



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**SERVICIO DE BANDA ANCHA POR LA RED DE DISTRIBUCIÓN
DE ENERGÍA ELÉCTRICA**

TESIS

**Que para obtener el Título de Ingeniero Mecánico Electricista
(Área Eléctrica y Electrónica)**

PRESENTA:

Mario Ernesto De La Cruz Ortiz

**Director de Tesis: Ing. Armando Grande González
Co-Director de Tesis: Ing. Federico Vargas Sandoval**



Ciudad Universitaria, Mayo, 2010



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Dedicatorias

Dedico esta obra:

- A la memoria de mi hermano Juan Carlos
- A mis padres que siempre estuvieron pendientes y preocupados por mi educación
- A mi esposa Araceli, el amor de mi vida y apoyo incondicional
- A mis hijos Ana Itzel y Mario Ernesto, mi inspiración absoluta
- A mi hermano Armando, esposa e hijos, ejemplo a seguir académico-profesional y pilar de la familia
- A mi hermana Martha Elia, la primera en obtener un título profesional
- A mis tíos y a todos mis primos hermanos
- A mi familia Política

Agradecimientos

Agradezco sinceramente:

- Al Ingeniero Armando Grande, que dirigió mi trabajo de tesis y me asesoró técnicamente para el diseño en función a las características de CFE, empresa donde se desarrolló profesionalmente y ahora se encuentra jubilado.
- Al ingeniero Federico Vargas, Jefe de Laboratorio de Telecomunicaciones de la Facultad de Ingeniería UNAM, que me guío para orientar la solución basada en las tecnologías de comunicación disponibles y al mismo tiempo enfocarlo como un producto de beneficio social para las comunidades de difícil acceso.
- A todos los profesores y entrañables amigos de la Facultad de Ingeniería que me apoyaron incondicionalmente.

INDICE

Introducción	1
Definición del problema	2
Objetivo	3
Método	3
1. Análisis de la red eléctrica del país	4
1.1 Proveedores de energía eléctrica en México	4
1.2 Capacidad y tecnologías de generación y transmisión de energía Eléctrica	6
1.3 Calidad de las líneas de transmisión en alta, media y baja tensión.	7
1.4 Análisis del impacto inductivo en las líneas	9
1.5 Análisis de las frecuencias de operación	12
2. Banda Ancha	14
2.1 Modo de Funcionamiento	14
2.2 Ventajas	14
2.3 Tipos de conexión de Banda ancha	15
2.3.1 Línea Digital de suscriptor	15
2.3.2 Cable MODEM	15
2.3.3 Fibra óptica	17
2.3.4 Inalámbrica	18
2.3.5 Satélite.....	19
2.3.6 Banda Ancha por línea eléctrica (BPL, por sus siglas en Ingles Broadband Power Line)	19
2.4 Proveedores de Banda ancha en México	20
3. Tecnologías de transmisión de Línea Digital de Suscriptor (DSL, por sus siglas en ingles Digital Subscriber Line)	20
3.1 ADSL	20

3.2HDSL	22
3.3MSDSL	23
3.4PDSL	23
3.5RADSL.....	23
3.6SDSL	23
3.7SHDSL	23
3.8UDSL	24
3.9VDSL	25
4. BPL	25
4.1 Características	25
4.2 Nomenclatura	26
4.3 Tecnología empleada	26
4.4 Servicios que soporta	26
5. Frecuencias de Operación	27
5.1 Alta frecuencia	27
5.2 Frecuencia Media	28
5.3 Baja frecuencia.....	28
5.4 Banda ancha sobre línea eléctrica	29
5.5 Banda estrecha baja tasa de transmisión de datos	30
6. Equipo terminal BPL	31
6.1 Principales proveedores de equipo BPL	31
6.2 Dispositivos de interconexión BPL Configuración técnica para alta, media y baja tensión	31
7. Justificación de la inversión en BPL en México	31
7.1 Alcance del servicio.....	31

7.2 Diseño de Red.....	32
7.3 Equipos recomendados.....	37
7.4 Tipos de servicios recomendados	37
7.5 Costo de los servicios al usuario final.....	38
Resultados y conclusiones	40
Bibliografía	40
Glosario de Términos	41

Introducción

La apertura del mercado de las telecomunicaciones en México provocó una total transformación en la forma y las posibilidades en que se venía prestando el servicio. Si bien en 1994 se dio una gran crisis económica por el retiro de capitales de inversión extranjera, también se caracteriza por la aparición de empresas como AVANTEL, ALESTRA, AXTEL, MARCATEL, MAXCOM entre otras, que le estaban apostando al negocio en este segmento buscando competir con la telefónica local TELMEX. Con esto los servicios de voz en el triángulo de cristal MEX-GDL-MTY (Ciudades de México, Guadalajara y Monterrey) se vieron envueltos en una guerra de precios, que de alguna manera hizo bajar el costo de los servicios, aunque no de la misma manera benefició a las comunidades marginales, ya que la mayor parte de la inversión no fue dirigida a telefonía rural o mejorar la tele densidad en nuestro país; sino para hacer rentable el negocio de los nuevos proveedores de servicio, salvo los proyectos de inversión y modernización de infraestructura que mantuvo la telefónica local apostando a la calidad de servicio y cobertura.

Hoy día, la banda ancha está siendo uno de los principales protagonistas de los servicios de telecomunicaciones en México. Basta echar un vistazo a las ofertas de triple play de las compañías de cable incursionando en servicios de voz e Internet además de televisión que ya era su mercado. Por otro lado, los servicios de ADSL (Asimetric Data Subscriber Line) en cobre se han posicionado en el mercado residencial con una buena relación de costo, calidad de servicio y cobertura geográfica, (limitada solo por la distancia a la central natural y la calidad de las líneas), aunado a la estrategia de incluir valor agregado como correo electrónico, hospedaje gratis (espacio en Internet para publicar pagina personal), y en algunos casos movilidad en sitios públicos con tecnología WIFI (Wireless Fidelity).

El protagonista más reciente con título de concesión es la CFE (Comisión Federal de Electricidad), que obtuvo en noviembre de 2006 el título de concesión de red pública de telecomunicaciones. Esto implica que puede arrendar la capacidad disponible de fibra óptica para transportar señales (voz, datos y/o video) de otros concesionarios de telecomunicaciones o de usuarios de redes privadas. A través de esta concesión, la CFE se convierte en un factor de competencia al ser una alternativa adicional para los competidores de Teléfonos de México que en muchos tramos era la única posibilidad para la conducción de señales. Considerando que la CFE para su propia operación requiere de la mayor eficiencia de red, está en posibilidad de garantizar la mejor calidad para sus nuevos clientes.

En lo que respecta a BPL (Broadband Power Line), desde el 2004 CFE ha realizado pruebas para proveer banda ancha a través de la última milla eléctrica en ciudades como Jocotitlán Edo. de México, Morelia Michoacán y Nuevo León. Ha firmado un acuerdo de colaboración con ENDESA (Compañía Eléctrica Española) que ha puesto servicios de este tipo a funcionar en Zaragoza y Madrid.

En términos generales se considera que la red de distribución de energía eléctrica cubre el 96.5% del territorio nacional y cuenta con una red de fibra óptica robusta para proveer los servicios de telecomunicaciones, por lo tanto es posible considerar una solución de banda ancha sobre la red de energía eléctrica, que pueda complementar la zona geográfica en la que no llega el actual bucle local telefónico del país, tomando en cuenta las soluciones existentes de telecomunicaciones, incluso pensando en soluciones híbridas que permitan obtener una buena relación costo beneficio.

La red eléctrica y la red telefónica alcanzan a más de mil millones de personas en todo el mundo y son soportadas por una compleja infraestructura de centrales, medios de transmisión y gestión que permiten el transporte de señales eléctricas convencionalmente en la primera y en la segunda voz o datos. Es tal la cantidad de cables que se han utilizado en la construcción de las dos redes que cuentan con más cobre instalado que el de cualquier mina en el mundo. Así, aun cuando no es nada nuevo, sólo ahora las comunicaciones de datos por la red eléctrica empiezan a ser una opción viable.

La enorme capilaridad de la red eléctrica, tanto en cobertura geográfica como dentro de los hogares y empresas, convierten a las tecnologías PLC (Power Line Communications) en alternativas de acceso a Internet de alta tasa de transmisión de datos, en competencia con el bucle local telefónico, los bucles locales inalámbricos o las redes de cable. Los últimos avances de los fabricantes de circuitos integrados, han conseguido que el ruido apenas afecte a la tasa de transmisión de datos neta que disfruta el usuario, con lo que los consumidores y fabricantes de equipos podrán usar tecnologías de transmisión de datos por las redes de baja tensión a buenas tasas, con precios muy competitivos y una interoperabilidad total entre fabricantes. Hasta hace poco, esta tecnología sólo se usaba en redes de control domótica de baja tasa de transmisión de datos para encender y apagar luces o electrodomésticos, controlar termostatos o centrales de alarma, pero como no precisan de nuevos cables, los usuarios empiezan a demandar soluciones similares para sus necesidades de intercambio de información entre computadoras o periféricos, tal y como lo están haciendo en sus lugares de trabajo. PLC tiene claras ventajas frente a otras tecnologías al basarse en una red de mayor capilaridad, su mercado presenta ventajas e inconvenientes y encontrará sus nichos de aplicación donde sea capaz de competir con otras modalidades de transmisión; entre ellas, la transmisión punto a punto en tendidos de alta y media tensión, los entornos domésticos individuales y el acceso a redes públicas a baja tasa de transmisión de datos en zonas de población no muy densas en cuanto al número de puntos.

Definición del problema

Dada la estructura actual de los Sistemas Eléctricos, resulta sumamente atractivo utilizar los conductores de las líneas de transmisión de alta tensión, para transportar adicionalmente a la energía eléctrica, que es su propósito principal, información de comunicaciones. Las líneas de transmisión (LTs) prácticamente cubren el 96.5% del territorio nacional, sin embargo, es necesario analizar las ventajas y desventajas de esta acción. La banda ancha sobre líneas de energía se ha desarrollado más rápido en Europa que en América, debido a una diferencia histórica en las filosofías de diseño de sistemas de potencia. La distribución de energía utiliza transformadores para reducir el voltaje (tensión) para ser usado por los clientes, pero las señales no pueden pasar fácilmente a través de transformadores, ya que su alta inductancia los hace actuar como filtros paso bajo, bloqueando las señales de alta frecuencia. En América es común que un pequeño transformador preste servicios a un pequeño número de casas y para entregar "Broadband Power Line" sobre la red eléctrica en una típica ciudad, exige una mayor cantidad de repetidores que en una ciudad europea comparable. La segunda cuestión importante es la magnitud de la señal y la explotación de frecuencias. Las frecuencias de 10 a 30 MHz, se han utilizado por los radio aficionados, onda corta y una variedad de sistemas de comunicaciones

(militar, aeronáutico, etc.), por lo que sin blindaje las líneas de energía eléctrica actuarán como antenas y tendrán un alto potencial de interferir.

Objetivo

El objetivo de este trabajo es analizar la tecnología de transmisión que es posible emplear para el transporte de comunicaciones en banda ancha sobre líneas de transmisión de energía eléctrica, posible aplicación en alta, media y baja tensión, las bandas de frecuencia de utilización, limitaciones de frecuencia, características de los conductores y dispositivos de interconexión, de tal manera que sea posible establecer el tipo de servicios de comunicaciones que se pueden proveer por este medio, con base en la arquitectura de la red eléctrica del país.

Método

Se analizaron las diferentes tecnologías existentes en el mundo obteniendo resultados y conclusiones. Para tal efecto, fue necesario realizar búsqueda de información sobre este tópico. Se realizaron visitas técnicas a CFE, empresas de Telecomunicaciones proveedoras de servicios de Banda Ancha como TELMEX, fabricantes de conductores como CONDUMEX y se revisaron a los proveedores de equipo de banda ancha así como asociaciones Norteamericanas y Europeas.

1 Análisis de la red eléctrica del país

1.1 Proveedores de energía eléctrica en México.

El país cuenta con un solo proveedor de energía eléctrica, debido a la desaparición de Luz y Fuerza del Centro absorbida y operada hoy día por la Comisión Federal de Electricidad desde Octubre del 2009.

El servicio como lo conocemos hasta ahora entrega sus acometidas desde los postes y a través de transformadores encargados de reducir la magnitud de la tensión a un nivel para su consumo. La generación de energía eléctrica en México data de finales del siglo XIX. La primera planta generadora que se instaló en el país (1879) estuvo en León, Guanajuato, y era utilizada por la fábrica textil "La Americana". Casi inmediatamente se extendió esta forma de generar electricidad dentro de la producción minera y, marginalmente, para la iluminación residencial y pública.

En 1889 operaba la primera planta hidroeléctrica en Batopilas (Chihuahua) y extendió sus redes de distribución hacia mercados urbanos y comerciales donde la población era de mayor capacidad económica. No obstante, durante el régimen de Porfirio Díaz se otorgó al sector eléctrico el carácter de servicio público, colocándose las primeras 40 lámparas "de arco" en la Plaza de la Constitución, cien más en la Alameda Central y comenzó la iluminación de la entonces calle de Reforma y de algunas otras vías de la Ciudad de México.

Algunas compañías internacionales con gran capacidad vinieron a crear filiales, como The Mexican Light and Power Company, de origen canadiense, en el centro del país; el consorcio The American and Foreign Power Company, con tres sistemas interconectados en el norte de México, y la Compañía Eléctrica de Chapala, en el occidente.

A inicios del siglo XX México contaba con una capacidad de 31 MW, propiedad de empresas privadas. Para 1910 eran 50 MW, de los cuales 80% los generaba The Mexican Light and Power Company, con el primer gran proyecto hidroeléctrico: la planta Necaxa, en Puebla. Las tres compañías eléctricas tenían las concesiones e instalaciones de la mayor parte de las pequeñas plantas que sólo funcionaban en sus regiones.

En ese período se dio el primer esfuerzo para ordenar la industria eléctrica con la creación de la Comisión Nacional para el Fomento y Control de la Industria de Generación y Fuerza, conocida posteriormente como Comisión Nacional de Fuerza Motriz. Fue el 2 de diciembre de 1933 cuando se decretó que la generación y distribución de electricidad son actividades de utilidad pública. En 1937 México tenía 18.3 millones de habitantes, de los cuales únicamente siete millones contaban con electricidad, proporcionada con serias dificultades por tres empresas privadas.

En ese momento las interrupciones del suministro eléctrico eran constantes y las tarifas muy elevadas, debido a que esas empresas se enfocaban a los mercados urbanos más redituables, sin considerar a las poblaciones rurales, donde habitaba más del 62% de la población. La capacidad instalada de generación eléctrica en el país era de 629.0 MW.

Para dar respuesta a esa situación que no permitía el desarrollo del país, el gobierno federal creó, el 14 de agosto de 1937, la Comisión Federal de Electricidad (CFE), que tendría por objeto organizar y dirigir un sistema nacional de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, basado en principios técnicos y económicos, sin propósitos de lucro y con la finalidad de obtener con un costo

mínimo, el mayor rendimiento posible en beneficio de los intereses generales. La CFE comenzó a construir plantas generadoras y ampliar las redes de transmisión y distribución, beneficiando a más mexicanos al posibilitar el bombeo de agua de riego y la molienda, así como mayor alumbrado público y electrificación de comunidades.

Los primeros proyectos de generación de energía eléctrica de CFE se realizaron en Teloloapan (Guerrero), Pátzcuaro (Michoacán), Suchiate (Oaxaca), Xía (Oaxaca), Ures (Sonora) y Altar (Sonora). El primer gran proyecto hidroeléctrico se inició en 1938 con la construcción de los canales, caminos y carreteras de lo que después se convirtió en el Sistema Hidroeléctrico Ixtapantongo, en el Estado de México, que posteriormente fue nombrado Sistema Hidroeléctrico Miguel Alemán.

Hacia 1960 la CFE aportaba ya el 54% de los 2,308 MW de capacidad instalada, la empresa Mexican Light el 25%, la American and Foreign el 12%, y el resto de las compañías 9%. Sin embargo, a pesar de los esfuerzos de generación y electrificación, para esas fechas apenas 44% de la población contaba con electricidad. Por esta razón el presidente Adolfo López Mateos decidió nacionalizar la industria eléctrica, el 27 de septiembre de 1960. A partir de entonces se comenzó a integrar el Sistema Eléctrico Nacional, extendiendo la cobertura del suministro y acelerando la industrialización. El Estado mexicano adquirió los bienes e instalaciones de las compañías privadas, las cuales operaban con serias deficiencias por la falta de inversión y los problemas laborales.

Para 1961 la capacidad total instalada en el país ascendía a 3,250 MW. CFE vendía 25% de la energía que producía y su participación en la propiedad de centrales generadoras de electricidad pasó de cero a 54%. En esa década la inversión pública se destinó en más de 50% a obras de infraestructura. Se construyeron importantes centros generadores, entre ellos los de Infiernillo y Temascal, y se instalaron otras plantas generadoras alcanzando, en 1971, una capacidad instalada de 7,874 MW. Al finalizar esa década se superó el reto de sostener el ritmo de crecimiento al instalarse, entre 1970 y 1980, centrales generadoras que dieron una capacidad instalada de 17,360 MW.

Cabe mencionar que en los inicios de la industria eléctrica mexicana operaban varios sistemas aislados, con características técnicas diferentes, llegando a coexistir casi 30 niveles de tensión diferentes de distribución, siete de alta tensión para líneas de transmisión y dos frecuencias eléctricas de 50 y 60 Hertz.

Dicha situación dificultaba el suministro de electricidad, por lo que CFE definió y unificó los criterios técnicos y económicos del Sistema Eléctrico Nacional, normalizando los voltajes de operación, con la finalidad de normalizar los equipos, reducir sus costos y los tiempos de fabricación, almacenaje e inventariado. Posteriormente se unificaron las frecuencias a 60 hertz y CFE integró los sistemas de transmisión en el Sistema Interconectado Nacional.

En los años 80 el crecimiento de la infraestructura eléctrica fue menor que en la década anterior, principalmente por la disminución en la asignación de recursos a la CFE. No obstante, en 1991 la capacidad instalada ascendió a 26,797 MW.

A inicios del año 2000 se tenía ya una capacidad instalada de generación de 35,385 MW, cobertura del servicio eléctrico del 94.70% a nivel nacional, una red de transmisión y distribución de 614,653 km, lo que equivale a más de 15 vueltas completas a la Tierra y más de 18.6 millones de usuarios, incorporando casi un millón cada año.

El servicio al cliente es prioridad para la empresa, por lo que se utiliza la tecnología más moderna por ser más eficiente, y se continúa la expansión del servicio,

aprovechando las mejores tecnologías para brindar el servicio aún en zonas remotas y comunidades dispersas. CFE es reconocida como una de las mayores empresas eléctricas del mundo, y mantiene integrados todos los procesos del servicio eléctrico.

Por otro lado la infraestructura de Luz y Fuerza del Centro que ahora forma parte de CFE, genera, transmite, distribuye y comercializa la energía eléctrica a los hogares, comercios y empresas del Distrito Federal, 82 municipios del Estado de México, 45 del Estado de Hidalgo, 2 del Estado de Morelos y 3 del Estado de Puebla, contribuyendo con ello en el desarrollo económico y social de la región centro del país, llevan electricidad a más de seis millones de clientes, lo que representa una población atendida superior a 20 millones de habitantes.

1.2 Capacidad y tecnologías de generación y transmisión de energía eléctrica

La Comisión Federal de Electricidad es una empresa del gobierno mexicano que genera, transmite, distribuye y comercializa energía eléctrica para cerca de 27.0 millones de clientes, lo que representa a casi 80 millones de habitantes, e incorpora anualmente más de un millón de clientes nuevos.

La infraestructura para generar la energía eléctrica está compuesta por 177 centrales generadoras, con una capacidad instalada de 50,238 megawatts (MW).

El 22.81% de la capacidad instalada corresponde a 21 centrales construidas con capital privado por los Productores Independientes de Energía (PIE).

En la CFE se produce la energía eléctrica utilizando diferentes tecnologías y diferentes fuentes de energético primario. Tiene centrales termoeléctricas, hidroeléctricas, carboeléctricas, geotermoeléctricas, eoloeléctricas y una nucleoelectrica.

Para conducir la electricidad desde las centrales de generación hasta el domicilio de cada uno de sus clientes, la CFE tiene cerca de 672 mil kilómetros de líneas de transmisión y de distribución.

El suministro de energía eléctrica llega a cerca de 188 mil localidades (184,613 rurales y 3,325 urbanas) y el 96.68% de la población utiliza la electricidad.

En los últimos diez años se han instalado 42 mil módulos solares en pequeñas comunidades muy alejadas de los grandes centros de población. Esta será la tecnología de mayor aplicación en el futuro para aquellas comunidades que aún no cuentan con electricidad.

En cuanto al volumen de ventas totales, 77.3% lo constituyen las ventas directas al público; 22.3% se suministra por la infraestructura de la extinta empresa Luz y Fuerza del Centro, y el 0.4% restante se exporta.

Si bien el sector doméstico agrupa 88.14% de los clientes, sus ventas representan 27.87% del total de ventas al público. Una situación inversa ocurre en el sector industrial, donde menos de 1% de los clientes representa más de la mitad de las ventas.

La CFE es también la entidad del gobierno federal encargada de la planeación del sistema eléctrico nacional, la cual es plasmada en el Programa de Obras e Inversiones del Sector Eléctrico (POISE), que describe la evolución del mercado eléctrico, así como la expansión de la capacidad de generación y transmisión para satisfacer la demanda en los próximos diez años, y se actualiza anualmente.

El compromiso de la empresa es ofrecer servicios de excelencia, garantizando altos índices de calidad en todos sus procesos, al nivel de las mejores empresas eléctricas del mundo.

CFE es un organismo público descentralizado, con personalidad jurídica y patrimonio propio.

Por otro lado CFE también coordina y supervisa los recursos de generación, transmisión y transformación necesarios para abastecer de la energía eléctrica requerida en la zona central del país.

A diciembre de 2008, en la zona central del país se contaba con una capacidad instalada para generar energía eléctrica de 1,174.33 MW; de los cuales 288.33 MW son de Hidroeléctricas, 224 MW corresponden a una Central Termoeléctrica y 662 MW son del tipo Turbogas; la responsabilidad del mantenimiento y operación corresponde a la Gerencia de Generación.

Con la entrada en servicio de nueve unidades de Generación Distribuida, Atenco, Coyotepec 1 y 2, Cuautitlán, Ecatepec, Remedios, Victoria, Villa de las Flores y Vallejo de 32 MW, cada una y la repotenciación de la unidad 2 de la C.H. Lerma de 20 a 27 MW.

Para transportar la energía eléctrica desde las Centrales Generadoras y desde los puntos de recepción de energía hasta los centros de consumo, cuenta con las redes de transmisión y transformación en alta, media y baja tensión con líneas de 400, 230, 115 y 85 KV; al finalizar el 2007 se alcanzó una longitud de 3,376.69 km. se cuenta además con una red de cables subterráneos de potencia de 230 y 85 KV, al finalizar el mes de junio del año 2007 se alcanzó una longitud de 161.33 km.

1.3 Calidad de las líneas de transmisión en alta, media y baja tensión.

En este punto el objetivo es determinar el comportamiento de las líneas de transmisión en alta, media y baja tensión para analizar su aplicación en el tema. Así, hablando de líneas de transmisión en cualquier caso existen cuatro parámetros que determinan su comportamiento.

Los parámetros que influyen en la capacidad de una línea de transmisión para cumplir su función, son: **resistencia serie, inductancia serie, capacitancia en derivación y conductancia en derivación**. Los dos primeros son de suma importancia en muchos cálculos de interés, y los subsecuentes en derivación se ignoran en algunos cálculos simplificando con ello el circuito equivalente.

Para el caso particular de alta tensión las líneas de transmisión recorren trayectorias largas para llevar la señal eléctrica desde los sitios donde se genera hasta donde se distribuye por lo que los parámetros que se emplean en este modelo serán determinantes para su uso en el transporte de una señal de banda ancha. Podemos señalar que las líneas de alta tensión caen en la clasificación de **línea larga** cuando excede los 250 Km, caso en el que los efectos de distribución de la línea, no se ignoran, la longitud de onda dicta que los efectos distribuidos deben de tomarse en cuenta. Desarrollando el modelo de la línea tomando en cuenta parámetros distribuidos para lo cual se hace referencia a un elemento diferencial de la línea como se muestra en la siguiente figura donde la longitud crece de $x = 0$ hasta $x = l$

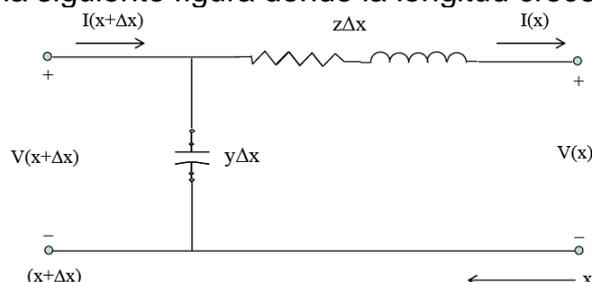


Fig. 1.3.a - Modelo Línea Larga

Se puede observar que:

$$\begin{aligned} Z &= R + j\omega L && \Omega / m \\ Y &= j\omega C && S/m \end{aligned}$$

$$\gamma = \alpha + j\beta \quad m^{-1}$$

donde:

γ = constante de propagación.

α = constante de atenuación.

β = constante de fase.

Resulta clara la importancia de analizar los parámetros de propagación, atenuación y fase derivados de las características de la línea y en este modelo se puede apreciar que las pérdidas en el medio provocarían el uso alguna tecnología para regenerar y filtrar la señal de banda ancha objeto de estudio, lo cual representaría un alto costo para la solución, además de la posible afectación de las comunicaciones en la banda de frecuencia coincidente al ser transportada la señal a través de los conductores desnudos. Por esta razón y al igual que en otros países de Europa, **no se sugiere emplear la alta tensión para transportar la señal de banda ancha descrita.**

Por otro lado en el caso de media y baja tensión, caen perfectamente en el modelo de línea corta y media, por ello y por considerar distancias menores a 80 kms, se expresa el modelo de línea corta.

La línea corta y media es válida para distancias de no más de 80 km, en este modelo se ignora la resistencia serie, lo que supone una razón de X/R muy grande, además se desprecia también la admitancia capacitiva en derivación, sin embargo como se vera en el desarrollo de este tema, los diferentes fabricantes de esta tecnología emplean repetidores a distancias menores de 1 Km por lo que **podemos concluir en aplicar el modelo de línea sin pérdidas** para el cálculo de parámetros.

Para el caso de la **línea sin pérdidas**, se sabe que se deprecia la resistencia en serie de la línea así como la conductancia, es decir; $R = G = 0$ y las ecuaciones quedan expresadas de la siguiente forma:

$$\begin{aligned} z &= j\omega L && \Omega / m \\ y &= j\omega C && S / m \end{aligned}$$

Sustituyendo en la ecuación de Z_c

$$Z_c = \sqrt{\frac{z}{y}} = \sqrt{\frac{j\omega L}{j\omega C}} = \sqrt{\frac{L}{C}} \quad \Omega$$

$$\gamma = \sqrt{zy} = \sqrt{(j\omega L)(j\omega C)} = j\omega\sqrt{LC} = j\beta \quad m^{-1}$$

de donde:

$$\beta = \omega\sqrt{LC} \quad m^{-1}$$

Z_c es real para el caso de la línea sin pérdidas y se denomina impedancia característica, además de que " γ " es imaginaria pura.

La longitud de onda es la distancia requerida para cambiar la fase de voltaje o corriente por 2π radianes (360 grados).

En este caso voltaje y la corriente cambian fase para $x = \frac{2\pi}{\beta}$ y denotamos la longitud de onda por λ .

$$\lambda = \frac{2\pi}{\beta} = \frac{2\pi}{\omega\sqrt{LC}} = \frac{1}{f\sqrt{LC}} \quad \text{m}$$

De la ecuación anterior se obtiene:

$$f\lambda = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

$f\lambda$ es la velocidad de propagación de las ondas de voltaje y corriente. Para líneas de transmisión aéreas. $1/\sqrt{LC} \approx 3 \times 10^8$ m/s

1.4 Análisis del impacto inductivo en las líneas

En este punto el enfoque concretamente será en distribución de energía eléctrica en media y baja tensión, en el que por un lado se analizarán los efectos de interferencia sobre los sistemas de comunicaciones en las frecuencias ya descritas y por otro lado los efectos propios de un transformador actuando como filtro paso bajo sobre la señal de alta frecuencia. Los sistemas BPL emplean redes de distribución de energía eléctrica que producen emisiones electromagnéticas, por lo que es importante verificar la regulación del país en cuanto al espectro radio eléctrico con el objetivo de establecer límites y evitar interferencias. Por otro lado el nivel de esta interferencia dependerá de la potencia transmitida, la distancia fuente - dispositivo interferido y la estructura específica de los cables, lo cual se puede calcular y controlar en el sitio en cuestión. Existen dos modos de propagación que se pueden asociar a una línea de transmisión, el modo diferencial y el modo común, en el primero las direcciones de las corrientes fluyen por cada uno de los cables en direcciones opuestas y de esta forma se reduce la magnitud de la radiación, en el segundo las corrientes fluyen en el mismo sentido y eso provoca que la magnitud de la radiación se mayor.

En estos términos el organismo regulador en los diferentes países establece sus reglas de operación de BPL, en las que determinan las distancias a las que los sistemas de comunicaciones no son interferidos de acuerdo a la frecuencia de operación de BPL, por ejemplo en el caso de US FCC (United States Federal Communications Commission) establece la siguiente aproximación, bastante buena para nuestro caso de estudio de acuerdo a las tecnologías existentes y los proveedores actuales.

Frecuencias de Operación

TENSION RED DE DISTRIBUCION	FRECUENCIA OPERACIÓN (Mhz)	LIMITE DE POTENCIA DEL CAMPO (uV/m)	DISTANCIA MEDIDA (m)
MEDIA Y BAJA	1.0705 - 30	30	30
BAJA	30 - 80	100	3
MEDIA	30 - 80	90	10

Fig. 1.4.a - Tabla de Frecuencia FCC

La afectación electromagnética esta definida por la siguiente expresión para líneas de transmisión:

$$0.62 \sqrt{\frac{D^3}{\lambda}} < r < 2 \frac{D^2}{\lambda}$$

Donde, r es la distancia de la línea al punto de afectación, D es la longitud de la línea de transmisión y λ es la longitud de onda.

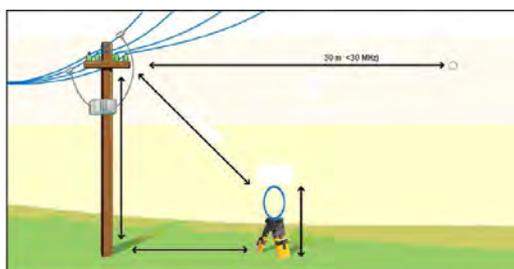


Fig. 1.4.b - Distancia Fuente / Antena

Para disminuir la probabilidad de interferir, adicionalmente es importante suprimir las frecuencias críticas de comunicaciones especiales, empleando Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM), técnica disponible en los fabricantes de equipo BPL.

OFDM utiliza un gran número de portadoras con anchos de banda muy estrechos lo que implica una elevada tasa de transmisión de datos, utiliza asignación dinámica de la cantidad de bits y de la potencia transmitida lo que permite un mejor aprovechamiento del canal, además aunque los niveles de radiación son más elevados que los sistemas que utilizan espectro expandido, OFDM puede controlar el uso del espectro evitando usar bandas de frecuencias asignadas a servicios especiales. Esto permite calibrar los equipos de acuerdo a la normatividad vigente del país.

Para este efecto DS2 (Design of Systems on Silicon) ha desarrollado su tecnología PLC usando una técnica de multiportador OFDM. El medio de transmisión es compartido en tiempo y en frecuencia. Las ventajas de OFDM son una gran eficiencia espectral y robustez en canales de propagación multivía, un apropiado intervalo de guarda protege la señal contra distorsiones y permite el uso de redes de una sola frecuencia.

Cada una de las portadoras ortogonales de un símbolo OFDM se modula mediante una técnica de QAM (Quadrature Amplitude Modulation) absoluto. Cualquiera de los esquemas de modulación comunes utilizados con sistemas de una única portadora puede utilizar OFDM.

DS2 usa 1280 OFDM portadoras. Al utilizar un gran número de portadoras se consigue:

- La sincronización es más robusta y simple.
- Es más fácil adaptarse a cortes e ingresos.
- Mejor inmunidad a ruidos impulsivos.
- Incrementos de robustez frente a distorsiones.

La tasas de datos por subportadoras se adaptan dependiendo del SNR (Distancia señal-ruido) detectado. Esta característica es tecnología exclusiva de DS2 y da una excepcional adaptabilidad a las condiciones del canal.

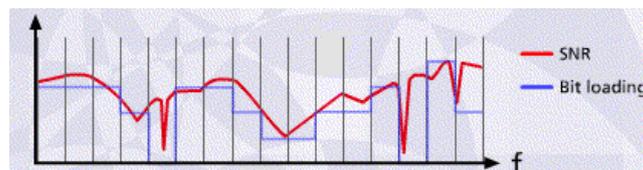


Fig. 1.4.c - Distancia SNR

Se consigue:

- Tasa de datos de hasta 45Mbps
- Eficiencia de modulación de hasta 7,25 bps/Hz

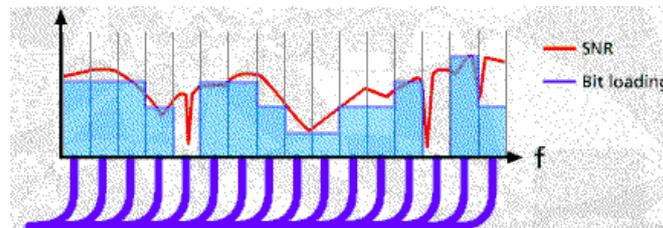


Fig. 1.4.d - Eficiencia modulación

- Los subcanales están traslapados, así se consigue un eficiente uso del espectro ahorrando ancho de banda.

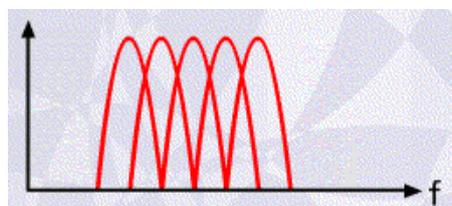


Fig. 1.4.e - Eficiencia del espectro

DS2 pretendió que el protocolo utilizado tuviera las siguientes características:

- Eficiencia.
- Transmisión orientada a paquetes.
- Tasa de transmisión constante.
- Baja latencia.
- Niveles de calidad de servicio.

Por otro lado en lo que respecta a los efectos propios de un transformador actuando como filtro paso bajo sobre la señal de alta frecuencia ubicados entre la frontera entre media y baja tensión se muestra en la siguiente grafica:

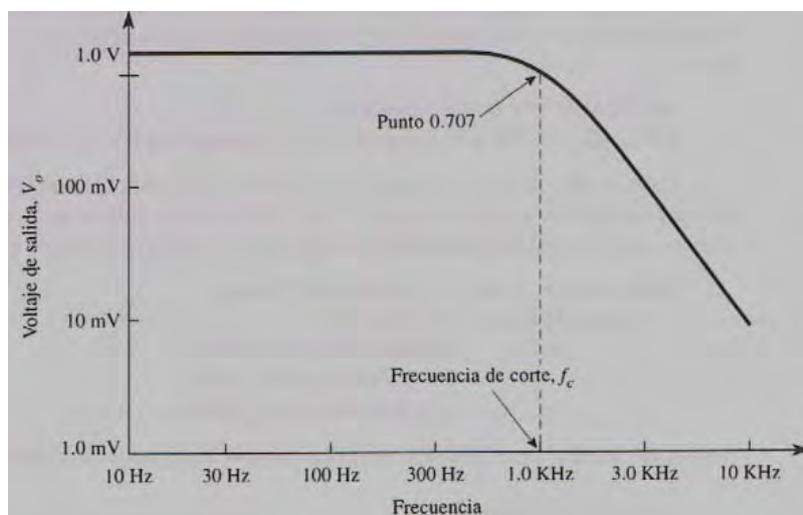


Fig. 1.4.f - Filtro paso bajos

Lo cual demuestra que las señales que pasan a través del transformador después de 1 kHz tiende a ser atenuadas, por lo que no es factible que pasen a través de ellos aunque existen algunas tecnologías en el mercado capaces de extraer la señal atenuada y posteriormente regenerarla para lograr su objetivo, sin embargo preferiremos emplear el desvío del transformador.

1.5 Análisis de las frecuencias de operación

En el apartado anterior señalamos la afectación de BPL a los sistemas de comunicación, así como las técnicas que se emplean para minimizar estos efectos, por tal razón el punto más importante es la explotación de las frecuencias de tal forma que sea posible determinar cuales serian las más críticas por su importancia en las comunicaciones en nuestro país, por su aplicación. A continuación anexo el rango de frecuencias de operación con el objeto de ubicar su posición y tener al alcance la información que se deba tratar con el regulador del país.

Banda de frecuencia	Nombre	Banda de Microondas (GHz)	Letras de Identificación	Usos típicos
3 a 30 KHz	Muy baja frecuencia (VLF)			Navegación de largo alcance; sonar
30 a 300 kHz	Baja frecuencia (LF)			Auxiliares de la navegación; radiofaros
300 a 3 000 kHz	Frecuencia media (MF)			Radio marítimo; buscador de dirección; llamadas de auxilio; comunicación de buques guardacostas, radio comercial AM
3 a 30 MHz	Alta frecuencia (HF)			Búsqueda y rescate; comunicación de aviación a barco; telégrafo, teléfono y facsímil; barco a tierra
30 a 300 MHz	Muy alta frecuencia (VHF)			Canales de televisión VHF; radio FM; transporte terrestre; aviación privada; control de tráfico aéreo; taxis; policía; auxiliares de la navegación
0.3 a 3 GHz	Ultra alta frecuencia (UHF)	0.5 a 1.0	VHF C	Canales de televisión UHF; radiosonda; auxiliares de radar de vigilancia; comunicación por satélite; radio altímetros; enlaces de microondas; radar aéreo; radar de alcance; radar (meteorológico) camión de portadora común
		1.0 a 2.0	L D	
		2.0 a 3.0	S E	
		3.0 a 4.0	S F	
		4.0 a 6.0	C G	
		6.0 a 8.0	C H	
3 a 30 GHz	Super alta frecuencia (SHF)	8.0 a 10.0	X I	
		10.0 a 12.4	X J	
		12.4 a 18.0	Ku J	
		18.0 a 20.0	K J	
		20.0 a 26.5	K K	
26.5 a 40.0	Ka K			
30 a 300 GHz	Extremadamente alta frecuencia (EHF)			Servicio de ferrocarriles; sistemas de radar para aterrizaje; en experimentación

Fig. 1.5.a - Uso de banda de frecuencias

FCC - Bandas de Frecuencias BPL Autorizadas (Mhz)
1.705 - 2.850
3.025 - 3.400
3.500 - 4.650
4.700 - 5.450
5.680 - 6.525
6.685 - 8.815
8.965 - 10.005
10.100 - 11.275
11.400 - 13.260
13.360 - 17.900
17.970 - 21.924
22.000 - 74.800
75.200 - 80.000

FCC - Bandas de Frecuencias BPL excluidas (Mhz)
2.850 - 3.025
3.400 - 3.500
4.650 - 4.700
5.450 - 5.680
6.525 - 6.685
8.815 - 8.965
10.005 - 10.100
11.275 - 11.400
13.260 - 13.360
17.900 - 17.970
21.924 - 22.000
74.800 - 75.200

Fig. 1.5.b - Asignación de frecuencias FCC

Ya que en el caso de FCC queda establecido un orden similar como se vio en las tablas anteriores Figura 1.5.b y la recomendación es realizar una propuesta al organismo encargado de esta legislación y poder proveer la solución de BPL tratada en este documento.

2 Banda Ancha

2.1 Modo de Funcionamiento

La banda ancha es una red de acceso que abarca los elementos tecnológicos que soportan los enlaces de telecomunicaciones entre los usuarios finales y el último nodo de la red. A menudo se denomina lazo de abonado o simplemente la última milla. Sus principales componentes son los medios de comunicación (par de cobre, cable coaxial, fibra óptica, canal radioeléctrico) y los elementos que realizan la adecuación de la señal a los mismos.

Se estima que existan en la actualidad alrededor de 1100 millones de accesos fijos y 1000 millones de accesos móviles. El lazo local, sin lugar a dudas, constituye un punto de mira de los científicos, tecnólogos y economistas en la búsqueda de alternativas para incrementar el aprovechamiento del espacio de señal dentro de los medios de transmisión, a un precio que permita la asimilación por los abonados finales, aprovechándose de la creciente necesidad de ancho de banda para la satisfacción de las necesidades naturales o inducidas de información, comunicación y entretenimiento en que la época actual nos sumerge.

Se conoce como banda ancha en telecomunicaciones a la transmisión de datos en la cual se envían simultáneamente varias piezas de información, con el objeto de incrementar la tasa de transmisión de datos de transmisión efectiva. En ingeniería de redes este término se utiliza también para los métodos en donde dos o más señales comparten un medio de transmisión.

Algunas de las variantes de los servicios de línea de abonado digital (del inglés Digital Subscriber Line, DSL) son de banda ancha en el sentido de que la información se envía sobre un canal y la voz por otro canal, pero compartiendo el mismo par de cables. Los modems analógicos que operan con tasas de transmisión de datos mayores a 600 bps también son técnicamente banda ancha, pues obtienen tasas de transmisión de datos de transmisión efectiva mayores usando muchos canales.

Por ejemplo, un MODEM de 2400 bps usa cuatro canales de 600. Este método de transmisión contrasta con la transmisión en banda base, en donde un tipo de señal usa todo el ancho de banda del medio de transmisión, como por ejemplo Ethernet 100BASE-T.

2.2 Ventajas

La necesidad de ancho de banda ha hecho nacer varias tecnologías de acceso de banda ancha: DSL (Digital Subscriber Line) en todas sus formas simétricas y asimétricas, utiliza la infraestructura de cobre para dar servicios a tasas de transmisión de datos de hasta algunos megabits por segundo; LMDS (Local Multipoint Distribution Service) ofrecen tasas de transmisión de datos de banda ancha a usuarios residenciales y a profesionales independientes SOHO (Small Office Home Office) vía tecnología inalámbrica; CMTS (Cable MODEM Telecommunications System) emplea el cable coaxial para entregar servicios digitales a muchos usuarios; UMTS (Universal Mobile Telecommunications System), fue concebido para servicios de voz y de datos de tercera generación.

TECNOLOGÍA	PLC	FIBRA ÓPTICA	CABLE	WIRELESS LOCAL LOOP	XDSL	SATELLITE VSAT
ANCHO DE BANDA/ FLUJO	200 Mbps / Simétrico – Asimétrico	1,000 Mbps / Simétrico	20 Mbps / Asimétrico	100 Mbps / Asimétrico	2 Mbps / Asimétrico	1 Mbps / Asimétrico
APLICACION TÍPICA	Residencial / Comercial / In-Home	Comercial	Residencial	Comercial	Residencial / Comercial	Residencial/ Comercial
VENTAJAS	Omnipresencia Bajo Costo	Capacidad / mas Fiable	Bajos Costo / Múltiples servicios	Omnipresencia	Bajos Costos Múltiples servicios	Omnipresencia
PRINCIPALES DESVENTAJAS	Tecnología en Desarrollo / Sin Estándares	Alto Costo/ Difícil Instalación	Cobertura / Costo/	Costo / Línea de Vista Forzosa	Límite de Cobertura / Distancia	Bajo Ancho Banda / Alto costo CPE

Fig. 2.2.a - Comparativo tecnologías Banda Ancha

2.3 Tipos de conexión de Banda ancha

2.3.1 Línea Digital de suscriptor

DSL (siglas de Digital Subscriber Line, "línea de abonado digital") es un término utilizado para referirse de forma global a todas las tecnologías que proveen una conexión digital sobre línea de abonado de la red telefónica básica o conmutada como son: ADSL, ADSL2, ADSL2+, SDSL, IDSL, HDSL, SHDSL, VDSL y VDSL2, las cuales se definirán cada una de ellas posteriormente.

Tienen en común que utilizan el par trenzado de hilos de cobre convencionales de las líneas telefónicas para la transmisión de datos a gran tasa de transmisión de datos.

La diferencia entre ADSL y otras DSL es que la tasa de transmisión de datos de bajada y la de subida no son simétricas, es decir, que normalmente permiten una tasa de transmisión de datos de bajada mayor que la de subida.

2.3.2 Cable MODEM

Un cable módem es un tipo especial de módem diseñado para modular la señal de datos sobre una infraestructura de televisión por cable. El término Internet por cable (o simplemente cable) se refiere a la distribución de un servicio de conectividad a Internet sobre esta infraestructura de telecomunicaciones.

Los cablemodems no deben confundirse con antiguos sistemas LAN como 10base2 o 10base5 que utilizaban cables coaxiales y especialmente con 10broad36, el cual realmente utiliza el mismo tipo de cable que los sistemas CATV.

Los cablemodems se utilizan principalmente para distribuir el acceso a Internet de banda ancha, aprovechando el ancho de banda que no se utiliza en la red de TV por cable.

Los abonados de un mismo vecindario comparten el ancho de banda proporcionado por una única línea de cable coaxial. Por lo tanto, la tasa de transmisión de datos de conexión puede variar dependiendo de cuanta gente este usando el servicio al mismo tiempo.

A menudo, la idea de una línea compartida se considera como un punto débil de la conexión a Internet por cable. Desde un punto de vista técnico, todas las redes, incluyendo los servicios DSL, comparten una cantidad fija de ancho de banda entre multitud de usuarios pero ya que las redes de cable tienden a abarcar áreas más

grandes que los servicios DSL, se debe tener más cuidado para asegurar un buen rendimiento en la red.

Una debilidad más significativa de las redes de cable al usar una línea compartida es el riesgo de la pérdida de privacidad, aunque de este problema se encarga el cifrado de datos y otras características de privacidad especificadas en el estándar DOCSIS (Data Over Cable Service Interface Specification), utilizado por la mayoría de cablemodems.

Existen dos estándares:

El DOCSIS y el EURODOCSIS (mayormente utilizado en Europa).

En su operación, el cablemódem solicita al servidor el envío de los parámetros de configuración necesarios para poder operar en la red de cable (dirección IP y otros datos adicionales) utilizando el protocolo de comunicaciones DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol). Inmediatamente después, el cablemódem solicita al servidor de hora del día TOD (Time over day), la fecha y hora exacta, que se utilizará para almacenar los eventos de acceso del suscriptor.

Queda todavía la configuración propia del cablemódem, la cual se lleva a cabo después de las solicitudes DHCP y TOD. Se envían ciertos parámetros de operación vía TFTP (Trivial File Transfer Protocol) tras lo cual, el cablemódem realiza un proceso de registro y, en el caso de utilizar la especificación DOCSIS de Privacidad de Línea Base (BP) en la red, deberá adquirir la información necesaria de la central y seguir los procedimientos para inicializar el servicio. BP es una especificación de DOCSIS 1.0 que permite el cifrado de los datos transmitidos a través de la red de acceso. El cifrado que utiliza BP sólo se lleva a cabo para la transmisión sobre la red, ya que la información es descifrada al momento de llegar al cable módem. DOCSIS 1.1 integra a esta interfaz de seguridad, además, especificaciones adicionales conocidas como Interfase Adicional de Privacidad de Línea Base (BPI+, por sus siglas en inglés), las cuales, entre otras cosas, definen un certificado digital para cada cablemódem, que hace posible su autenticación por parte del CMTS. Asumiendo que el proceso de inicialización se ha desarrollado satisfactoriamente, el cable módem está listo para utilizar la red como cualquier otro dispositivo Ethernet sobre los estándares de transmisión admitidos por DOCSIS. El servidor que brinda las respuestas a las peticiones DHCP, TFTP y TOD es conocido como provisioning o el abastecedor.

Uno de los principales problemas de este servicio es la inconsistencia del enlace ascendente, esto es debido a que las frecuencias de "Retorno" están por debajo de los 54 Mhz (de los 5 a los 33 Mhz para los sistemas DOCSIS). En estas frecuencias están todo tipo de ruidos eléctricos, por lo tanto es necesaria una constante revisión de las operadoras de redes de cable para evitar el ruido en retorno (Ingress), cuando deja de "responder" el cablemodem, se tiene que repetir todo el proceso de registro. En las redes actuales esto es poco probable, sobre todo en las que usan EURODOCSIS ya que las frecuencias de retorno se sitúan entre 5-65MHz con lo que se pueden evitar la parte más ruidosa del espectro radioeléctrico.

Así mismo una de las principales ventajas es la baja latencia o Ping, ya que se introduce mucho menos retardo que los DSLAM de ADSL. Valores típicos para una buena conexión de Cable puede ser entre 35 y 55ms, mientras un buen ADSL puede tener entre 70 y 90ms. Además las conexiones se basan en Ethernet por lo que se pierde menos caudal útil que en ADSL (con el mismo ancho de banda contratado se consigue mayor tasa de transmisión de datos). Pero la ventaja más importante es que en una red de Cable, el lugar de residencia del cliente no afecta a la tasa de transmisión de datos de la conexión, en ADSL o WIMAX (Worldwide

Interoperability for Microwave Access) la distancia con la central es un impedimento para conseguir tasas de transmisión de datos cercanas a 10Mbps, con Cable estas tasas de transmisión de datos son fáciles de conseguir en toda la red.

La mayoría de cable módems pueden configurarse en la dirección 192.168.100.1, algunos de los fabricantes de cable módems que lo hacen así son: 3Com, Cisco Systems, Ericsson, Motorola, Nortel Networks, RCA, ARRIS, Scientific Atlanta y Toshiba.

2.3.3 Fibra óptica

En la última década la fibra óptica ha pasado a ser una de las tecnologías más avanzadas que se utilizan como medio de transmisión. Los logros con este material fueron más que satisfactorios, desde lograr una mayor tasa de transmisión de datos y disminuir casi en su totalidad ruidos e interferencias, hasta multiplicar las formas de envío en comunicaciones y recepción por vía telefónica.

La fibra óptica está compuesta por filamentos de vidrio de alta pureza muy compactos. El grosor de una fibra es como la de un cabello humano aproximadamente. Fabricadas a alta temperatura con base en silicio, su proceso de elaboración es controlado por medio de computadoras, para permitir que el índice de refracción de su núcleo, que es la guía de la onda luminosa, sea uniforme y evite las desviaciones.

Como características de la fibra podemos destacar que son compactas, ligeras, con bajas pérdidas de señal, amplia capacidad de transmisión y un alto grado de confiabilidad ya que son inmunes a las interferencias electromagnéticas de radiofrecuencia. Las fibras ópticas no conducen señales eléctricas, conducen rayos luminosos, por lo tanto son ideales para incorporarse en cables sin ningún componente conductor y pueden usarse en condiciones peligrosas de alta tensión. Las fibras ópticas se caracterizan por pérdidas de transmisión realmente bajas, una capacidad extremadamente elevada de transporte de señales, dimensiones mucho menores que los sistemas convencionales, una mayor resistencia frente a las interferencias, entre otras.

La transmisión de las señales a lo largo de los conductores de fibra óptica se verifica gracias a la reflexión total de la luz en el interior de los conductores ópticos. Dichos conductores están constituidos por un alma de fibras delgadas, hechas de vidrios ópticos altamente transparentes con un índice de reflexión adecuado, rodeada por un manto de varias milésimas de espesor, compuesto por otro vidrio con índice de reflexión inferior al que forma el alma. La señal que entra por un extremo de dicho conductor se refleja en las paredes interiores hasta llegar al extremo de salida, siguiendo su camino independientemente del hecho de que la fibra esté o no curvada.

Estos cables son la base de las modernas autopistas de la información, que hacen técnicamente posible una interconectividad a escala planetaria.

Los tipos de Fibra Óptica son: **Fibra Multimodal**, en este tipo de fibra viajan varios rayos ópticos reflejándose a diferentes ángulos, los diferentes rayos ópticos recorren diferentes distancias y se desfasan al viajar dentro de la fibra. Por esta razón, la distancia a la que se puede transmitir está limitada. **Fibra Multimodal con Índice Graduado**, en este tipo de fibra óptica el núcleo está hecho de varias capas concéntricas de material óptico con diferentes índices de refracción. En estas fibras el número de rayos ópticos diferentes que viajan es menor y, por lo tanto, sufren menos el severo problema de las multimodales. **Fibra Monomodal**, esta fibra óptica

es la de menor diámetro y solamente permite viajar al rayo óptico central. No sufre del efecto de las otras dos pero es más difícil de construir y manipular. Es también más costosa pero permite distancias de transmisión mayores.

En comparación con el sistema convencional de cables de cobre, donde la atenuación de sus señales es de tal magnitud que requieren de repetidores cada dos kilómetros para regenerar la transmisión, en el sistema de fibra óptica se pueden instalar tramos de hasta 70 Km. sin que haya necesidad de recurrir a repetidores, lo que también hace más económico y de fácil mantenimiento este material.

Con un cable de seis fibras se puede transportar la señal de más de cinco mil canales o líneas principales, mientras que se requiere de 10,000 pares de cable de cobre convencional para brindar servicio a ese mismo número de usuarios, con la desventaja que este último medio ocupa un gran espacio en los canales y requiere de grandes volúmenes de material, lo que también eleva los costos.

Originalmente, la fibra óptica fue propuesta como medio de transmisión debido a su enorme ancho de banda; sin embargo, con el tiempo se ha introducido en un amplio rango de aplicaciones además de la telefonía, automatización industrial, computación, sistemas de televisión por cable y transmisión de información de imágenes astronómicas de alta resolución entre otros.

En un sistema de transmisión por fibra óptica existe un transmisor que se encarga de transformar las ondas electromagnéticas en energía óptica o en luminosa. Por ello se le considera el componente activo de este proceso. Cuando la señal luminosa es transmitida por las pequeñas fibras, en otro extremo del circuito se encuentra un tercer componente al que se le denomina detector óptico o receptor, cuya misión consiste en transformar la señal luminosa en energía electromagnética, similar a la señal original. El sistema básico de transmisión se compone en este orden, de señal de entrada, amplificador, fuente de luz, corrector óptico, línea de fibra óptica (primer tramo), empalme, línea de fibra óptica (segundo tramo), corrector óptico, receptor, amplificador y señal de salida.

Se puede decir que en este proceso de comunicación, la fibra óptica funciona como medio de transportación de la señal luminosa, generado por el transmisor de LED's (diodos emisores de luz) y láser. Los diodos emisores de luz y los diodos lasers son fuentes adecuadas para la transmisión mediante fibra óptica, debido a que su salida se puede controlar rápidamente por medio de una corriente de polarización. Además su pequeño tamaño, su luminosidad, longitud de onda y el bajo voltaje necesario para manejarlos son características atractivas.

2.3.4 Inalámbrica

Las redes inalámbricas proporcionan la funcionalidad y los beneficios que ofrecen las redes como Ethernet, pero sin la restricción de los cables. Las WLAN (Wireless Local Area Network) o redes de área local inalámbricas son redes que permiten la conexión de usuarios para fines específicos a través de puntos de acceso, así en el mercado actual existen estándares para tal efecto. Los estándares de WIFI Alliance (antes WECA, Wireless Ethernet Compatibility Alliance) creados y mantenidos por IEEE son: 802.11, 802.11a, 802.11b y 802.11g.

En ellos se definen sus características de operación, respecto de tasa de transmisión de datos, frecuencia y potencia. IEEE crea sus estándares a partir de las leyes creadas por la FCC (Federal Communications Commission). Ahí son establecidas las frecuencias Wireless LAN y la potencia que tiene cada una de

las bandas, asignando el uso de las mismas. Las bandas ISM por ejemplo son usadas para la industria, investigación Científica (Scientific) y Medicina, estas se localizan iniciando en 902 Mhz, 2.4 Ghz y 5.8 Ghz variando en ancho de banda desde 26 hasta 150 Mhz, adicionalmente se especifican tres bandas llamadas UNII (Unlicensed Information Infraestructure), cada una se encuentra en el rango de los 5Ghz con un ancho de 100 Mhz.

Bandas ISM :

* 900 Mhz (902 a 928 Mhz): Aun cuando se ha usado por LAN inalámbrica ha sido relegada por bandas de mayor frecuencia.

* 2.4 Ghz (2.4 a 2.4835 Ghz): Esta banda se ocupa por todos los dispositivos compatibles con 802.11. 802.11b y 802.11g.

* 5.8 Ghz: No debe de confundirse con la banda de 5Ghz de UNII.

Bandas UNII

Están formadas por tres bandas separadas los cuales son utilizados por los dispositivos compatibles de la recomendación 802.11a y se dividen de la siguiente forma:

* Banda Inferior (5.15 a 5.25 GHz): Esta banda trabaja a una potencia máxima de 40 mW reservando su uso solo para interiores.

* Banda Intermedia (5.25 a 5.35 GHz): Esta banda trabaja a una potencia máxima de 200mW, teniendo uso tanto en interiores como exteriores en enlaces de poca distancia entre edificios.

* Banda Superior (5.725 a 5.825 GHz): Esta banda trabaja a una potencia de 800mW y está reservada para enlace exteriores.

2.3.5 Satélite

Los enlaces vía satélite permiten establecer conexión entre dos o más puntos situados en la Tierra, utilizando un satélite en el espacio como sistema repetidor. Con el fin de ampliar los horizontes en las telecomunicaciones a cualquier rincón del mundo y sobre todo con el fin de llegar a cuantos más usuarios mejor, por muy recóndito que sea el lugar, existe una tendencia a la utilización de terminales con antenas parabólicas de tamaño reducido VSAT (Very Small Apperture Terminal) para el intercambio de información vía satélite punto a punto o punto a multipunto (broadcasting). La ventaja de una estación terrestre de VSAT sobre una conexión de red terrestre típica, es que las VSAT no están limitadas por el alcance del cableado subterráneo. Una estación terrestre de VSAT puede instalarse en cualquier parte, sólo requiere ser vista por el satélite.

2.3.6 Banda Ancha por línea eléctrica (BPL, por sus siglas en Ingles Broadband Power Line)

PLC (Power Line Communications), también denominada BPL (Broadband over Power Lines) es una tecnología basada en la transmisión de datos utilizando como infraestructura la red eléctrica. Esto implica la capacidad de ofrecer, mediante este medio, cualquier servicio de telecomunicaciones, como podría ser telefonía, Internet, videoconferencia, datos a alta tasa de transmisión de datos, etc.

Como ya se había comentado, la Comisión Federal de Electricidad cuenta con una de las redes de electricidad más grandes e importantes de nuestro país y lleva energía eléctrica al 96.5% de la población del país, lo cual brinda una ventaja sobre

la forma actual de proporcionar estos servicios ya que la telefonía solamente llega aproximadamente al 60.8% de la población.

2.4 Proveedores de Banda ancha en México

En un corto plazo en México, se ha visto una ola de ofertas de servicios y aplicaciones de banda ancha liderada por empresas de telecomunicaciones fijas tradicionales, en este contexto en donde las tecnologías de acceso cobran relevancia para proveer diversidad en el medio, por ejemplo, un usuario podrá tener video de alta definición sobre Internet, radio de calidad sobre Internet, y desde su televisión podrá saber quién le llama por teléfono y aceptar o rechazar la llamada, o bien tener una charla con otro usuario a través del mismo televisor con la imagen de esa persona en la pantalla para comentar sobre algún programa.

Quienes proveen banda ancha tiene la capacidad de integrar servicios de valor al usuario final, hoy día cada vez mas están presentes los servicios de triple play y como principales protagonistas, están las cableras que presentan ofertas interesantes, mientras luchan con su principal talón de Aquiles, la sobre suscripción que juega un papel importante en la calidad de los servicios. Por otro lado las empresas de telecomunicaciones con ofertas de tipo ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) brindando voz e Internet por el par telefónico a través de la separación de las frecuencias de operación de los servicios y finalmente los servicios satelitales de DTH (Direct to Home) que con sus características están en un nicho de mercado muy específico.

A continuación se describen algunos de los protagonistas de banda ancha en México:

ADSL: TELMEX, MAXCOM, AXTEL, ALESTRA

CABLE MODEM: CABLEVISION y todas las versiones en las diferentes ciudades.

DTH: SKY Y DISH

3 Tecnologías de transmisión de Línea Digital de Suscriptor (DSL, por sus siglas en inglés Digital Subscriber Line)

3.1 ADSL

ADSL son las siglas de Asymmetric Digital Subscriber Line ("Línea de Suscripción Digital Asimétrica"). ADSL es un tipo de línea DSL. Consiste en una transmisión de datos digitales apoyada en el par simétrico de cobre que lleva la línea telefónica convencional o línea de abonado, siempre y cuando el alcance no supere los 5.5 kms medidos desde la Central Telefónica, o no haya otros servicios por el mismo cable que puedan interferir. Es una tecnología de acceso a Internet de banda ancha, lo que implica una mayor tasa de transmisión de datos en la transferencia de datos. Esto se consigue mediante una modulación de las señales de datos en una banda de frecuencias más alta que la utilizada en las conversaciones telefónicas convencionales (300-3800 Hz), función que realiza el Router ADSL. Para evitar distorsiones en las señales transmitidas, es necesaria la instalación de un filtro (llamado splitter o discriminador) que se encarga de separar la señal telefónica convencional de las señales moduladas de la conexión mediante ADSL. Esta tecnología se denomina asimétrica debido a que la capacidad de descarga (desde la Red hasta el usuario) y de subida de datos (en sentido inverso) no coinciden. Normalmente, la capacidad de bajada (descarga) es mayor que la de subida.

En una línea ADSL se establecen tres canales de comunicación, que son el de envío de datos, el de recepción de datos y el de servicio telefónico normal. En diversos países (como España) las empresas de telefonía están implantando versiones mejoradas de esta tecnología como ADSL2 y ADSL2+ con capacidad de suministro de televisión y video de alta calidad por el par telefónico, lo cual supone una dura competencia entre los operadores telefónicos y los de cable, y la aparición de ofertas integradas de voz, datos y televisión, a partir de una misma línea y dentro de una sola empresa, que ofrezca estos tres servicios de comunicación. El uso de un mayor ancho de banda para estos servicios limita aún más la distancia a la que pueden funcionar el par de hilos.

Nombre	Nombre común	Bajada max.	Subida max.
ANSI T1.413-1998 Issue 2	ADSL	8 Mbit/s	1.0 Mbit/s
ITU G.992.1	ADSL (G.DMT)	12 Mbit/s	1.3 Mbit/s
ITU G.992.1 Annex A	ADSL over POTS	12 Mbit/s	1.3 Mbit/s
ITU G.992.1 Annex B	ADSL over ISDN	12 Mbit/s	1.8 Mbit/s
ITU G.992.2	ADSL Lite (G.Lite)	1.5 Mbit/s	0.5 Mbit/s
ITU G.992.3	ADSL2	12 Mbit/s	1.0 Mbit/s
ITU G.992.3 Annex J	ADSL2	12 Mbit/s	3.5 Mbit/s
ITU G.992.3 Annex L	RE-ADSL2	5 Mbit/s	0.8 Mbit/s
ITU G.992.4	splitterless ADSL2	1.5 Mbit/s	0.5 Mbit/s
ITU G.992.5	ADSL2+	24 Mbit/s	1.0 Mbit/s
ITU G.992.5 Annex M	ADSL2+M	24 Mbit/s	3.5 Mbit/s

Fig. 3.1.a - Familia xDSL

ADSL presenta una serie de ventajas y también algunos inconvenientes, respecto a la conexión telefónica a Internet por medio de un MODEM.

Ofrece la posibilidad de hablar por teléfono mientras se navega por Internet, ya que, como se ha indicado anteriormente, voz y datos trabajan en bandas separadas, lo cual implica canales separados. Usa una infraestructura existente (la de la red telefónica básica). Esto es ventajoso, tanto para los operadores que no tienen que afrontar grandes gastos para la implantación de esta tecnología, como para los usuarios, ya que el costo y el tiempo que tardan en tener disponible el servicio es menor que si el operador tuviese que emprender obras para generar nueva infraestructura. Los usuarios de ADSL disponen de conexión permanente a Internet, al no tener que establecer esta conexión mediante marcación o señalización hacia la red. Esto es posible porque se dispone de conexión punto a punto, por lo que la línea existente entre la central y el usuario no es compartida, lo que además garantiza un ancho de banda dedicado a cada usuario, y aumenta la calidad del servicio. Esto es comparable con una arquitectura de red conmutada. Ofrece una tasa de transmisión de datos de conexión mucho mayor que la obtenida mediante marcación telefónica a Internet. Éste es el aspecto más interesante para los usuarios. La posibilidad de usar la telefonía IP para llamadas de larga distancia (antes demasiado costosas), hace que el servicio telefónico básico se ofrezca actualmente por las operadoras como un servicio añadido, más que un uso principal, ofertándose tarifas planas para su uso. En algunos países, no existe la posibilidad de dar de alta el ADSL independientemente de la línea de teléfono fijo.

No todas las líneas telefónicas pueden ofrecer este servicio, debido a que las exigencias de calidad del par, tanto de ruido como de atenuación, por distancia a la central, son más estrictas que para el servicio telefónico básico. De hecho, el límite teórico para un servicio aceptable, equivale a 5 km. Debido al cuidado que requieren estas líneas, el servicio no es económico en países con pocas o malas infraestructuras, sobre todo si lo comparamos con los precios en otros países con infraestructuras más avanzadas. El router necesario para disponer de conexión, o en su defecto, el módem ADSL, es caro (en menor medida en el caso del módem). No obstante, en algunos países es frecuente que los ISP (Internet Service Provided) incluyan el costo de ambos aparatos en el precio del servicio.

Se requiere una línea telefónica para su funcionamiento, aunque puede utilizarse para cursar llamadas. El router ADSL es un dispositivo que permite conectar uno o varios equipos o incluso una red de área local (LAN) a Internet a través de una línea telefónica con un servicio ADSL, realmente se trata de varios componentes en uno.

A continuación señalo las funciones del Router ADSL: Router: cuando le llega un paquete procedente de Internet, lo dirige hacia la interfaz destino por el camino correspondiente, es decir, es capaz de encaminar paquetes IP. Módem ADSL: modula las señales enviadas desde la red local para que puedan transmitirse por la línea ADSL y demodula las señales recibidas por ésta para que los equipos de la LAN puedan interpretarlos. De hecho, existen configuraciones formadas por un módem ADSL y un router que hacen la misma función que un router ADSL. Punto de acceso wireless: algunos router ADSL permiten la comunicación vía Wireless (sin cables) con los equipos de la red local.

Algunos fabricantes de esta tecnología son: Asus, 2Wire, 3Com, Alcatel, Cisco, Comtrend, D-Link, Huawei, Linksys, Nokia, Netgear, Xavi, Thomson, U.S. Robotics, Zyxel, Air-Link, Encore, Supergrass y Kozumi.

3.2 HDSL

HDSL es el acrónimo de High bit rate Digital Subscriber Line o Línea de abonado digital de alta tasa de transmisión de datos binaria. Ésta es una más de las tecnologías de la familia DSL, las cuales han permitido la utilización del clásico bucle de abonado telefónico, constituido por el par simétrico de cobre, para operar con tráfico de datos en forma digital. Los módems HDSL permiten el establecimiento por un par telefónico de un circuito digital unidireccional de 1.544 Mbps (T1) ó 2.048 Mbps (E1), por lo que para la comunicación bidireccional son necesarios dos pares. En este caso por cada par se transmite y recibe un flujo de 1024Kbps. La distancia máxima entre terminales en que se puede utilizar está entre 3 y 4 km, dependiendo del calibre y estado de los pares de cobre.

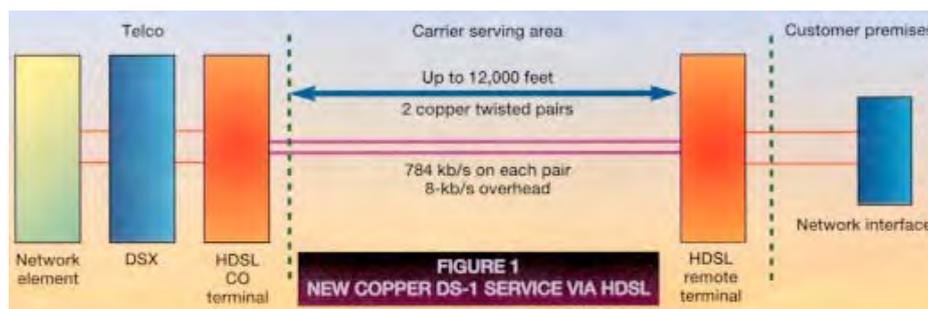


Fig. 3.2.a - Servicio HDSL entre proveedor y cliente

3.3 MSDSL

Multi-rate Symmetric Digital Subscriber Line, es una tecnología en transmisión 2B1Q (Two-binary, one quaternary) capaz de integrar servicios digitales de RDSI (Red Digital de servicios integrados) codificando en base a niveles de voltaje. La capacidad de ancho de banda de 2.32 Mbps se reparte entre un E1 completo (2.048 Mbps) y el resto en tres canales de voz o dos canales de voz RDSI, la transmisión sobre un par simple requiere cancelación de eco y ecualización, el MODEM mantiene la transmisión 2B1Q empleando diferentes filtros desde el inicio de la transmisión y durante toda su operación.

3.4 PDSL

Power line communication o power line carrier (PLC), también conocida como Power line Digital Subscriber Line (PDSL), Power line telecom (PLT) o Power line networking (PLN), es un sistema de portadora de datos que emplean los conductores eléctricos para su transmisión. BPL (Broadband Power Line) emplea PLC para el envío y recepción de información sobre las líneas de transmisión para proveer Internet, así mismo es posible transmitir en alta, media y baja tensión operando a través de modulación de portadora con el uso de diferentes bandas de frecuencia dependiendo de la señal de transmisión.

3.5 RADSL

Rate-adaptive Digital Subscriber Line, es una variante de la tecnología ADSL en donde el MODEM es capaz de ajustar la tasa de transmisión de datos de conexión dependiendo de la longitud y calidad de la línea entre DCE (Data Communications Equipment) y DTE (Data Terminal Equipment), esta técnica permite que la línea sea más tolerante a errores causados por señales de ruido.

3.6 SDSL

Symmetric Digital Subscriber Line (SDSL). La tecnología SDSL es una variante de la DSL y se trata de una línea simétrica permanente con tasas de transmisión de datos justamente de hasta 2.048 kbps. SDSL es una forma de servicio de la línea del suscriptor Digital (DSL) que proporciona justamente igual ancho de banda para subida de datos (uploads), bajada de datos (downloads) y justamente transferencias directas. SDSL era una de las formas más tempranas de DSL para no requerir líneas telefónicas múltiples. También conocido como Línea Simétrica del Suscriptor Digital, DSL Single-Line, su costo es relativamente más caro que la conexión ADSL, pero a su vez más veloz.

3.7 SHDSL

SHDSL está diseñada para transportar datos a alta tasa de transmisión simétricamente, sobre uno o dos pares de cobre.

* Single Pair: Se obtienen tasas de transmisión de datos de 192 kbps hasta 2,3 Mbps (con incrementos de tasa de transmisión de datos de 8 kbps).

* Dual Pair: Se obtienen tasas de transmisión de datos desde 384 kbps hasta 4,6 Mbps (con incrementos de 16 kbps)

A diferencia que su antecesor HDSL, y al igual que HDSL2, SHDSL utiliza TC-PAM (Trellis Coded Pulse Amplitude Modulation), una técnica de codificación más avanzada, TC-PAM proporciona una plataforma robusta sobre una gran variedad de tipos de bucle y las condiciones externas que puedan alterar la señal, un efecto llamado "relación tasa de transmisión de datos/distancia adaptativa". De esta manera SHDSL se adapta dinámicamente a las características de los pares, gracias a esta técnica de codificación se consigue una buena relación tasa de transmisión de datos/distancia:

* Con 192 kbps se alcanzan distancias de más de 6 km

* Con 2.3 Mbps más de 3 km

* Con dos pares pasa algo similar, a 2.3 Mbps se llegan a distancias de más de 4,8 kms.

La idea es sencilla, frecuentemente el módem hace barridos en todo el espectro frecuencial destinado a SHDSL. De esta manera mantiene una tabla con las SNR (relación señal a ruido) de cada bloque. Cada vez que se quiera enviar un paquete de datos, se hará por el canal con la mejor relación señal a ruido, o en segunda instancia, por el canal menos saturado; pero siempre respetando el orden de preferencias de la tabla. Los dispositivos implicados en la transmisión se ponen de acuerdo para que la relación tasa de transmisión de datos/distancia sea óptima.

Los canales con presuntamente más pérdida se utilizarán menos, los que atenúen poco recibirán más tráfico. Pudiendo disminuir la tasa de transmisión de datos de transmisión en detrimento de la distancia con la central, o el contrario. Resultado, mejor relación tasa de transmisión de datos/distancia, derivado de poca atenuación que sufrirá todo el conjunto de señales transmitidas. Y la posibilidad de elección entre gran ancho de banda o mayor distancia con la central. La limitada distancia que debe separar al abonado de la central es el mayor de los inconvenientes de XDSL, que poco a poco con los nuevos estándares va mejorando. Eso ocurre porque para enviar grandes cantidades de datos se necesita un gran rango de frecuencias, y cuan más alta sea la frecuencia más se atenúa la señal en relación a la distancia (y más caros son los equipos que deben descodificar estas señales, pues deben ser más sensibles).

Esto posiciona a SHDSL como la mejor solución xDSL (es el genérico para todas las tecnologías DSL) de línea simétrica, pues consigue mayor distancia y mayor tasa de transmisión de datos que los anteriores. Además es posible instalar hasta 8 repetidores de señal (en cada par del bucle) para extender la señal más allá de las especificaciones iniciales, si fuera necesario. Mientras que el ADSL está pensado para un uso compartido con la voz, las tecnologías SHDSL no pueden usarse al mismo tiempo que la voz ya que toda la línea esta dedicada a ella. Este inconveniente se subsana al poder emplear tecnologías como VoIP (Voice Over Internet Protocol) y un política de QoS (Quality of Service), pues obliga a asegurar un flujo de datos constante entre las partes afectadas.

3.8 UDSL

Uni-DSL (UDSL) es una tecnología desarrollada por Texas instruments capaz de proveer 200 Mbps en agregado a la tasa de transmisión de datos y es compatible con los estándares (ADSL, ADSL2, ADSL2+, VDSL y VDSL+2).

3.9 VDSL

VDSL son las siglas de Very high bit-rate Digital Subscriber Line (DSL de muy alta tasa de transferencia). Se trata de una tecnología de acceso a Internet de Banda Ancha, perteneciente a la familia de tecnologías xDSL que transmiten los impulsos sobre pares de cobre.

Se trata de una evolución del ADSL, que puede suministrarse de manera asimétrica (52 Mbit/s de descarga y 12 Mbit/s de subida) o de manera simétrica (26 Mbit/s tanto en subida como en bajada), en condiciones ideales sin resistencia de los pares de cobre y con una distancia nula a la central.

La tecnología VDSL utiliza 4 canales para la transmisión de datos, dos para descarga y 2 para subida, con lo cual se aumenta la potencia de transmisión de manera sustancial.

Las aplicaciones para las que más está siendo usada la tecnología VDSL son para la transmisión de televisión de alta definición por red. VDSL es capaz de transmitir vídeo comprimido, una señal en tiempo real poco apta para los esquemas de retransmisión de error utilizados en las comunicaciones de datos. Para lograr tasas de error compatibles con el vídeo comprimido, VDSL tendrá que incorporar Forward Error Correction (FEC) con el suficiente intercalado para corregir todos los errores creados por la aparición de ruidos impulsivos de una especificada duración.

El estándar VDSL utiliza hasta cuatro bandas de frecuencia diferentes, dos para la subida (del cliente hacia el proveedor) y dos para la bajada. La técnica estándar de modulación puede ser QAM/CAP (carrierless amplitude/phase) o DMT (Discrete multitone modulation), las cuales no son compatibles, pero tienen un rendimiento similar. Actualmente, la más usada es DMT.

Los datos hacia el usuario serán difundidos a cada equipo de usuario final o transmitidos a un Hub (Concentrador) separado de forma lógica, desde donde se distribuyen a los usuarios finales mediante multiplexación TDM (Time Division Multiplexing). La multiplexación en el sentido del usuario a la red constituye un problema algo más complejo. Los sistemas que utilizan una NT (Network Termination) pasiva han de insertar los datos en un medio compartido, ya sea mediante alguna variante TDMA (Time Division Multiple Access) de FDM (Frequency Division Multiplexing).

4 BPL

4.1 Características

La tecnología BPL parece ofrecer ventajas con respecto a las conexiones regulares de banda ancha basadas en cable coaxial o en DSL, la amplia infraestructura disponible permitiría que la gente en lugares remotos tenga acceso a Internet con una inversión de equipo relativamente pequeña para las compañías de electricidad.

Los módems PLC transmiten en las gamas de media y alta frecuencia (señal portadora de 1,6 a 30 MHz). La tasa de transmisión de datos asimétrica en el módem va generalmente desde 256 kbit/s a 2,7 Mbit/s. En el repetidor situado en el cuarto de medidores (cuando se trata del suministro en un edificio) la tasa de transmisión de datos es hasta 45 Mbit/s y se puede conectar con 256 módems PLC. En las estaciones de voltaje medio, la tasa de transmisión de datos desde los centros de control de red hacia Internet es de hasta 134 Mbit/s. Para conectarse

con Internet, las empresas de electricidad pueden utilizar un backbone (espinas dorsal) de fibra óptica o enlaces inalámbricos.

Los sistemas modernos de BPL utilizan la modulación OFDM que permite minimizar la interferencia con los servicios de radio mediante la remoción de las frecuencias específicas usadas.

4.2 Nomenclatura

El acrónimo PLC, en este caso, no hay que confundirlo con su otra acepción, también muy difundida en otros ámbitos, donde se entiende como Programmable Logic Controllers. La tecnología conocida como PLC (Power Line Communications, o Power Line Carrier) permite la transmisión de voz y datos sobre cables de la red eléctrica de transporte, básicamente con fines de teleoperación y telecontrol, en su forma analógica y con una baja tasa binaria. El reto está en hacer que esta tecnología también puede ser utilizada en la red de distribución de media y baja tensión a una alta tasa de transmisión para poder competir con la que ofrece la red telefónica e incluso con la que ofrecen las modernas redes de cable.

4.3 Tecnología empleada

Hasta hace muy poco tiempo, cada red, la eléctrica y la telefónica, se han venido utilizando para satisfacer los fines primarios que motivaron su construcción, pero conforme van surgiendo nuevas necesidades, y la tecnología lo permite, se trata de ampliar el rango de servicios que se puedan dar, para así obtener un mayor rendimiento de las inversiones realizadas. En el caso de la red telefónica fija es muy claro; no sólo se emplea para ofrecer el servicio telefónico, sino también para la transmisión de todo tipo de datos, con el acceso a Internet como principal aplicación, ya sea mediante modems convencionales en el caso de la RTPC (Red de Telefonía Pública Conmutada), adaptadores de terminales en la RDSI (Red Digital de Servicios Integrados) o accesos ADSL para conseguir altas tasas de transmisión de datos, entre otras muchas posibilidades. Pero ello conlleva el costo que supone el tendido de una nueva línea si no se dispone de ella y la adaptación que se requiere en las existentes.

La red eléctrica, de características totalmente diferentes a la telefónica, cuenta con la gran ventaja de estar mucho más extendida, alcanzando a prácticamente la totalidad de la población del mundo civilizado. Y no sólo eso; en todas las casas se disponen de numerosas tomas (enchufes eléctricos), distribuidas por todas las habitaciones. Por ello, si se pudiese utilizar para otros fines distintos, como por ejemplo para transmitir datos, los usuarios tendrían resuelto el problema de la instalación interna, ya que podrían conectar su equipo en cualquier toma de red de la casa o de la oficina, sin necesidad de realizar ningún tendido de cable nuevo, con el consiguiente ahorro de dinero y tiempo, además de la ventaja estética que conlleva no tener cables por el suelo.

4.4 Servicios que soporta

Los ámbitos principales de aplicación de la tecnología PLC son tres: la transmisión punto a punto sobre líneas de distribución eléctrica de alta y media tensión orientada a servicios de transmisión de datos, voz y telecontrol; comunicaciones internas dentro de la casa (una especie de red local), sobre todo de tipo doméstico; y

acceso a otras redes y servicios de telecomunicaciones, como telefonía e Internet, cubriendo la "última milla". Para proporcionar servicios distintos de la distribución de energía eléctrica. PLC (Power Line Communications) es una alternativa de acceso a Internet de alta tasa de transmisión de datos (hasta 25 Mbps en algunos casos), en competencia con el bucle local telefónico, ya sea convencional, RDSI o DSL.

5 Frecuencias de Operación

5.1 Alta frecuencia

HF, del inglés High Frequency, son las siglas utilizadas para referirse a la banda del espectro electromagnético que ocupa el rango de frecuencias de 3 MHz a 30 MHz, esta banda también conocida como Onda Corta, se produce la propagación por onda ionosférica con variaciones según la estación del año y la hora del día.

Se distinguen entre 14 y 30 MHz las bandas altas o bandas diurnas, y entre 3 y 14 MHz las bandas bajas o nocturnas, la banda de 14 MHz presenta características comunes a ambas.

Las bandas nocturnas son bandas cuya propagación es mejor durante la noche, las bandas diurnas son bandas que debido a la física de la ionósfera, tienen una mejor propagación de día que de noche, además, las bandas altas presentan otros modos de propagación, comunes con los de la VHF (Very High Frequency), como las Esporádicas-E.

La estación del año influye no sólo en la duración respectiva del día y de la noche, también influye en la llamada propagación en zona gris, que permite aprovechar una buena propagación durante algunos minutos entre zonas que comparten la misma hora solar de amanecer o puesta del sol.

Los radioaficionados cuentan con varias bandas en HF: las de 3, 7, 10, 14, 18, 21, 24 y 28 MHz, que corresponden a las bandas de 80, 40, 30, 20, 17, 15, 12 y 10 metros respectivamente.

La Onda Corta, también conocida como SW (del inglés shortwave) es una banda de radiofrecuencias comprendidas entre los 2300 y los 29900 kHz en la que transmiten (entre otras) las emisoras de radio internacionales y las estaciones de radioaficionados para transmitir su programación al mundo. En estas frecuencias las ondas electromagnéticas, que se propagan en línea recta, rebotan a distintas alturas (cuanto más alta la frecuencia a mayor altura) de la ionosfera lo que permite que las señales alcancen puntos lejanos e incluso den la vuelta al Planeta.

La radio de onda corta es similar a las estaciones de onda media local AM que usted puede oír normalmente, sólo que la señal de onda corta viaja más distancia.

Normalmente se utiliza el modo AM (Amplitud Modulada) y la SSB (Banda Lateral Única o Single Side Band) tanto superior como inferior. A pesar de lo que se piensa, no se necesita un super radio para oír estas transmisiones provenientes de todo el mundo, las Bandas compiten actualmente con la programación entregada por Satélite.

La forma más antigua de radiodifusión de audio fue la radiotelegrafía marina, ya mínimamente utilizada en la que una onda continua (CW), era conmutada ON-OFF por un manipulador para crear código Morse, que se oía en el receptor como un tono intermitente.

Así es importante señalar los usos que se dan en estas bandas de frecuencias, por ejemplo en el caso de la Marina y Aviación para transmisiones de voz utilizan modulación de amplitud en la banda VHF. Emplean servicios de voz utilizando FM

de banda estrecha en frecuencias especiales para policía, bomberos y otros organismos estatales. Servicios civiles y militares en alta frecuencia (HF) en la banda de Onda Corta, para comunicación con barcos en alta mar y con poblaciones o instalaciones aisladas y a muy largas distancias. Sistemas telefónicos celulares digitales para uso cerrado (policía, defensa, ambulancias, etc). Distinto de los servicios públicos de telefonía móvil. En el rango de frecuencias para radioaficionados varían según el país y la región del territorio del mismo.

5.2 Frecuencia Media

La Onda Media (OM), a veces denominada también Frecuencia Media (MF), (del inglés, Medium Wave) es la banda del espectro electromagnético que ocupa el rango de frecuencias de 300 kHz a 3 MHz. La propagación en esta banda sigue la curvatura de la Tierra, y las ondas pueden reflejarse en la ionosfera. A causa de esto, su alcance suele ser de unos cientos de kilómetros durante el día, y es mayor cuanto más baja su frecuencia, de noche, la propagación es mejor que de día, porque desaparece la capa D de la ionosfera que absorbe fuertemente las ondas medias. Es una banda que es sumamente vulnerable al ruido y la estabilidad de los osciladores comienza a plantear serios problemas a partir de los 10 MHz.

Las ondas medias fueron progresivamente cayendo en desuso con la llegada de la FM, que por necesitar mucho ancho de banda, fue alojado en la región VHF.

Actualmente, las frecuencias en ondas medias están siendo progresivamente reutilizadas para poder transportar audio digital, por ejemplo en Francia, a partir de 2005, Radio France ha obtenido varias frecuencias en onda media que progresivamente están siendo transformadas en emisoras.

Los radioaficionados tienen afectada una banda en esta parte del espectro, la Banda de 160m.

5.3 Baja frecuencia

Baja frecuencia o LF (del inglés, iniciales de Low Frequency) se refiere a la banda del espectro electromagnético, y más particularmente a la banda de radiofrecuencia, que ocupa el rango de frecuencias entre 30 kHz y 300 kHz. También es conocida como Onda larga. En esta banda operan sistemas de ayuda a la navegación aérea y marítima, como los radio faros o las radio balizas, así como sistemas de radiodifusión. Las características de la banda LF son similares a las de la banda VLF. En Europa, parte del espectro de LF se usa para el servicio de emisión de AM. En el hemisferio occidental, su uso principal es para control aeronáutico, navegación, información y servicios meteorológicos. Las estaciones de señal horaria MSF, DCF77, JJY y WWVB se encuentran en esta banda, en el rango de frecuencias entre 40 y 80 kHz hay varias estaciones de tiempo y frecuencia estándares, como:

JJY en Japón (40 y 60 kHz)

MSF en Rugby, Inglaterra (60 kHz)

WWVB en Colorado, Estados Unidos (60 kHz)

HBG en Prangins, Suiza (75 kHz)

DCF77 cerca de Frankfurt am Main, Alemania (77.5 kHz)

Una banda con un ancho de banda de 2.1 kHz (de 135.7 a 137.8 kHz) está disponible para radioaficionados en la mayoría de los países de Europa, Nueva Zelanda y dependencias de Francia en otros continentes. Las antenas que se usan a estas frecuencias son normalmente torres radiadoras, que se alimentan en la base y son aisladas del suelo, o torres radiadoras alimentadas por sus propias cuerdas sostenedoras.

5.4 Banda ancha sobre línea eléctrica

La Banda ancha sobre líneas eléctricas (abreviada BPL por su denominación en inglés Broadband over Power Lines) representa el uso de tecnologías PLC que proporcionan acceso de banda ancha a Internet a través de líneas de energía ordinarias. En este caso, una computadora (o cualquier otro dispositivo) necesitaría solo conectarse a un módem BPL enchufado en cualquier toma de energía en una edificación equipada para tener acceso de alta tasa de transmisión de datos a Internet.

A primera vista, la tecnología BPL parece ofrecer ventajas con respecto a las conexiones regulares de banda ancha basadas en cable coaxial o en DSL: la amplia infraestructura disponible permitiría que la gente en lugares remotos tenga acceso a Internet con una inversión de equipo relativamente pequeña para la compañía de electricidad. También, tal disponibilidad ubicua haría mucho más fácil para otros dispositivos electrónicos, tal como televisiones o sistemas de sonido, el poderse conectar a la red.

Sin embargo, las variaciones en las características físicas de la red eléctrica y la carencia actual de estándares significan que el suministro del servicio está lejos de ser un proceso estandarizado y repetible, y que el ancho de banda que un sistema BPL puede proporcionar comparado con sistemas de cable e inalámbricos está en duda. Algunos observadores de la industria creen que la perspectiva de BPL motivará a las empresas operadoras de DSL y de cable a suministrar más rápidamente el servicio de acceso a banda ancha a las comunidades rurales.

Las diferencias en los sistemas de distribución de energía eléctrica en América y Europa afectan la puesta en práctica de la tecnología BPL. En el caso de Norteamérica, relativamente pocos hogares están conectados con cada transformador de distribución, mientras que en la práctica europea puede haber centenares de hogares conectados con cada subestación. Puesto que las señales de BPL no se propagan a través de los transformadores de distribución eléctrica, solo se necesita equipo adicional en el caso norteamericano. Sin embargo, ya que la anchura de banda es limitada, esto puede aumentar la tasa de transmisión de datos a la cual cada casa puede conectarse, debido a los pocos usuarios que comparten la misma línea.

El sistema tiene un número de problemas complejos, siendo el primero que las líneas de energía intrínsecamente constituyen ambientes muy ruidosos. Cada vez que un dispositivo se enciende o apaga, introduce voltajes transitorios en la línea. Los dispositivos ahorradores de energía introducen a menudo armónicos ruidosos en la línea. El sistema se debe diseñar para ocuparse de estas interrupciones naturales de las señales y de trabajar con ellas.

Casi todas las grandes redes eléctricas transmiten energía a altos voltajes para reducir las pérdidas de transmisión, después en el lado de los usuarios se usan transformadores reductores para disminuir el voltaje.

Las señales de BPL no pueden pasar fácilmente a través de los transformadores debido a su alta inductancia que los hace actuar como filtros de paso bajo, dejando pasar solo las señales de baja frecuencia. En Estados Unidos, es común colocar un transformador pequeño en un poste para uso de una sola casa, mientras que en Europa, es más común para un transformador algo más grande servir a 10 o 100 viviendas. Para suministrar energía a los clientes, esta diferencia en diseño es pequeña, pero significa que suministrar el servicio BPL sobre la red de energía de una ciudad típica de los Estados Unidos requerirá más repetidores en esa misma proporción, que los necesarios en una ciudad europea comparable. Una alternativa posible es utilizar los sistemas BPL como redes de retorno para las comunicaciones inalámbricas, por ejemplo colocando puntos de acceso Wi-Fi o radio bases de telefonía celular en los postes de energía, permitiendo así que los usuarios finales dentro de cierta área se conecten con los equipos que ya poseen. En un futuro próximo, los BPL se pudieran utilizar también como redes de retorno para las redes de WiMAX.

Ya se planteó y sabemos que el sistema utiliza frecuencias en la banda de 10 a 30 MHz, que son empleadas por los radio aficionados, así como por emisoras radiales internacionales en onda corta y por diversos sistemas de comunicaciones (militar, aeronáutico, etc.). Las líneas de energía carecen de blindaje y pueden actuar como antenas para las señales que transportan, por lo que tienen el potencial de interferir. Los sistemas modernos de BPL utilizan la modulación OFDM que permite minimizar la interferencia con los servicios de radio mediante la remoción de las frecuencias específicas usadas. Un estudio de 2001 conjuntamente realizado por la ARRL (American Radio Relay League) y HomePlug demostró que los módems usando esta técnica “en general eso con la separación moderada de la antena de la estructura que contenía la señal de HomePlug que interferencia era apenas perceptible” y sucedió interferencia solamente cuando la “antena estaba físicamente cerca de las líneas de energía”.

Las transmisiones de datos a tasas de transmisión de datos mucho más altas usan las frecuencias de microondas transmitidas mediante un mecanismo recientemente descubierto de propagación superficial de ondas, denominado E-Line el cual ha sido demostrado usando solamente una sola línea de energía. Estos sistemas han demostrado el potencial para las comunicaciones simétricas y de Full Duplex a tasas de transmisión de datos mayores a 1 Gbit/s en cada dirección. Múltiples canales de WiFi con señales simultáneas de televisión analógica en las bandas sin licencia de 2,4 y 5,3 GHz han sido demostrados operando sobre una línea sencilla de voltaje medio. Además, debido a que puede funcionar en la banda de 100 MHz a 10 GHz, esta tecnología puede evitar completamente los problemas de interferencias asociados con el uso de un espectro compartido mientras ofrece la mayor flexibilidad para la modulación y los protocolos encontrados para cualquier otro tipo de sistemas de microondas.

Es una tecnología de módems que permite el tráfico de datos se realice a una tasa de transmisión de datos extraordinaria a través de una línea telefónica convencional. Además se puede mantener una conversación por teléfono mientras se está navegando por Internet.

5.5 Banda estrecha baja tasa de transmisión de datos

Para control en el hogar (banda estrecha) la tecnología PLC puede usar el cableado eléctrico doméstico como medio de transmisión de señales. Las tecnologías

INSTEON y X10 son los dos estándares de facto más populares empleados para control de hogar. Esta es una técnica usada en la automatización de hogares para el control remoto de iluminación y de equipos sin necesidad de instalar cableado adicional. Típicamente, los dispositivos para control de hogar funcionan mediante la modulación de una onda portadora cuya frecuencia oscila entre los 20 y 200 kHz inyectada en el cableado doméstico de energía eléctrica desde el transmisor. Esta onda portadora es modulada por señales digitales. Cada receptor del sistema de control tiene una dirección única y es gobernado individualmente por las señales enviadas por el transmisor. Estos dispositivos pueden ser conectados en la toma eléctrica convencional o cableada en forma permanente en su lugar de conexión. Ya que la señal portadora puede propagarse en los hogares o apartamentos vecinos al mismo sistema de distribución, estos sistemas tienen una "dirección doméstica" que designa al propietario. Esto, por supuesto es válido cuando las viviendas vecinas poseen sistemas de este tipo; situación muy común en las zonas residenciales.

6 Equipo terminal BPL

6.1 Principales proveedores de equipo BPL

- CURRENT Technologies Equipment
- MainNet Communications Equipment
- Amperion Technologies
- Power Line Technologies Limited
- EKO PLC
- BANKOI PLC
- ABB SISTEMAS
- MOTOROLA

6.2 Dispositivos de interconexión BPL Configuración técnica para alta, media y baja tensión

Los ámbitos principales de aplicación de la tecnología PLC son tres; la transmisión punto a punto sobre líneas de distribución eléctrica de alta y media tensión orientada a servicios de transmisión de datos, voz y telecontrol; comunicaciones internas dentro de la casa (una especie de red local), sobre todo de tipo demótico; y acceso a otras redes y servicios de telecomunicaciones, como telefonía e Internet, cubriendo la "última milla". Para proporcionar servicios distintos de la distribución de energía eléctrica.

7 Justificación de la inversión en BPL en México

7.1 Alcance del servicio

Lo más importante para definir el alcance, esta basado en el tipo de servicios que puede proveer CFE considerando calidad, cobertura y modo de conexión a los proveedores de telecomunicaciones. CFE ha desarrollado una extensa red interestatal de fibra óptica que le permite poner a disposición de los operadores de telecomunicaciones capacidad de transporte y otros servicios a través de su red

nacional de fibra óptica, e incluso proveerlo por cuenta propia. A pesar del cuantioso monto requerido para el despliegue de la inversión en la infraestructura eléctrica, su puesta en servicio para arrendamiento tiene un costo marginal para la CFE, debido a que la fibra óptica existente no es usada en su totalidad y el único fin por el cual fue instalada es el de lograr una eficiente operación de la red eléctrica, por lo que el costo del uso para este fin no debe de ser cuantioso. Así mismo considerando que CFE tiene presencia a nivel nacional y sus trayectos en la red de distribución son largos y expuestos no se considera utilizar trayectorias de alta tensión para BPL esta misma consideración se hace en otras partes del mundo, por tal motivo se pretende llevar el servicio por la fibra de CFE o de un proveedor de telecomunicaciones, hasta la subestación eléctrica y de ahí a los conductores de media tensión para el transporte y baja tensión hasta los hogares considerando su área de cobertura. Finalmente es importante acotar que es necesario llevar acabo análisis técnico en media y baja tensión por cada área geográfica potencial en donde se requiera brindar el servicio, en el entendido de que habrá sitios con mayor potencial que otros.

7.2 Diseño de Red

En este análisis se considera el modelo de línea sin pérdidas, derivado de la recomendación de los fabricantes de incluir repetidores en la trayectoria cuyas distancias no rebasan 1km, lo cual encaja perfectamente con la pérdida que sabemos se establece de 1 dB/Km en las líneas de transmisión, incluso algunos fabricantes señalan como máximo 500 metros de distancia entre repetidores, por lo que el enfoque será guardar esta regla. Con esta consideración y con el análisis previo realizado en el punto de líneas de transmisión ignoramos las pérdidas por resistencia y conductancia, es decir $R = G = 0$, así en la ecuación de la constante de propagación al no existir pérdidas $\alpha = 0$. Como ya se menciona la solución no emplea trayectorias de alta tensión, exclusivamente media y baja tensión, por lo que para llevar el servicio de Internet al usuario final se conformara de tres partes fundamentales:

- Acceso de Internet de banda ancha llevado hasta la subestación eléctrica.
- Transporte de la señal de Internet con tecnología BPL en Media y Baja Tensión hasta el usuario final.
- Recepción de la señal de Internet en los contactos eléctricos con tecnología BPL.

Acceso de Internet de banda ancha llevado hasta la subestación eléctrica

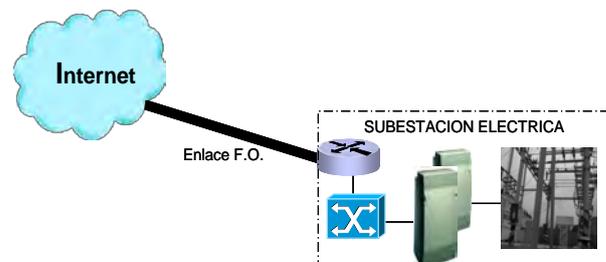


Fig. 7.2.a - Acceso de Internet

De acuerdo a la cantidad de usuarios seleccionaremos una conexión de Internet de alta tasa de transmisión de datos que sobre suscrito tenga la capacidad de proveer del ancho de banda suficiente para llevar el servicio al usuario final con una buena calidad de servicio. El acceso de telecomunicaciones deberá ser fibra óptica en cualquiera de sus modalidades, la tecnología podrá ser acorde a las características de infraestructura del proveedor del servicio, considerando la que permita brindar la mejor relación costo beneficio en cuales quiera de las siguientes modalidades:

- Enlace de Internet E3 (PDH 34 Mbps)
- Enlace de Internet STM-1 (SDH 155 Mbps)
- Enlace de Internet STM-4 (SDH 622 Mbps)
- Enlace de Internet STM-16 (SDH 2.5 Gbps)
- Enlace de Internet STM-64 (SDH 10 Gbps)
- Enlace de Internet STM-256 (SDH 40 Gbps)
- Enlace de Internet CARRIER ETHERNET (30 Mbps – 1 Gbps)

Además debe incluir:

- Un equipo router para el manejo del direccionamiento IP y con los puertos necesarios de WAN y LAN correspondientes.
- Un servidor de administración en ambiente cliente servidor.

Transporte de la señal de Internet con tecnología BPL en Media y Baja Tensión hasta el usuario final

A continuación son señalados los tres componentes fundamentales para la transmisión de datos sobre la red de energía eléctrica, con base en la función que cumple cada uno de ellos para proveer el servicio:

- Inyector de señal BPL
- Repetidor de señal BPL
- Extractor de señal BPL

El **inyector** de señal BPL es típicamente un concentrador montado en un poste, recibe la interfaz de datos que proviene del servicio de Internet, dentro del cual se lleva a cabo la transmisión y recepción de la señal operando en diferentes frecuencias una de la otra de manera full duplex. El inyector convierte la señal en un formato usado para la transmisión en líneas eléctricas de media tensión, esta acción se conoce como multiplexación por división de frecuencias ortogonales (OFDM), la cual consiste en una serie de modulación de portadoras usando binary phase shift keying (BPSK), de esta forma las portadoras son acomodadas en dos bloques de frecuencias, de donde un bloque es empleado para transmisión downlink y el otro para uplink. Por otro lado como es de suponer el inyector es bidireccional por lo tanto también cumple la función inversa, convierte la señal OFDM en el formato de Internet. El **repetidor** BPL se instala aproximadamente entre 1000 y 2500 pies (304.8 y 762 metros) a lo largo de la línea de Media Tensión, el propósito es amplificar y estabilizar la señal, aunque en términos generales podemos hablar de regenerar y eliminar la distorsión. El **extractor** BPL provee la interfase entre las señales portadoras de las líneas de media tensión y el sitio del usuario, está típicamente localizado en el lado de baja tensión después del transformador,

algunos extractores incluyen un repetidor para garantizar el nivel suficiente de intensidad en la transmisión. Algunos extractores incluyen tecnología WIFI para extender cobertura a un grupo de usuarios.

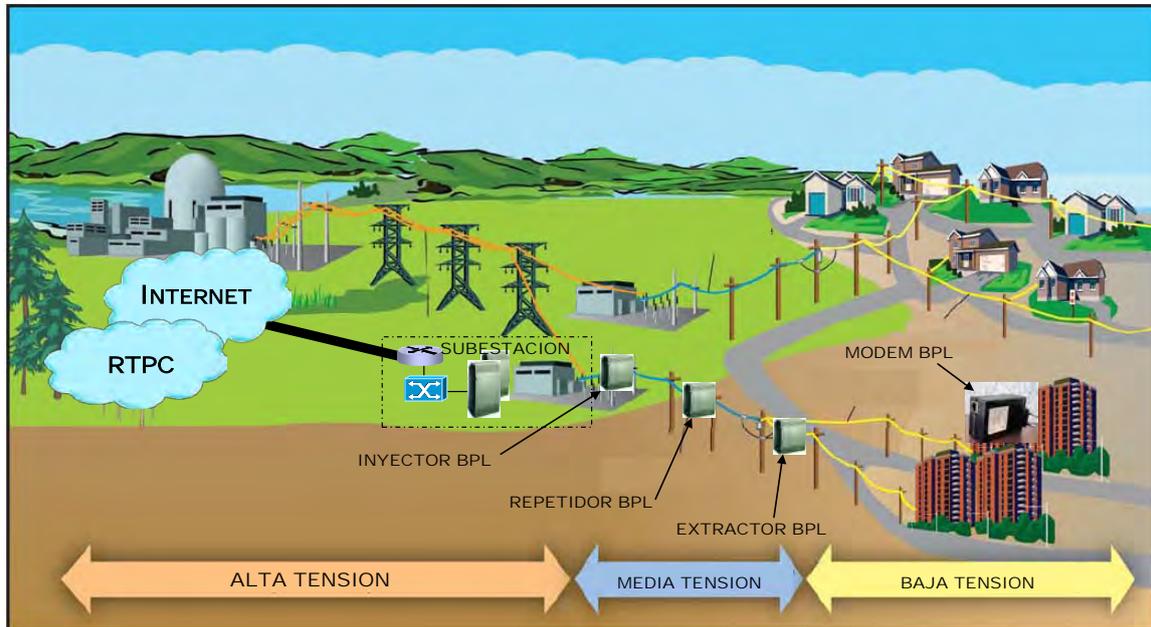


Fig. 7.2.b - Diagrama de conexión de BPL

Recepción de la señal de Internet en los contactos eléctricos con tecnología BPL

En el lado del usuario residencial u oficina se comporta como una red full duplex, el MODEM o dispositivo de usuario proporciona el acceso a Internet a través de una conexión Ethernet o USB que a su vez es conectada al computador, también puede tener aplicaciones telefónicas a través de un Gateway situado en algún punto en el backbone de acceso de Internet o del proveedor del servicio.



Fig. 7.2.c - Modems BPL

Tipos de Soluciones

En Media y baja tensión nos referimos a la solución de banda ancha como acceso BPL, sin embargo toma diferentes nombres de acuerdo a su aplicación, in-house BPL (casa u oficina), End-to-End BPL (soluciones de punta a punta) o hybrid BPL en el caso de ser combinada.

La solución BPL puede tener modalidades para su implementación que serán seleccionadas de acuerdo a las características de la tecnología o de la solución requerida en el sitio, la opción 1 es un bypass y lo que se hace es evitar al transformador para que la señal de alta frecuencia no se atenúe ya que hemos visto anteriormente este actúa como filtro paso bajo (como es el caso de CURRENT Technologies equipment), en el caso 2 la señal pasa a través del transformador y el equipo lograr extraerla del mismo así como regenerarla para su operación (como ocurre con la tecnología MainNet Communications Equipment) y finalmente el caso 3 conocida como la solución híbrida, que solo emplea las líneas de tensión media y la parte de baja tensión se sustituye por acceso inalámbrico hasta el usuario final (como es caso de la tecnología Amperion).

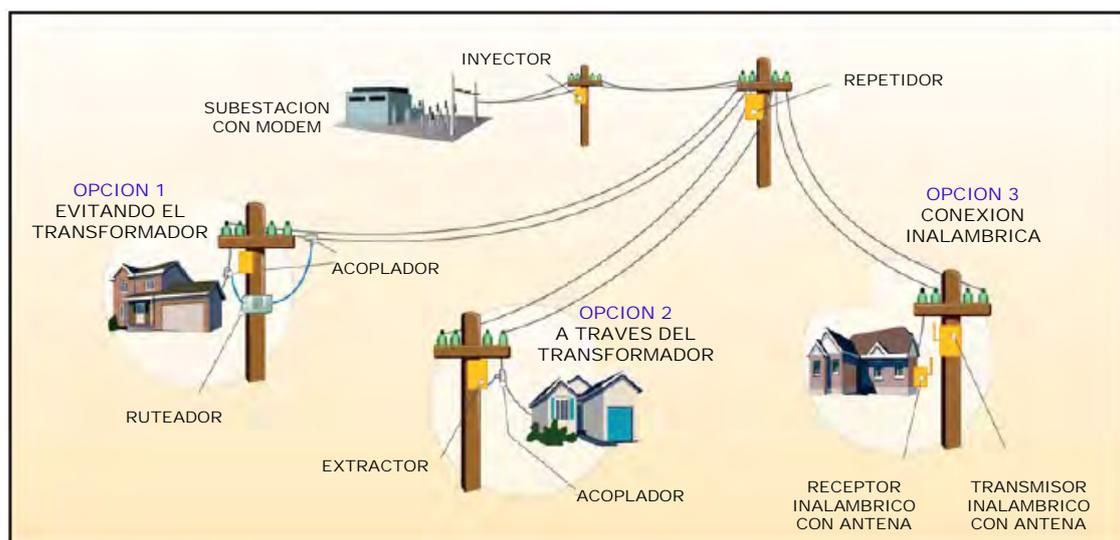


Fig. 7.2.d - Opciones de conexión

Considerando que el objetivo principal es proveer un servicio que contribuya a poner al alcance de usuarios servicios que hoy día son de difícil acceso por geografía o por el poder adquisitivo, se considera ofrecer una solución basada en telefonía sobre Internet.

Cálculo

Se establecen los siguientes parámetros:

- La solución está pensada para VoIP, aunque es posible conectar ordenadores a la solución y contar con salida a Internet en cuyo caso es necesario llevar una buena administración del servicio en relación al ancho de banda contra los usuarios finales, pero hay que recordar que hablamos de

sitios de bajo poder adquisitivo por lo cual no se considera regular que cuenten con equipos de computo, salvo escuelas o negocios.

- Se considera un ancho de banda por sitio de 64 kbps (codec G.711) tomado en cuenta que es el mismo ancho de banda empleado para cada canal de voz en un E1 de troncales digitales, aunque para este fin se puede soportar 32, 16 u 8 Kbps.
- Así considerando un ancho de banda de 100 Mps nos permitiría proveer poco más de 1,560 canales de voz de 64 kbps simultáneos, aunque sobre suscrito proporciona buen desempeño, y obtenemos una capacidad de 6240 teléfonos VoIP o usuarios telefónicos, suficiente para cubrir 6000 hogares y contar con el ancho de banda suficiente.

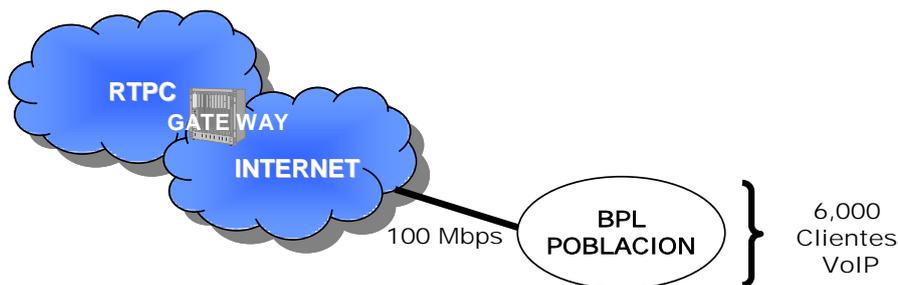


Fig. 7.2.e - Topología para 6000 servicios.

Consideraciones:

Trafico hora pico telefónicas

5 llamadas por cliente
3 Minutos promedio de duración

- $ERLANGS = [(\# \text{ Llamadas por Cliente}) \times (\text{min. duración promedio})] / 60$
- $[(5 \text{ Llamadas por Cliente}) \times (3 \text{ min. duración promedio})] / 60 = .25 \text{ Erlangs}$
- $.25 \text{ Erlangs} \times 6,000 \text{ Clientes} = 1,500 \text{ Troncales}$

Nota: 1 Erlang = 1 hora de trafico

- **Canales VoIP de 64 Kbps (Codec G.711)**
- **1500 Troncales con 64 Kbps de ancho de banda (1500 x 64 Kbps = 96 Mbps)**
- **Se requieren 100 Mbps, es posible considerar un enlace de Internet STM-1 (155 Mbps)**

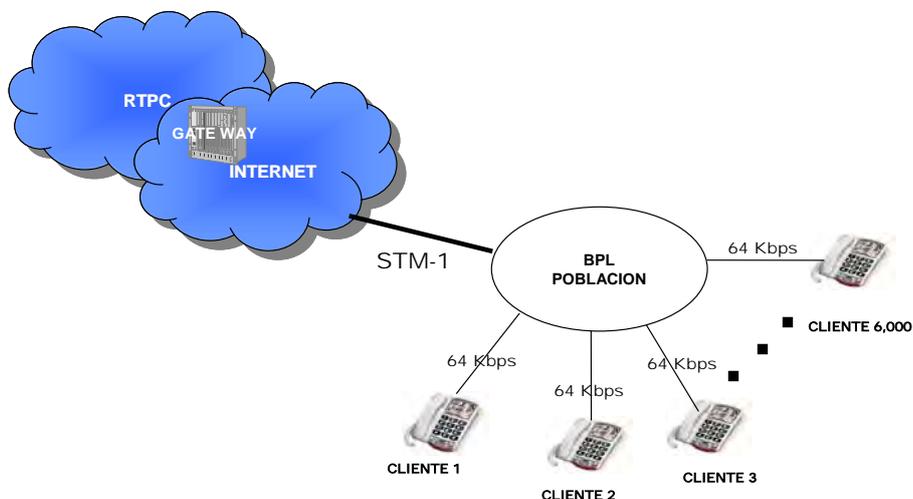


Fig. 7.2.f - Topología de conexión, ancho de banda por servicio

7.3 Equipos recomendados

Hasta el momento los proveedores de equipo son propietarios de su propia tecnología; resulta obvia la creación de un sistema abierto, sin embargo existen organizaciones dedicadas al desarrollo de estos estándares de equipamiento y de interconexión de BPL en el mundo. Por ejemplo Homeplug Power Line Alliance fundada en Marzo 2000, es una asociación de empresas comprometidas con BPL y cuenta con 65 miembros proveedores de tecnología entre los que se encuentran Comcast, Intel, Linksys, Motorola, Radio Shack, Samsung, Sharp y Sony. Esta alianza definió una serie de estándares como: HOME PLUG 1.0, especificación para la conexión de dispositivos a través de las líneas eléctricas dentro del hogar, HOMEPLU AV diseñado para la transmisión de HDTV y VoIP dentro del hogar. HOME PLUG BPL define un grupo para impulsar el servicio de banda ancha dentro del hogar. Como es posible observar el estándar esta enfocado mas a un sistema Indoor, y no considera la separación de las frecuencias, por lo que no casa con el estándar Europea que claramente contempla Fibra Óptica + BPL. La plataforma de BPL se ha probado con resultados satisfactorios en numerosos países, como en varias ciudades de España como Barcelona, Madrid y Zaragoza, donde están trabajando seriamente a través de las empresas Iberdrola y Endesa. Actualmente están desarrollando proyectos en Francia que pretende llevar Fibra Óptica más BPL a baja tensión a 300,000 hogares en los suburbios de Paris. El equipo recomendado definitivamente será de aquellos empleados por las agrupaciones de Europa que promueven BPL ya que la solución planteada en este documento se basa en Fibra Óptica mas BPL con soluciones Híbridas. Por otro lado, para tomar una decisión exacta habrá que hacer una evaluación técnica del desempeño de las tecnologías para determinar aquella que sea más adecuada a las características de nuestra infraestructura.

7.4 Tipos de servicios recomendados

Es necesario recordar que la red telefónica tiene menor cobertura y atiende en sectores de buen poder adquisitivo, por lo tanto la apuesta va sobre un servicio VoIP de bajo costo, aunque al contar con Internet es posible pensar en todas la aplicaciones que hoy día corren sobre TCP/IP (Video, Voz y Datos).

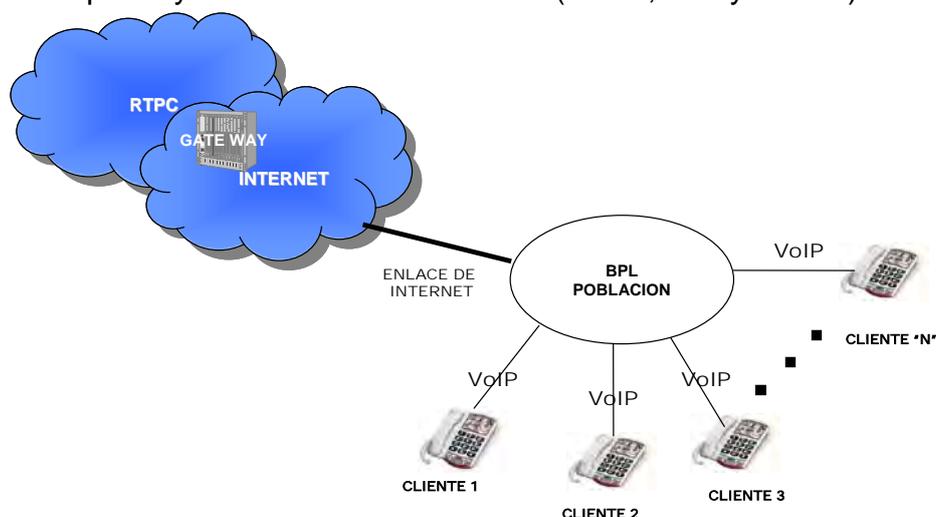


Fig. 7.4.a - Topología de conexión general VoIP

7.5 Costo de los servicios al usuario final

Se considera una ciudad que cuenta con una subestación eléctrica, alrededor de 6000 hogares, recorridos de media y baja tensión de aproximadamente 48 Kms y costos accesibles al usuario final, con el objetivo de mejorar la teledensidad en nuestro país.

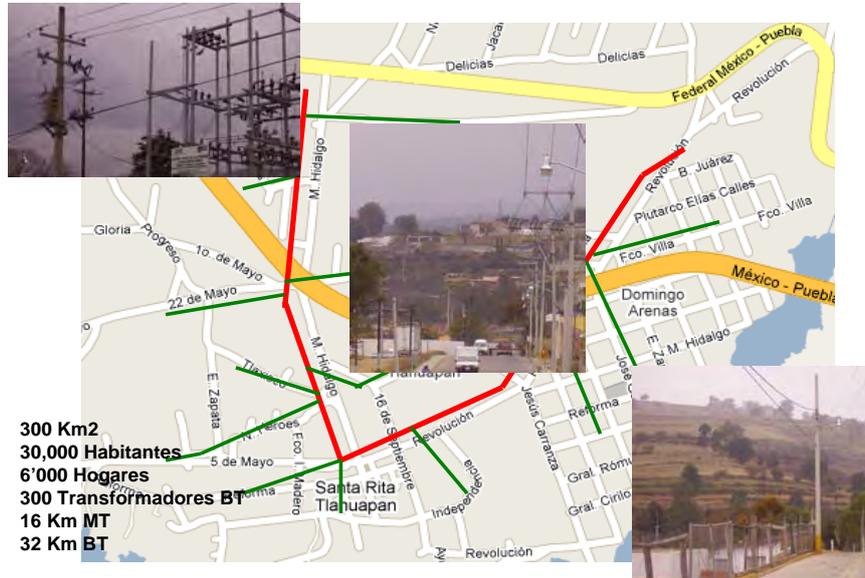


Fig. 7.5.a - Población ejemplo para análisis

- Se trata de un servicio telefónico VoIP con una renta mensual fija, las llamadas locales y larga distancia no tienen costo, ya que el Gateway del proveedor lo debe de sacar en la localidad destino, o conectarlo a un usuario VoIP de sus mismas características.
- Servicio a 6000 sitios.
- 16 Kms de Tensión media a lo largo de la población.
- 32 Kms de Baja Tensión.
- 300 transformadores en la red.
- Repetidores cada 500 mts.

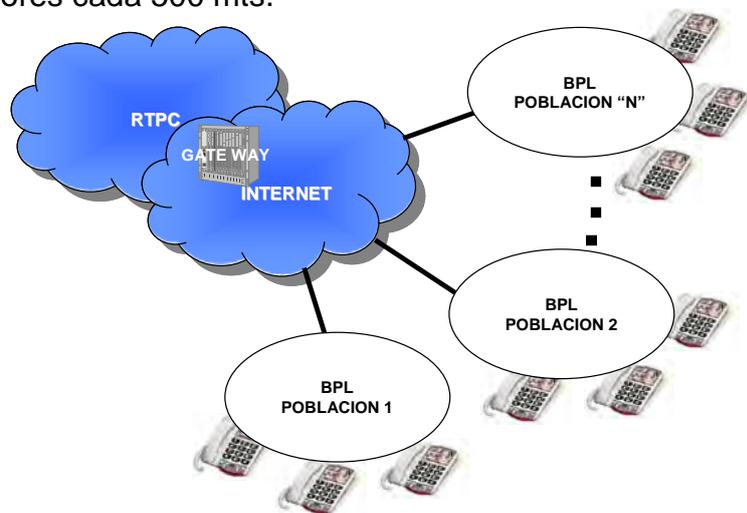


Fig. 7.5.b - Topología de conexión entre nubes BPL

A continuación se anexa el cálculo de renta mensual sobre este tipo de servicios:

		CANTIDAD	INVERSION	RENTA MENSUAL
SERVICIO DE INTERNET	ENLACE 100 Mbps	1	\$ 10,800,000.00	\$ 180,000.00
	PUERTO DE INTERNET	1		
	Ruteador Cisco Serie 7000	1		
	SERVIDOR DE ADMINISTRACION	1		

		CANTIDAD	PU	Total x partida	INVERSION	RENTA MENSUAL
TECNOLOGIA BPL	Acoplador BPL	900	\$ 140.00	\$ 126,000.00	\$ 5,573,190.00	\$ 111,463.80
	Inyector BPL	3	\$ 370.00	\$ 1,110.00		
	Repetidor BPL	96	\$ 480.00	\$ 46,080.00		
	Modem BPL	6000	\$ 480.00	\$ 2,880,000.00		
	TELEFONO VoIP BPL	6000	\$ 420.00	\$ 2,520,000.00		

SUB TOTAL	\$ 291,463.80
INSTALACION OPERACION Y MANTENIMIENTO	\$ 43,719.57
UTILIDAD	\$ 58,292.76
TOTAL	\$ 393,476.13
RENTA MENSUAL USUARIO FINAL	\$ 65.58

Nota: Cifras en pesos moneda nacional a mayo 2010

El despliegue de tecnología mantiene las siguientes consideraciones:

SERVICIO DE INTERNET:

- Incluye todas las partidas del recuadro y está considerado a cinco años.
- El costo de la inversión está convertida a meses con un factor financiero del 20%.
- El precio considera que el servicio lo da un proveedor de telecomunicaciones, si la solución fuera provista por CFE, bajaría considerablemente.
- En este caso incluye mantenimiento y sustitución de cualquier elemento necesario para dar continuidad al servicio.

TECNOLOGIA BPL:

- El total de unidades por equipo esta considerado de acuerdo al ejemplo con las variables señaladas en el documento.
- El precio de compra al proveedor de la tecnología, es a precio de volumen.
- El costo de la inversión esta convertida a meses con un factor financiero del 20%.

PRECIO FINAL INCLUYE:

- 15% de instalación y mantenimiento.
- 20% de utilidad.
- Un total de 6000 usuarios inscritos.

CRECIMIENTO:

- De acuerdo a la penetración del servicio, el punto de equilibrio se da al contar con un servicio INTERNET bajo demanda, negociado previamente con el proveedor de telecomunicaciones o configurado así, por CFE.

PENETRACION:

- Solicitar sea incluido en las campañas publicitarias del Gobierno Federal como un beneficio social.

Resultados y conclusiones

Sin lugar a duda es posible la implementación de esta tecnología emergente en México al igual que se ha hecho en otros países del mundo; enfocarlo a soluciones de voz sobre Internet para el mercado mexicano nos permitirá mejorar la teledensidad en nuestro país a un precio razonable, con la posibilidad de crecer en tipos de servicios al usuario final, pero habrá que considerar que el mayor reto será resolver la regulación local de las frecuencias en nuestro país. Como se observó el costo de renta mensual para que los usuarios dispongan de este recurso resultó ser \$65.58 pesos moneda nacional, lo cual representa menos de 40% de la renta mensual de una línea telefónica convencional en nuestro país, se considera que el tiempo requerido para su implementación es del orden de seis meses para el caso ejemplificado en este documento. Los principales requerimientos son; contar con las facilidades técnicas de fibra óptica para llegar a la subestación eléctrica, así como contar con el despliegue necesario de equipamiento, que guarda características de importación. Se recomienda llevar a cabo un análisis de factibilidad en cada sitio en donde se pretenda proveer esta solución, ya que las características serán diferentes en cada uno de ellos.

Bibliografía

Understanding Broadband over Power Line
Gilbert Held
Auerbach Publications Taylor & Francis Group, Boca Raton Florida

Teoría Electromagnética
William H. Hayt, Jr
Mc Graw-Hill

Análisis de Sistemas Eléctricos de Potencia
William D. Stevenson
Mc Graw-Hill

www.cfe.gob.mx

www.telmex.com

www.condumex.com.mx

www.powerline-technologies.com

www.ds2.es

www.amperion.com

www.currenttechnologies.com

www.homeplug.org

www.ekoplcn.net

www.bankoi.net

www.abb.com

www.motorola.com

www.endesa.es

www.iberdrola.es

Glosario de términos

Acrónimo	Termino en inglés	Termino en castellano
2B1Q	Two binary, one Quaternary	Dos binario uno cuaternario
3GPP	Third Generation Partnership Project	Tercer Proyecto de Sociedad de Generación
AAA	Authentication, Authorization, and Accounting	Autenticación, Autorización y Tarificación
ABR	Available Bit Rate	Tasa de binaria Disponible
AC	Access Control	Controlador de acceso
ACL	Access Control List	Lista de Control de Acceso
ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Line	Línea de Abonado Digital Asimétrica
AES	Advanced Encryption Standard	Estándar Avanzado de Encriptación
AM	Amplitude Modulation	Modulación Amplitud
ANSI	American National Standards Institute	Instituto Americano de Normalización
AP	Access Point	Punto de Acceso
AP	Access Point	Punto de Acceso
APS	Automatic Circuits Support	Circuitos de Respaldo Automático
ASP	Application Service Provider	Proveedor Servicio de aplicaciones
ATM	Asynchronous Transfer Mode	Modo de Transferencia Asíncrono
ATU-C	ADSL Terminal Unit Central	Unidad terminal central ADSL
ATU-R	ADSL Terminal Unit Remote	Unidad terminal remota ADSL
BPL	Broadband Power Line	Banda Ancha sobre la línea eléctrica
bps	Bits per second	Bits por segundo
BPSK	Binary Phase-Shift Keying	Modulación por desplazamiento en fase binaria
BRAN	Broadband Radio Access Networks	Redes de Acceso de Difusión Radio
BSS	Broadcast Satellite Service	Servicio de Difusión por Satélite
BSS	Basic Service Set	Conjunto de Servicios Básicos
CAP	Carrierless amplitude and phase	Amplitud y fase sin portadora
CATV	Community Antenna TV	TV Antena Colectiva
CBR	Constant Bit Rate	Tasa de Binaria Constante
CCITT	International Consultative Committee on Telegraphy and Telephony	Comité Consultivo Internacional Telefónico y Telegráfico
CCK	Complementary Code Keying	Modulación por Código complementario
CDMA	Code Division Multiple Access	Acceso Múltiple por División de Código
CENELEC	European Committee for Electrotechnical Standardization	Comité Europeo de Normalización Electrotécnica
CEPT	European Conference of Postal and Telecommunications Administrations	Conferencia Europea de Administraciones de Correos y Telecomunicaciones
CGI	Common Gateway Interface	Interfaz de Pasarela Común
CIR	Committed Information Rate	Tasa de transmisión de Información Comprometida
CIR	Carrier to Interference Ratio	Relación Portadora a Interferencia
CM	Cable Modem	Cablemódem
CNAC	Closed Network Access Control	Control de Acceso de Red Cerrado
CNR	Carrier Noise Ratio	Relación Portadora Ruido
CP	Cyclic Prefix	Prefijo Cíclico
CPE	Customer Premises Equipment	Equipo en Instalaciones de Cliente
CSMA	Carrier sense multiple Access	Acceso Múltiple por Detección de Portadora
CSMA/CA	Carrier sense multiple Access/Collision Avoidance	Acceso Múltiple por Detección de Portadora/ Prevención de Colisión
CSMA/CD	Carrier sense multiple Access/Carrier Detection	Acceso Múltiple por Detección de Portadora/ Detección de Portadora
CTB	Composite Triple Beat	Distorsión de Tercer Orden
CTS	Clear to Send	Listo para enviar
CVP	---	Circuito Virtual Permanente
CW	Contention Window	ventana de contienda

CWDM	Coarse Wavelength División Multiplexing	Multiplexación por División de Longitud de Onda Débil
DAB	Digital Audio Broadcasting	Difusión Audio Digital
DAMA	Demand Assignment Múltiple Access	Acceso Múltiple de Asignación Bajo Demanda
DAVIC	Digital Audio Visual Council	Concierto Digital Audiovisual
DCF	Distributed Coordination Function	Función de Coordinación Distribuida
DLCI	Data Link Connection Identifier	identificador de conexión en el enlace de datos
DMT	Discrete MultiTone	MultiTono Discreto
DNS	Domain Name System	Servidor de Nombres de Dominio
DOCSIS	Data Over Cable Service Interface Specification.	Especificación del interfaz de servicios de datos sobre cable.
DS	Digital Signal	Señal Digital
DS	Distribution System	Sistema Distribuido
DSL	Digital Subscriber Line	Línea Digital de Abonado
DSLAM	Digital Subscriber Line Access Multiplexer	Multiplexor de Acceso por la Línea Digital de Abonado
DSP	Digital Signal Processor,	Procesador Digital de Señal
DSSS	Direct Sequence Spread Spectrum	Espectro Ensanchado con Secuencia directa
DVB	Digital Video Broadcasting	Difusión Video Digital
DVB-C	DVB Cable	DVB Cable
DVB-RCC	DVB Return channel Cable	DVB Canal de retorno por Cable
DVB-RCS	DVB Return channel by satellite	DVB Canal de retorno por Satélite
DVB-S	DVB Satellite	DVB Satélite
DVB-T	DVB Terrestrial	DVB Terrestre
DVD	Digital Video Disc	Disco de Video Digital
DWDM	Dense Wavelength División Multiplexing	Multiplexación por División de Longitud de Onda Densa
DWMT	Discrete Wavelet Multi-Tone	Multitono Discreto Wavelet
E1		Estándar ETSI a 2 Mbps
E3		Estándar ETSI a 34 Mbps
ECSS	European Cooperation on Space Standardization	Cooperación europea para la Estandarización Espacial
EDGE	Enhanced Data rates for GSM Evolution	Aumento de la tasa de transmisión de Datos para la evolución de GSM
EFM	Ethernet First Mile	Ethernet hasta la Primera Milla
EGP	Electric Guide Programation	Guías Electrónicas de Programación
EIRP(PIRE)	Effective Isotropic Radiated Power	Potencia Isótropa Radiada Equivalente
ERM	Electromagnetic Compatibility and Radio Spectrum Matters	Compatibilidad electromagnética y espectro radio
ESA	European Space Agency	Agencia Espacial Europea
ESS	Extended Service Set	Conjunto de servicios Extendidos
ETSI	European Telecommunications Estándar Institute	Instituto Europeo de Estándares de Telecomunicaciones
FCC	Federal Communications Commission	Comisión Federal de Telecomunicaciones
FDD	Frequency Division Duplex	Dúplex por división en frecuencia
FDDI	Fiber Data Distributed Interface	Interfaz de Datos sobre Fibra Distribuida
FDM	Frequency Division Multiplexing	Multiplexación por División en la Frecuencia
FDMA	Frequency Division Multiple Access	Acceso Múltiple por División en la Frecuencia
FEC	Forward Error Correction	Corrección de Errores hacia Delante
FFT	Fast Fourier Transform	Transformada rápida de Fourier
FHSS	Frequency Hopping Spread Spectrum	Espectro Ensanchado con Salto en Frecuencia
FM	Frequency Modulation	Modulación en Frecuencia
FR	Frame Relay	---
FSS	Fixed Satellite Service	Servicio Fijo por Satélite
FTP	File Transfer Protocol	Protocolo de Transferencia de Ficheros

FTTB	Fiber To The Building	Fibra Hasta el Edificio
FTTC	Fiber To The Curb	Fibra Hasta la Acera
FTTH	Fiber To The Home	Fibra Hasta la Casa
FTTLA	Fiber To The Last Amplifier	Fibra Hasta el Ultimo Amplificador
FTT-x	Fiber To The - x	Fibra Hasta la - x
GEO	Geostacionary Earth Orbit	Orbita Terrestre Geoestacionaria
GEth	Gigabit Ethernet	---
GHz	GigaHertz	Gigahercios
GMPCS	Global Mobile Personal Communications by Satellite	Comunicaciones Personales Móviles Globales por Satélite
GPRS	General Packet Radio Service	Servicio General Paquetes por Radio
GPS	Global Positioning System	Sistema Global de Posicionamiento
GSM	Global System for Mobile communication	Sistema Global para Comunicaciones Móviles
HDSL	High speed Digital Subscriber Line	Linea Digital de Abonado de Alta Tasa de transmision
HDTV	High Definition TV	TV de Alta Definición
HEO	High Elliptical Orbit	Orbita Elíptica Alta
HFC	Hibrid Fiber Coaxial	Híbrido Fibra Coaxial
HFR	Hybrid Fibre Radio	Híbrido Fibra Radio
HIPERLAN	High PERformance Radio Local Area Network	Red de Área Local de Altas Prestaciones
HiperLAN	High Performance Radio LAN	LAN radio de altas prestaciones
HLR	Home Location Register	Registro de Localización Local
HTTP	HyperText Transfer Protocol.	Protocolo de Transferencia de Hiper Texto
IAPP	Inter Acces Point Protocol	Protocolo de Acceso entre Puntos
IDSL	ISDN Digital Subscriber Line de RDSI	Linea Digital de Abonado de RDSI
IDTV	Interactive Digital TeleVision	Televisión Digital Interactiva
IDU	InDoor Unit	Unidad Interna
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers	Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos
IFFT	Inverse Fast Fourier Transform	Transformada rápida de Fourier Inversa
IFS	Interframe Space	espaciado entre tramas
IMA	Inverse Multiplex ATM	Múltiplexación ATM inversa
IMUX	Input Multiplexor	Multiplexor de Entrada
IP	Internet Protocol	Protocolo de Internet
IPsec	IP Security Protocol	Protocolo IP seguro
ISM	Industrial, Scientific, and Medical	Industrial, Científica y Médica
ISP	Internet Service Provider	Proveedor de servicios de Internet
ITU	International Telecommunication Union	Unión Internacional para Telecomunicaciones
KHz	KiloHertz	Kilohercios
LAN	Local Area Network	Red de Área Local
LEO	Low Earth Orbit	Orbita Terrestre Baja
LMDS	Local Multipoint Distribution System	Servicio de distribución Local Multipunto
LNB	Low Noise Block converter	Bloque conversor de Bajo Ruido
LoS	Line of Sight	Linea de visión directa
MAC	Media Access Control	Control de Acceso al Medio
MACA	MultiAccess Collision Avoidance	Acceso Múltiple por Detección de colisión
MAN	Metropolitan Area Network	Red de Área Metropolitana
MBS	Maximum Burst Size	Máximo Tamaño de Ráfaga
MCPC	Multiple Channel Per Carrier	Varios Canales por Portadora
MEO	MédiuM Earth Orbit	Orbita Terrestre Media
MF-TDMA	MultiFrecuency TDMA	TDMA multifrecuencia
MHz	MegaHertz	Megahercios
MMDS	Multichannel Multipoint Distribution System	Sistema Multicanal de Distribución Multipunto
MPEG	Moving Pictures Experts Group	Grupo de expertos de imágenes en movimiento

MSC	Mobile Switching Center	Centro Conmutación Móvil
MSK	Minimum Shift Keying	Modulación de Fase Mínima
MSS	Mobile Satellite Service	Servicio Móvil por Satélite
MVDS	Multipoint Video Distribution System	Sistemas de Distribución de Vídeo Multipunto
NAT	Network Address Translation	Traducción Direcciones de Red
NIU	Network Interface Unit	Unidad de Interfaz de red
NNTP	Network News Transfer Protocol	Protocolo de Red de Trasferencia de Noticias
NP	---	Nodo primario
OBP	Onboard Processing	Procesado a Bordo
OC	Optical Carrier	Portadora Óptica
ODU	---	Antena y módulo de RF
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing	Multiplexación por división en la Frecuencia ortogonal
OMUX	Output Multiplexor	Multiplexor salida
OSA	Open System Authentication	Autentificación de Sistema Abierto
P2P	Peer to Peer	Igual a igual
PA	---	Punto de Acceso
PAI	---	Punto de Acceso Indirecto
PBX	Private Branch Exchange	Centralita Telefónica Privada
PC	Personal Computer	Ordenador Personal
PCF	Point Coordination Function	Función de Coordinación Puntual
PCMCIA	Personal Computer Memory Card International Association	Asociación Internacional de Tarjetas de Memoria de Ordenador personal
PCR	Peak Cell Rate	Tasa de Pico de Celdas
PDH	Plesiochronous Digital Hierarchy	Jerarquía Digital Plesincrona
PEP	Performance Enhancing Proxies	
PER	Packet Error Rate	Caudal de Paquetes con Error
PLC	Power Line Communication	Comunicaciones por Red Eléctrica
PMP	Point to MultiPoint	Punto a Multipunto
POI	Provider Operator Interconecction	Servicio se Interconexión con el Operador
PoP	Point of Presence	Punto de Presencia
POTS	Plain Ordinary Telephone Service	Servicio Telefónico Analógico
pPAI	---	Puerto del Punto de Acceso Indirecto
PPP	Point to Point Protocol	Protocolo Punto a Punto
PPV	Pay Per View	Pago Por Visión
PSK	Phase-Shift Keying	Modulación por desplazamiento en fase
PSTN	Public Switch Telephone Network	Red Telefónica Publica Conmutada
QAM	Quadrature Amplitude Modulation	Modulación de Amplitud en Cuadratura
QoS	Quality of Service	Calidad de servicio
QPSK	Quadrature Phase-Shift Keying	Modulación por desplazamiento en fase en Cuadratura
RADIUS	Remote Authentication Dial-In User Service	
RADSL	Rate Adaptive Digital Subscriber Line	Linea Digital de Abonado de tasa de transmision adaptativa
RDSI	Integrated Services Digital Network	Red Digital de Servicios Integrados
RLC	Radio Link Control	Control Enlace Radio
RTB	---	Red Telefónica Básica
RTC	---	Red Telefónica Conmutada
RTP	---	Red Troncal Primaria
RTS	Request to Send	Petición para enviar
SAR	Specific energy Absortion Rate	Tasa de transmision de Absorción de energía Especifica
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition	Supervisión, Control y Adquisición de Datos
SCPC	Single Channel Per Carrier	Canal Simple por Portadora
SCR	Sustainable Cell Rate	tasa de transmision sostenida mínima
SDH	Synchronous Digital Hierarchy	Jerarquía Digital Sincronía

SDSL	Symmetric Digital Subscriber Line	Línea Digital de Abonado Simétrica
SES	Satellite Earth Stations & Systems	Estaciones y Sistemas Satelitales Terrestres
SHDSL	Symmetric High speed Digital Subscriber Line	Línea Digital de Abonado Simétrica de Alta Tasa de transmisión
SMATV	Satellite Master Antenna TV	TV Antena Colectiva Satélite
SMT	Station Management	Mantenimiento de Estación
SNMP	Simple Network Management Protocol	Protocolo de gestión de red simple
SNR	Signal to Noise Ratio	Relación señal a Ruido
SOHO	Small Office Home Office	---
SRC	Sustainable Cell Rate,	Máxima tasa de transmisión garantizada
SSL	Secure Sockets Layer	Capa de Conexión Segura
SSPA	Solid State Power Amplifier	Amplificadores de potencia en Estado Sólido
STB	Set Top Box	Terminal Decodificador TV
STM	Synchronous Transfer Mode	Modo Transferencia Síncrono
T1		Estándar ANSI a 1.544 Mbps
TDD	Time Division Duplex	Dúplex por división en el Tiempo
TDM	Time Division Multiplexing	Multiplexación por División en el Tiempo
TDMA	Time Division Multiple Access	Acceso Múltiple por División en el Tiempo
TDT	---	Televisión Digital Terrena.
TRAC	---	Telefonía Rural de Acceso Celular
TT&C	Telemetry, Tracking and Command,	Telemetría, Seguimiento y Comando
TWTA	Travelling Wave Tube Amplifiers	Amplificadores de Tubo de Ondas Viajeras
UBR	Unspecified Bit Rate	Tasa Binaria Sin Especificar
UDP	User datagrama Protocol	Protocolo de Datagrama de Usuario
UHF	Ultra High Frequency	Ultra Alta Frecuencia
UNII	Unlicensed National Information Infrastructure	Infraestructura Nacional de Información sin Licencia
URL	Uniform Resource Locator	Localizador de Recursos Uniforme
USAT	Ultra Small Aperture Terminal	Terminales de Ultra-Pequeña Apertura
USB	Universal Serial Bus	Bus Serie Universal
VBD	Voice Band Data	Datos de la Banda de Voz
VBR	Variable Bit Rate	Tasa de Binaria Variable
VDSL	Very high speed Digital Subscriber Line	Línea Digital de Abonado de muy Alta Tasa de transmisión
VHF	Very High Frequency	Muy Alta Frecuencia
VLAN	Virtual Local Area Network	Red de Área Local Virtual
VoD	Video on Demand	Video bajo Demanda
VoIP	Voice over IP	Voz sobre IP
VoWLAN	Voice over WLAN	Voz sobre WLAN
VPN	Virtual Private Network	Red privada Virtual
VSAT	Very Small Aperture Terminal	Terminales de pequeña apertura
VSF-AM	Vestigial Side Band – Amplitude Modulation	Modulación de Amplitud en Banda Lateral Vestigial
WAN	Wide Area Networks	Redes de Área Extensa
WDM	Wavelength División Multiplexing	Multiplexación por División de Longitud de Onda
WEP	Wireless Equivalent Privacy	Privacidad Equivalente a Redes cableadas
Wi-Fi	Wireless Fidelity	Fidelidad Inalámbrica
WLAN	Wireless Local Area Network	Red de Área Local Inalámbrica
WLL	Wireless Local Loop	Bucle Local Inalámbrico
WPA	Wi-Fi Protected Access	Acceso Wi-Fi protegido
xDSL	x-Digital Subscriber Line	x- Línea de abonado digital