar también videoconferencia. A pesar de esto, ISDN es más bien vista como un medio de acceso a Internet en los hogares y por otra parte, el incremento del uso de vídeo y audio en tiempo real sobre Internet necesita de velocidades superiores a las proporcionadas por ISDN.

La tecnología ADSL pretende ser el sustituto del módem que habitualmente se utiliza para conectarse a Internet. Más que nada porque no es necesario realizar ninguna

modificación en la línea telefónica y se puede llegar a alcanzar velocidades de hasta 8 Mbps.

HDSL se puede aplicar a: Red PBX, estaciones de antenas para celulares, servicios de Internet y redes privadas de datos.

VDSL es la tecnología idónea para suministrar en un futuro, señales de televisión de alta definición.

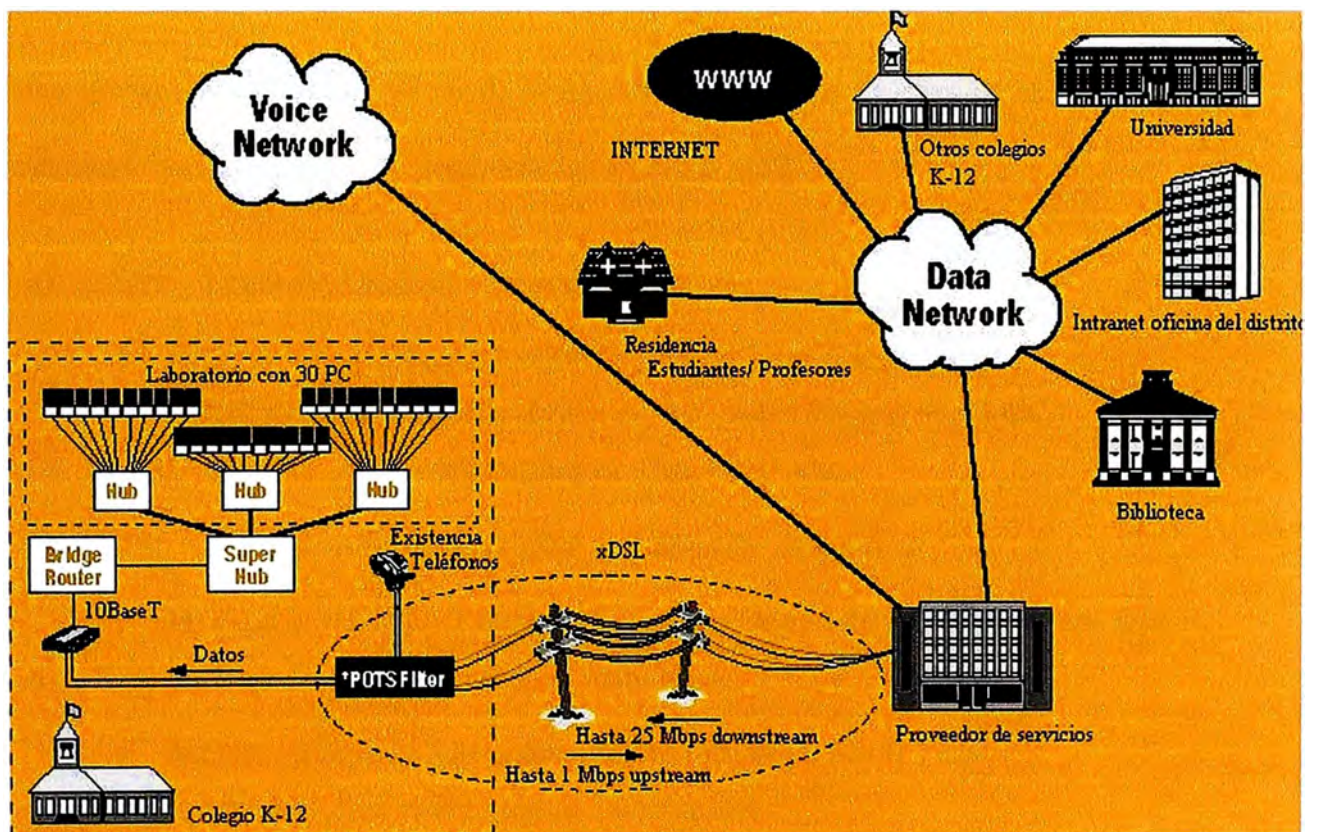


Figura 2.13 Servicios que se pueden ofrecer con un sistema xDSL

Así pues podemos resumir los servicios que se pueden ofrecer con un sistema de comunicación xDSL en:

- a) Intranet.

- b) Navegación en Internet.
- c) Video conferencia.
- d) Servicios transparentes LAN para clientes corporativos.
- e) Acceso remoto LAN para clientes corporativos.
- f) Educación a distancia.
- g) Video en demanda / Televisión interactiva.
- h) Juegos interactivos.

2.2.6 Técnicas xDSL

Hay varias tecnologías xDSL, cada diseño especifica fines y necesidades de venta de mercado. A continuación se presentan las técnicas xDSL.

- a) ADSL - Línea de Abonados Digital Asimétrica.
 - RADSL - Línea de Abonados Digital de Tasa Adaptable.
 - ADSL G.LITE o UDSL -Línea de Abonados Digital Pequeña.
- b) VDSL - Línea de Abonados Digital de Tasa Muy Alta.
- c) HDSL - Línea de Abonados Digital de Índice de Datos Alto.
 - HDSL2 o SHDSL - Línea de Abonados Digital de Índice de Datos Alto 2.
- d) SDSL - Línea de Abonados Digital Simétrica.
 - MDSL - Línea de Abonados Digital Simétrica Multi Tasa.
- e) CDSL - Línea de Abonados Digital Consumidor.
- f) IDSL o ISDN-BA - Línea de Abonados Digital ISDN.
- g) UDSL - Línea de Abonados Digital Unidireccional.
- h) CiDSL - Consumer-installable Digital Subscriber Line.

2.2.7 Tecnología ADSL

ADSL son las iniciales de Asymmetric Digital Subscriber Line, Línea de Abonados Digital Asimétrica.

En el año 1989, Joe Lechleider, un investigador de Bellcore ideó un sistema nuevo de transmisión de la información a través del cable de par trenzado de las líneas telefónicas, este cable es el que todos tenemos en nuestras casas o en las empresas, lo que significaba que no había necesidad de montar un cableado nuevo.

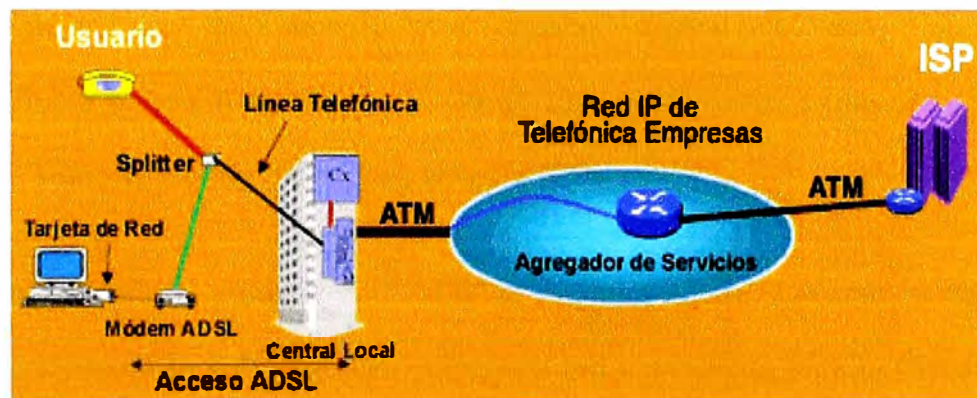


Figura 2.14 Esquema del servicio ADSL

Es una tecnología de módem que transforma las líneas telefónicas o el par de cobre del abonado en líneas de alta velocidad permanentemente establecidas. ADSL facilita el acceso a Internet de alta velocidad así como el acceso a redes corporativas para aplicaciones como el tele trabajo y aplicaciones multimedia como juegos on-line, vídeo on demand, videoconferencia, voz sobre IP, etc.

Este tipo de DSL posee una buena velocidad para bajar información, pero no ocurre lo mismo con la velocidad para subirlos a la red. Se utiliza principalmente para navegar por la Web o chequear e-mails.

A. Rendimiento de ADSL

Velocidad	Tipo de Cable	Distancia	Grosor del Cable
1,5 ó 2 Mbps	24 AWG	5,5 Km	0,5 mm.
1,5 ó 2 Mbps	26 AWG	4,6 Km	0,4 mm.
6,1 Mbps	24 AWG	3,7 Km	0,5 mm.
6,1 Mbps	26 AWG	2,7 Km	0,4 mm.

Tabla N° 2.2 Rendimiento de ADSL debido al tipo de cable

Para hacer posible esta tecnología hay que instalar un módem ADSL en cada extremo de una línea telefónica de cobre (usuario – central telefónica). Con ADSL se puede ofrecer a cada suscriptor servicios de altas velocidades a Internet y el acceso en-línea, Telecommuting (trabajo en casa), etc.

ANSI ha asignado el número " T1.413 " al estándar ADSL. Durante mucho tiempo se ha considerado la red telefónica como una red inadecuada para la transmisión de datos a alta velocidad. Sin embargo, esto no es totalmente cierto: El ancho de banda disponible de la red telefónica es de 3,1 KHz (rango de frecuencias entre 300 y 3400 Hz). Por lo tanto, queda todo un rango de frecuencias inutilizado (toda componente de frecuencias situado en un rango no comprendido entre los 300 y 3400 Hz es eliminada por filtros). Por lo tanto, el ancho de banda no viene limitado por el par de hilos de cobre, sino por la tecnología aplicada en la red telefónica.

A continuación se muestra el modelo de referencia del ADSL Forum:

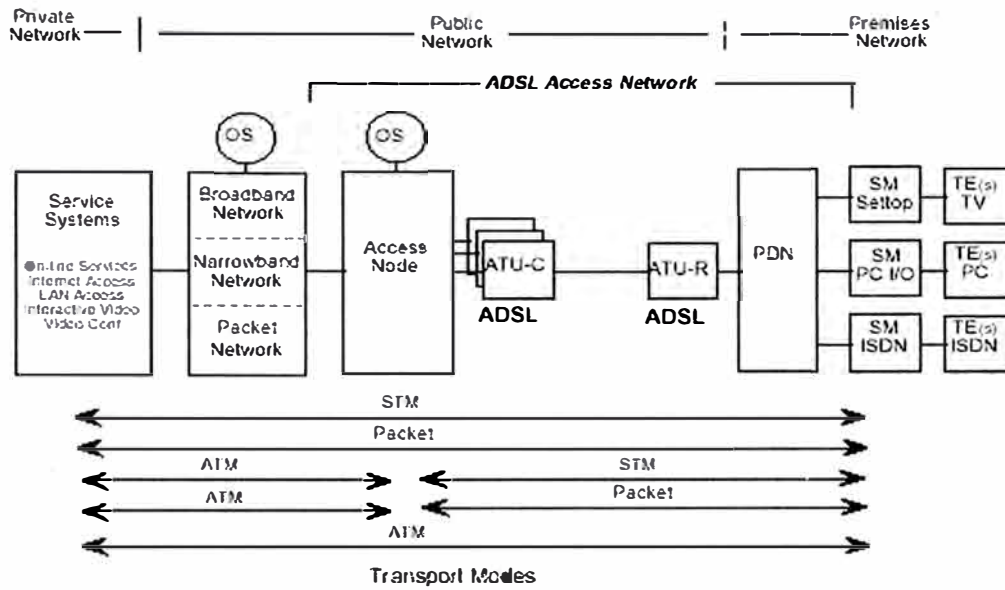


Figura 2.15 Modelo de referencia 1 del ADSL Forum

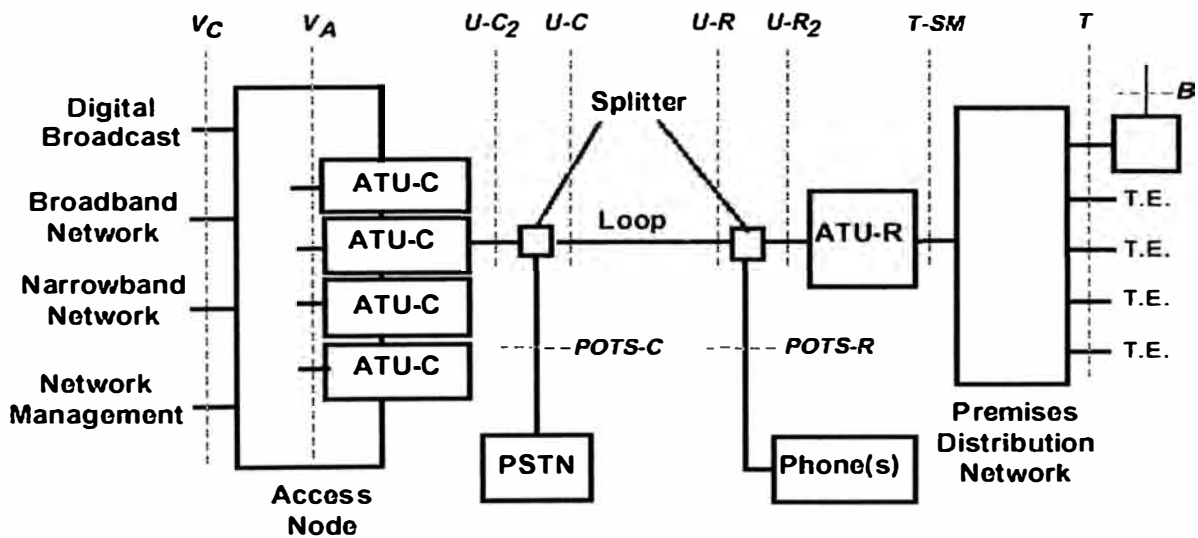


Figura 2.16 Modelo de referencia 2 del ADSL Forum

En la actualidad, el ADSL Forum, es la asociación que agrupa a los distintos fabricantes de ADSL y se encarga de la estandarización de esta nueva tecnología.

B. Como Funciona el ADSL

En el servicio ADSL, el envío y recepción de los datos se establece desde el ordenador del usuario a través de un módem ADSL. Estos datos pasan por un filtro

(splitter), que permite la utilización simultánea del servicio telefónico básico y del servicio ADSL. Es decir, el usuario puede hablar por teléfono a la vez que esta navegando por Internet.

ADSL utiliza técnicas de codificación digital que permiten ampliar el rendimiento del cableado telefónico actual, para conseguir estas tasas de transmisión de datos, la tecnología ADSL establece tres canales independientes sobre la línea telefónica estándar:

- El primero es el canal estándar que se utiliza para transmitir la comunicación normal de voz (servicio telefónico básico).
- El segundo es el canal de alta velocidad que llega desde 1 a 9 Mbps.
- El tercero es el canal de velocidad media que llega desde 16 a 640 Kbps.

En la siguiente figura puede ver como es el sistema en sí:

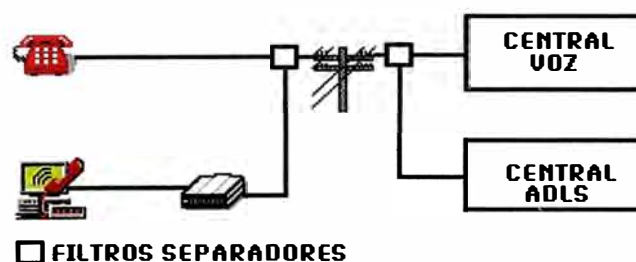


Figura 2.17 Funcionamiento de un sistema ADSL

El segundo canal, el de alta velocidad, es el utilizado para recibir información, mientras que el tercer canal, el de velocidad media se utiliza para enviar información. Los dos canales de datos son asimétricos, es decir, no tienen la misma velocidad de transmisión de datos. El canal de recepción de datos tiene mayor velocidad que el canal de envío de datos.

Esta asimetría, característica de ADSL, permite alcanzar mayores velocidades en el sentido red - usuario, lo cual se adapta perfectamente a los servicios de acceso a información (Ejemplo Internet) en los que normalmente, el volumen de información recibido es mucho mayor que el enviado.

El sistema ADSL lo que realiza es una división de frecuencia sobre el cable de línea telefónica, para poder realizar dicha división de frecuencias, el ADSL utiliza **FDM** (Frequency Division Multiplexation), división de frecuencia por multiplexación o cancelación de ecos.



Figura 2.18 Espectro de frecuencias en ADSL

En este gráfico de frecuencias se puede ver cómo se reparten en función de su uso. El ancho de banda del canal de voz es el más bajo, y se transmite en banda base mientras que las frecuencias de datos (ADSL) son moduladas en alta frecuencia.

i). **Varios canales en la misma línea:**

Una de las características de la tecnología ADSL es que permite tener un canal de voz y otro de datos separados, de forma que es posible estar conectado a Internet y poder hablar por teléfono como si se tratara de dos líneas distintas.

Para crear varios canales, los módems ADSL dividen el ancho de banda disponible de la línea telefónica utilizando para ello dos métodos: La multiplexación por división de frecuencias (FDM: Frequency Division Multiplexing) o la cancelación del eco. La otra técnica de multiplexación usada en ADSL es la multiplexación en tiempo (TDM: Time Division Multiplexing), que permite intercalar los datos procedentes de varios usuarios en un único canal, vía serie.

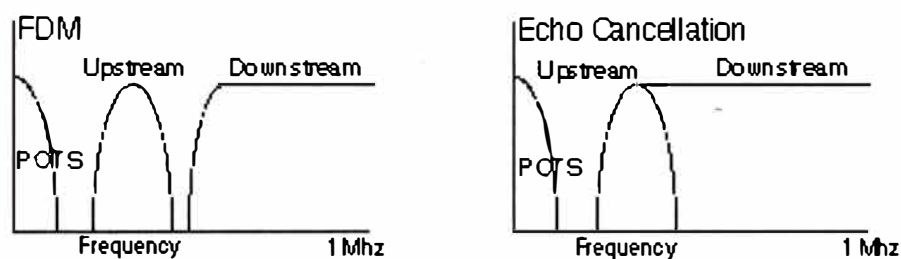


Figura 2.19 Multiplexación por división de frecuencia - FDM

La técnica FDM asigna un ancho de banda para los datos enviados a la central telefónica y otra para los procedentes de ésta. Al mismo tiempo, el circuito lógico que va a la central se fracciona mediante la multiplexación por división en tiempo (TDM), en uno o más canales de alta velocidad y en uno o más canales de baja velocidad. La cancelación de eco superpone ancho de banda dirigido al usuario al dirigido a la central y luego las separa mediante la supresión del eco local, de la misma forma que se hace en los módems v.32 y v.34; este sistema permite utilizar el ancho de banda con más eficacia, pero a cambio de un mayor coste y complejidad.

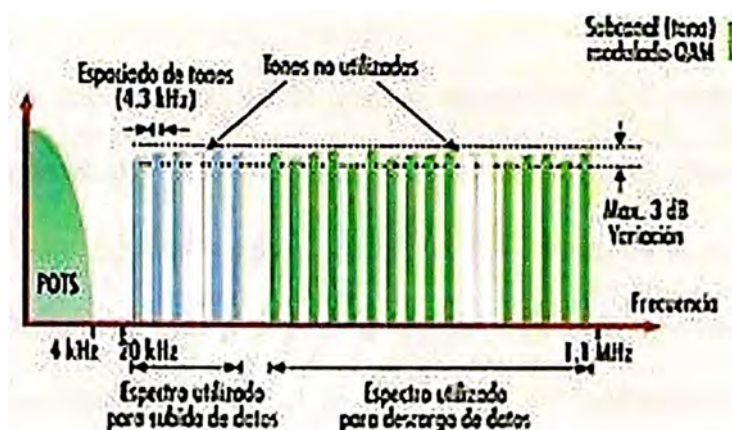


Figura 2.20 Modulación por Multi-Tonos Discretos - DMT

En este gráfico se puede observar como funciona la modulación DMT, creando los sub-canales al utilizar el tipo de modulación DMT tanto en el canal de subida como en el de bajada. Obsérvese la frecuencia dedicada al canal de voz, hasta los 4 KHz.

En ambos métodos, FDM y cancelación del eco, es necesario añadir un filtro (**SPLITTER**), que separa una banda de 4 KHz para la línea telefónica habitual. De esta forma el tráfico de voz y de datos puede transmitirse por el mismo cable y eliminándose así la necesidad de tener una línea para voz y otra para datos.

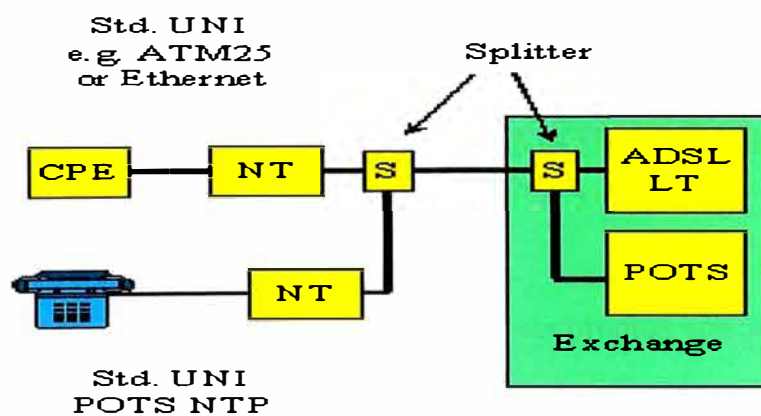


Figura 2.21 Concepto asimétrico DSL (ADSL)

ii). Splitter:

Al tratarse de una modulación en la que se transmiten diferentes caudales en los sentidos Usuario -> Red y Red -> Usuario, el módem ADSL situado en el extremo del usuario es distinto del ubicado al otro lado del bucle, en la central local. En la figura 2.21 se muestra un enlace ADSL entre un usuario y la central local de la que depende. En dicha figura se observa que además de los módems situados en casa del usuario (ATU-R o "ADSL Terminal Unit-Remote) y en la central (ATU-C o "ADSL Terminal Unit-Central"), delante de cada uno de ellos se ha de colocar un dispositivo denominado "splitter". Este dispositivo no es más que un conjunto de dos filtros: uno paso alto y otro paso bajo. La finalidad de estos filtros es la de separar las señales transmitidas por el bucle de modo que las señales de baja frecuencia (telefonía) de las de alta frecuencia (ADSL).

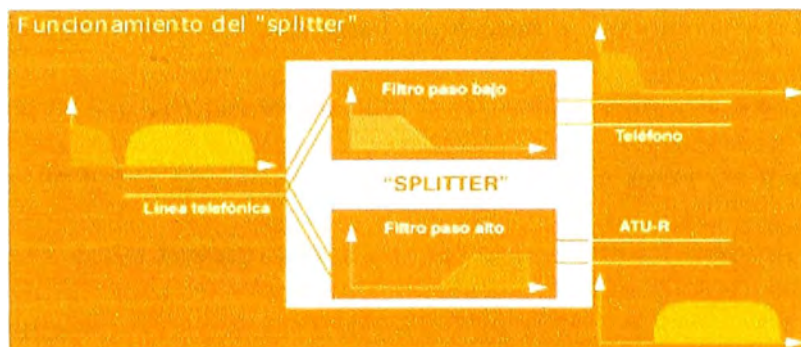


Figura 2.22 Funcionamiento del splitter

C. Estándares de Modulación

Como con todas las tecnologías, el ADSL tiene sus propios estándares. En 1994 se creó el ADSL Forum, un organismo encargado de promover y desarrollar la implementación y arquitecturas de ADSL.

Los estándares establecidos hasta el momento son:

- i). **CAP:** Carrierless Amplitude Phase, Modulación por amplitud de fase sin portadora.
- ii). **DTM:** Discrete Multi-Tone, multitono discreto, es una técnica de modulación.

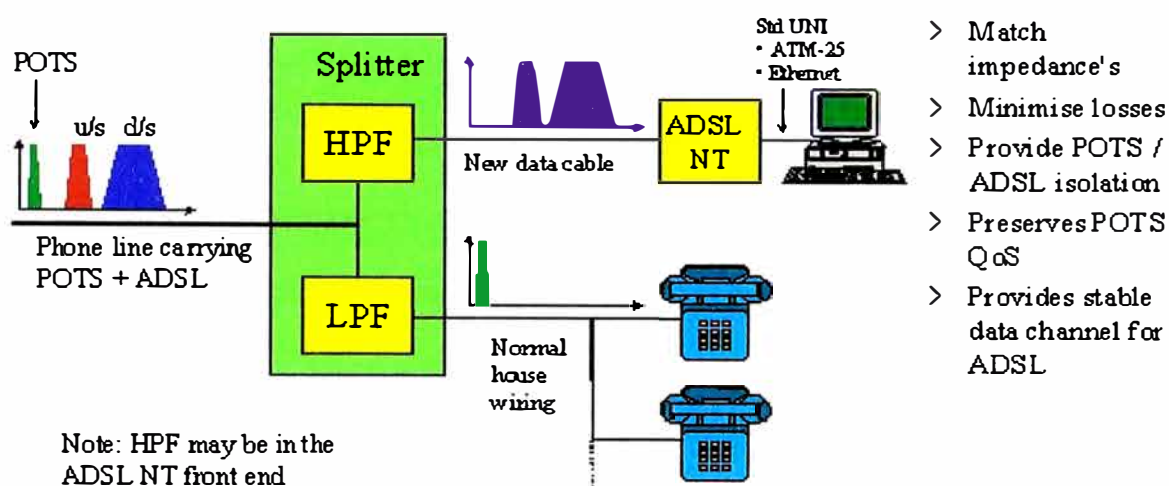


Figura 2.23 Forma de operación del splitter

En la tecnología ADSL existen varias formas de alterar la señal portadora de alta frecuencia para convertirla en una señal modulada y ser enviada a través de cable telefónico. Para ADSL existen dos sistemas de modulación que son rivales entre sí, hasta tal punto de haber creado grupos de partidarios a favor de una u otra. Tanto CAP como DMT están basados en el sistema QAM aunque cada uno lo adopta de una forma distinta.

D. Ventajas y Limitaciones de la tecnología ADSL

Como ventajas tenemos:

- a) Ahorro de costos, ya que elimina la necesidad de instalar fibra óptica en el bucle de abonado para suministrar servicios de alta velocidad, por lo tanto, no se requiere trabajos de la ingeniería civiles para colocar nuevos cables.

- b) ADSL puede introducirse en base a la demanda por usuario individual; esto es importante a los operadores de la red porque significa que su inversión en ADSL es proporcional a la aceptación del usuario de servicios de multimedios de altas velocidades.
- c) Para los usuarios, los servicios ADSL aportan nuevas posibilidades de acceso de alta capacidad para soportar una gran variedad de aplicaciones, desde multimedia a interconexión de LAN y acceso a Internet.
- d) Una de las mayores ventajas de ADSL sobre los módem analógicos, RDSI y HDSL reside en su capacidad para proporcionar soporte de servicio telefónico sin impacto alguno en la capacidad de procesamiento de datos. La razón es que ADSL utiliza tecnología de división de frecuencia, permitiendo separar los canales telefónicos de los otros dos canales. Esto garantiza el suministro de un servicio telefónico ininterrumpido incluso cuando falla el suministro de energía del módem ADSL, una posibilidad que no ofrece la mayoría de las soluciones competidoras, incluidas RDSI y HDSL, que, aunque pueden efectuar conexiones telefónicas, lo hacen consumiendo 64 Kbps de ancho de banda.

Como limitaciones tenemos:

- a) El sistema no es compatible con líneas con servicios especiales, como son RDSI, hilo musical, etc. aunque se están preparando dispositivos para que sean compatibles.
- b) La distancia desde la centralita telefónica hasta nuestra casa debe tener un máximo, cuanto mayor sea la distancia menor será la velocidad o incluso no se podrá montar ADSL en nuestra casa o empresa.

- c) Aun a pesar de que las condiciones anteriores se cumplan, quizás no podamos montar ADSL en casa o empresa debido a un exceso de interferencias en nuestra línea telefónica.

De todas formas, es el propio instalador del sistema ADSL, el que determinará si podemos o no montar un sistema ADSL, existen aparatos especiales que conectados a nuestra línea de teléfono, determinan si se puede o no establecer un sistema ADSL para dicha línea.

E. Aplicaciones

El medio físico que conecta el abonado a la Central Local se denomina "lazo ó bucle de abonado". Cada "lazo" consta de un par trenzado (dos hilos de cobre aislados trenzados). El conjunto de todos los "lazos de abonado" se denomina colectivamente "lazo de acceso"

Las principales áreas de aplicación de la tecnología ADSL son:

- a) "Telecommuting". Acceso a redes corporativas. Estaciones de trabajo interactivas y videoconferencia, etc.
- b) Vídeo interactivo. Entretenimiento bajo demanda. Películas/Vídeo bajo demanda, vídeo en tiempo real, catálogos de vídeo, TV interactiva, etc.
- c) Servicios profesionales remotos. Cuidado de la salud, servicios legales, "bienes raíces".
- d) Juegos. Multimedia Interactiva. Juegos residenciales de único jugador, Juegos residenciales de múltiples jugadores, Juegos de TV.

- e) Comunicaciones de datos a alta velocidad. Acceso a Internet, accesos a LANs remotas, accesos a redes especializadas, etc.

2.2.8 Tecnología VDSL

VDSL: Very Hight Rate Digital Subscriber Line, Línea de Abonados Digital de Tasa Muy Alta.

La modalidad VDSL es la más rápida de las tecnologías xDSL, la máxima distancia que puede haber entre los dos módems VDSL no puede superar los 1370 metros aproximadamente y es la tecnología idónea para suministrar señales de TV de alta definición.

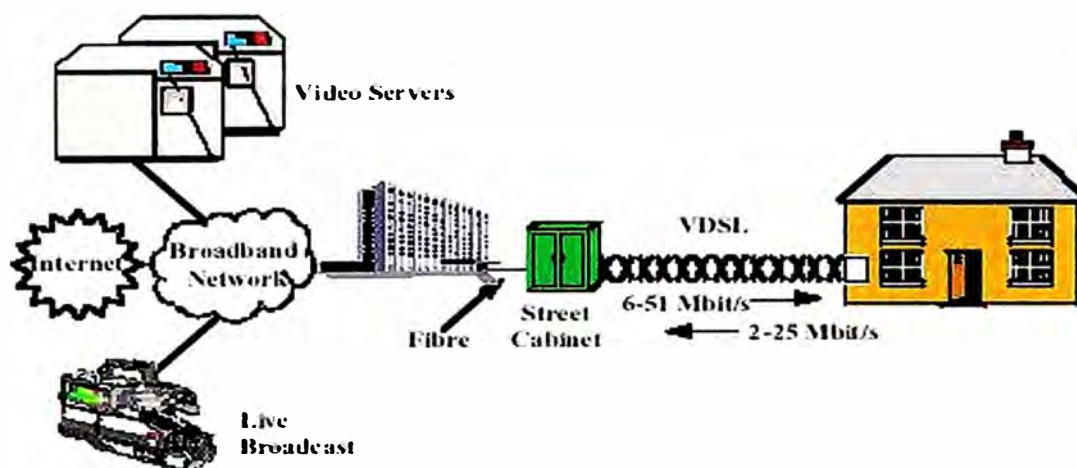


Figura 2.24 Diagrama general de una conexión VDSL

Aunque es muy probable que ADSL se convierta en el más utilizado en pocos años, su uso apunta al suministro de servicio de la gran banda al hogar sobre cableados POTS, sobre distancias relativamente grandes (18.000 pies sobre TP 25 AWG). Por otro lado VDSL operará sobre distancias mucho más cortas y suministrará rangos de datos mucho más grandes. VDSL es utilizado junto con una red de fibra óptica. La fibra óptica será extendida lo más cerca a las áreas residenciales. Desde allí, el viejo

servicio de cableado telefónico es utilizado (gracias a VDSL) para transmitir la información a los hogares.

Very high-speed DSL es una evolución natural de ADSL para aumentar la tasa de bits y usarlo a mayor ancho de banda. Esto puede ser contemplado porque la longitud efectiva del cable es reducida debido al progreso de la fibra en redes de acceso en una arquitectura VDSL.

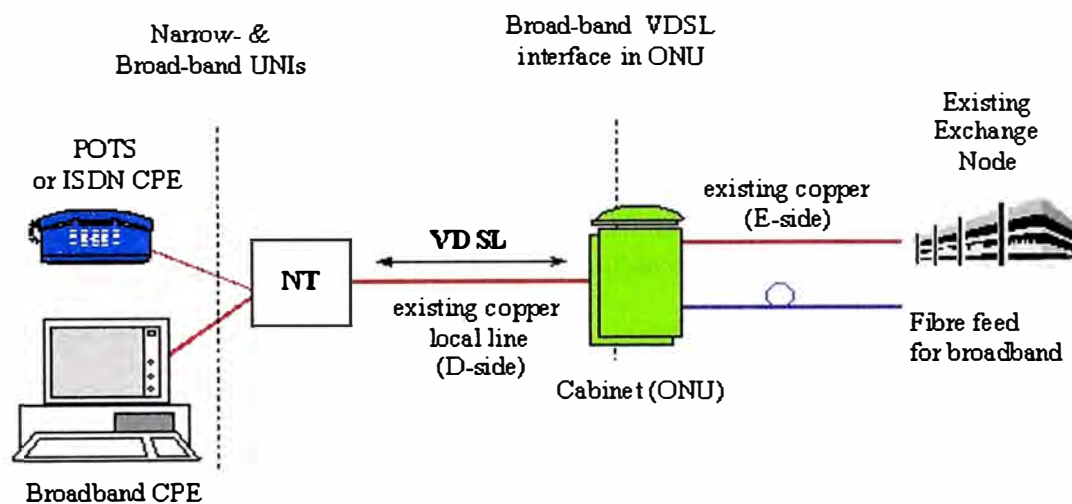


Figura 2.25 Arquitectura VDSL

Al igual que las otras tecnologías xDSL, VDSL provee un canal de flujo hacia abajo y un canal de flujo hacia arriba. El canal de flujo hacia abajo posee usualmente un rango de bit mucho más alto. Esto es apropiado para las clases de aplicaciones que las tecnologías xDSL utilizarán para proveer un alto rango de flujo de datos dentro del hogar

A. Velocidades del VDSL

El espectro de frecuencia de la tecnología VDSL se muestra a continuación:

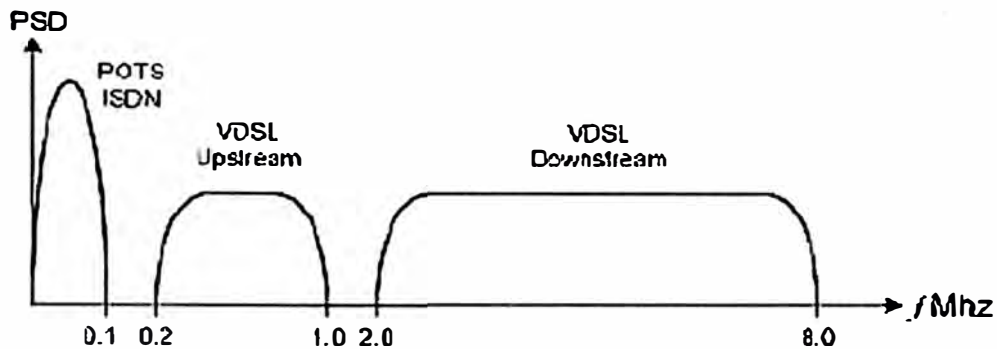


Figura 2.26 Espectro en frecuencia de la tecnología VDSL

Como ADSL, VDSL puede transmitir video comprimido. Para detectar tasas de errores compatibles con video comprimido, VDSL tendrá incorporado un Forward Error Correction (FEC) con un intervalo suficiente para corregir todos los errores producidos por el ruido.

VDSL es muy similar a ADSL, pero con un más alto rango de datos. Estos incluyen los largos rangos dinámicos que ADSL tiene que tratar, y las grandes distancias. Por estas y otras razones, el diseño de ADSL se hace más complejo que VDSL. Los operadores de telecomunicaciones han apuntado que el costo es un requerimiento importante. Por esto VDSL será menos complejo y así menos costoso.

B. Selección del Ancho de Banda

Un aspecto de la especificación VDSL que está siendo estudiado es el ancho de banda del sistema. Si el código de línea utilizado para VDSL es CAP (una variante de QAM), entonces el ancho de banda del sistema mapea directamente algún valor para un rango de símbolo. El rango del bit es dado por el tipo de QAM utilizado.

En este escenario, el modelo de ruido asumido toma en consideración principalmente el hablado cruzado (Crosstalk) far-end (FEXT). Esta fuente de ruido es una consecuencia del acoplamiento capacitivo entre diferentes pares trenzados en un

mismo cable multipar. Otra importante fuente de ruido presente en este medio es el ruido Gaussiano, con una altura espectral de dos lados de -140 dBm/Hz. La Interferencia Radio Frecuencial (RFI) es también tomada en cuenta, aunque no está claro como cuantificar su impacto sobre la línea de transmisión.

Se considera dos implementaciones de VDSL que utilizan CAP (Carrierless AM/PM) y PAM (Pulse Amplitude Modulation) respectivamente. La escogencia de PAM tiene la ventaja que este esquema de transmisión banda base hace uso de bandas de frecuencia baja, las cuales están menos sujetas al ruido (Atenuación y crosstalk). Por otro lado, CAP puede permitir utilizar POTS (servicio de voz) o ISDN simultáneamente con VDSL. El siguiente gráfico muestra una comparación de la capacidad de transmisión de VDSL usando CAP y PAM. El número de perturbadores es el número de pares trenzados en el mismo cable multipar que pueden estar interfiriendo uno a otro si portan también señales VDSL.

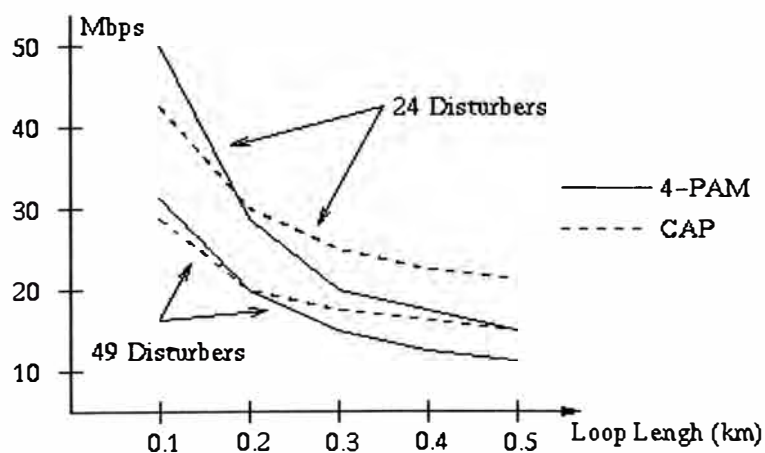


Figura 2.27 Comparación de la capacidad de transmisión para PAM y CAP basada en VDSL

C. Topología de VDSL

Debido a las limitaciones de distancia, VDSL será suministrada a menudo desde un armario situado en la calle equipado con una fibra óptica conectada a la red backbone. Esta topología se muestra a continuación:

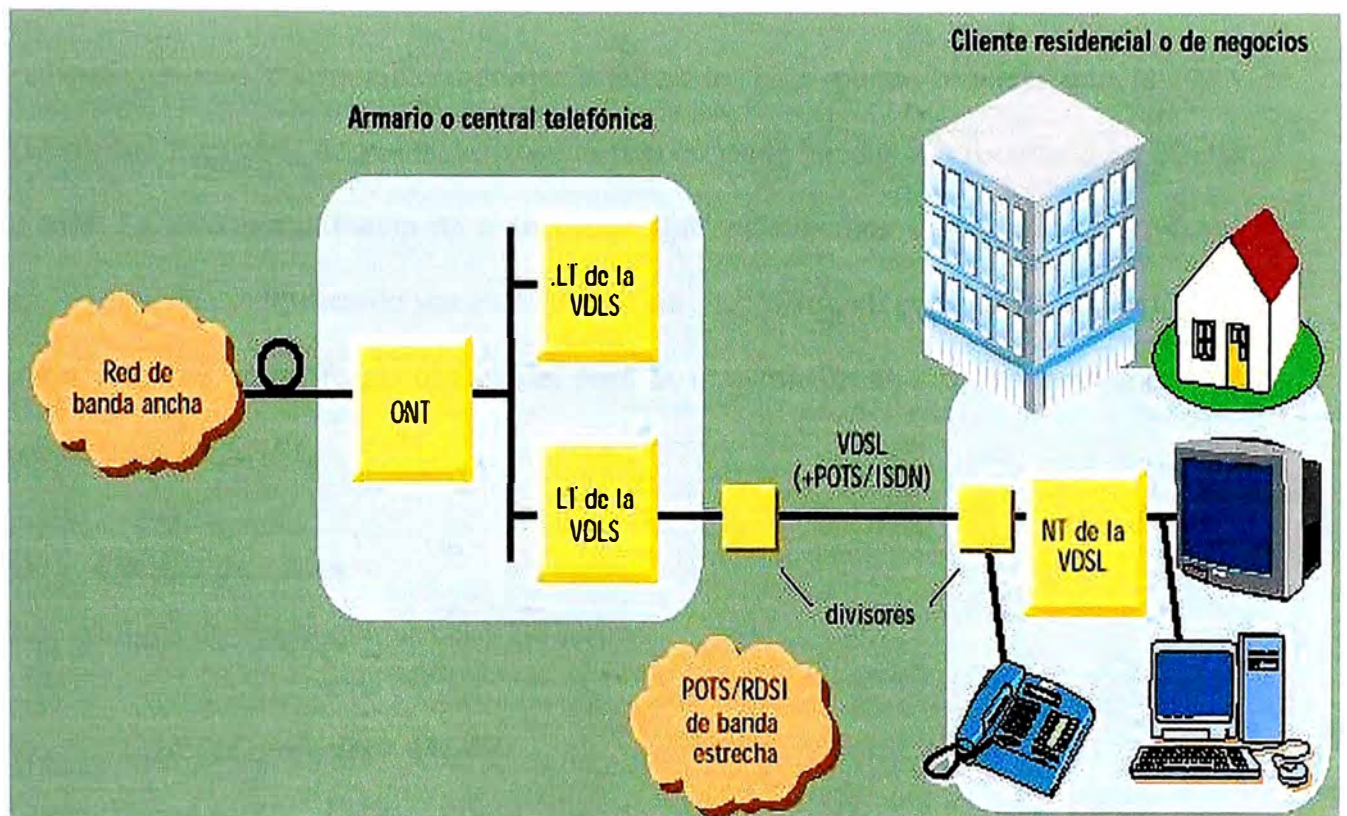


Figura 2.28 Topología VDSL

Alternativamente, VDSL puede ofrecerse desde una central telefónica para dar servicio a los abonados situados en la proximidad inmediata de la central, topología FTTE_x (Fibra Hasta la Central). Incluso otra topología posible es utilizar VDSL para la transmisión de datos y multi-video en bloques de apartamentos con una ONT (Terminación de Red Óptica) en el sótano, dando servicio a los apartamentos individuales sobre los cables telefónicos existentes.

Los sistemas VDSL están diseñados para trabajar en un entorno ruidoso muy hostil. En concreto, deben ser capaces de poder hacer frente a interferencias procedentes de emisiones de radio y de las transmisiones de los radio aficionados. Al mismo tiempo, deben tomarse precauciones para limitar las emisiones indeseadas de un sistema VDSL en las bandas de radio sensibles, tales como las bandas de los radioaficionados reconocidas internacionalmente. Esto puede requerir que la PSD (Densidad Espectral de Potencia) transmitida en estas bandas sea recortada en 20 dB o más. La máxima potencia de transmisión que los sistemas VDSL pueden inyectar en la línea en cualquiera de sus extremos es de 11,5 dBm, en comparación con los 20 dBm y los 13 dBm, respectivamente, para la transmisión en sentido descendente y ascendente en ADSL.

D. Código de Línea

Los códigos de líneas que usa el VDSL son:

i). CAP – Carrierless AM/PM

Carrierless AM/PM. Para configuraciones pasivas de NT, CAP usará QPSK para upstream y un tipo de TDMA para multiplexación. La Modulación CAP está basada en Modulación en Amplitud en Cuadratura QAM y trabaja muy similar a QAM. Un receptor QAM necesita una señal de entrada con las mismas relaciones espectro y fase como la señal transmitida. Las líneas telefónicas regulares no garantizan esta calidad de envío y una implementación QAM para el uso con xDSL tiene que incluir ecualizadores adaptativos que puedan medir las características de la línea y ejecutar compensación para la distorsión introducida en el par trenzado.

ii) . DMT – Discrete Multi-Tone

Discrete Multi-Tone, Para configuraciones pasivas de NT, DMT usará FDM para multiplexar upstream.

Este código de línea divide el ancho de banda disponible en unidades más pequeñas. Estas bandas individuales son probadas para determinar si pueden ser utilizadas para transmitir información. Este esquema es ventajoso debido al amplio rango de características de líneas que pueden ser encontradas en la instalación existente de cables de par trenzado. Cada instalación puede presentar diferencias en la calidad y longitud de la línea e interferencia como hablado cruzado (crosstalk), y los radios AM y HAM pueden afectar la señal de estas líneas. DMT supera este problema utilizando estas partes del espectro que ofrece menos atenuación e interferencia.

La línea es probada para determinar cuáles bandas de frecuencia están disponibles y cuantos bits pueden ser transmitidos por unidad de ancho de banda. Los bits son decodificados en el transmisor y luego pasados a un conversor D/A. En la recepción final, la señal es procesada para decodificar la cadena de bits entrante. ADSL también utiliza este código de línea, y divide el canal de flujo "hacia abajo" en 256 tonos de 4 KHz de ancho de banda y el "flujo hacia arriba" en 32 sub-canales. Cada sub-canal puede portar un número diferente de bits, dependiendo de la calidad del sub-canal. DMT puede operar en modos de rango fijo o adaptativo, por ejemplo, puede utilizar un rango de datos constante o puede modificar el rango de datos durante operación como una respuesta a las características de la línea. Sin embargo, el DMT sufre del aislamiento del sub-canal. El uso de las transformadas de Fourier

introduce armónicos adicionales que no portan la información. El DWMT ataca este problema.

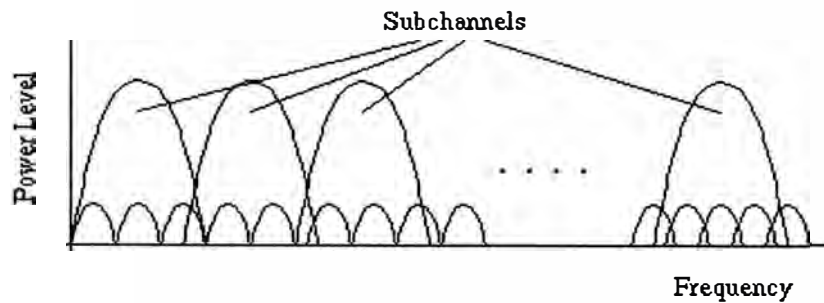


Figura 2.29 Espectro Multi-Tono Discreto

iii). DWMT – Discrete Wavelet Multi-Tone

Discrete Wavelet Multi-Tone, También usa FDM para multiplexar upstream. El esquema de decodificación DWMT está basado en la misma idea del DMT, esto es, dividir el canal en sub-canales para hacer uso de las secciones del espectro de la frecuencia que no son afectados por interferencia. Mientras que DMT usa transformadas rápidas de Fourier para decodificar los bits en cada sub-canal, el DWMT utiliza transformadas wavelet (algoritmo para descomponer una señal en elementos más simples). El uso de la transformada de Fourier digital para decodificar bits en el algoritmo DMT genera armónicos con el arco principal del receptor. Sin embargo, la transformada wavelet produce armónicos de energía más bajo, lo cual hace de esto una tarea más simple para detectar la señal decodificada en la recepción. La relación señal a ruido SNR realizada con DWMT puede estar en el orden de 43 dB, mientras que DMT tiene una SNR de alrededor de 13 dB. Con DWMT, la mayoría de la energía está contenida en los sub-canales actuales y no es perdida en los armónicos adicionales que resultan de la operación de transformada. SLC Simple Line Code, una versión de señal en banda base de 4 niveles que filtra en

banda base y restablece la señal en el receptor. Para configuraciones pasivas NT, SLC debería usarse como TDMA para multiplexar upstream, aunque FDM es posible

E. Transmisión FDD – DMT

Los sistemas multi-portadora modulan datos sobre un gran número de portadoras (ortogonales) de banda estrecha. Cada portadora o tono se modula con un punto de la constelación QAM durante la duración de un símbolo de la multi-portadora. Para construir el símbolo completo se suman entonces todas las portadoras. En el receptor, las portadoras se separan y demodulan. Utilizando modulación DMT, las portadoras están igualmente espaciadas y son ortogonales. La modulación y demodulación de un símbolo DMT puede realizarse de forma muy eficaz mediante el uso, respectivamente, de una IFFT (Transformada Inversa Rápida de Fourier) y una FFT (Transformada Rápida de Fourier).

Para asegurar la ortogonalidad entre tonos puede necesitarse un procesamiento adicional en el transmisor y en el receptor.

En un sistema VDSL basado en DMT pueden utilizarse hasta 4.096 portadoras, abarcando una banda de frecuencias de hasta 17.7 MHz. La separación entre tonos es idéntica a la de ADSL (4.3125 KHz), permitiendo la interoperabilidad (un módem VDSL en un extremo de la línea, tanto con LT - Terminación de Línea - como con NT, puede comunicar con un módem ADSL en el otro extremo a una velocidad reducida) entre ADSL y VDSL. La salida de la IFFT se amplía cíclicamente añadiendo un CP (Prefijo Cíclico) y un CS (Sufijo Cíclico).

Parte de la aplicación cíclica se utiliza para ventanizar en símbolo DMT en el transmisor de forma que se suavice la transición entre símbolos sucesivos, lo que da como resultado lóbulos laterales menores en el espectro de transmisión y, por consiguiente, un mejor confinamiento espectral. Otra parte de la ampliación cíclica puede utilizarse para ventanizar (en combinación con "el solapamiento") en el receptor. Esta operación es transparente para los tonos que son perfectamente periódicos en la ventana FFT, pero reduce el efecto de las transiciones que de otra manera producirían ISI (Interferencia entre Símbolos) e ICI (Interferencia entre Portadoras), y ayuda a reducir el efecto de la diafonía y de la RFI (Interferencia de Radiofrecuencia).

El uso de ventanización en el receptor y el transmisor y las ampliaciones cíclicas se muestran a continuación:

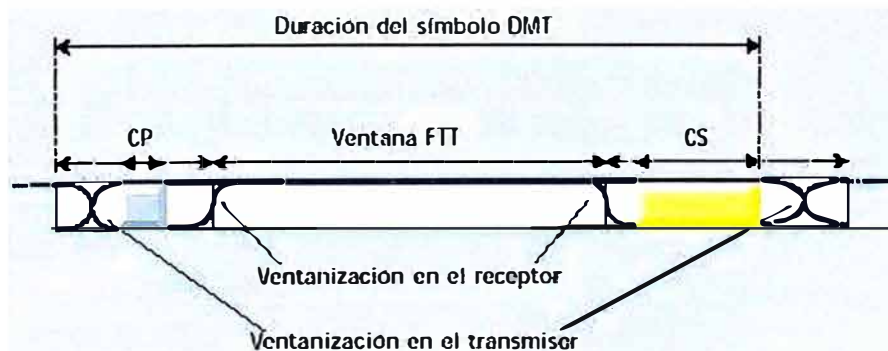


Figura 2.30 Ventanización en el receptor y transmisor

El resto de la ampliación cíclica se utiliza, por una parte - mediante el prefijo cíclico - para reducir (o eliminar) la ISI y la ICI, y por otra parte - mediante el sufijo cíclico - para asegurar la ortogonalidad de la señal útil recibida y del eco (producido por la desadaptación del transceptor a la línea, o por imperfecciones de ésta). Si el prefijo cíclico es lo suficientemente largo (para evitar completamente la ISI y la ICI, el

prefijo cíclico debería ser al menos tan largo como la respuesta del canal al impulso, medida desde la salida de la IFFT en el transmisor hasta la entrada de la FFT del transmisor), la ecualización no necesita un ecualizador en el dominio del tiempo, sino que puede realizarse mediante un ecualizador con una derivación en el dominio de la frecuencia, reduciendo de este modo la complejidad del receptor. Si el sufijo cíclico excede la longitud de la línea, expresada en muestras se puede obtener una perfecta ortogonalidad entre la señal útil y el eco mediante la sincronización y alineamiento de la transmisión en sentido ascendente y descendente. En este caso, no se necesitan filtros de duplexación digitales ni analógicos, reduciendo de nuevo la complejidad del transceptor.

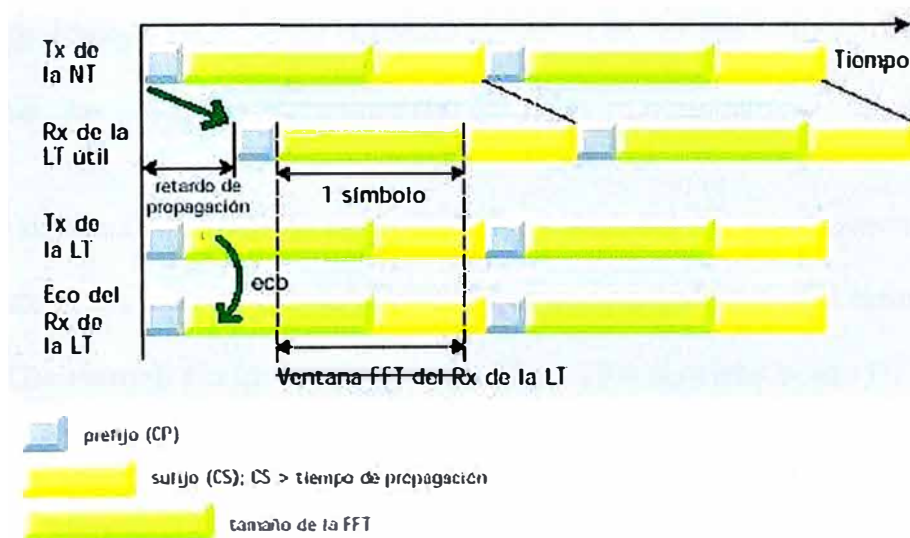


Figura 2.31 Ventanas FFT del Rx de la LT

El sistema VDSL descrito se le conoce a menudo como VDSL "Zipper". La combinación de un duplexado digital en el dominio de la frecuencia y de una transmisión DMT es característica de un sistema Zipper. Existen dos modos de funcionamiento: síncrono y asíncrono.

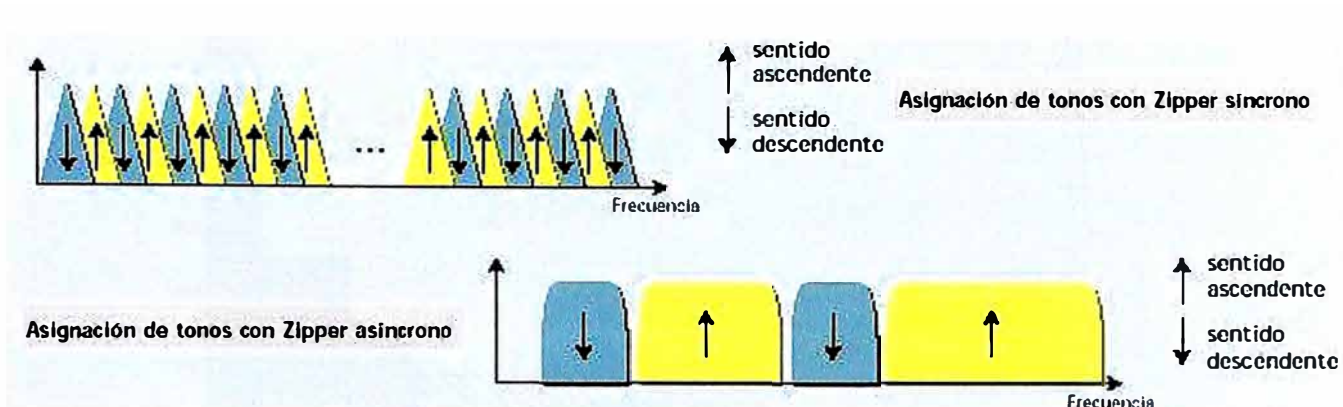


Figura 2.32 Modos de funcionamiento síncrono a asíncrono

F. Aplicaciones

Las operadoras de telecomunicaciones podrían utilizar VDSL para enviar demanda de video a los hogares, usando televisión de alta definición (HDTV), dado el largo ancho de banda que VDSL permite sobre un simple par de par trenzado.

Ha sido sugerido que un nivel de potencia de -80 dBm/Hz sea utilizado en las bandas que son ocupadas por radio amateur, y -60 dBm/Hz en otras partes.

Para cortas distancias, la VDSL simétrica es atractiva debido a que puede simplificar la interfaz de la red corporativa LAN y estar en concordancia con el futuro de FTTH (Fiber To The Home). En un futuro no muy lejano, los sistemas como FTTC y FTTB podrán ser utilizados con un sistema simétrico VDSL que usa 26 Mbps, el cual es un rango saludable para ATM.

Código de Línea: La escogencia de un código de línea (CAP, DMT, DWMT) se encuentra también en las agendas de los comités de estándares

G. Comparación de la tecnología VDSL con ADSL

A continuación se muestra una gráfica donde se realiza la comparación entre las velocidades y alcance entre ambas tecnologías

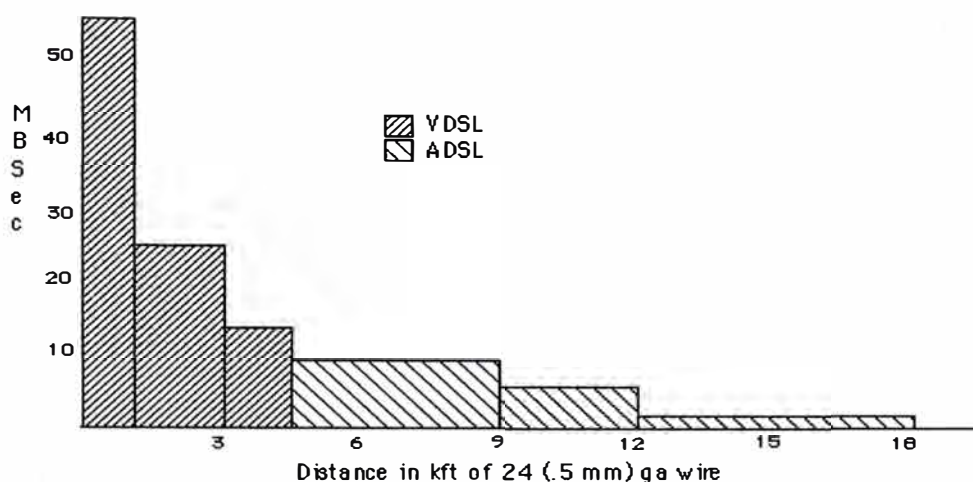


Figura 2.33 Comparación entre la tecnología VDSL y ADSL

2.3 Tecnología WLAN

En los últimos años se ha producido un crecimiento espectacular en lo referente al desarrollo y aceptación de las comunicaciones móviles y en concreto de las redes de área local (Wireless LANs). La función principal de este tipo de redes es la proporcionar conectividad y acceso a las tradicionales redes cableadas (Ethernet, Token Ring), como si de una extensión de éstas últimas se tratara, pero con la flexibilidad y movilidad que ofrecen las comunicaciones inalámbricas. El momento decisivo para la consolidación de estos sistemas fue la conclusión del estándar IEEE 802.11 en el mes de junio de 1997. En este estándar se encuentran las especificaciones tanto físicas como a nivel MAC que hay que tener en cuenta a la hora de implementar una red de área local inalámbrica. Otro de los estándares definidos y que trabajan en este mismo sentido es el ETSI HIPERLAN.

La norma 802.11 ha sufrido diferentes extensiones sobre la norma para obtener modificaciones y mejoras. De esta manera, tenemos las siguientes especificaciones:

- 802.11 Especificación para 1-2 Mbps en la banda de los 2.4 GHz, usando salto de frecuencias (FHSS) o secuencia directa (DSSS).
- 802.11b Extensión de 802.11 para proporcionar 11Mbps usando DSSS.
- Wi-Fi (Wireless Fidelity) Promulgado por el WECA para certificar productos 802.11b capaces de ínter operar con los de otros fabricantes.
- 802.11a Extensión de 802.11 para proporcionar 54Mbps usando OFDM.
- 802.11g Extensión de 802.11 para proporcionar 20-54Mbps usando DSSS y OFDM. es compatible hacia atrás con 802.11b. Tiene mayor alcance y menor consumo de potencia que 802.11a.

2.3.1 Orígenes

El origen de las LAN inalámbricas (WLAN) se remonta a la publicación en 1979 de los resultados de un experimento realizado por ingenieros de IBM en Suiza, consistente en utilizar enlaces infrarrojos para crear una red local en una fábrica. Estos resultados, pueden considerarse como el punto de partida en la línea evolutiva de esta tecnología.

Las investigaciones siguieron adelante tanto con infrarrojos como con microondas. En mayo de 1985 el FCC3 (Federal Communications Comission) asignó las bandas IMS (Industrial, Scientific and Medical) 902-928 MHz, 2,400-2,4835 GHz, 5,725-5,850 GHz a las redes inalámbricas basadas en spread spectrum.

La asignación de una banda de frecuencias propició una mayor actividad en el seno de la industria: ese respaldo hizo que las WLAN empezaran a dejar ya el laboratorio para iniciar el camino hacia el mercado. Desde 1985 hasta 1990 se siguió trabajando

ya más en la fase de desarrollo, hasta que en mayo de 1991 se publicaron varios trabajos referentes a WLAN operativos que superaban la velocidad de 1 Mbps, el mínimo establecido por el IEEE 802 para que la red sea considerada realmente una LAN.

Hasta ese momento las WLAN habían tenido una aceptación marginal en el mercado por dos razones fundamentales: falta de un estándar y los precios elevados de una solución inalámbrica. Sin embargo, se viene produciendo estos últimos años un crecimiento explosivo en este mercado (de hasta un 100% anual). Y esto es debido a distintas razones:

- El desarrollo del mercado de los equipos portátiles y de las comunicaciones móviles.
- La conclusión de la norma IEEE 802.11 para redes de área local inalámbricas que ha establecido un punto de referencia y ha mejorado en muchos aspectos de estas redes.

2.3.2 Definición de Red de Área Local Inalámbrica

Una red de área local inalámbrica puede definirse como a una red de alcance local que tiene como medio de transmisión el aire. Por red de área local entendemos una red que cubre un entorno geográfico limitado, con una velocidad de transferencia de datos relativamente alta (mayor o igual a 1 Mbps tal y como especifica el IEEE), con baja tasa de errores y administrada de forma privada. Por red inalámbrica entendemos una red que utiliza ondas electromagnéticas como medio de transmisión de la información que viaja a través del canal inalámbrico enlazando los diferentes

equipos o terminales móviles asociados a la red. Estos enlaces se implementan básicamente a través de tecnologías de microondas y de infrarrojos.

Una red de área local inalámbrica, también llamada wireless LAN (WLAN), es un sistema flexible de comunicaciones que puede implementarse como una extensión o directamente como una alternativa a una red cableada. Este tipo de redes utiliza tecnología de radiofrecuencia minimizando así la necesidad de conexiones cableadas. Este hecho proporciona al usuario una gran movilidad sin perder conectividad.

El atractivo fundamental de este tipo de redes es la facilidad de instalación y el ahorro que supone la supresión del medio de transmisión cableado. Aún así, debido a que sus prestaciones son menores en lo referente a la velocidad de transmisión que se sitúa entre los 2 y los 10 Mbps frente a los 10 y hasta los 100 Mbps ofrecidos por una red convencional, las redes inalámbricas son la alternativa ideal para hacer llegar una red tradicional a lugares donde el cableado no lo permite, y en general las WLAN se utilizarán como un complemento de las redes fijas.

2.3.3 Beneficios de la solución WLAN

A continuación se hace mención de las ventajas del cómputo móvil en unión con la conexión a una red para compartir información y equipos periféricos:

Movilidad: Información en tiempo real en cualquier lugar de la organización para todo usuario de la red. El que se obtenga en tiempo real supone mayores posibilidades de servicio. Esto permite que la información sea manejada y actualizada de manera inmediata.

Instalación simple y rápida: No existen cables y evita ponerlos por muros y techos. Este punto es de gran importancia, existen situaciones en las cuales por rapidez, tipo de construcción, costos de preparación para instalar la red, no es conveniente manejar una red típica, más aún cuando solo sea requerida por tiempos relativamente cortos (días e inclusive horas) y tenga que desaparecer totalmente dicha instalación.

Flexibilidad: Permite llegar donde el cable no puede. Esta funcionalidad permitirá instalar redes donde su geografía, restricción del lugar (permisos), o su complejidad de instalación (cableado) represente un costo mayor a los beneficios por obtener.

Reducción de costos: Cuando se dan cambios frecuentes en la instalación física de la red, o el entorno de trabajo de esta es muy dinámico, el costo económico para mantener la conectividad de los recursos de cómputo llegan a ser elevados cuando se trabaja con cables. Las redes sin cable son significativamente más económicas que las redes con cable.

2.3.4 Aplicaciones de la Solución WLAN

Las aplicaciones más típicas de las redes de área local que podemos encontrar actualmente son las siguientes:

- a) Implementación de redes de área local en edificios históricos, de difícil acceso y en general en entornos donde la solución cableada es inviable.
- b) Posibilidad de reconfiguración de la topología de la red sin añadir costes adicionales. Esta solución es muy típica en entornos cambiantes que necesitan una estructura de red flexible que se adapte a estos cambios.

- c) Redes locales para situaciones de emergencia o congestión de la red cableada.
- d) Estas redes permiten el acceso a la información mientras el usuario se encuentra en movimiento. Habitualmente esta solución es requerida en hospitales, fábricas, almacenes.
- e) Generación de grupos de trabajo eventuales y reuniones ad-hoc. En estos casos no valdría la pena instalar una red cableada. Con la solución inalámbrica es viable implementar una red de área local aunque sea para un plazo corto de tiempo.
- f) En ambientes industriales con severas condiciones ambientales este tipo de redes sirve para interconectar diferentes dispositivos y máquinas.
- g) Interconexión de redes de área local que se encuentran en lugares físicos distintos. Por ejemplo, se puede utilizar una red de área local inalámbrica para interconectar dos o más redes de área local cableada situadas en dos edificios distintos.

2.3.5 Topologías y configuraciones WLAN

La versatilidad y flexibilidad de las redes inalámbricas es el motivo por el cual la complejidad de una LAN implementada con esta tecnología sea tremendamente variable. Esta gran variedad de configuraciones ayuda a que este tipo de redes se adapte a casi cualquier necesidad.

Estas configuraciones se pueden dividir en dos grandes grupos, las *redes peer to peer* y las que utilizan *Puntos de Acceso*.

A. Peer to Peer

También conocidas como redes **ad-hoc**, es la configuración más sencilla, ya que en ella los únicos elementos necesarios son terminales móviles equipados con los correspondientes adaptadores para comunicaciones inalámbricas.

En este tipo de redes, el único requisito deriva del rango de cobertura de la señal, ya que es necesario que los terminales móviles estén dentro de este rango para que la comunicación sea posible. Por otro lado, estas configuraciones son muy sencillas de implementar y no es necesario ningún tipo de gestión administrativa de la red.

Un ejemplo sencillo de esta configuración se muestra en la siguiente ilustración.



Figura 2.34 Conexión WLAN Peer to Peer

B. Punto de Acceso

Estas configuraciones utilizan el **concepto de celda**, ya utilizado en otras comunicaciones inalámbricas, como la telefonía móvil. Una *celda* podría entenderse como el área en el que una señal radioeléctrica es efectiva. A pesar de que en el caso de las redes inalámbricas esta celda suele tener un tamaño reducido, mediante el uso de varias fuentes de emisión es posible combinar las celdas de estas señales para cubrir de forma casi total un área más extensa.

La estrategia empleada para aumentar el número de celdas, y por lo tanto el área cubierta por la red, es la utilización de los llamados *Puntos de acceso*, que funcionan

como repetidores, y por tanto son capaces de doblar el alcance de una red inalámbrica, la que ahora la distancia máxima permitida no es entre estaciones, sino entre una estación y un punto de acceso.

Los *Puntos de acceso* son colocados normalmente en alto, pero solo es necesario que estén situados estratégicamente para que dispongan de la cobertura necesaria para dar servicio a los terminales que soportan.

Un único punto de acceso puede soportar un pequeño grupo de usuarios y puede funcionar en un rango de al menos treinta metros y hasta varios cientos de metros.

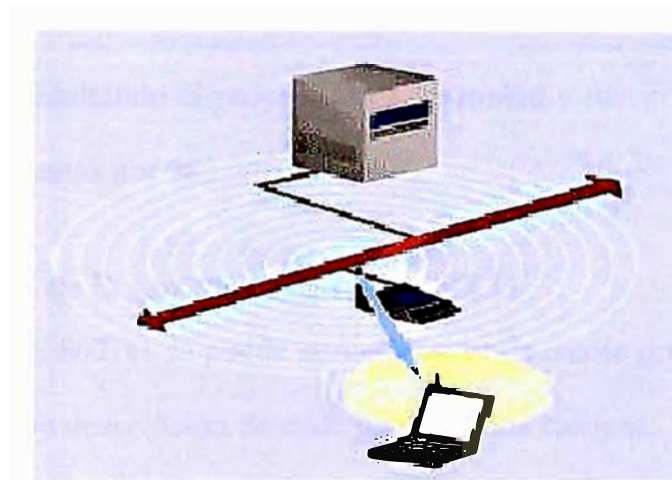


Figura 2.35 Conexión WLAN usando punto de acceso

La técnica de *Punto de acceso* es capaz de dotar a una red inalámbrica de muchas más posibilidades. Además del evidente aumento del alcance de la red, ya que la utilización de varios puntos de acceso, y por lo tanto del empleo de varias celdas que colapsen el lugar donde se encuentre la red, permite lo que se conoce como *roaming*, es decir que los terminales puedan moverse sin perder la cobertura y sin sufrir cortes en la comunicación. Esto representa una de las características más interesantes de las redes inalámbricas.

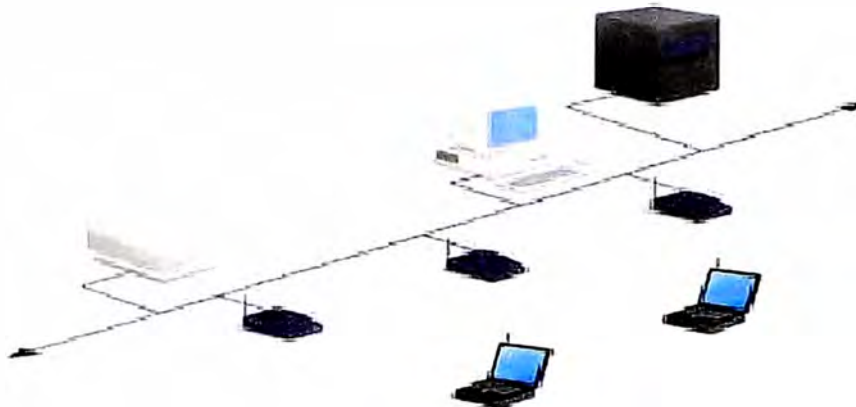


Figura 2.36 Conexión WLAN usando varios puntos de acceso

2.3.6 Nivel físico, arquitectura y tecnología de modulación

En este apartado realizaré una revisión de la arquitectura de la capa de nivel físico, donde describiré ligeramente el funcionamiento de la capa de convergencia, fundamentalmente resaltando el proceso de transmisión y recepción de y las técnicas de modulación utilizadas por 802.11 y 802.11b.

A. Componentes de la arquitectura IEEE 802.11

La arquitectura IEEE 802.11 se puede apreciar en el siguiente gráfico y más adelante se realizará una breve descripción de cada uno de estos campos:

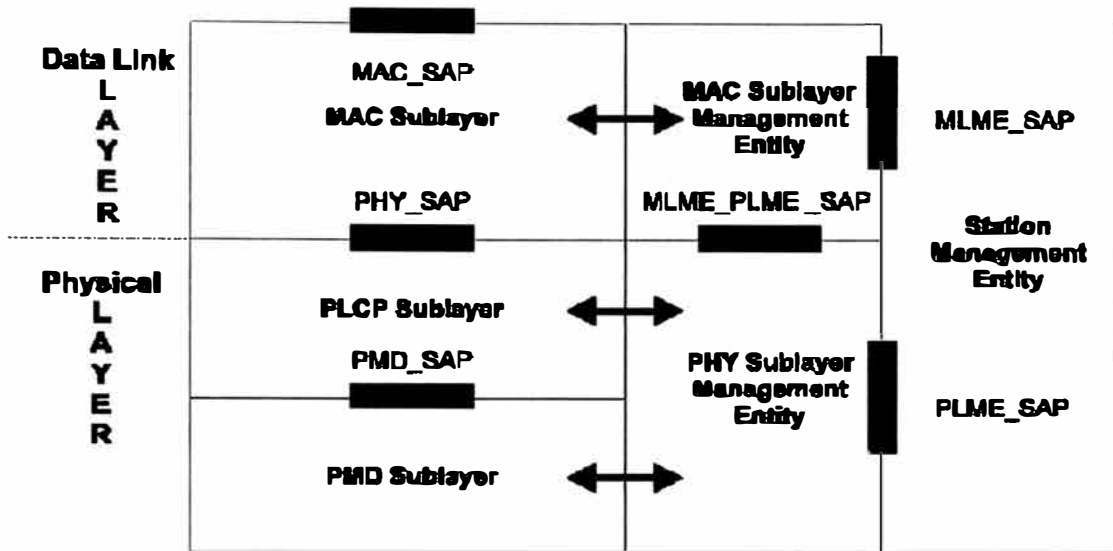


Figura 2.37 Componentes de la arquitectura IEEE 802.11

La capa física proporciona una serie de servicios a la capa MAC o capa de acceso al medio. Diferentes tecnologías de capa física se definen para transmitir por el medio inalámbrico.

La capa física de servicios consiste en dos protocolos:

- a) Una función de convergencia de capa física, que adapta las capacidades del sistema físico dependiente del medio (PMD). Esta función es implementada por el protocolo **PLCP** o procedimiento de convergencia de capa física, que define una forma de mapear MPDUs o unidades de datos MAC en un formato de tramas susceptibles de ser transmitidas o recibidas entre diferentes estaciones o STASs a través de la capa PMD.
- b) Un sistema **PMD**, cuya función define las características y un medio de transmitir y recibir a través de un medio sin cables entre dos o más estaciones.

La comunicación entre MACs de diferentes estaciones se realizará a través de la capa física mediante de una serie de puntos de acceso al servicio, donde la capa MAC invocará las primitivas de servicio.

Además de estas capas, podemos distinguir la capa física de gestión. En esta capa podemos distinguir la estructura MIB (Management Information Base) que contienen por definición las variables de gestión, los atributos, las acciones y las notificaciones requeridas para gestionar una estación. Consiste en un conjunto de variables donde podemos especificar o contener el estado y la configuración de las comunicaciones de una estación.

B. Tecnologías utilizadas en las redes inalámbricas

Se pueden encontrar tres tecnologías, dos de espectro ensanchado y uno de infrarrojos.

***i).* Tecnología de espectro ensanchado**

La tecnología de espectro ensanchado consiste en difundir la señal de información a lo largo del ancho de banda disponible, es decir, en vez de concentrar la energía de las señales alrededor de una portadora concreta lo que se hace es repartirla por toda la banda disponible. Este ancho de banda total se comparte con el resto de usuarios que trabajan en la misma banda de frecuencias. Existen dos tipos de tecnologías de espectro ensanchado:

- Espectro Ensanchado por Secuencia Directa (DSSS)
- Espectro Ensanchado por Salto en Frecuencia (FHSS)

ii). **Tecnologías de infrarrojos**

Una tercera tecnología, de momento no demasiado utilizada a nivel comercial para implementar WLANs, es la de infrarrojos. Los sistemas de infrarrojos se sitúan en altas frecuencias, justo por debajo del rango de frecuencias de la luz visible. Las propiedades de los infrarrojos son, por tanto, las mismas que tiene la luz visible. De esta forma los infrarrojos no pueden pasar a través de objetos opacos pero se pueden reflejar en determinadas superficies.

Las longitudes de onda de operación se sitúan alrededor de los 850-950 nm, es decir, a unas frecuencias de emisión que se sitúan entre los $3,15 \cdot 10^{14}$ Hz y los $3,52 \cdot 10^{14}$ Hz.

2.3.7 Nivel de acceso al medio (MAC)

Los diferentes métodos de acceso de IEEE802 están diseñados según el modelo OSI y se encuentran ubicados en el nivel físico y en la parte inferior del nivel de enlace o sub-nivel MAC.

Además, la capa de gestión MAC controlará aspectos como sincronización y los algoritmos del sistema de distribución, que se define como el conjunto de servicios que precisa o propone el modo infraestructura.

i). **Descripción funcional MAC**

La arquitectura MAC del estándar 802.11 se compone de dos funcionalidades básicas: la función de coordinación puntual (PCF) y la función de coordinación distribuida.

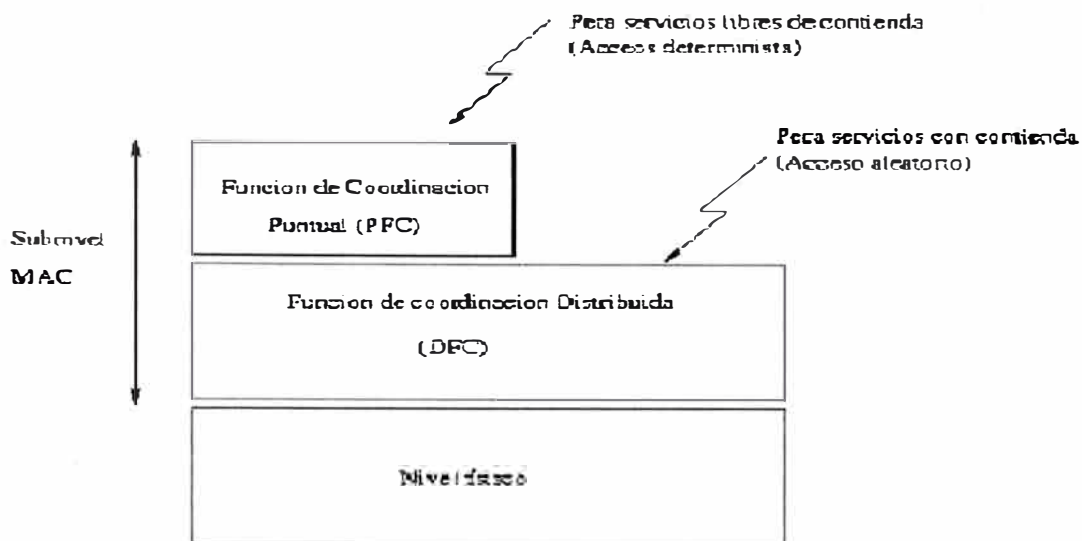


Figura 2.38 Descripción funcional MAC

ii). *Formato de las Tramas MAC*

Las tramas MAC contienen los siguientes componentes básicos:

- Una cabecera MAC, que comprende campos de control, duración, direccionamiento y control de secuencia
- Un cuerpo de trama de longitud variable, que contiene información específica del tipo de trama
- Un secuencia checksum (FCS) que contiene un código de redundancia CRC de 32 bits

Las tramas MAC se pueden clasificar según tres tipos:

- Tramas de datos.
- Tramas de control. Los ejemplos de tramas de este tipo son los reconocimientos o ACKs, las tramas para multi-acceso RTS y CTS, y las tramas libres de contienda

- Tramas de gestión. Como ejemplo podemos citar los diferentes servicios de distribución, como el servicio de Asociación, las tramas de Beacon o portadora y las tramas TIM o de tráfico pendiente en el punto de acceso.

El formato de la trama MAC genérica tiene el siguiente aspecto:

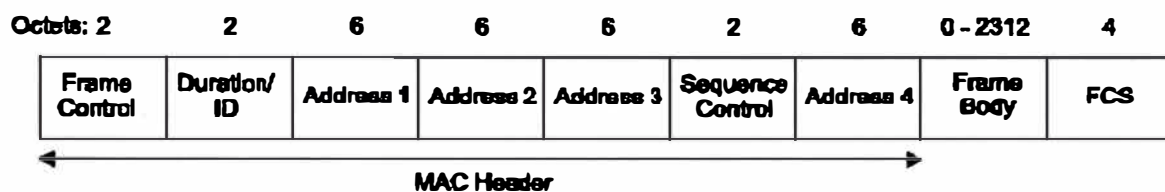


Figura 2.39 Formato de la trama MAC

Los campos que componen esta trama son:

- Campo de control. Merece examinar aparte. Lo realizaré al final.
- Duration/ID. En tramas del tipo PS o Power-Save para dispositivos con limitaciones de potencia, contiene el identificador o AID de estación. En el resto, se utiliza para indicar la duración del periodo que se ha reservado una estación.
- Campos address1-4. Contiene direcciones de 48 bits donde se incluirán las direcciones de la estación que transmite, la que recibe, el punto de acceso origen y el punto de acceso destino.
- Campo de control de secuencia. Contiene tanto el número de secuencia como el número de fragmento en la trama que se está enviando.
- Cuerpo de la trama. Varía según el tipo de trama que se quiere enviar.
- FCS. Contiene el checksum.

Los campos de control de la trama MAC tienen el formato siguiente:

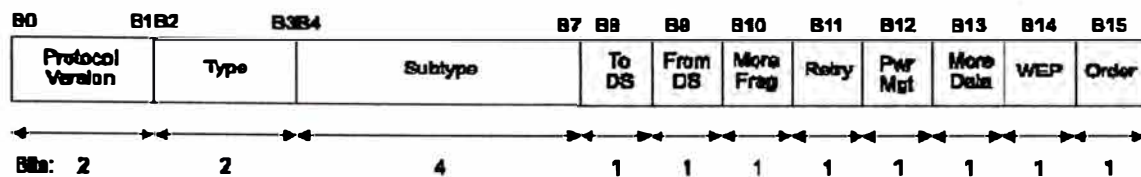


Figura 2.40 Formato de los campos de control de la trama MAC

- Versión
- Type/Subtype. Mientras tipo identifica si la trama es del tipo de datos, control o gestión, el campo subtipo nos identifica cada uno de los tipos de tramas de cada uno de estos tipos.
- ToDS/FromDS. Identifica si la trama si envía o se recibe al/del sistema de distribución. En redes ad-hoc, tanto ToDS como FromDS están a cero. El caso más complejo contempla el envío entre dos estaciones a través del sistema de distribución. Para ello situamos a uno tanto ToDS como FromDS.
- Más fragmentos. Se activa si se usa fragmentación.
- Retry. Se activa si la trama es una retransmisión.
- Power Management. Se activa si la estación utiliza el modo de economía de potencia.
- More Data. Se activa si la estación tiene tramas pendientes en un punto de acceso.
- WEP. Se activa si se usa el mecanismo de autenticación y encriptado.
- Order. Se utiliza con el servicio de ordenamiento estricto

CAPÍTULO III

INGENIERÍA DEL PROYECTO

3.1 Introducción

En este capítulo se presentará la solución al requerimiento solicitado teniendo como precedente el estudio de las tecnologías en el capítulo II que nos pudiesen ser útiles para este proyecto en específico.

Se presenta además las características técnicas de la solución y de los equipos a ser utilizados donde se detalla las condiciones de trabajo como las consideraciones a tomar en cuenta para un rendimiento óptimo, finalmente se presenta las topologías por tipo de acceso y la topología de integración de los servicios.

3.2 Descripción de la solución

La solución presentada permite la integración de múltiples métodos de acceso como Ethernet, Long-Reach Ethernet (LRE) y wireless LAN. Todos los servicios sobre esta plataforma son administrado con un software y hardware BBSM (Building Broadband Service Manager).

A continuación se describe cada uno de estos métodos de acceso.

- a) Para integrar el servicios de voz y el acceso a Internet de cada una de las habitaciones del hotel se usará como medio de transporte el par de hilos telefónicos existente por medio de la solución Cisco Long Reach Ethernet (LRE) que se basa en la tecnología VDSL (very-high-data-rate digital subscriber line).
- b) El proyecto comprende interconectar la sala de conferencia a Internet por medio de interfaces wireless evitando de esta forma el uso de cables de red, esto quiere decir que cuando se realicen eventos donde se requiera que todos los asistentes tengan acceso a la red de datos solo es necesario entregarles las respectivas interfaces wireless para sus equipos portátiles (Laptop) en coordinación con el organizador del evento.
- c) No es necesario que los usuarios cuenten con un software para acceder a Internet esto debido a que el sistema automáticamente detectará la presencia de un nuevo hardware en la red (PC o Laptop) enviando una notificación para que se pueda registrar en el sistema con usuario y password previamente solicitado al administrador de la red por medio del administrador del hotel.
- d) El sistema de administración validará el usuario y password ingresado y de ser correcto se le asignará una IP a su terminal por medio de un DHCP Server integrado en el sistema de administración (BBSM).
- e) Cada usuario de habitación esta asociado a una VLAN (Red de área local virtual), no existiendo conectividad en capa 2, pero si a nivel 3. Existen los

peligros intrínsecos de este tipo de conexiones dedicadas a Internet y del uso de direcciones IP validas.

- f) Se deberá contratar un acceso dedicado a Internet único para todo el hotel de 5 Mbps
- g) El servicio ha brindar está basado en el protocolo IP
- h) La administración o gestión de todos los equipos debe estar centralizado en un solo lugar.

3.3 Investigación de tecnologías

En el capítulo II se realizó un exhaustivo estudio de las tecnologías que pudiéramos utilizar en la solución de este proyecto, por tal razón a continuación se presenta una breve descripción de las tecnologías a ser utilizadas para la integración de los servicios así como los criterios a tomar en cuenta para el diseño de la red.

3.3.1 Ethernet

Estas redes utilizan banda base sensible a la portadora y detección de colisiones. Algunas utilizan banda ancha. El estándar más utilizado es el IEEE 802.3.

A. Control de acceso al medio en IEEE 802.3

En estas redes, no hay un tiempo preestablecido de acceso al medio sino que cualquier estación puede acceder a él de forma aleatoria. Los accesos son de tipo competitivo. La técnica más antigua utilizada es la ALOHA , que consiste en que si una estación quiere transmitir una trama, lo hace y espera el tiempo suficiente para que la estación de destino le de tiempo para confirmar la llegada de la trama. Si no llega la confirmación en ese tiempo, la estación vuelve a enviar la trama. Este

proceso lo repite hasta que se recibe la confirmación o bien lo ha intentado una serie determinada de veces sin conseguir la confirmación. La estación receptora recibe la trama y si detecta que no hay error (mediante unos códigos) envía una confirmación. Puede ocurrir que dos tramas se interfieran (colisión) y entonces las dos son rechazadas, es decir que el receptor no envía confirmación.

El sistema ALOHA, aunque es muy sencillo, permite pocas cargas en la red ya que si hay muchas tramas circulando a la vez, la probabilidad de que interfieran (y sean erróneas) es muy grande.

La eficiencia de ALOHA es grande cuando las distancias entre estaciones es poca, ya que podría implementarse un mecanismo para que todas las estaciones dejaran de transmitir cuando una trama circulara por la red (ya que la espera sería muy pequeña al ser la distancia poca). A esta técnica más sofisticada se le llama CSMA.

Es decir, con CSMA, la estación que desee transmitir escucha el medio para ver si hay ya una trama en él, y si no la hay emite su trama y espera confirmación para cerciorarse de que ha llegado a su destino correctamente. Las colisiones sólo se producirán si dos estaciones emiten tramas casi en el mismo instante.

Para evitar esta última ineficiencia, CSMA hace:

- a) El emisor transmite si la línea está libre y si no, se aplica b.
- b) En caso de que el medio esté ocupado, se espera hasta que esté libre.

- c) Si se detecta una colisión, el emisor que la ha detectado envía una señal de interferencia para que todas las estaciones sepan de la colisión y dejen de transmitir (para dejar de colisionar).
- d) Después de emitir la interferencia, se espera un poco y se vuelve a emitir la trama.
- e) De esta forma, CSMA sólo desaprovecha el tiempo en que se tarda en detectar una colisión. Dependiendo de la técnica de transmisión, la detección de colisión cambia.

3.3.2 VDSL (Very-high-data-rate digital subscriber line)

Esta tecnología es usada por la solución de red Cisco Long-Reach Ethernet (LRE), la cual es la primera solución para la transmisión de datos a altas velocidades, a continuación se describe algunas de sus características:

- Modos simétricos de rendimiento con velocidades de 5, 10 y 15 Mbps
- Tiene un alcance de hasta 1050 y 1500 metros sobre el cableado categoría 1, 2 y 3 existente dependiendo de la velocidad de acceso.
- Coexiste con los teléfonos análogos y digitales sobre el mismo cable, requiriéndose para esto un splitter
- Cisco Long-Reach Ethernet opera en las siguientes frecuencias:
 - Las líneas telefónicas operan en el rango de frecuencia de 0 a 3.5 KHz
 - El downlink LRE está situado en el rango de 1 MHz a 3.5 MHz
 - El Uplink esta situado en el rango de frecuencia de 4 MHz a 8 MHz
 - El Splitter LRE-48 Pots corta el trafico de voz a y de la PSTN a 700 KHz

- El LRE es compatible con ISDN
- La señalización LRE puede coexistir con la señalización ADSL en el mismo cable.
- La señalización LRE no coexiste con T1 sobre el mismo cable.

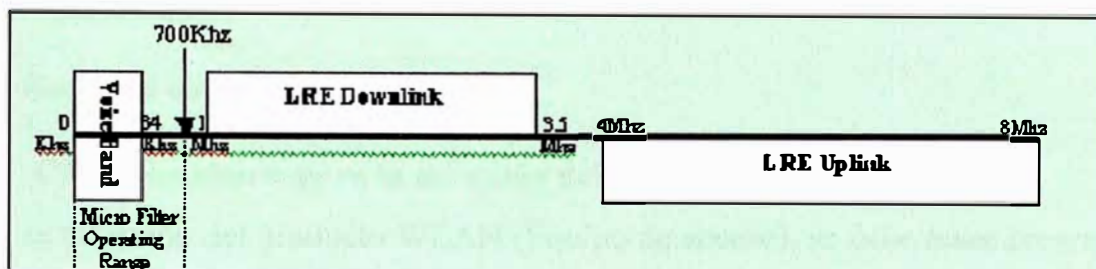


Figura 3.1 Frecuencia de operación del LRE

3.3.3 WLAN – Wireless LAN

Una Red de Área Local Inalámbrica (Wireless LAN) es un sistema de comunicaciones flexibles implementado como una extensión de una red LAN cableada, o como una alternativa para la misma. Usando tecnología de radio frecuencia (RF), las WLAN transmiten y reciben datos por el aire, minimizando la necesidad de conexiones con cable.

A. Consideraciones para seleccionar la tecnología WLAN

Seleccionar una tecnología inalámbrica puede ser difícil, por ejemplo los dispositivos inalámbricos pueden soportar diferentes estándares y podrían no ser compatibles con uno u otro dispositivo de la siguiente generación de dispositivos.

Se debería entender muy bien los requerimientos y estar preparado para futuros avances cuando se escoja la tecnología inalámbrica. Para escoger la tecnología inalámbrica se debe tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Competencias del estándar WLAN
- Capacidades de las WLAN.
- Velocidades de acceso
- Rendimiento.
- Características
- Rango de cobertura.

B. Consideraciones para la selección del producto WLAN

Para la selección del producto WLAN (Equipo de acceso), se debe tener presente las siguientes consideraciones:

Tabla de consideraciones	
Soluciones disponibles	Punto de Acceso
	Adaptador PC Card
Característica de Radio	Banda de frecuencia
	Tipo de Señal
Tasa de transferencia	Ajuste dinámico
	11 Mbps, 5.5 Mbps, 2 Mbps, 1 Mbps
	Modo de transmisión
	Acceso al medio
Modulación	CCK a 5.5 y 11 Mbps
	DQPSK a 2 Mbps
	DBPSK a 1 Mbps
Topologías	Punto a Punto
	Punto de acceso
Encriptación	WEP (40 bits)
	WEP (128 bits)
Sistema Operativo	Windows 9x
	Windows NT
	Windows 2000
	Windows XP
Características del punto de acceso	Interfaz de red
	Diversidad de antena
	Transformador
	Alimentación a través de línea Ethernet
Certificaciones	Wi-Fi
	WECA

Tabla N° 3.1 Consideraciones para la selección del producto WLAN

3.4 Características técnicas del proyecto

La solución planteada para este proyecto deberá tener las siguientes características:

- a) Uso de un acceso dedicado a Internet.
- b) Uso de fibra óptica en la última milla.
- c) Uso de conversores de medio para la transmisión de la información.
- d) Uso de un CPE exclusivo para el cliente.
- e) Uso de un servidor para la administración del servicio.
- f) Uso de un Switch concentrador.
- g) Uso de Catalysts LRE Switches.
- h) Uso de Splitters.
- i) Uso de CPE's LRE.
- j) Uso de Equipos para el acceso Wireless.
- k) Uso de interfaces Wireless para Laptop.

3.5 Características técnicas de los equipos a utilizar

A continuación se presenta las características técnicas de todos los equipos.

3.5.1 Switch de Acceso

Switch Cisco: Catalyst 2924 LRE XL, equipado con 4 puertos 10/100 y 24 puertos LRE. Modelo WS-C2924-LRE-XL.



Figura 3.2 Panel frontal del Catalyst 2924 LRE XL

A. Descripción

Este es un Switch que se basa en la tecnología VDSL permitiendo extender la puerta ethernet a grandes distancias dependiendo del profile utilizado

B. Características principales

- a) Cuenta con 4 puertos 10/100 auto configurables, con interfaces RJ-45 y un alcance máximo de 100m.
- b) Tiene un conector RJ-21 para conectar hasta 24 Cisco 575 LRE CPE, a través del cableado estructurado o de la línea telefónica existente, el enlace entre el puerto del switch LRE y cada CPE puede alcanzar hasta 15 Mbps full dúplex a una distancia de 1050 metros y a 5 Mbps Full dúplex a una distancia de 1500m. Estos datos son proporcionados por el proveedor, los mismos que tienen que ser probados tanto en laboratorio como en la planta externa de cobre existente.

Especificaciones Técnicas	
Temperatura de Operación	De 32 a 113°F (0 a 45°C)
Temperatura de almacenamiento	De -13 a 158°F (-25 a 70°C)
Humedad de Operación	De 10 a 85% (no condensado)
Altitud de Operación	Hasta 10,000 ft (3000 m)
Altitud de almacenamiento	Hasta 15,000 ft (4570 m)
Requerimientos de Energía	
Voltaje de entrada AC	200 a 240 VAC 50 a 60 Hz
Voltaje de entrada DC	+12V @12A
Consumo de potencia	150W
Dimensiones Físicas	
Dimensiones	(H x Wx D) (4.45 x 30.02 x 30.48 cm)
Peso	8.75Lb (4.00 kg)
Altura	Una unidad de rack

Tabla N° 3.2 Características técnicas del Catalyst 2924 LRE XL

3.5.2 Splitter

Splitter Cisco: Cisco LRE 48 Pots Splitter, con una capacidad hasta 48 líneas pots.

Modelo PS-1M-LRE-48.



Figura 3.3 Panel frontal del Splitter 48 Pots

A. Descripción

Es un elemento pasivo que no requiere entrada de energía. Este proporciona la separación de las señales de alta frecuencia del LRE y las señales de baja frecuencia del servicio telefónico en la misma línea telefónica, en las figura 3.4 y 3.5 se muestran en forma detalla los tipos de conectores y formas de conexión.

B. Características principales

- a) Soporta hasta 48 líneas de tráfico LRE y servicio telefónico. Permite pasar las señales voz sin la interferencia del tráfico de datos LRE.
- b) Aíslala las señales basadas en VDSL (very-high-data-rate digital subscriber line) usado para el transporte de tráfico LRE de otros servicios telefónicos.
- c) Tiene 6 conectores RJ-21 para conectar hasta dos Catalyst 2900 LRE XL (12 ó 24 puertos cada LRE), un Switch de voz (48 pots como máximo) y hasta 48 equipos Cisco 575 LRE como CPE.

Especificaciones Técnicas del Splitter	
Temperatura de Operación	De 32 a 113°F (0 a 45°C)
Temperatura de almacenamiento	De -4 a 129°F (-10 a 65°C)
Humedad de Operación	De 10 a 85% (no condensado)
Altitud de Operación	Hasta 10,000 ft (3000 m)
Altitud de almacenamiento	Hasta 15,000 ft (4570 m)
Requerimientos de Energía	
Consumo de potencia	0W
Dimensiones Físicas	
Dimensiones	(H x W x D) (4.4 x 44.5 x 34.2 cm)
Peso	9 lb (4 kg)

Tabla N° 3.3 Características técnicas - Cisco LRE 48 Pots Splitter

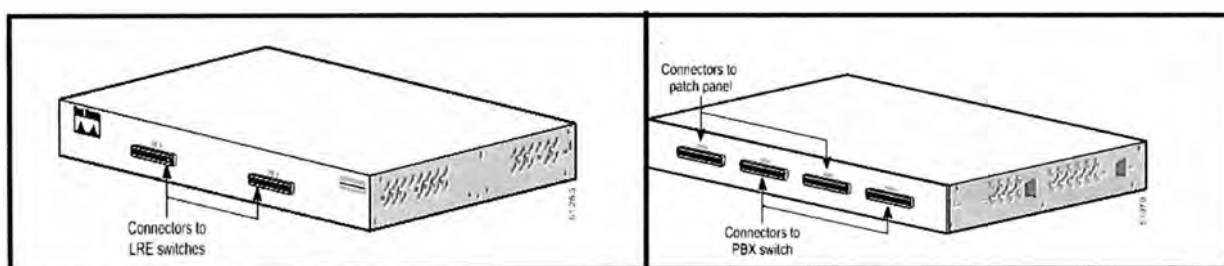


Figura 3.4 Panel Frontal y posterior del Cisco LRE 48 Pots splitter

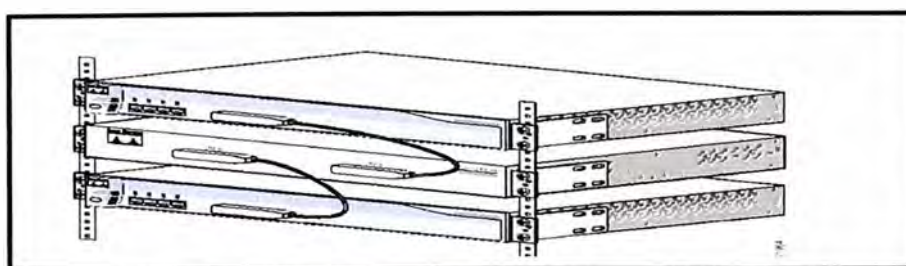


Figura 3.5 Montaje del splitter y el LRE

3.5.3 CPE

Cisco 575 LRE CPE, con un puerto RJ-45 para ethernet 10/100 y 2 puertos RJ-11 para entrada de línea y teléfono.



Figura 3.6 Cisco 575 LRE CPE

A. Descripción

Este es un equipo basado en la tecnología VDSL (Very-high-data-rate digital subscriber line), este CPE conecta una computadora o LAN a un Catalyst 2924 XL LRE ó 2912 XL LRE a una distancia de hasta 1500 m usando la tecnología Long Reach Ethernet sobre la línea telefónica ordinaria; el Cisco 575 LRE es un CPE que convierte una señal basada en VDSL en la línea telefónica a una señal ethernet para la computadora.

B. Características principales

- a) Cumple con la IEEE 802.3 10 Base T
- b) Auto configurable el puerto ethernet a 10/100 Base-T
- c) Los LEDs muestran el estado activo del puerto ethernet y del enlace LRE
- d) Alcanza una velocidad de hasta 15Mbps a una distancia de 1050m y 5 Mbps a una distancia de 1500m, estos datos fueron obtenidos de las especificaciones técnicas según los manuales, los mismos que deben ser probados en el laboratorio así como en la planta externa de cobre existente.
- e) Contiene un splitter interno que permite al servicio telefónico de voz viajar en la misma línea con el tráfico de LRE.

Panel Frontal del Cisco 575 LRE CPE	
Led	Función
READY	El enlace LRE AL switch es OK
ACT	Actividad en el puerto ethernet
ETH	El enlace ethernet es OK
POWER	Indicador de Energía
Panel Posterior	
Conector	Funcion
PWR	Conector de Energía
ENET	Conector RJ-45 para puerto ethernet
WALL	Conector RJ-11 para el Jack de la línea telefónica
PONE	Conector RJ-11 para el teléfono

Tabla N° 3.4 Características técnicas - Cisco 575 LRE CPE

3.5.4 BBSM – Cisco Building Broadband Service Manager

Cisco Building Broadband Service Manager Version 5.2



Figura 3.7 Panel frontal del BBSM versión 5.2

A. Descripción

- a) El Cisco Building Broadband Service Manager (BBSM) es un gateway de administración de servicio que ayuda a desarrollar, sacar a la venta y operar servicios de banda ancha
- b) Es un server-software comprobado que provee soluciones de acceso Plug – and – play de autenticación, autorización, cuentas, provicionamiento al usuario final, facturación y reporte basado en WEB

c) Fácil uso para el usuario y el administrador

- El usuario final no requiere de configuración o software
- El administrador de la red debe habilitar el puerto donde se estará conectando el cliente para que pueda acceder a la red.

d) Permite un innovador marketing

- Facilidad para el administrador de anunciar, notificar y enviar mensajes a sus usuarios.

B. Características principales

El BBSM presenta las siguientes características físicas

- 1.44 MB Floppy drive
- 20 GB IDE Hard drive . Room for 2do drive
- Simple Pentium III procesador (1Ghz)
- 1 Unidad de rack0
- 300 Watts, AC Power suply
- 2 Intel NIC cards (1 externa; 1 interna)

3.5.5 Cisco router 2611

Este router es otro de los equipos Cisco usados en esta solución para integrar los servicios, ya que se requieren gran capacidad de ancho de banda.

Entre sus características podemos mencionar:

- Procesador principal: 80 MHz RISC (Cisco 265x); 50 MHz RISC (Cisco 262x); 40 MHz RISC (Cisco 261x).

- Memoria Flash: de 8 a 16 MB (Cisco 261x y Cisco 262x); de 8 a 32 MB (Cisco 265x sólo).
- Memoria de sistema (DRAM): de 32 a 64 MB (Cisco 261x y Cisco 262x); de 32 a 128 MB (Cisco 265x sólo, usa SDRAM).
- Ranuras para tarjetas de interfaz WAN: 2.
- Ranuras para módulos de red: 1.
- Ranura AIM: 1.
- Consola / velocidad auxiliar: 115,2 Kbps (máxima).
- Ancho: 17,5 pulgadas (44,5 cm).
- Altura: 1,69 pulgadas (4,3 cm).
- Profundidad: 11,8 pulgadas (30 cm).
- Peso (mín.): 8,85 libras (4,02 kg.).
- Peso (máx.): 10,25 libras (4,66 kg).
- Disipación de potencia: 72 W (máximo).
- Voltaje de corriente alterna (CA) de entrada: de 100 a 240 VCA.
- Frecuencia: de 47 a 64 Hz.
- Tensión de entrada CA: 1,5 amperios.
- Voltaje de corriente continua (CC) de entrada: de -38 V a -60 V (etiqueta UL).
- Tensión CC de entrada: 2 amperios



Figura 3.8 Routers modulares de acceso de la serie Cisco 2600

3.5.6 Access Point

Wireless Network Access Point – Modelo WAP 11



Figura 3.9 Access Point Linksys

Equipo	Wireless Network Access Point - Modelo WAP 11
Estandar	IEEE 802.11b
	IEEE 802.3
Canales	11 (USA)
Potencia de Transmisión	18 dBm → 63 mw
Sensitividad de recepción	-84 dBm → 3.9 pw
Modulación	DSSS, BPSK, QPSK, CCK
Protocolos de red	TCP/IP
Data Rate	Up to 11 Mbps (Wireless), 10 Mbps (Ethernet)
Número de usuarios	Up to 32 Usuarios
Encriptación	WEP (Wireless Encryption Protocol)
Compatibilidad con Sistema Operativo	Windows 95, 98, 2000, NT y Millennium
Capacidad	Roaming y selecciona el mejor Access Point.
Rango de operación	i. Indoor: <ul style="list-style-type: none"> • 50M (164 ft.) @ 11 Mbps • 80M (262 ft.) @ 5.5 Mbps • 120M (393 ft.) @ 2 Mbps, • 150M (492 ft.) @ 1 Mbps ii. Outdoor: <ul style="list-style-type: none"> • 250M (820 ft.) @ 11 Mbps • 350M (1148 ft.) @ 5.5 Mbps • 400M (1312 ft.) @ 2 Mbps • 500M (1640 ft.) @ 1 Mbps
	LEDs Power, Ethernet (Wired - Link/Activity)

Tabla N° 3.5 Características técnicas del Access Point Modelo WAP 11

3.5.7 Interface Wireless

Wireless Network PC Card (WPC 11 Ver. 3)



Figura 3.10 Wireless Network PC Card (WPC 11 Ver. 3)

Tarjeta	Wireless Network PC card modelo WPC11
Estándar	IEEE 802.11b
Canales	11 (USA)
Data rate	Up to 11 Mbps
Encriptación	WEP (Wireless Encryption Protocol)
Compatibilidad con Sistema Operativo	Windows 95, 98, 2000, NT and Millennium
Rango de operación	i. Indoor: <ul style="list-style-type: none"> • 50M (164 ft.) @ 11 Mbps • 80M (262 ft.) @ 5.5 Mbps • 120M (393 ft.) @ 2 Mbps • 150M (492 ft.) @ 1 Mbps i. Outdoor: <ul style="list-style-type: none"> • 250M (820 ft.) @ 11 Mbps • 350M (1148 ft.) @ 5.5 Mbps • 400M (1312 ft.) @ 2 Mbps • 500M (1640 ft.) @ 1 Mbps
Otras características	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Plug-and-Play Operation Provides Easy Set Up ▪ Advanced Power Management Features ▪ Conserve Valuable Notebook PC Battery Life ▪ Rugged Metal Design with Integrated Antenna ▪ Works with All Standard Internet Applications ▪ Interoperable with IEEE 802.11b (DSSS) 2.4GHz compliant Equipment

Tabla N° 3.6 Características técnicas del Wireless Network PC card modelo WPC11

3.6 Localización y tamaño de planta

Para nuestro caso se debe contar con una sala de comunicaciones debidamente acondicionada y con las siguientes características:

- Esta sala debe estar ubicada dentro y bajo la administración del hotel con fácil acceso al cableado horizontal de cobre del hotel.
- La sala debe tener un área no menor a 30
- Debe contar con ventilación las 24 horas del día.
- Debe contar con todas las condiciones de seguridad.
- La sala de comunicaciones debe estar gestionada las 24 horas del día.

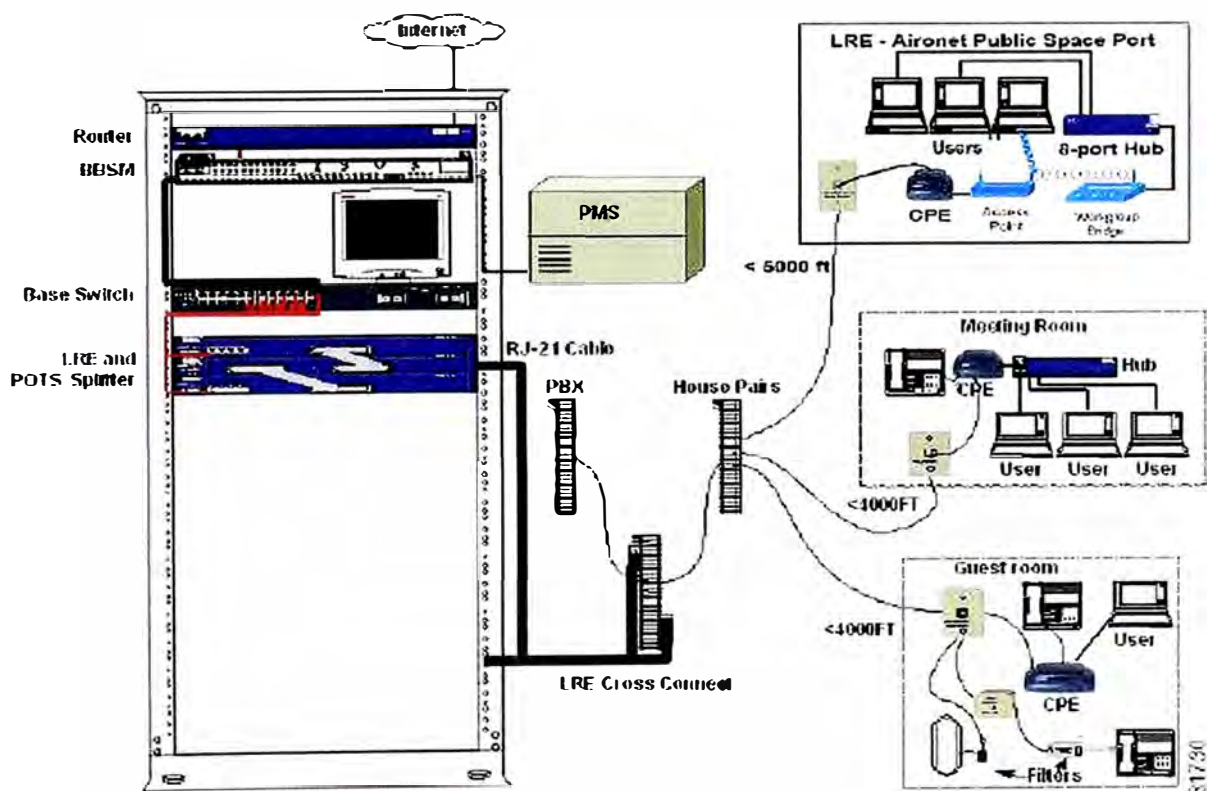


Figura 3.11 Layout para la conexión de los equipos en el hotel

3.7 Topologías

Para este proyecto se utilizarán varias topología de acuerdo a la tecnología de acceso utilizado para la integración de los servicios de voz y el acceso a Internet que a continuación se muestran.

3.7.1 Topología Ethernet

Para interconectar los servidores propios del hotel se utilizará interfaces Ethernet, a continuación se presenta la topología a ser implementada.

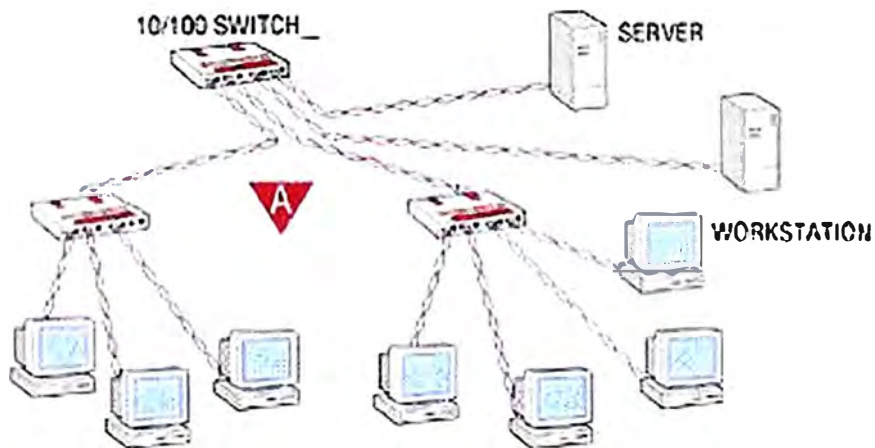


Figura 3.12 Diagrama Topológico Ethernet

3.7.2 Topología LRE

El acceso a los servicios integrados desde las habitaciones se realizará usando la tecnología LRE para ello se utilizará la siguiente topología.

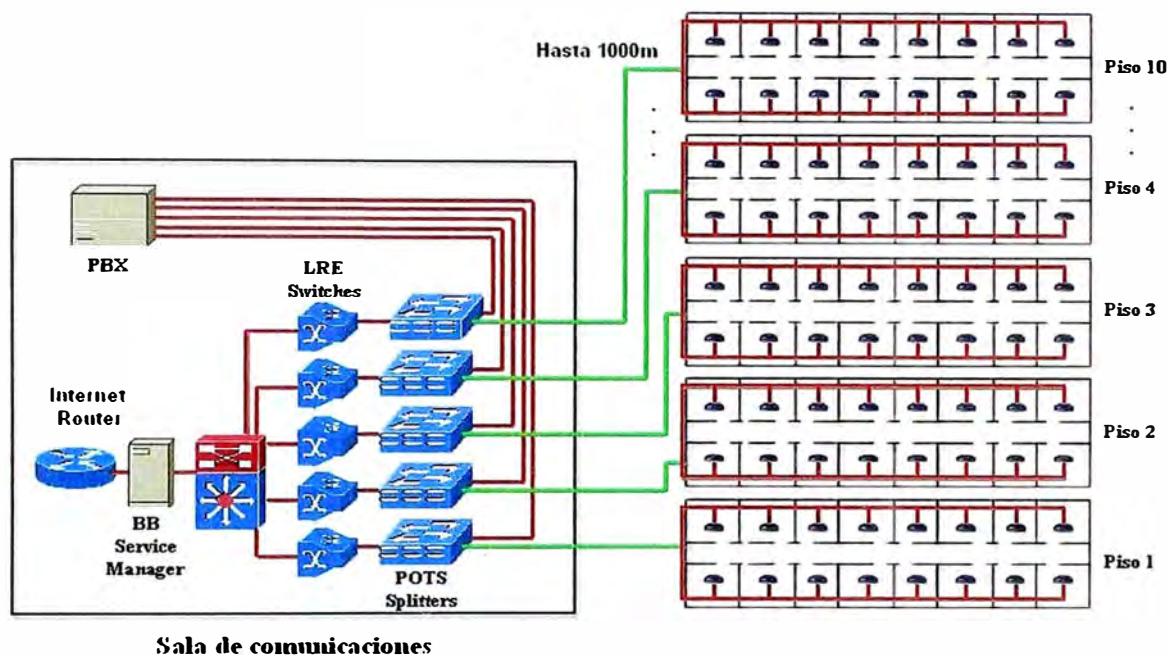


Figura 3.13 Diagrama topológico de la solución LRE

3.7.3 Topología WLAN

Para el acceso a Internet desde la sala de conferencia se usará WLAN

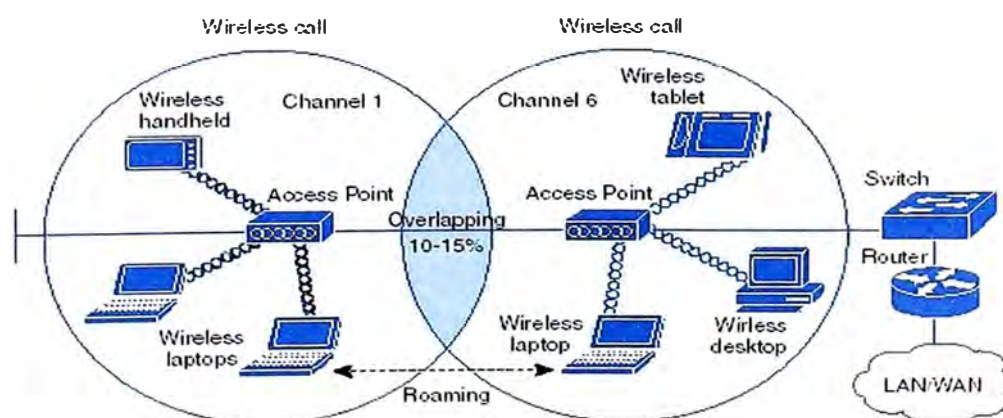


Figura 3.14 Diagrama Topológico de la solución WLAN

3.7.4 Topología de integración de servicios

A continuación se muestra la topología que integra el servicio de voz y acceso a Internet así como también la topología WLAN integrada para este proyecto

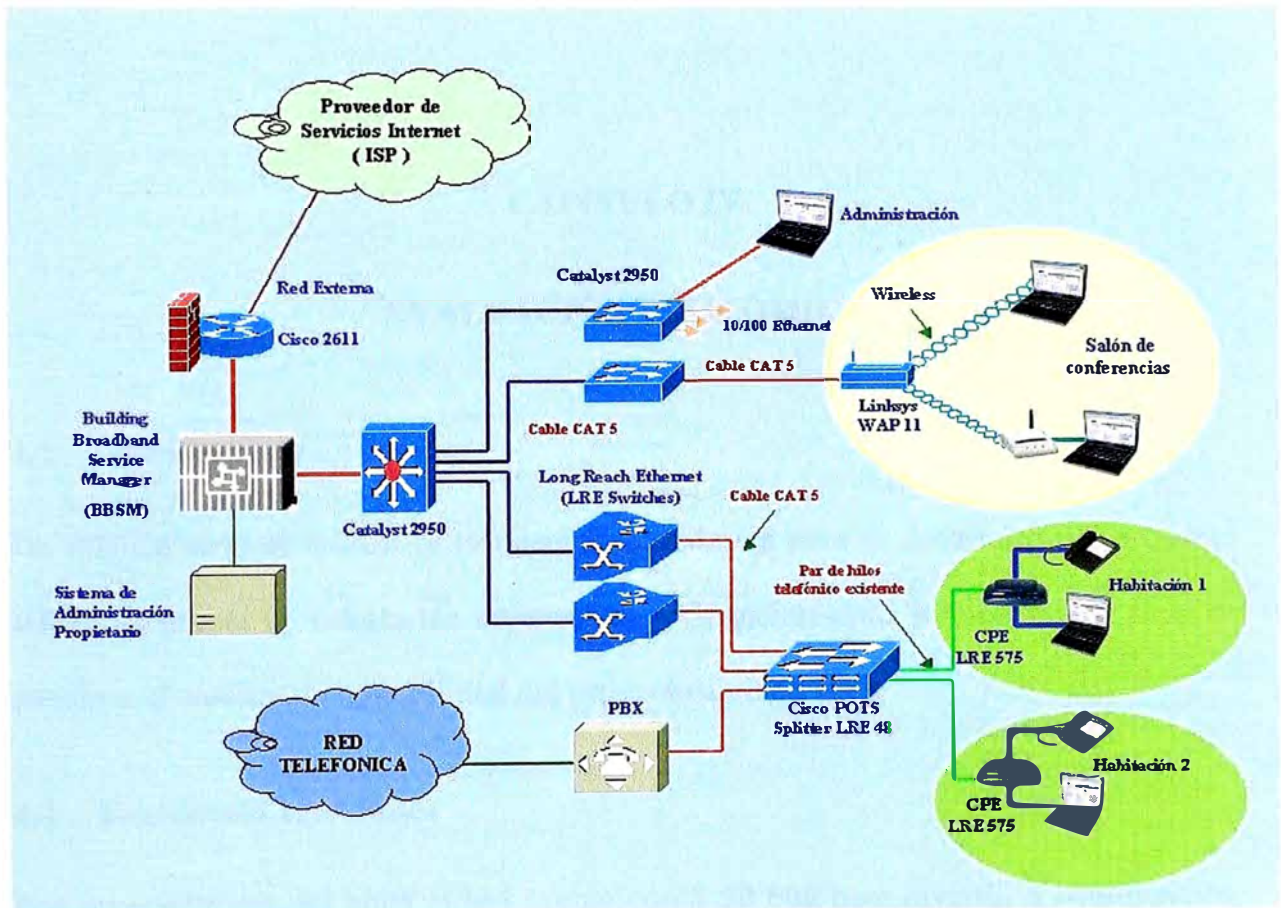


Figura 3.15 Diagrama topológico de la solución integrada

CAPÍTULO IV

EVALUACIÓN ECONÓMICA

4.1 Introducción

En este capítulo se realiza la evaluación económica para el desarrollo del proyecto donde se toman en cuenta las inversiones y financiamiento del mismo; al final se presenta el análisis de rentabilidad del proyecto a cinco años

4.2 Evaluación económica

Los inversionistas del hotel H&M cuenta con \$ 50 000 para invertir, a continuación se muestra la inversión total par los equipos y accesorios necesarios para la implementación y la forma de financiamiento.

4.2.1 Inversiones

Para este proyecto se realizará las siguientes inversiones: Inversión en equipos y accesorios

A. Equipos

En la siguiente tabla se muestra la inversión en equipos

Equipos	Precio Unitario	N° de equipos	Total
Catalyts 2950	\$ 614	1	\$ 614
Catalyts 2924 LRE	\$ 3 080	8	\$ 24 640
Catalyts 2912 LRE	\$ 1 786	1	\$ 1 786
Splitter 48 Pots	\$ 614	5	\$ 3 070
Router 2611	\$ 1 540	1	\$ 1 540
BBSM 5.2	\$ 4 320	1	\$ 4 320
CPE 575 LRE	\$ 90	200	\$ 18 000
Wireless Network Access Point	\$ 150	3	\$ 450
Wireless card	\$ 90	80	\$ 7200
Total			\$ 61 620

Tabla N° 4 .1 Inversión en equipos

B. Materiales y accesorios

En la tabla se muestra la inversión realizada en materiales y accesorios.

Descripción	Precio Unitario	Cantidad	Total
Cables RJ 21	\$ 100	9	\$ 900
Cableado interno	\$ 1000		\$ 1000
Infraestructura	\$ 2000		\$ 2000
Mano de obra	\$ 2000		\$ 2000
Otros	\$ 1545		\$ 1545
Total			\$ 7445

Tabla N° 4 .2 Inversión en materiales y accesorios

Para el acceso a Internet se llegó al siguiente acuerdo con el ISP:

- a) Para escoger el ISP se realizó un estudio de los precios y beneficios que proporcionan las empresas que ofrecen este servicio, escogiéndose para este caso a AT&T Perú como el proveedor del servicio.
- b) Se pagará por el acceso a Internet con un ancho de banda de 5 Mbps y un overbooking 2:1 \$80 000 por un periodo de 5 años, pagando a la firma del contrato el 50 % y el 50 % restante debe ser pagado anualmente en partes iguales (\$ 10 000).
- c) Esto quiere decir que debe invertirse para el acceso a Internet \$ 40 000.
- d) El costo por instalación y equipos de última milla es de \$ 935.

De las dos tablas anteriores y de las últimas observaciones tenemos que el gasto de inversión inicial es:

$$\$ 61\,620 + \$ 7\,445 + \$ 40\,935 = \$ 110\,000$$

Además se tendrán inversiones anuales del servicio, los mismos que se pueden apreciar en la siguiente tabla:

Descripción	Total
Acceso a Internet	\$ 10 000
Mantenimiento	\$ 1000
Energía	\$ 1 000
Personal de administración	\$ 3 000
Otros	\$ 1 000
Total Anual	\$ 16 000

Tabla N° 4.3 Inversión económica anual

4.2.2 Financiamiento

Una entidad financiera realizará el financiamiento de la diferencia de la inversión inicial (\$ 60 000) con una tasa de interés preferencial fija del 10 % anual, pagaderos al termino del 5to año.

Nombre	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4
Inversión	110 000				
Beneficio		30 000	55 000	90 000	130 000
Prestamos	(60 000)				(60 000)
Intereses (Compuesto)		(6 000)	(6 000)	(6 000)	(6 000)
Costos		(16 000)	(16 000)	(16 000)	(16 000)
Flujo de Caja	50 000	8 000	33 000	68 000	48 000

Tabla N° 4.4 Flujo de caja

4.3 Aplicación de los parámetros de rentabilidad

4.3.1 VAN: Valor Actual Neto

$$VAN = \sum Bt / (1 + i)^t - \sum Ct / (1 + i)^t = \sum Bt / (1 + i)^t - I_0$$

Remplazando los datos anteriores tenemos:

$$VAN = 8000 / (1 + 0.1) + 33000 / (1 + 0.1)^2 + 68000 / (1 + 0.1)^3 + 48000 / (1 + 0.1)^4 - 50 000$$

$$VAN = 68 419.49$$

El VAN es mayor que 0, esto nos indica que la inversión es positiva.

4.3.2 TIR: Tasa Interna de Retorno

$$TIR: \sum BNi / (1 + TIR)^t - I_0 \text{ (tal que el resultado sea igual a cero)}$$

Remplazando los datos anteriores tenemos:

$$0 = 8000/(1+TIR) + 33000/(1+TIR)^2 + 68000/(1+TIR)^3 + 48000/(1+TIR)^4 - 110\ 000$$

$$\mathbf{TIR = 0.1281,}$$

$$\mathbf{TIR = 12.81 \%}$$

El TIR es mayor al COK (Costo de oportunidad de capital), por lo tanto es conveniente ejecutar el proyecto.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- 1.- Esta solución satisface la necesidad del hotel a brindar un servicio adicional a todos los huéspedes como es el acceso a Internet usando para este fin el par de hilos de cobre existen y no tener que realizar una gran inversión en realizar un cableado estructurado en todos los pisos y habitaciones del hotel.
- 2.- Se verá incrementado el numero de huéspedes y conferencias, como consecuencia los ingresos propios del hotel dada las condiciones del servicio brindado.
- 3.- Se puede apreciar en el estudio de rentabilidad que es una buena inversión realizar la implementación de este proyecto, esto es debido a que se pueden brindar otros servicios sobre esta misma plataforma como el servicio de video bajo demanda.

4.- Este tipo de soluciones puede ser aplicado en hospitales, departamentos, universidades, oficinas en edificios, espacios públicos (Aeropuertos, terminales, centro de negocios, centro de convenciones), etc.

5.- Con la tecnología inalámbrica se abre todo un mundo de posibilidades de conexión sin la utilización del cableado clásico, sin embargo esta tecnología tiene como mayor inconveniente la principal de sus ventajas, el acceso al medio compartido de cualquiera con el material y los métodos adecuados por lo tanto se recomienda la utilización de una política de seguridad homogénea.

6.- Se recomienda realizar pruebas de NEXT y FEX en las líneas telefónicas donde se integrarán los servicios a fin de conocer el estado en el que se encuentra y evitar posteriores inconvenientes en el enlace con los MODEM VDSL.

ANEXO A: ACRÓNIMOS

ADSL	Línea de Abonado Digital Asimétrica
ANSI	American National Standard Institute
AP	Punto de Acceso
ATM	Modo de transferencia asíncrono (asynchronous transfer mode)
Back-Office	Concepto referido a la infraestructura no visible
BBSM	Administrador de Servicios de Banda Ancha en Edificios
BNC	Conector de cable coaxial (Bayone-Neill-Concelman)
BUS	Topología de red
BW	Ancho de Banda (Band Width)
CAP	Tipo de Modulación en Amplitud y Fase sin Portadora
CCITT	Comité Consultatif International Télégraphique et Téléphonique
CPU	Unidad de procesamiento central (Central Processing Unit)
CSMA/CD	Acceso múltiple por detección de portadora con detección de colisiones(Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection)
DHCP	Protocolo de Configuración Dinámica de Host
DSL	Línea de Abonado Digital
DSLAM	Línea de Abonado Digital de Múltiples Acceso
DMT	Modulación por Multi-Tonos Discretos
DNS	Sistema de nombres de dominio (Domain name system)
DSSS	Espectro Ensanchado por Secuencia Directa
DWMT	Modulación por Multi-Tonos Discretos por longitud de Onda
Ethernet	Protocolo de bajo nivel

FDDI	Fiber Distributed Data Interface
FDM	Multiplexación por División de Frecuencia
FFT	Transformada Rápida de Fourier
FHSS	Espectro Ensanchado por Salto en Frecuencia
HDLC	Control de alto nivel del enlace de datos (high level data link control)
HDSL	Línea de Abonados Digital de Índice de Datos alto
HDTV	Televisión de alta definición
HOST	Máquina, servidor, PC
ICMP	Internet Control Message Protocol
IEEE	Institute of Electric and Electronic Engineers
IETF	Internet Engineering Task Force
IFFT	Transformada inversa rápida de Fourier
Internet	Red de redes
Intranet	Red corporativa
IP	Protocolo Internet (Internet protocol)
ISDN	Red Digital de Servicios Integrados
ISO	International Organization for Standardization
ISP	Proveedor de servicio de Internet (Internet Service Provider)
IT	Tecnologías de la información (Information Technologies)
ITU	International Telecommunication Unión
LAN	Red de área local (Local Área Network)
LLC	Logical Link Control
LRE	Extensión del puerto Ethernet
MAC	Dirección física de una interfaz de red (Media Access Control)
MAN	Red de cobertura metropolitana (Metropolitan Área Network)
MDSL	Línea de Abonados Digital Simétrica Multi Tasa.
NIC	Tarjeta de Interfaz de Red
OFDM	Multiplexación por División de Frecuencia Ortogonal
ONT	Terminación de red óptica
OSI	Modelo de referencia Interconexión de sistemas abiertos
PBX	Private Branch Exchange

PLCP	Procedimiento de Convergencia da Capa Física
PM	Modulación por Fase
PPP	Protocolo punto a punto (Point to Point Protocol)
PRI	Interfaz de velocidad primaria (Primary rate interface)
PSD	Densidad espectral de potencia
	Red servicios de telefonía privada (Private Telephony Service
PTSN	Network)
PYMES	Pequeñas y medianas empresas
QAM	Modulación en Amplitud en Cuadratura
RFI	Interferencia de radio frecuencia
RJ-45	Conector de cable UTP
SDSL	Línea de Abonado Digital Simétrica
SLC	Código de línea simple
SOFTWARE	Se refiere a la parte lógica de un equipo (programas)
SOHO	Oficina en Casa/Oficina Pequeña
SNR	Relación señal a ruido
TCP	Protocolo de control de transporte (Transport control protocol)
TIR	Tasa Interna de Retorno
TDM	Multiplexación por División de Tiempo
UDSL	Línea de Abonados Digital Unidireccional
VAN	Valor Actual Neto
VDSL	Línea de Abonados Digital de Tasa Muy Alta
VLAN	Red de Área Local Virtual
VPN	Redes Privadas Virtuales
WAN	Red de área extensa (Wide Área Network)
WEP	Protección Equivalente a la de Redes Cableadas
WLAN	Red de Área Local Inalámbrica

ANEXO B: LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1	Límite teórico del cobre	9
Figura 2.2	Esquema general de acceso con la tecnología DSL	10
Figura 2.3	División del espectro en 256 sub-frecuencias.	17
Figura 2.4	Espectro de frecuencias en múltiples canales DMT	17
Figura 2.5	Ejemplo de codificación QAM	19
Figura 2.6	Espectro de la modulación DMT	20
Figura 2.7	Espectro de la modulación DWMT	21
Figura 2.8	Distribución del ancho de banda	22
Figura 2.9	Crecimiento en la utilización del ancho de banda	23
Figura 2.10	Multiplexión por división de frecuencia en xDSL	24
Figura 2.11	Muestra de un hilo de fibra óptica	27
Figura 2.12	Muestras del NEXT y FEXT	28
Figura 2.13	Servicios que se pueden ofrecer con un sistema xDSL	29
Figura 2.14	Esquema del servicio ADSL	31

Figura 2.15	Modelo de referencia 1 del ADSL Forum	33
Figura 2.16	Modelo de referencia 2 del ADSL Forum	33
Figura 2.17	Funcionamiento de un sistema ADSL	34
Figura 2.18	Espectro de frecuencias en ADSL	35
Figura 2.19	Multiplexación por división de frecuencia - FDM	36
Figura 2.20	Modulación por Multi-Tonos Discretos - DMT	37
Figura 2.21	Concepto asimétrico DSL (ADSL)	37
Figura 2.22	Funcionamiento del splitter	38
Figura 2.23	Forma de operación del splitter	39
Figura 2.24	Diagrama general de una conexión VDSL	42
Figura 2.25	Arquitectura VDSL	43
Figura 2.26	Espectro en frecuencia de la tecnología VDSL	44
Figura 2.27	Comparación de la capacidad de transmisión para PAM y CAP basada en VDSL	45
Figura 2.28	Topología VDSL	46
Figura 2.29	Espectro Multi-Tono Discreto	49
Figura 2.30	Ventanización en el receptor y transmisor	51
Figura 2.31	Ventanas FFT del Rx de la LT	52
Figura 2.32	Modos de funcionamiento síncrono a asíncrono	53
Figura 2.33	Comparación entre la tecnología VDSL y ADSL	54

Figura 2.34	Conexión WLAN Peer to Peer	60
Figura 2.35	Conexión WLAN usando punto de acceso	61
Figura 2.36	Conexión WLAN usando varios puntos de acceso	62
Figura 2.37	Componentes de la arquitectura IEEE 802.11	63
Figura 2.38	Descripción funcional MAC	66
Figura 2.39	Formato de la trama MAC	67
Figura 2.40	Formato del campos de control de la trama MAC	68
Figura 3.1	Frecuencia de operación del LRE	74
Figura 3.2	Panel frontal del Catalyst 2924 LRE XL	76
Figura 3.3	Panel frontal del Splitter 48 Pots	78
Figura 3.4	Panel Frontal y posterior del Cisco LRE 48 Pots splitter	79
Figura 3.5	Montaje del splitter y el LRE	79
Figura 3.6	Cisco 575 LRE CPE	80
Figura 3.7	Panel frontal del BBSM versión 5.2	81
Figura 3.8	Routers modulares de acceso de la serie Cisco 2600	83
Figura 3.9	Access Point Linksys	84
Figura 3.10	Wireless Network PC Card (WPC 11 Ver. 3)	85
Figura 3.11	Layout para la conexión de los equipos en el hotel	86
Figura 3.12	Diagrama Topológico Ethernet	87
Figura 3.13	Diagrama topológico de la solución LRE	88

Figura 3.14 Diagrama Topológico de la solución WLAN 88

Figura 3.15 Diagrama topológico de la solución integrada 89

ANEXO C: LISTA DE TABLAS

Tabla N° 1.1	Estadísticas de solicitud para el acceso a una red de datos	5
Tabla N° 2.1	Valores de la codificación QAM	19
Tabla N° 2.2	Rendimiento de ADSL debido al tipo de cable	32
Tabla N° 3.1	Consideraciones para la selección del producto WLAN	75
Tabla N° 3.2	Características técnicas del Catalyst 2924 LRE XL	77
Tabla N° 3.3	Características técnicas - Cisco LRE 48 Pots Splitter	79
Tabla N° 3.4	Características técnicas - Cisco 575 LRE CPE	81
Tabla N° 3.5	Características técnicas del Access Point Modelo WAP 11	84
Tabla N° 3.6	Características técnicas del Wireless Network PC card modelo WPC11	85
Tabla N° 4 .1	Inversión en equipos	91
Tabla N° 4 .2	Inversión en materiales y accesorios	91
Tabla N° 4 .3	Inversión económica anual	92
Tabla N° 4 .4	Flujo de caja	93

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Cisco Systems, Cisco AVVID Wireless LAN Design, <http://www.cisco.com/cgi-bin/order/order-rootpl>, 2003.

- [2] Vicent Alapont Miquel, Seguridad en Redes Inalámbricas, Universidad de Valencia, 2002.

- [3] Fernando Plaza Mesas, Wireless LAN: Redes Inalámbricas, <http://www.arturosoria.com>, 2001.

- [4] José Fabián Plaza Fernandez, Nuevas aplicaciones de las WLAN, InfoGlobal S.A. 2000.

- [5] IEEE 802.11 Higher –Speed Physical Layer Extension in the 2.4Ghz Band, LAN/MAN Standards Committee, 1999.

- [6] IEEE 802.11 Wireless LAN Medium Access (MAC) and Physical Layer (PHY), LAN/MAN Standards Committee, 1999.

- [7] Tecnología xDSL; <http://xdsl.net/fastdsl.html>, 1999.

- [8] ETSI, www.etsi.org
 - a. <http://www.etsi.org/technicalactiv/xdsl-tutorial.htm>
 - b. <http://www.etsi.org/technicalactiv/xdsl.htm>

- [9] Estándares IEEE <http://standards.ieee.org/db>