

RESUMEN

Dentro del presente proyecto se muestran soluciones de Acceso a Banda Ancha mediante las Líneas de poder como una alternativa a la creciente demanda de servicios de última milla.

En primera instancia, se hace referencia a la historia que ha tenido ésta tecnología como un recurso empleado por las empresas eléctricas, para la transmisión de señales relacionadas con la supervisión de sus estaciones remotas.

Como segunda instancia se muestran los conceptos técnicos de cómo trabaja BPL, siendo el principal el transporte de información a través de la red eléctrica. Así, el proceso de envío de información comienza en la Estación de Transformación del lado de media tensión, pasa por el Centro de Distribución y llega hasta el usuario final (Baja tensión). A partir de la estación de transformación, del lado de media tensión, se conecta con la red de telecomunicaciones convencional, destacándose la utilización de técnicas modernas de modulación y encriptación.

Posteriormente, se define a *Broadband over Power lines* como una tecnología sugerente, innovadora, de bajo costo, que utiliza la red eléctrica de media y baja tensión para la transmisión de datos, voz y video a altas velocidades en un rango de frecuencias de 1.6 a 30 [MHz]. Por último, se estudian aspectos regulatorios y de estandarización como uno de los puntos débiles de esta tecnología.

DEDICATORIA

Doy infinitas gracias...

A Dios, por el camino recorrido....

A mis padres Luis y Zoila, por su amor y apoyo... Gracias papis, si no fuera por su apoyo económico, por no presionarme a estudiar otra cosa, por no dejar de darme aliento en las adversidades...y por no volverse locos, cuando me jalé un semestre!

La vida a sido muy generosa conmigo por tenerlos los amo!

A mis pequeños Kitty, Platini, Max, Nesca, Toqui y Zadquiel... amigos fieles y sinceros...

Y como olvidar a la madre naturaleza que siempre bella y elegante ha sabido darme esas energías positivas para levantarme cada día, espero que el día en el hombre deje de lastimarte!

A la vida.... Por lo aprendido y aprehendido

Lo importante en la vida no es el triunfo sino la lucha. Lo esencial no es haber vencido, sino haber luchado bien.

Barón Pierre de Coubertin

A G R A D E C I M I E N T O

Durante estos años, siempre soñé que un día escribiría los agradecimientos de mi tesis, lo que supondría que estaba prácticamente terminada. Ahora ese momento ha llegado y no se por donde empezar.

Han sido pocos los amigos verdaderos que me han apoyado durante el tiempo que me ha tomado terminar mi tesis, estoy pensando en ellos y saben que los quiero.

A esos amigos que durante toda mi carrera dijeron que un día iba a triunfar y jamás dejaron de alentarme para conseguirlo; no se equivocaron: Maritza y Guadalupe.

Agradezco a Gonzalo Olmedo mi tutor para el presente trabajo, Gracias!

Gracias a mis panas, nunca los voy a olvidar, como hacerlo si son únicos!

PRÓLOGO

El presente proyecto titulado “Soluciones de Acceso a Banda Ancha mediante las Líneas de Poder” tiene como propósito fundamental, brindar orientación sobre cómo las redes eléctricas pueden solucionar uno de los problemas que más preocupa a los proveedores de banda ancha: servicios en última milla.

En el Capítulo I, se encuentra una breve reseña histórica de ésta tecnología mediante la cual se muestra que, esta idea de transmisión, no es nueva; y que a pesar de su utilidad no se la utilizado a gran escala.

En base al enfoque principal del presente trabajo, en el Capítulo II, se habla de los fundamentos sobre los cuales las redes BPL deben trabajar. De la misma manera, se citan las ventajas y desventajas, aplicaciones, la situación de Latinoamericana, incluyendo al Ecuador, para finalmente terminar preguntándose cuál será el futuro de ésta tecnología.

El Capítulo III está orientado a estudiar modernas técnicas de modulación e encriptación que resolverían los problemas de Seguridad e Interferencias, (que es el gran desafío de BPL) quedando el estudio de aspectos Regulatorios y de Estandarización; indispensables para la convivencia con otras tecnologías, en el Capítulo IV.

Finalmente, dando cumplimiento al objetivo principal, concluyo que BPL es una tecnología de última milla sugerente, dinámica, que permite altas tasas de transmisión, ofreciendo un sin número de aplicaciones, con un mínimo de inversión y que a pesar de que su mayor desafío, puede catalogarse como una solución eficaz.

INDICE

RESUMEN.....	I
DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTO.....	III
PRÓLOGO.....	IV
INDICE.....	V
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
ÍNDICE DE TABLAS.....	XI
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	XII
CAPÍTULO I.....	14
INTRODUCCIÓN.....	14
1.1. HISTORIA.....	16
CAPÍTULO II.....	22
FUNDAMENTOS.....	22
2.1. REDES BPL.....	22
2.2. ESTRUCTURA DE UNA RED BPL.....	23
2.2.1 Propuesta de red uno.....	23
2.2.2 Propuesta de red dos.....	26
2.3. TRAMOS RED ELÉCTRICA BPL.....	27
2.4. FUNCIONAMIENTO DE UNA RED BPL.....	27
2.4.1 Equipamiento de abonado (CPE).....	28
2.4.2 Home Gateway.....	29
2.4.3 Head End.....	30

2.5.	RED DE DISTRIBUCIÓN	30
2.6.	CARACTERÍSTICAS	31
2.7.	VENTAJAS.....	32
2.8.	DESVENTAJAS.....	34
2.9.	SITUACIÓN EN LATINOAMÉRICA[11].....	34
2.10.	SITUACIÓN EN EUROPA Y ESTADOS UNIDOS	36
2.11.	COEXISTENCIA CON OTRAS TECNOLOGÍAS.....	37
2.12.	RELACIÓN DE COSTO FRENTE A OTRAS TECNOLOGÍAS DE ACCESO.....	38
2.13.	DIFICULTADES DE TRANSMISIÓN.....	38
2.14.	CASO ENDESA EN ESPAÑA[17].....	39
2.14.1.	Posibles problemas	39
2.15.	AMBITOS DE APLICACIÓN.....	40
2.16.	ADECUACIÓN A LOS SERVICIOS CONSIDERADOS.....	42
2.17.	CONSIDERACIONES GEOGRAFICAS Y AMBIENTALES	43
2.18.	FUTURO.....	43
CAPÍTULO III.....		45
BROADBAND OVER POWER LINE.....		45
3.1.	CAPA FÍSICA	46
3.2.	MULTIPLEXACIÓN OFDM	47
3.3.	ADECUACIÓN DE LA SEÑAL AL MEDIO (FUNCIÓN DE TRANSFERENCIA).....	50
3.4.	MECANISMO DE TRANSMISIÓN	51
3.5.	GESTIÓN DEL SISTEMA.....	52
3.5.1.	Transmisión de datos y administración.....	52
3.5.2.	<i>Build out and Expansion</i>	52
3.6.	INTERFERENCIAS Y RUIDOS [24]	53
3.6.1.	Escenarios de interferencia típicos.....	54
3.7.	BPL <i>Issues</i>	56
3.7.1.	Interferencia Electromagnética	58
3.8.	SEGURIDAD.....	59
3.8.1.	<i>Data Encryption Standard</i>	60

3.8.2.	<i>Advanced Encryption Standard</i>	60
3.8.3.	Prioridades	62
3.8.4.	Requerimientos de seguridad para sistemas de distribución eléctrica y servicios.....	63
3.8.5.	Requerimientos de seguridad para sistemas BPL.....	64
3.8.6.	Requerimientos de seguridad durante instalación, operación y mantenimiento	65
3.8.9.	Requerimientos de calidad en el servicio	65
3.9.	SECURITY ISSUES	66
3.10.	ALGUNAS SOLUCIONES PARA PROBLEMAS BPL	66
3.11.	TOPOLOGÍAS	66
3.12.	SISTEMAS BPL HBRIDOS	67
3.12.1.	WiFi	67
3.12.2.	WiMAX	69
3.13.	EQUIPOS	69
3.13.1.	Motorola BPL LV	70
3.13.2.	Elementos	70
3.13.3.	<i>Corridor Systems Motorola Powerline LV</i>	71
3.14.	PRODUCTOS ILEVO	72
3.14.1.	ILV220, CPE -VozIP & Datos	72
3.14.2.	ILV201, Datos.	72
3.14.3.	ILV2100 Repetidor residencial.....	73
3.14.4.	Repetidores Intermedios “ <i>Outdoor</i> ”.....	74
3.14.5.	Sistema de Gestionamiento red BPL.....	75
3.15.	CURRENT TECHNOLOGIES	76
3.15.1.	Soluciones Overhead	76
3.15.2.	Soluciones <i>Underground</i>	77
CAPÍTULO IV		80
NORMALIZACIÓN Y REGULACIÓN		80
4.1.	EUROPA	80
4.1.1.	Compatibilidad Electromagnética y Normativa de Red	81
4.1.2.	Conferencia Europea para la administración de Telecomunicaciones y servicio Postal (CEPT) 82	
4.1.3.	<i>European Telecommunications Standards Institute (ETSI)</i>	82
4.2.	NORMALIZACIÓN	83
4.2.1.	Especificación BPL HomePlug In-Home 1.0	84
4.2.2.	Especificación HomePlug AV	86
4.3.	ESTÁNDAR IEEE P1675® PARA HARDWARE BPL	87
4.4.	ESTÁNDAR IEEE P1901 PARA ESPECIFICACIONES BPL MAC Y PHY	88
4.5.	RECOMENDACIONE ITU-T K.60 “EMISIONES LÍMITES Y MÉTODOS DE PRUEBA PARA REDES DE TELECOMUNICACIONES”	90

4.6.	ANSI C63.4, ESTADOS UNIDOS	91
4.7.	ÁREAS DE MERCADO DE BPL.....	92
4.8.	REGULACIONES	94
4.8.1.	Latinoamérica	95
4.8.2.	México.....	95
4.8.3.	Estados Unidos.....	95
4.8.4.	Ecuador	96
4.9.	PROBLEMAS DE BPL CON RADIOAFICIONADOS	98
4.10.	NOTAS DE PRENSA.....	98
C A P Í T U L O V.....		104
CONCLUSIONES.....		104
BIBLIOGRAFÍA.....		109

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura.1. 1 Aplicaciones BPL	15
Figura.2. 1. Banda de frecuencias que utiliza BPL	23
Figura.2. 2. Propuesta de red uno	24
Figura.2. 3. Repetidor BPL	25
Figura.2. 4. Módem Cliente	25
Figura.2. 5 Propuesta de red dos	26
Figura.2. 6. Acoplador eléctrico	28
Figura.2. 7. Home Gateway	29
Figura.2. 8. Head End	30
Figura.2. 9. Red de distribución	31
Figura.2. 10. Coexistencias con otras tecnologías	37
Figura.2. 11. Grafico Costo por mes versus velocidad de BPL frente a otras tecnologías	38
Figura.2. 12. Dificultades	39
Figura.2. 13. Aplicaciones interactivas	40
Figura.2. 14. Aplicaciones voz, videos, datos integrados	41
Figura.2. 15. Red <i>broadband over power lines</i>	44
Figura.3. 1. Técnica OFDM utilizada en BPL.	46
Figura.3. 2. Representación de bits.	47
Figura.3. 3. Modulación de los bits de la señal	48
Figura.3. 4. Modulación de 84 bits.	49
Figura.3. 5. Conversión entre dominio frecuencia y tiempo.	49
Figura.3. 6. Función de transferencia.	50
Figura.3. 7. Utilización del valor umbral para la emisión.	50
Figura.3. 8. Trama Powerline.	51
Figura.3. 9. Escenario de interferencia.	53
Figura.3. 10. Ejemplo de las interferencias con las que ha de cohabitar una señal <i>Powerline</i>.	54
Figura.3. 11. Ruido Impulsivo	55
Figura.3. 12. Modelo Electromagnético BPL	56
Figura.3. 13. Fase SubBytes	61
Figura.3. 14. Fase ShiftRows	61
Figura.3. 15. Fase MixColumns	62
Figura.3. 16. Fase AddRoundKey	62
Figura.3. 17. Red híbrida WiFi-BPL.	68
Figura.3. 18. Algunos de los fabricantes más representativos BPL.	69
Figura.3. 19. Módem Motorota para red híbrida.	70
Figura.3. 20. Gateway para red híbrida Motorola.	71
Figura.3. 21. Técnica OFDM utilizada en BPL.	71
Figura.3. 22. Equipo ILV220.	72
Figura.3. 23. Equipo ILV201.	73
Figura.3. 24. Equipo ILV2100	74
Figura.3. 25. Equipo ILV2110/2120.	74

Figura.3. 26. Utilización equipo IPTV.....	75
Figura.3. 27. Red BPL utilizando equipo ILV7000HE.	75
Figura.3. 28. Redes de distribución underground y overhead.	76
Figura.4. 1. Esquemas de regulación a nivel mundial.....	84

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla.3. 1. Ejemplo de límites de emisiones Radiadas	63
Tabla.3. 2. Características ILEVO ILV220	72
Tabla.3. 3. Características ILEVO ILV201	73
Tabla.3. 4. Características Repetidor Residencial.....	73
Tabla.3. 5. Características Repetidor “Outdoor”	74
Tabla.4. 1. ITU-T K.60 Límites para Emisiones no deseadas que causan interferencias medidas In-situ en redes de Telecomunicaciones.	90
Tabla.4. 2. Resumen de áreas críticas del desarrollo de BPL en regulaciones [29].....	97

GLOSARIO DE TÉRMINOS

ACRÓNIMO	DESCRIPCIÓN
ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Line
CATV	
CE	Comunidad Europea
CPE	Customer Premises Equipment
CENELEC	Comité Europeo de Normalización en Electrotécnica Conferencia Europea de Administraciones de Correos y
CEPT	Telecomunicaciones Centro de Investigación Científica en
CITIC	Telecomunicaciones ECUADOR
CDMA	Collision Detection Multiple Access
DSL	Digital Subscriber Loop
DSSS	Direct Sequence Spread Spectrum
DWDM	Dense WDM
ETSI	
FEC	Forward Error Correction
FCC	Federal Communications Commissions
FTTH	Fiber to the home
FHSS	Frecuency Hopping Spread Spectrum
Hz	Hercio (1 c/s)
HFCPN	High Frequency Conditioned Power Network
IEEE	Institute Electrical Electronic Engineer
IFFF	Inverse Fast Fourier Transform
IP	Internet Protocol
ISDN	Integrated Services Digital Network
ISP	Internet Service Provider
KHz	Kilo Hercio (103 c/s)
Kbps	Kilo bits per second
LAN	Local Area Network
LMDS	Local Multipoint Distribution Service
MHz	Mega Hercio (106 c/s) National Telecommunications and Information
NTIA	Administration
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing
PLC	Power Line Communications
PLT	Power Line Telecommunications
PSTN	Public Switched Telephone Network
ROBO	Robust Orthogonal Frecuency Division Multiplexing
SMPS	Switch Mode Power Supply
TDM	Time Division Multiplexing
Mbps	Mega bits per second
MAC	Medium Access Control

SDH	Synchronous Digital Hierarchy
URD	Underground Residential Distribution
VOD	Video on Demand
Wi-Fi	Wireless Fidelity
WIMAX	Worldwide Interoperability for Microwave Access
WDM	Wavelength Division Multiplexing

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Broadband over Power Lines [1] es una tecnología para la transmisión de señales a través de la red de distribución eléctrica de medio y bajo voltaje que puede ser utilizada para brindar servicios de banda ancha.

Originalmente esta tecnología era una simple herramienta para las empresas eléctricas en las cuales se utilizaba para aplicaciones asíncronas dentro de las operaciones de control de diferentes elementos de sus infraestructuras. A la vez, servía para el monitoreo y control de la red básica. Desde hace 20 años, se ha experimentado con la introducción de frecuencias más altas y soluciones sincronizadas que permiten un aprovechamiento más allá de la consideración de simple herramienta.

BPL es una tecnología sugerente debido a que reutiliza la red eléctrica existente para la transmisión de señales de voz y datos, en esta medida además del suministro eléctrico que le es propio, permite la transmisión de señales de telecomunicaciones. En consecuencia, las redes eléctricas de bajo y medio voltaje se convierten en medios de acceso para servicios de banda ancha a través de los enchufes convencionales, permitiendo la prestación de múltiples servicios como:

- ↳ Acceso a Internet de Banda Ancha
- ↳ Servicios de telefonía con protocolo de voz sobre IP
- ↳ Aplicaciones multimedia
- ↳ Servicios de videoconferencia
- ↳ Televisión interactiva
- ↳ Servicios de vídeo y audio bajo demanda.

- ↳ Juegos en red
- ↳ Medición y control en forma remota
- ↳ Gestión de la seguridad de toda la red
- ↳ Gestión de redes privadas LAN y WAN, etc.



Figura.1. 1 Aplicaciones BPL

En los sistemas de media tensión la señal se transmite desde el centro de transformación, donde se instala un equipo de cabecera, hasta la red privada del cliente, donde es necesario un módem que se conecta a un enchufe convencional. Del mismo modo, en el centro de transformación se instala un equipamiento que sirve de interfase entre la red BPL y la red externa de comunicaciones.

Para ofrecer los servicios de BPL en función de la distancia es posible que sea necesaria la utilización de repetidores y que se requiera complementar esta tecnología con una red de transporte, que enlace los centros de transformación con el centro de servicios y de interconexión. En ciertos aspectos puede considerarse a esta tecnología como un modelo bastante similar al ADSL.

En países como Estados Unidos, Gran Bretaña, Alemania, Francia, y recientemente China se han realizado avances en la investigación y desarrollo de esta tecnología; en España las empresas Endesa e Iberdrola han apostado por potenciarla.

Este sistema competiría entonces, con todo el mercado de las Telecomunicaciones y su mejor fortaleza es que dispone del mismo privilegio que el bucle local, o “última milla” de las empresas telefónicas. Ese privilegio es tener un medio de conexión que llega al usuario final; en este caso, la red eléctrica.

Citando a varios autores, la tecnología BPL es aquella que permite ofrecer servicios de telecomunicaciones de banda ancha utilizando la red eléctrica, presentándose como una alternativa real a las actuales tecnologías de acceso local. Con esta tecnología es posible conectarse a Internet a velocidades similares e incluso superiores a lo que hoy se conoce como “Internet Banda Ancha” [2, 3]

1.1. HISTORIA

Las redes de alto voltaje son atractivas para transmisión de datos, incluso por razones históricas, debido a que los estudios de transmisión de voz a través de las líneas de poder comenzaron a finales del siglo XIX. Originalmente fueron empleados por las mismas empresas eléctricas [3] para la transmisión de señales de comunicaciones relacionadas con sus propias necesidades, especialmente en la protección de las líneas de transmisión de alta tensión; sistemas simples de telemetría, supervisión y control del sistema; y canales especiales de voz relacionados [1920] con la operación del mismo.

Las capacidades y velocidades de transmisión eran comparativamente bajas, y las frecuencias de portadora generalmente se ubicaban por debajo de 2 o 3 MHz. Con frecuencia se utilizaban para cubrir distancias significativas, lo cual se lograba aislando los cables eléctricos a la frecuencia de portadora mediante la utilización de trampas de ondas y acoplando las señales de comunicación por medio de condensadores capaces de soportar los voltajes de línea.

Los primeros proyectos fueron desarrollados entre los años 1976 a 1978, en *Glenrothes* Escocia, por los ingenieros de *Pico Electronics Ltda.* y la empresa de sistemas de audio BSR. El propósito era controlar un dispositivo electrónico de forma remota. Como resultados de sus estudios y experimentación nació el protocolo X-10 que se ha convertido en un estándar internacional.

En 1997, las compañías *United Utilities*, de Canadá, y *Northern Telecom*, de Inglaterra, presentaron al mercado una tecnología que podía conseguir que Internet fuera accesible desde la red eléctrica: el PLC (*Power Line Communications*). Desde entonces, las compañías eléctricas empezaron a pensar que podían sacar un mayor rendimiento a sus redes y han sido

numerosas las iniciativas en el sector para llevar a cabo un despliegue masivo de este servicio de comunicaciones.

Luego fueron los alemanes los que se unieron a la carrera por desarrollar la tecnología Power Line. A fines del 99 y principios de 2000 España ingresó también en esta disputa a través de Endesa. En la actualidad, en algunos países como Austria o Suiza se ofrecen servicios básicos a un número relativamente bajo de usuarios. Alemania fue el primer país en ofrecer PLC comercial. La empresa pionera RWE ofrecía servicios por unos 35 euros al mes, alcanzando en el 2001 los 20.000 abonados. Esto explica que los principales suministradores europeos de estos equipos fueran Siemens y Ascom (Suiza). El 30 de septiembre de 2002, RWE de Alemania cesó sus servicios de PLC, dando como motivo problemas regulatorios no resueltos de utilización del espectro.

En los últimos años, y cada vez en mayor medida, debido a la incorporación de contenidos multimedia, los usuarios demandan accesos de banda ancha que les permitan acceder a los nuevos servicios y prestaciones que ofrecen las redes de comunicaciones. Esta necesidad de mayor ancho de bandas conduce al despliegue de nuevas redes que permitan alcanzar los domicilios de todos los usuarios. El tramo final del despliegue de estas nuevas redes constituye el punto más complicado y costoso.

Para minimizar el coste debido al despliegue del último tramo los operadores de servicios se plantearon la posibilidad de utilizar las infraestructuras existentes tales como la red telefónica y la red eléctrica, dando lugar a diferentes tecnologías de acceso. La red eléctrica es la más extensa del mundo, está formada por miles de kilómetros de cable, llega a más de 4.000 millones de personas y ofrece servicios incluso a aquellos lugares donde no hay teléfono. Utilizar esa extensa red para la transmisión de voz y datos, conectarse a Internet a gran velocidad y usar la línea telefónica en cualquier enchufe es una realidad tangible por medio de esta Tecnología [4].

En muchos países modernos se planean sistemas BPL con diferentes niveles de complejidad que se utilizan para la gestión y operación de sistemas eléctricos, los cuales, dentro de los parámetros exigidos, proporcionan aplicaciones de gran utilidad para las empresas eléctricas, a costos competitivos.

Recientemente, con el desarrollo de modernas técnicas de modulación, codificación y corrección de errores extremadamente robustas se ha logrado superar sustancialmente las limitaciones del medio de transmisión lográndose velocidades de transmisión en el ámbito de 200 Mbps en condiciones normales, con expectativas aún mayores.

También deben mencionarse los sistemas en el ámbito residencial que apuntan hacia la digitalización de los diferentes aparatos de uso doméstico en el hogar.

Como es de nuestro conocimiento, los sistemas de transmisión y distribución de energía eléctrica no fueron diseñados para conducir señales de comunicación, y los conductores de los sistemas de potencia constituyen uno de los medios más hostiles para la transmisión de señales de comunicación.

Los problemas más importantes se manifiestan por la presencia de ruido impulsivo y ruido coloreado, con comportamiento variable en el tiempo, relacionado con las condiciones de carga del sistema, la operación de dispositivos y equipos conectados al mismo, y maniobras relacionadas con la operación de la red eléctrica. También se presentan fuentes aleatorias de ruido relacionadas con el efecto corona en líneas de alta y media tensión, descargas atmosféricas, transitorias en las corrientes de línea y problemas en las conexiones a tierra en el sistema eléctrico.

Sin embargo, a pesar de la perspectiva anterior, los sistemas BPL constituyen actualmente uno de los medios de transmisión de comunicaciones de alta capacidad más promisorios, debido a su penetración superior de los servicios eléctricos con respecto a los servicios de comunicación en todo tipo de áreas y comunidades de interés.

Algunas de las tecnologías y protocolos utilizados o en desarrollo actualmente son: en la transmisión OFDM codificada o no, CDMA con multiportadora (MC-CDMA), Control Variable de Ganancia y Selección Dinámica de las Portadoras de acuerdo con las condiciones de transmisión en cada una de ellas, protocolos ALOHA avanzados, y otras.

Existen sistemas disponibles comercialmente para la transmisión sobre líneas de baja tensión (típicamente por debajo de 600 V) y medianas tensiones (normalmente entre cerca de 5 y 35 KV) que se utilizan actualmente en la industria eléctrica. En el caso de alta tensión se

utilizan reactancias para el aislamiento de los cables y el acoplamiento de las señales de onda portadora a las líneas eléctricas.

En la actualidad existen sistemas BPL en operación experimental y aún comercial en varios países, con la condición de sujetarse a las normas de operación de dispositivos no sujetos a requisitos de licencia, por lo que no debe causar interferencias perjudiciales a otros sistemas de comunicación pertenecientes a servicios de radio comunicaciones sujetos a licencia, y tienen la obligación de resolver las situaciones de interferencia que puedan presentarse.

Al utilizar los cables de conducción de energía eléctrica para la transmisión de ondas portadoras de comunicación se produce también la emisión no deseada de señales electromagnéticas las cuales pueden ser causa de interferencia por radiación o inducción en sistemas de comunicación radioeléctrica. Se considera que el espectro apropiado para la operación de sistemas BPL se encuentran entre 1,7 y 80 MHz; sin embargo los sistemas disponibles comercialmente por ahora tiene un límite superior alrededor de los 40 MHz. En la actualidad, comúnmente, el espectro de frecuencias utilizadas para la transmisión sobre líneas de media tensión se encuentran aproximadamente entre 1,6 y 13 MHz, y entre 13 y 34 MHz para la transmisión sobre líneas de baja tensión. Esta separación tiene implicaciones importantes en el estudio de los problemas de interferencia que pueden causarse.

La IEEE ha estado interesado en los sistemas BPL desde hace aproximadamente 10 años, y ha realizado múltiples conferencias y reuniones de trabajo en las cuales se han presentado importantes estudios y trabajos para el desarrollo, utilización y normalización de estos sistemas. La última de estas reuniones fue el Simposio Internacional sobre Comunicaciones por Onda Portadora sobre Líneas de Potencia (ISPLC, siglas en inglés) que se realizó en Orlando, Florida, a fines de marzo del 2006 [5]. De la misma forma la IEEE ha constituido un Grupo de Estudio sobre BPL para estudiar el tema de compatibilidad con otros sistemas de comunicaciones que pueden recibir interferencias perjudiciales de éste. Este grupo ha analizado los diferentes escenarios de interferencia sobre los servicios que operan en la porción de espectro entre 1,7 y 80 MHz, en especial el Servicio de Radioaficionados en bandas específicas dentro de la porción de espectro entre 1,7 y 54 MHz; el Servicio de

Radiodifusión en HF en bandas específicas dentro de la porción de espectro entre 5,9 y 21,850 MHz; el Servicio de Señales Estándar y de Referencia en bandas específicas dentro de la porción de espectro entre 2,95 y 20,010 MHz, y el Servicio de Banda de Ciudadanos en bandas específicas dentro de la porción de espectro entre 26,960 y 27,410 MHz. Este Grupo continúa estudios en relación con otros servicios en el espectro señalado, y espera producir nuevos informes sobre el tema.

El Grupo de Trabajo sobre BPL en la IEEE ha tomado en consideración el potencial de interferencia producida por los sistemas BPL está relacionado con la intensidad de las emisiones no deseadas que radia y los niveles de señal que se utilizan en los servicios que operan en las cercanías de las líneas de potencia que conducen señales BPL, que depende de:

- ↳ Las frecuencias utilizadas
- ↳ Los niveles de potencia del sistema BPL
- ↳ Los diagramas de radiación y eficiencia de los cables eléctricos
- ↳ La atenuación del trayecto entre la línea de potencia y la antena de los sistemas de recepción de radio
- ↳ La sensibilidad y otras características de los sistemas de recepción de radio.

Entre los criterios tenidos en cuenta por el grupo IEEE-PLC [6] destaca el principio de que la operación de los sistemas BPL estará sometida a las normas de operación de equipos no sujetos a licencia, bajo las cuales su operación se permite con la condición de que no causen interferencias perjudiciales a los equipos de servicios que operan bajo requisitos de licencia en bandas atribuidas específicamente, y que los problemas de interferencia perjudicial que puedan causarse deben ser resueltos por los operadores del servicio de BPL.

En general se considera que las buenas prácticas de ingeniería indicarían que en las bandas específicas dentro de las porciones de espectro atribuidas los servicios de Radioaficionados, Radiodifusión en HF, y Señales Standard y de Referencia, deben ser excluidas del servicio BPL en aquellas áreas en las que se espera que puedan existir usuarios de estos servicios (normalmente zonas residenciales). Igualmente, el grupo de trabajo recomienda establecer zonas de coordinación en las bandas de ciertos servicios críticos; por ejemplo en las bandas específicas atribuidas al Servicio Móvil Aeronáutico (R).

Como medida general, se recomienda que en todo caso, que los problemas de compatibilidad sean resueltos caso-a-caso por los operadores del servicio BPL. En la Comunidad Europea se adelantan también importantes trabajos para la normalización de los sistemas BPL. En el aspecto de la compatibilidad electromagnética, la ETSI ha producido la norma ET 102 324 V1.1.1 (2004-5) que describe las características y el método asociado para la medición de las emisiones radiadas por redes de comunicación sobre líneas de potencia. El documento también informa sobre las características de las redes de comunicación BPL en frecuencias entre 1,605 a 30 MHz. En Abril de 2005, la CE promulgó una encomienda acerca de BPL, en la cual, se recomienda a los Estados miembros remover cualquier obstáculo regulatorio injustificados al desarrollo de sistemas de banda ancha sobre líneas de potencia, en particular de las empresas de servicio eléctrico. La recomendación incluye detalles sobre cómo aplicar las regulaciones de las directivas sobre compatibilidad electromagnética e informa a los Estados Miembros sobre los procesos de estandarización.

Se han realizado pruebas piloto en países como España: Barcelona, Sevilla Zaragoza a través de ENDESA, Madrid, Toledo y Valencia mediante IBERDROLA, Alcalá Henares, Guadalajara y Madrid por UNIÓN FENOSA [7]; Chile: Santiago de Chile.

Existen casos de negocio que han tenido éxito en otros países, solo en Estados Unidos más de un millón de residentes de Ohio, Kentucky e Indiana tienen la opción del BPL. Las empresas lo promueven como “Broadband over power lines” o Banda Ancha a través de la Línea Eléctrica (BPL) y en pocos meses lo tendrán disponible para 1.5 millones de clientes. El BPL competirá tanto en Estados Unidos como en nuestro país como una tercera opción, frente al “Cable Módem y al ADSL”.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTOS

2.1. REDES BPL

La tecnología BPL poco conocida en nuestro medio puede brindar soluciones muy válidas en lo que respecta a aplicaciones multimedia y telefonía fija, haciendo uso de técnicas que se encuentran en desarrollo como por ejemplo: VoIP (Voz sobre IP) y de hecho de la telefonía IP que es una consecuencia directa de VoIP, pues el punto clave de BPL es su flexibilidad para el transporte de información a alta velocidad con la particularidad de tener la infraestructura disponible e instalada.

La tecnología PLC o BPL (*Power Line Communications o Broadband over Power Lines*) permite la transmisión de señales a través de las líneas eléctricas convencionales teniendo el potencial (en su modalidad de acceso) de proveer una infraestructura alternativa de acceso a banda ancha que compita con las dos tecnologías de enfoque residencial: el acceso local de telefonía fija y el acceso por cable. Además, esta tecnología (en su modalidad *in-home*) [8] también permite utilizar las instalaciones eléctricas de un edificio para crear redes de comunicaciones de área local.

En palabras similares, BPL es una tecnología de banda ancha que utiliza como infraestructura la red eléctrica de media y baja tensión, para transmitir datos voz y video a velocidades comparables. Esto implica poder tener acceso a Internet en puntos donde la red telefónica o de cable no llega.

La señal utilizada para transmitir datos a través de la red eléctrica suele ser de 1 a 30 MHz la cual difiere mucho de la frecuencia de la red eléctrica (50 Hz o 60 Hz, según el país) consecuentemente la posibilidad de interferencias entre ambas señales es casi nula.

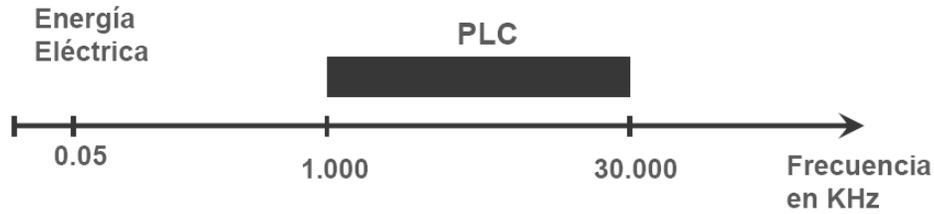


Figura.2. 1. Banda de frecuencias que utiliza BPL

Así, los sistemas BPL pueden ser vistos desde dos puntos fundamentales: Los relacionados con la transmisión de información como tal, y los referentes a las interferencias que pueden causar a sistemas de radiocomunicaciones que operan bajo licencia en las mismas bandas de frecuencias utilizadas para la transmisión de comunicación sobre los cables eléctricos. Igualmente deben tenerse en cuenta los aspectos de seguridad en el diseño de los diferentes dispositivos y materiales que conforman los sistemas. Existen instituciones en diferentes países y organizaciones regionales dedicadas al estudio de normas en estos aspectos. Otro aspecto importante que debe ser tenido en cuenta en los sistemas BPL es la total independencia y autonomía que debe existir en la operación del sistema de potencia en relación con las necesidades del sistema de comunicación. La operación del sistema eléctrico debe continuar realizándose sin consideración del uso que se hace de los conductores para la transmisión BPL.

2.2. ESTRUCTURA DE UNA RED BPL

Es necesario un módem especial BPL por cada conexión particular doméstica o empresarial. Este módem, se conecta con un equipo denominado 'repetidor' situado en el cuarto de contadores del edificio o manzana con la capacidad para atender hasta 256 módems. Por otra parte, de acuerdo a la necesidad de los usuarios o en función de la ubicación urbana o rural, se puede tomar en cuenta las siguientes propuestas para su tendido.

2.2.1 Propuesta de red uno.

La estructura de red uno BPL, Fig. 2.2, consta de dos sistemas formados por tres elementos:

- ⊃ El primer sistema denominado “de *Outdoor* o de Acceso”, cubre el tramo de lo que en telecomunicaciones se conoce “última milla”, y que para la red BPL comprende la red eléctrica que va desde el lado de baja tensión del transformador de distribución hasta el medidor de la energía eléctrica. Este primer sistema es administrado por un equipo cabecera (primer elemento) que conecta a esta red con la de transporte de telecomunicaciones o backbone. De esta manera este equipo cabecera inyecta a la red eléctrica la señal de datos que proviene de la red de transporte.
- ⊃ El segundo sistema se denomina “de *Indoor*”, y cubre el tramo que va desde el medidor del usuario hasta todos los toma corrientes o enchufes ubicados al interior de los hogares. Para ello, este sistema utiliza como medio de transmisión el cableado eléctrico interno.

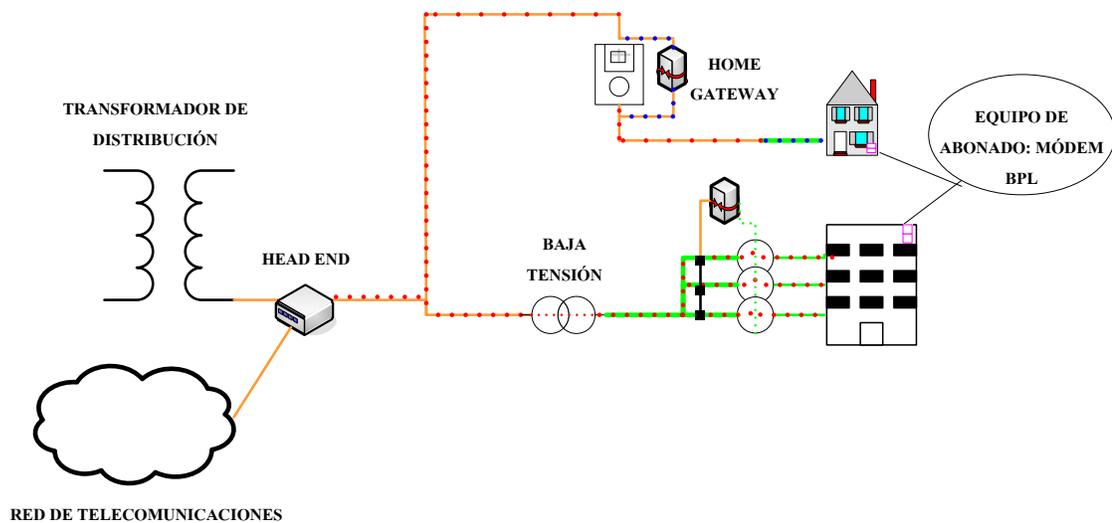


Figura.2. 2. Propuesta de red uno

- ⊃ Para comunicar estos dos sistemas, se utiliza un equipo repetidor, Fig. 2.3, segundo elemento en la red BPL. Este equipo, que normalmente se instala en el entorno del medidor de energía eléctrica, está compuesto de un módem terminal y equipo cabecera. El primer componente de este repetidor recoge la señal proveniente del equipo cabecera del sistema outdoor y el segundo componente se comunica con la parte terminal del repetidor e inyecta la señal en el tramo indoor.

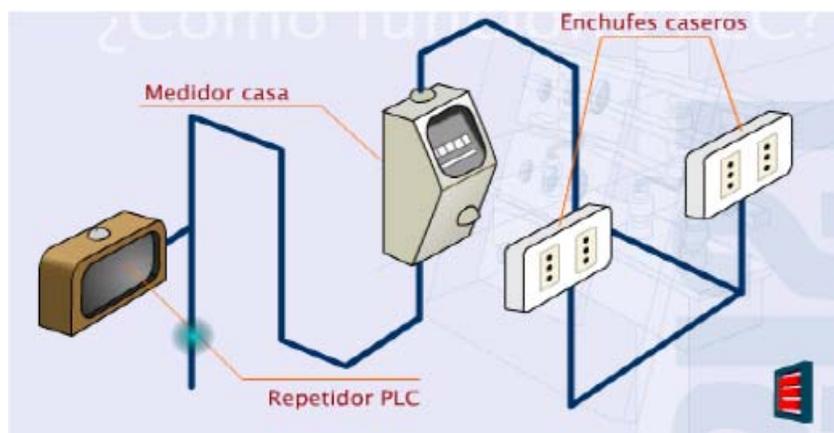


Figura.2. 3. Repetidor BPL

- El tercer y último elemento de la red BPL lo constituye el módem terminal o módem cliente, Fig. 2.4, que recoge la señal directamente de la red eléctrica a través del enchufe. De esta manera tanto la energía eléctrica como las señales de datos que permiten la transmisión de información, comparten el mismo medio de transmisión, es decir el conductor eléctrico.

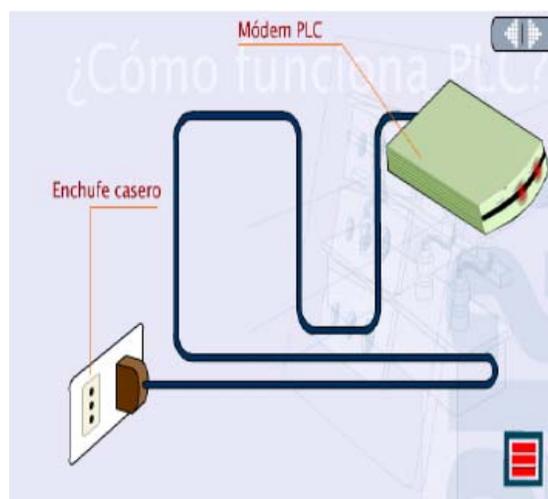


Figura.2. 4. Módem Cliente

A este módem se lo puede conectar un computador, un teléfono IP u otro equipo de comunicaciones que posea una interfaz Ethernet o USB. Por su parte en la tecnología BPL el equipo cabecera (equipo emisor) emite señales de baja potencia (50mW) en un rango de

frecuencias que van desde 1.6 Mhz hasta los 35 Mhz, es decir en una frecuencia varios miles de veces superior a los 50 Hz en donde opera la energía eléctrica. Al otro extremo del medio de transmisión (el cable eléctrico) existe un receptor (equipo terminal) que es capaz de identificar y separar la información que ha sido transmitida en el rango de frecuencia indicado.

El hecho de que ambos servicios, los de energía eléctrica y los de transmisión de datos, operan en frecuencias muy distintas y distantes, permitiendo compartir el medio de transmisión sin que uno interfiera sobre el otro. De esta manera, BPL permite aprovechar una propiedad propia del conductor eléctrico que hasta la fecha se encontraba sin aprovechar la banda de frecuencia no utilizada por la energía eléctrica.

2.2.2 Propuesta de red dos.

La estructura de esta red se extiende del lado de media tensión del Centro de transformación hasta los tomacorrientes del usuario final.

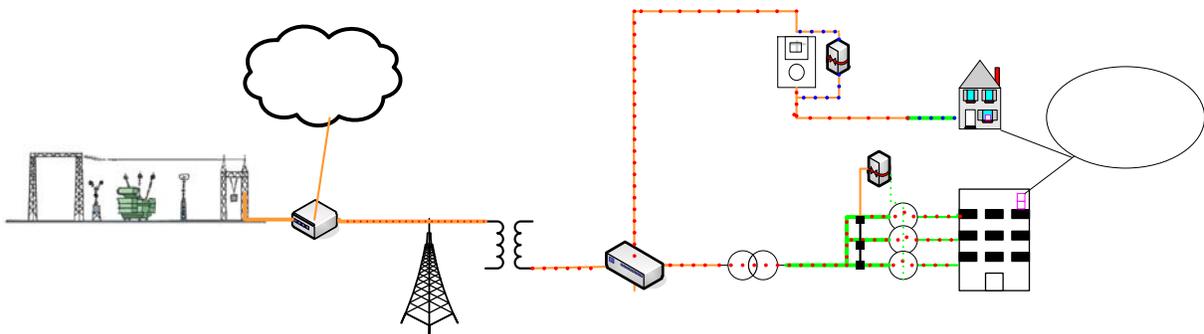


Figura.2. 5 Propuesta de red dos

Como en el ítem anterior la red se divide en dos tramos:

- ⊕ El primer sistema denominado “de Transporte”, comprende la red eléctrica que va desde el lado de media tensión del Centro de Transformación hasta el transformador de distribución. Este primer sistema es administrado por un equipo Head End de media tensión que conecta a esta red con la de transporte de telecomunicaciones o backbone.

De esta manera este equipo inyecta a la red eléctrica la señal de datos que proviene de la red de transporte.

- ⊕ El segundo sistema se denomina “Acceso”, y cubre el tramo que va desde el transformador del lado de baja tensión del Centro de Distribución hasta todos los toma corrientes o enchufes ubicados al interior de los hogares. Para comunicar estos dos sistemas, se utiliza un equipo Repetidor, en razón de que la señal tiene que viajar grandes distancias antes de llegar a los centros de distribución.

Esta propuesta está más bien orientada al sector rural en donde la densidad poblacional no es muy alta y las señales deben viajar grandes distancias.

2.3. TRAMOS RED ELÉCTRICA BPL

En el esquema de una red BPL se definen los siguientes tramos [9]:

- ⊕ Tramo de Media Tensión (entre 13.8 y 22.8 [KV]) que abarca desde la central generadora de energía hasta el primer transformador elevador.
- ⊕ Tramo de Transporte o de Alta Tensión (entre 140 y 150 Kilovoltios) que conduce la energía hasta la subestación de transporte.
- ⊕ Tramo de Media Tensión (de 66 a 132 Kilovoltios) entre la subestación de transporte y la subestación de distribución.
- ⊕ Tramo de Media Tensión (entre 6.3 y 22.8 [KV]) desde la subestación de distribución hasta el centro de distribución.
- ⊕ Red de Baja Tensión (entre 120 y 210 [V]) que distribuye la energía dentro de los centros urbanos para uso doméstico, comercial e industrial.

2.4. FUNCIONAMIENTO DE UNA RED BPL

La tecnología BPL basa su estructura de funcionamiento, en la utilización de los cables eléctricos de baja tensión como medio de transporte desde un Centro Transformador, hasta el cliente, permitiendo entregar servicios de transferencia de datos. Básicamente, esto transforma al cableado de baja tensión, en una red de telecomunicaciones donde los enchufes de cada hogar u oficina, se vuelven puntos de conexión.

Independientemente de que red propuesta se utilice, los equipos necesarios para ésta son los que se describen a continuación.

Dentro de la red de acceso tenemos:

2.4.1. Equipamiento de abonado (CPE)

El equipamiento de abonado normalmente consta de un dispositivo denominado acoplador eléctrico y un módem BPL. El *acoplador eléctrico* es el encargado de separar la señal de datos de alta frecuencia de la corriente alterna y de entregar ambas separadas al módem. Además, se encarga de inyectar la señal de AF en la red eléctrica. El acoplador eléctrico, que se presenta en la Fig. 2.5, es un dispositivo pasivo que, básicamente, consta de un filtro Paso Bajo, que separa la corriente eléctrica y otro filtro Paso Alto para extraer la AF. Este equipo sería el equivalente al “splitter” de ADSL.

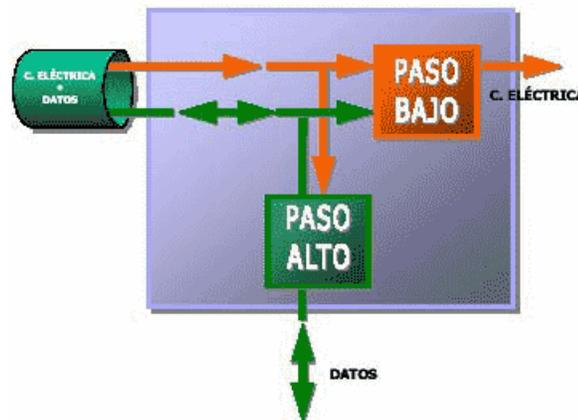


Figura.2. 6. Acoplador eléctrico

El módem recibe la señal de alta frecuencia y la demodula extrayendo los datos, que entrega mediante una interfase ethernet. Opcionalmente, el módem, puede integrar un VoIP Gateway.

La señal de 60 Hz. Que fluye del filtro pasa bajos sirve para atenuar el ruido provocado por las aplicaciones eléctricas en casa del cliente, ya que el agregado de estos ruidos extraños provocaría distorsiones significativas en la red. La señal de datos, sale del CPE a las unidades de consumo y distribución de datos mediante el empleo de cables coaxiales estándar.

2.4.2. Home Gateway

Este equipo, Fig. 2.6, se aloja en el cuarto de contadores de cada vivienda. Normalmente cada edificio (o casa), dispone de una sola acometida eléctrica, que una vez en el cuarto de contadores, se divide en acometidas individuales para cada abonado.

El *Home Gateway* es el dispositivo que se encarga de:

- a) Hacer de puente de los contadores para la señal de datos (alta frecuencia)
- b) Distribuir la señal BPL desde la acometida general entre todas las acometidas individuales.
- c) Arbitrar el acceso al medio entre todos los módems o dispositivos BPL instalados en el edificio, ó manzana.



Figura.2. 7. Home Gateway

Puesto que cada enchufe se convierte en un punto de red, es posible utilizar el cableado eléctrico en el interior de la vivienda como red local, y conectar varios dispositivos compartiendo un mismo medio.

La forma en que el Home Gateway se conecta a la red eléctrica es, como en el caso del módem, mediante acopladores eléctricos. La única diferencia es que en este caso, se utiliza un acoplador para la acometida general (upstream) y tantos acopladores como usuarios estén abonados al servicio para las acometidas individuales (downstream). El Home Gateway puede ser también utilizado como repetidor cuando las distancias entre el Centro de Transformación y el abonado sean demasiado largas.

2.4.3. Head End

Es el equipo que inyecta la señal proveniente del backbone de datos en la red de Baja Tensión. La configuración del Head End varía, dependiendo de si el backbone es una red de datos “clásica” o si se utiliza la red de Media Tensión como backbone. En el primer caso, el Head End dispondrá de una interfase ethernet para conectarse al switch o Router conectado al backbone. En el segundo, incorporará un módem BPL de media tensión que le conecta al Head End de Media Tensión.

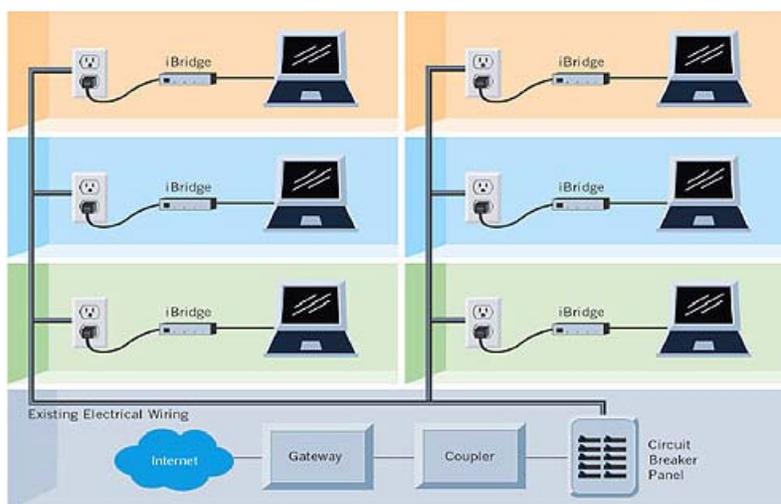


Figura.2. 8. Head End

2.5. RED DE DISTRIBUCIÓN

La red de distribución, Fig. 2.8, es la encargada de interconectar múltiples redes o usuarios dispersos con la red de backbone. En el caso de las redes BPL, la red de distribución interconecta los Head End de los centros de distribución. BPL ofrece una alternativa a los actuales anillos metropolitanos al posibilitar el uso de la red de Media Tensión para la transmisión de datos. Esto es ventajoso en lugares en los que por una baja densidad de clientes no sea rentable desplegar fibra para llegar a los transformadores de Baja Tensión.

La red BPL de Media Tensión, tiene como principales ventajas: No necesita obra civil para su despliegue. Por consiguiente posee un despliegue rápido. Es muy efectiva desde el punto de vista de costes; es extremadamente escalable. La tecnología utilizada en los equipos de media

tensión es esencialmente la misma que los de baja, pero adaptados para mejorar su rendimiento, fiabilidad y latencia.

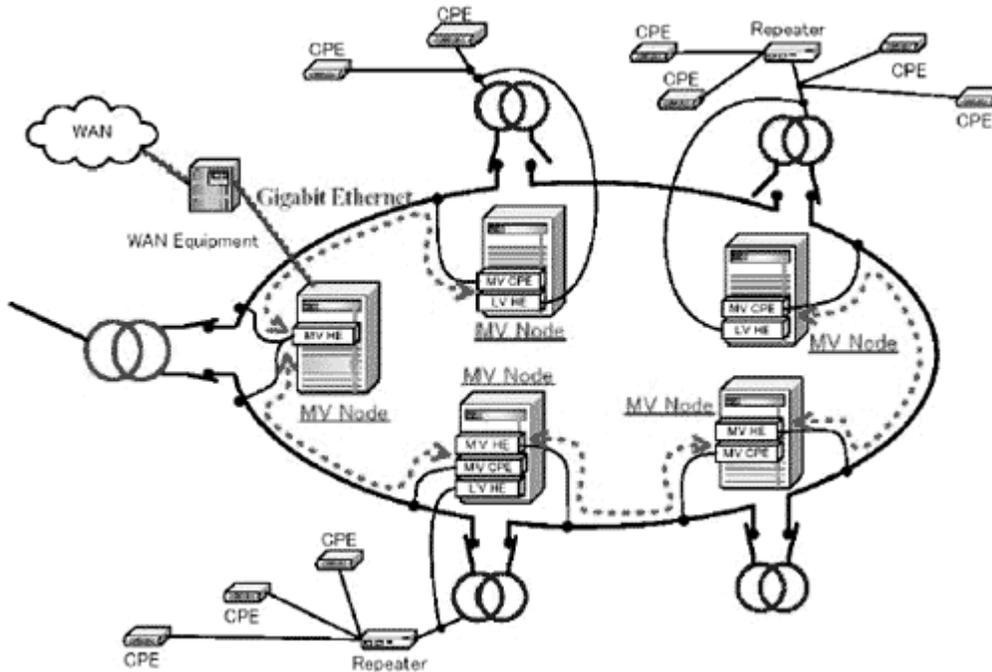


Figura.2. 9. Red de distribución

El nodo de media tensión puede desempeñar distintas funciones dependiendo de su situación en la red. Así, un nodo de media tensión puede actuar de Head End ó Gateway entre la red de Baja y Media Tensión o de repetidor. Incluso podría combinar varias de estas tareas. El diseño de la red de distribución, normalmente será una combinación de tecnología BPL de Media Tensión y alguna de las tecnologías habitualmente utilizadas en anillos metropolitanos como SDH y DWDM.

2.6. CARACTERÍSTICAS

- ⊕ Velocidades de transmisión de hasta 200 Mbps en el tramo de la Media y Baja Tensión, compartidos entre todos los usuarios del transformador de baja tensión.
- ⊕ Actualmente el límite superior de la velocidad de descarga que puede alcanzar un usuario (sin limitaciones) es de unos 20 Mbps.

- ⊗ Existen equipos comerciales disponibles (chipset DS2). De hecho, los adaptadores BPL usados cuentan con tomas a la red eléctrica, al teléfono y al PC (USB, WiFi y Ethernet).
- ⊗ Permite un despliegue rápido y modular (selectivo) de infraestructuras.
- ⊗ Se adapta dinámicamente a la capacidad disponible al número de usuarios que estén solicitando los servicios en cada momento.
- ⊗ Con una penetración extrema de entorno al 90% en algunos centros de transformación (~140 de los 160 usuarios soportados/CT), se consiguen velocidades medias de más de 500 Kbps por usuario frente al 10% del caudal contratado (CIR) garantizado con ADSL [10].
- ⊗ La tasa de hogares que permiten directamente instalación BPL es de entorno al 95% (un 10-15% superior al servicio ADSL). Esto se ha logrado mediante el desarrollo de unos dispositivos que permiten la adaptación dinámica en función de la carga en los enchufes.
- ⊗ Proceso de instalación sencillo y rápido para el cliente final
- ⊗ Sin necesidad de obras ni cableado adicional
- ⊗ Transmisión simultánea de voz (VoIP) y datos
- ⊗ Conexión de datos permanente (activa las 24 horas del día)
- ⊗ Permite seguir prestando el suministro eléctrico sin ningún problema.
- ⊗ Las tasas de datos por subportadora se adaptan en función de la SNR
- ⊗ Eficiencia de modulación de hasta 7.25 bps/Hz
- ⊗ Los subcanales está solapados, así se consigue un uso del espectro más eficiente
- ⊗ Protección frente a ruido, interferencias. Codificación Reed Solomon, interleaving.
- ⊗ Se instala en las subestaciones transformadores de media y baja tensión.
- ⊗ Velocidad 135 Mbps. Distancia máxima de 800 m.

2.7. VENTAJAS



- ⊗ Los servicios ofertados son competitivos en calidad y en precio.
- ⊗ Gran universalidad: permite un despliegue masivo de la tecnología, ya que la red ya está implantada.

- ⊗ Se puede integrar una gran variedad de servicios sobre un mismo medio (telefonía ip, mensajería, videoconferencia, etc.).
- ⊗ Baja inversión en infraestructura debida al empleo de la red eléctrica. Además, debido a que esta es la infraestructura existente de mayor capilaridad, la tecnología BPL se presenta como solución para suministrar servicios de comunicaciones en zonas donde no es posible aplicar otro tipo de tecnologías. Por otra parte, al utilizar los cables eléctricos, como medio de transmisión, la instalación eléctrica domiciliaria se comporta como una red de datos en donde cada enchufe es un potencial punto de conexión al mundo de Internet.
- ⊗ Posibilidad de insertarse en áreas de baja densidad de población donde no se dispone de acceso a banda ancha ni a tecnologías convencionales.
- ⊗ Acceso desde cualquier habitación dentro de un edificio con múltiples aplicaciones: acceso a Internet, educación a distancia, mantenimiento remoto, vigilancia, videoconferencia.
- ⊗ Alto performance técnico que permite transportar grandes volúmenes de información y servicios multimedia: VoIP, VOD con un sistema de banda ancha que garantiza la confidencialidad en el intercambio de información.
- ⊗ Flexibilidad en el manejo de modificación en puntos de accesos de usuarios (incremento de usuarios, cambio de en los servicios necesarios, ubicación geográfica, etc.
- ⊗ Integración con la infraestructura existente (Fibra óptica y otros)
- ⊗ Los enchufes de cada hogar u oficina, se vuelven puntos de conexión.
- ⊗ Acceso al usuario final (“última milla”). Bucle de abonado.
- ⊗ Velocidades de hasta 10 Mbps.
- ⊗ Implementación de redes de área local (LAN).
- ⊗ Control de seguridad remoto (televigilancia).
- ⊗ Gestión y control remoto de electrodomésticos (domótica).
- ⊗ Coexistencia con otras tecnologías.

2.8. DESVENTAJAS

- ⊗ Dependiendo de las frecuencias utilizadas y de la tecnología elegida, produce radiación en bandas HF, interfiriendo en frecuencias correspondientes a las fuerzas de seguridad, frecuencias de emergencia de la aviación civil y bandas de radioaficionados.
- ⊗ Al no tener licencia para emitir ondas en esas frecuencias, ha forzado a algunas autoridades civiles en Estados Unidos y Austria a clausurar servicios BPL.
- ⊗ Por la razón anterior, la tecnología BPL fue formalmente prohibida por el gobierno japonés. Pese a que las nuevas generaciones de dispositivos BPL permiten la atenuación selectiva de radiación ilegal en algunas frecuencias (técnica llamada en inglés notching), no todas las frecuencias se ven libres de interferencia.
- ⊗ La rentabilidad de tales servicios no siempre está asegurada.
- ⊗ La comunicación BPL por los cables eléctricos requiere de un módem cabecera en el centro de transformación eléctrica que da servicio al edificio para enviar la señal. En el domicilio del usuario se instala un módem BPL (similar a los de ADSL o RDSI) donde se podrán conectar sus equipos de transmisión de voz y datos como ordenadores, teléfonos, impresoras y potencialmente otros dispositivos preparados para ello (frigoríficos, alarma, aire acondicionado, etc.).
- ⊗ No hay regulación unificada

2.9. SITUACIÓN EN LATINOAMÉRICA[11]

A continuación un resumen de lo que se realiza en países Latinoamericanos donde se han realizado estudios acerca de esta tecnología.

- ⊗ México, La Comisión Federal de Electricidad CFE probó durante un año el uso de Internet por medio del cableado eléctrico en Monterrey en 350 casas de empleados de la CFE.
- ⊗ Venezuela, el servicio está en pruebas en el Oriente a través de CADAPE en Puerto la Cruz y en Caracas con la Electricidad de Caracas (EDC), teniendo ya varias zonas del centro-oeste de la ciudad cubierta con el servicio. Las zonas de difícil acceso alámbrico y zonas rurales serán las primeras beneficiadas.

- ⊕ Colombia se están realizando pruebas en Tenjo, y Bogota con más de 2000 Usuarios que se han ofrecido como voluntarios. Se están haciendo estudios de Investigación con la Universidad Nacional de Colombia y su grupo GITUN.
- ⊕ Ecuador el Centro de Investigación Científica en Telecomunicaciones - CITIC está realizando estudios e investigación, sobre redes, cableados residenciales, dispositivos y capacitación. Además proyectos sobre Regulación y asesoría en esta Área.

Por otra parte la Empresa Eléctrica de Quito y la Regional Centro Sur, han comenzado un proceso de selección para la implementación de Internet banda ancha mediante sus redes eléctricas. Aunque la Regional Centro Sur se encuentra más adelantada en el proceso, ambas empresas le apuestan a esta nueva tecnología que podían entrar en funcionamiento en el primer trimestre del 2008.

Empresa Eléctrica Quito [12]. La Empresa Eléctrica Quito cubre un área de concesión en las provincias de Pichincha: Quito, Mejía, Rumiñahui, Cayambe, San Miguel de los Bancos, Puerto Quito, Pedro Vicente Maldonado; Napo: Quijos, Chaco; Imbabura: García Moreno y Cotopaxi: Estación Clirsen, mediante las cuales proveerá servicios de comunicación y transporte de datos IP a velocidades comparables. El proceso se encuentra en la etapa de notificación de orden de prelación en el cual tres empresas han sido pre-seleccionadas. Éstas deberán mejorar sus ofertas, luego de esto se realizará un segundo concurso del cual saldrá el ganador del contrato.

Empresa Eléctrica Centro Sur [13].- La CENTROSUR es una empresa de distribución y comercialización de energía eléctrica cuya área de concesión alcanza los 28960Km²; superficie que corresponde aproximadamente al 11.3% de la total del Ecuador. El área de concesión de la CENTROSUR comprende las provincias de Azuay, Cañar y Morona Santiago a excepción de algunos cantones y zonas. Esta empresa, ha realizado ya pruebas de las cuales podemos destacar los siguientes puntos:

- ⊕ Se utilizarán equipos que cumplen con estándares establecidos por la FCC y la Comunidad Europea. Para evitar interferencias, estos equipos trabajan con baja potencia y poseen técnicas de modulación como el notching u OFDM que permiten

que la amplitud de la señal en la transmisión no supere los umbrales máximos permitidos por estándares internacionales para transmisiones inalámbricas.

↻ De la misma manera para evitar que los datos sean interceptados, los equipos, utilizan diferentes tipos de encriptaciones y protocolos Powerful DES/3DES encryption, Capacidad de administración remota: protocolo SNMP Integra el protocolo 802.1d Ethernet Bridge con Optimized Spanning-Tree.

En buena hora en el Ecuador ya existen proyectos para proveer servicios de comunicaciones y transporte de datos a altas velocidades sin la necesidad de infraestructura adicional a bajo costo y que llegaría a casi el 98% del territorio de cobertura de estas empresas.

Faltaría por conocer que es lo que harán las empresas de Telecomunicaciones respecto a éste tema, y que medidas tomará la Secretaria Nacional de Telecomunicaciones para el otorgamiento de licencias para el funcionamiento de ésta tecnología.

2.10. SITUACIÓN EN EUROPA Y ESTADOS UNIDOS

- ↻ En Alemania hay aproximadamente 110.000 hogares con BPL y la RWE [14] (compañía eléctrica alemana) inició el despliegue comercial en julio de 2001 en Essen. Sin embargo, debido a fuertes presiones por parte de Deutsche Telecom y la imposición de niveles de radiación muy estrictos, en septiembre de 2002 el operador se vio obligado a dejar de dar servicio al hacerse inviable su plan de negocio.
- ↻ En Francia la compañía eléctrica EDF se está encontrando con dos grandes problemas para el desarrollo de las BPL: la oposición de France Telecom y la propiedad de las infraestructuras eléctricas que se encuentra en mano de los distintos municipios.
- ↻ En EEUU la tecnología BPL de acceso no se encuentra muy extendida dada la complicada topología de la red eléctrica (dispara los costes), si bien ya existe una cierta implantación de la tecnología “BPL in-home” (líneas eléctricas utilizadas para crear LAN). No obstante la adaptación entre ambas tecnologías es complicada. En España, las compañías eléctricas han llevado a cabo diversas pruebas y experiencias piloto

entorno a la tecnología BPL. De la presentación del proyecto piloto de Endesa se han extraído una serie de puntos de interés que se presentan a continuación.

2.11. COEXISTENCIA CON OTRAS TECNOLOGÍAS

- ⊕ BPL como red de acceso
- ⊕ BPL-ADSL.- Instalaciones en edificios, hogares, oficinas, hoteles etc.
- ⊕ BPL-Wifi.- Red de distribución con enlaces punto-punto, punto multipunto, zonas rurales.
- ⊕ BPL - LMDS.- Instalaciones en áreas urbanas, zonas de difícil acceso, zonas rurales
- ⊕ BPL-HFC [15].- Sustituyendo el último tramo de cable coaxial por BPL (no soporta vídeo).
- ⊕ BPL -Satélite.- Conexión con Internet en zonas de difícil acceso, zonas rurales.

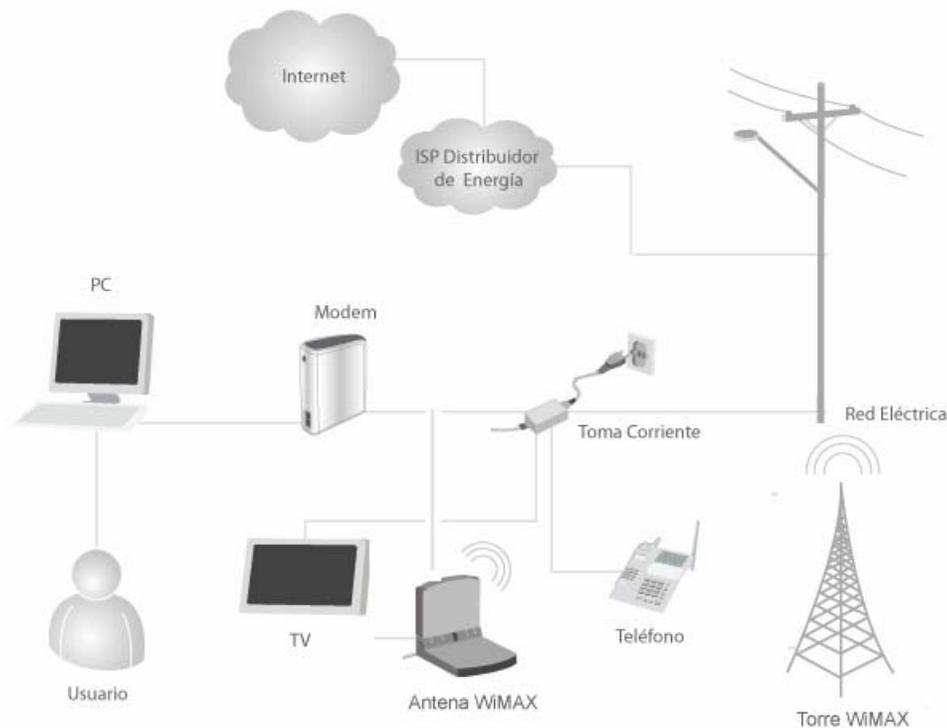


Figura.2. 10. Coexistencias con otras tecnologías

2.12. RELACIÓN DE COSTO FRENTE A OTRAS TECNOLOGÍAS DE ACCESO

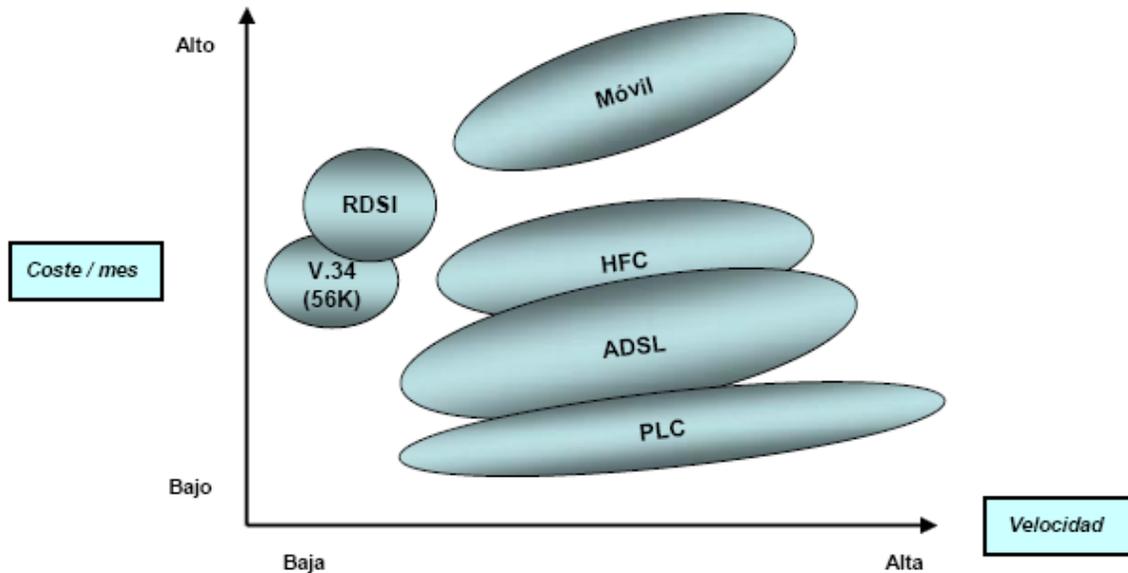


Figura.2. 11. Grafico Costo por mes versus velocidad de BPL frente a otras tecnologías

Basta con mirar la Fig. 2.11 para saber lo que implica la tecnología BPL, por mes a grandes velocidades el costo es pequeño, mientras que otras tecnologías como Wi-Fi o Wimax tienen un costo elevado a pesar de entregar altas tasa de transmisión sin infraestructura.

2.13. DIFICULTADES DE TRANSMISIÓN

La red eléctrica es un medio “hostil”, ya que la comunicación a través de una línea eléctrica conlleva la convivencia de “nuestra” señal con otro conjunto de ellas que viaja por la misma base y que son provocadas por ruidos e interferencias generadas por diversas fuentes, y más hoy en día con la existencia de multitud de equipos electrónicos que generan una cantidad importante de armónicos que son “introducidos” a la red [16].

A su vez estas líneas no están sometidas a una carga constante y controlada, ya que pueden existir un sin fin de cargas conectadas a esa línea y que pueden ser conectadas y desconectadas en cualquier momento (lámparas que se encienden y se apagan, etc...) hacen que la línea vaya variando sus “características” de funcionamiento a lo largo del tiempo, cosa que no sucede en una línea Ethernet, que tiene unas características fijas e invariables en el tiempo.

Por tanto la transmisión de datos sobre este canal “variable” es lo que ha retrasado la viabilidad de la tecnología *Powerline* y ha hecho que muchas compañías abandonaran su estudio. Para ver esta problemática, basta con mirar la función de transferencia de una línea de potencia, Fig. 2.14, que alimenta un circuito cualquiera de una vivienda.

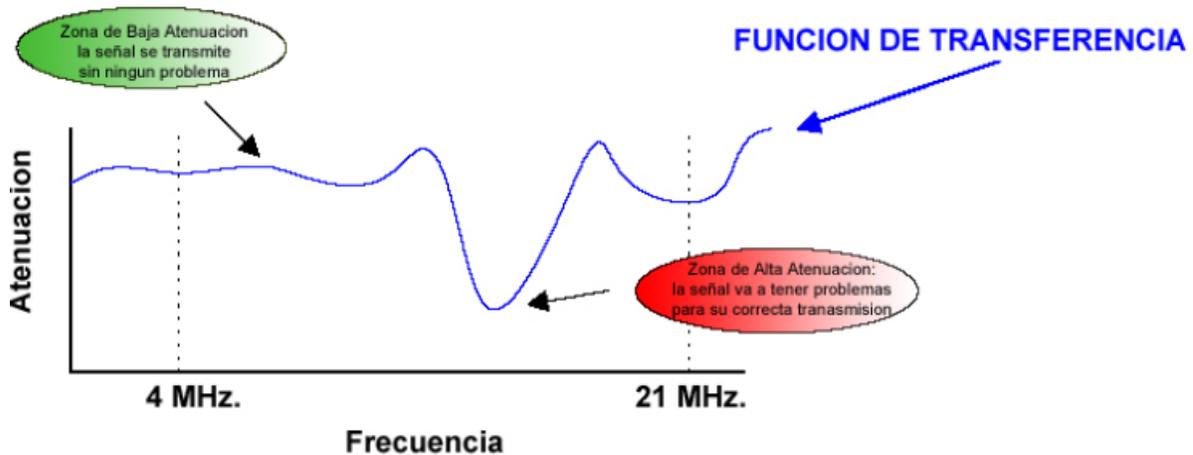


Figura.2. 12. Dificultades

2.14. CASO ENDESA EN ESPAÑA[17]

2.14.1. Posibles problemas

La experiencia de Endesa ha desvelado una serie de posibles problemas entorno al despliegue de esta tecnología, destacando:

- ⊕ En relación a los problemas técnicos (posibles radiaciones interferentes) el MCyT [18] sólo exige la resolución de incidencias en función de que vayan apareciendo.
- ⊕ Hay que resaltar que el nivel de radiación (que va en función de la tecnología utilizada) de BPL es similar o inferior al del ADSL.
- ⊕ Entre los servicios a los cuales se les ha realizado pruebas, en la experiencia piloto de Endesa, está la telefonía sobre BPL basada en VoIP [19]. La implantación de este servicio supone un gran esfuerzo rediseñando software de tal modo que se priorice el tráfico de voz frente al de datos en la red.
- ⊕ No obstante, pese al funcionamiento satisfactorio de servicios de prueba, éste todavía se encuentra en fase de pruebas de cara a su utilización en entornos masivos (en

entornos corporativos es una solución válida), afrontando los posibles problemas de saturación (búsqueda de soft switch).

2.15. AMBITOS DE APLICACIÓN

Como se observa en la Fig. 2.13, con BPL se podrá disfrutar de innovadores servicios de comunicaciones. La implementación de ésta tecnología, por su gran ancho de banda y bajo costo, hará realidad el desarrollo de nuevos servicios a distancia para el hogar y la oficina.

EN CASA:

- ⊕ Internet avanzado.- Se podrá tener acceso a Internet de Alta Velocidad. Nuevos servicios estarán disponibles gracias al mayor ancho de banda.
- ⊕ Mensajería unificada.- Buzón único para todos los mensajes de telefonía fija, Móvil (SMS), Fax y Correo Electrónico.



Figura.2. 13. Aplicaciones interactivas

- ⊕ Televisión, música y radio a la carta.- Se podrá descargar video y sonido desde la Internet. Se tendrá acceso a películas, televisión, programas de radio.
- ⊕ TV digital interactiva.- Con la conexión a la televisión digital podrás realizar comercio electrónico, reservas, entradas, juegos, entretenimiento multimedia e Internet.
- ⊕ Juegos en la red.- Se podrá participar en campeonatos de juegos en línea con otros contrincantes en la Red.
- ⊕ Domótica.- Se podrá controlar los electrodomésticos a distancia, por ejemplo desde el trabajo o mientras se está de vacaciones: poner la lavadora, encender el aire acondicionado, conectar el horno, grabar una película, alimentar a los peces, etc.

- ↳ Seguridad a distancia.- Alarmas de robo e incendio que protegen la casa conectándola directamente con la central de policía y/o de los bomberos.
- ↳ Telediagnóstico.- Los servicios técnicos de los fabricantes de los electrodomésticos pueden conocer las averías y presupuestar las reparaciones sin tener que desplazarse, ahorrando costos y molestias innecesarias.
- ↳ Telesistencia.- Posibilita la vigilancia de niños o enfermos a distancia.
- ↳ Telefonía.- Se podrá disponer de un servicio de telefonía sin necesidad de conectar la terminal a la línea telefónica convencional.

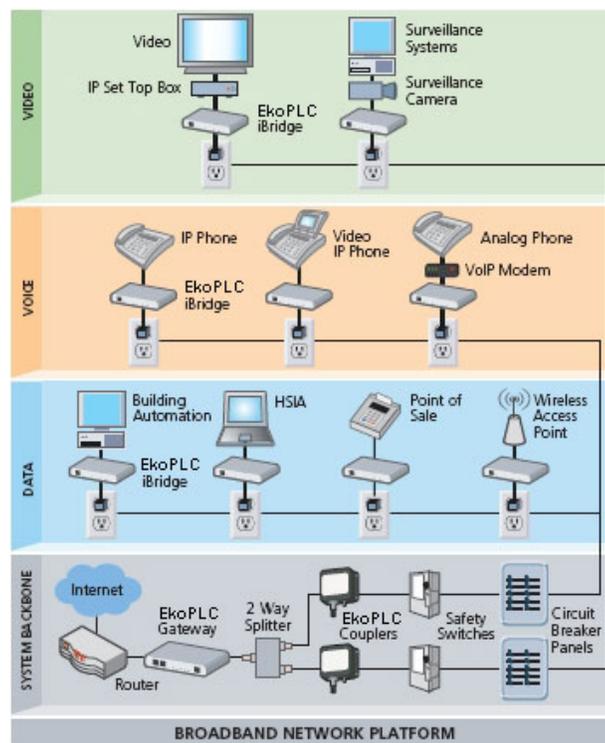


Figura.2. 14. Aplicaciones voz, videos, datos integrados

EN LA OFICINA:

- ↳ Trabajo en grupo.- Compartir, ver y modificar documentos de forma simultanea por el mismo equipo de trabajo.
- ↳ Redes privadas virtuales (vpn).- Comunicar las oficinas para transmisión privada de voz y datos.

- ↳ PYMES.- No se necesitarán costosas instalaciones de teléfono y líneas de datos para disponer de una red local.
- ↳ Videoconferencia.- Se podrá ver y hablar con clientes a bajo costo, estén donde estén.
- ↳ Teletrabajo.- Trabajar desde la casa a través de una conexión rápida, económica, segura y permanente.

Se está proponiendo que los sistemas de hogar detecten automáticamente la presencia o no de un sistema de acceso en esa banda, de forma que la puedan ocupar en caso de que esté libre y aumentar así sus prestaciones.

2.16. ADECUACIÓN A LOS SERVICIOS CONSIDERADOS

- ↳ Distribución de TV.- Teniendo en cuenta las tasas de bit que son factibles (entre 3 Mbit/s y un máximo de 27 Mbit/s en sentido descendente), y que estas tasas deben repartirse entre decenas de usuarios, claramente esta tecnología no es válida ni para distribución de TV, ni para vídeo bajo demanda.
- ↳ Telefonía. Usando voz sobre IP. Existen algunos módems que incorporan una pasarela de voz sobre IP. Los sistemas se diseñan para proporcionar una calidad de servicio garantizada para esta aplicación.
- ↳ Acceso a Internet. El acceso a Internet es la principal aplicación del BPL en la actualidad, ya que proporciona ancho de banda suficiente y la naturaleza a ráfagas de este tráfico permite una multiplexación eficaz. Parece además que los “segmentos de red BPL” (número de usuarios que dependen de un transformador de media a baja multiplicado por el coeficiente de penetración) tienen unas magnitudes adecuadas y comparables con los segmentos de redes de área local.
- ↳ Servicios interactivos. Con el estado actual de la tecnología, BPL puede alcanzar anchos de banda y tiempos de latencia aceptables para servicios con diferentes grados de interactividad. En el caso de juegos en Red, el esquema del servicio con los jugadores conectándose a un servidor (game room) e intercambiando básicamente comandos de desplazamientos y acciones sobre escenarios previamente cargados no supone exigencias especiales (salvo mantener la latencia baja).
- ↳ Otros (videoconferencia, VPN, aplicaciones peer to peer,...).

Estos servicios generalmente son soportados a nivel IP por funciones de autenticación y seguridad del acceso que residen en los servidores de acceso a banda ancha. La videoconferencia y las aplicaciones peer to peer pueden necesitar anchos de banda excesivos para esquemas de compartición del medio de bajo voltaje como los descritos hasta aquí, si bien estas aplicaciones suelen ser demandadas por empresas de cierta envergadura, que en algunos casos tienen un transformador de media a baja para su uso exclusivo. Existen módems punto a punto de transmisión por líneas de medio voltaje de 2 Mbit/s simétricos, que pueden ser suficientes para estas aplicaciones, pero en cualquier caso los usuarios de las mismas suelen tener a su disposición alternativas de telecomunicación tradicionales a precios muy competitivos.

2.17. CONSIDERACIONES GEOGRAFICAS Y AMBIENTALES

Desde un punto de vista de condiciones ambientales existen también grandes variaciones entre unas redes y otras. Los transformadores pueden estar en locales cerrados o en ubicaciones de intemperie; en cualquier caso los equipos de cabecera y repetidores se ubicarán en localizaciones que no reúnen las condiciones de salas de telecomunicación.

Otro aspecto a considerar son las condiciones de seguridad, ya que la señal tiene que ser inyectada en líneas que transportan tensiones peligrosas, lo cual requiere un personal adecuadamente entrenado.

2.18. FUTURO

Finalmente, el planteamiento de cara al futuro de BPL y las principales tendencias se pueden resumir en:

- ⊕ La prestación del servicio de vídeo a través de BPL es posible teniendo en cuenta que actualmente la red BPL alcanza actualmente velocidades de hasta 20 Mbps, si bien el chipset de DS2 (empresa española que está actuando en América a través de Amperium) permite velocidades de hasta 45 Mbps (la siguiente generación alcanzará los 200 Mbps, frente a los 20 Mbps previstos por la tecnología OFDM).
- ⊕ BPL puede utilizarse como canal de retorno interactivo para las plataformas de TV digital y TV vía satélite.

- ⊗ La capacidad de priorización de los distintos tipos de paquetes abre la posibilidad a la realización de pruebas para telecontrol (si bien esto no es rentable en aquellos casos que se requeriría una renovación importante de equipos, por ejemplo, pensando en la lectura remota de contadores).
- ⊗ Se trata de una experiencia en VoIP única en el mundo por el número de participantes. Según Endesa, en un futuro la tendencia de los operadores debería ser la de cobrar una tarifa plana por tráfico de voz y facturar el tráfico de datos en función del uso.
- ⊗ En el caso de Endesa tiene en mente ofrecer a la Administración un proyecto conjunto de BPL y WiFi de cara a cubrir las zonas rurales.

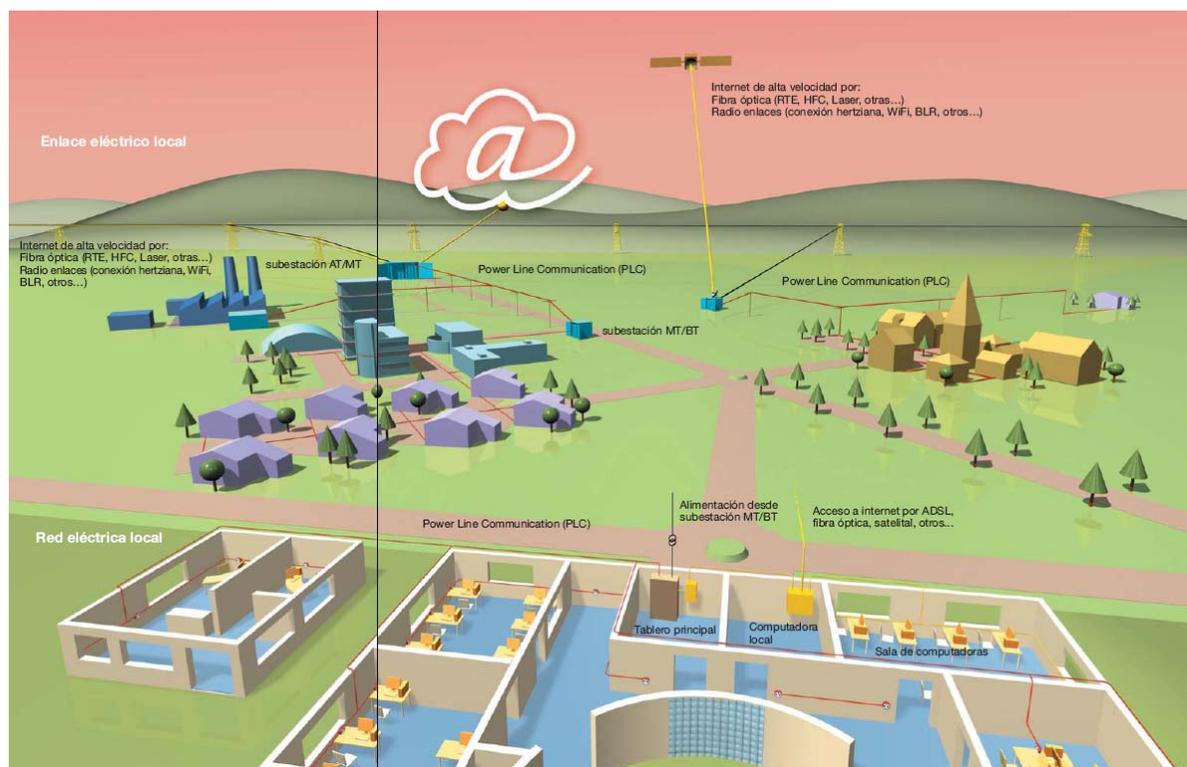


Figura.2. 15. Red *broadband over power lines*

CAPÍTULO III

BROADBAND OVER POWER LINE

La organización Internacional de Estandarización (ISO) definió para sistemas de interconexión, el modelo de Referencia OSI mediante siete capas. En este modelo la primera capa es la capa Física (PHY); para el caso de BPL, en la primera capa son incluidos, los sistemas de distribución de energía, los sistemas de distribución BPL y el cableado eléctrico de los hogares así como los tomacorrientes. Sin embargo, en algunas configuraciones los transformadores de las líneas de energía son “bypassed”, es decir, se los excluye, así dejan de formar parte de la arquitectura del sistema de comunicaciones.

Una red de acceso BPL está compuesta de una estación base y de un sin número de usuarios conectados vía módems BPL. Los módems pueden suministrar varias interfaces estandarizadas a los usuarios dentro de la red BPL, por ejemplo, un módem BPL puede proporcionar a un usuario una interfaz con el estándar IEEE 802.3 (Ethernet), usual para conectar su computadora personal a la red. El módem BPL conecta el medio de transmisión de la línea de poder a través de una interfaz BPL especificada por las propiedades del vendedor. Típicamente las interfaces BPL de los usuarios proveen las funciones de las sub-capas MAC [20] y LLC [21] de la capa 2 del modelo OSI en adición a la capa física. Los módems también proveen la funcionalidad de la capa de Red 3 a través del soporte del direccionamiento del protocolo de Internet IP.

La estandarización de esta tecnología está concentrada ampliamente en la capas PHY y MAC. Los fabricantes de sistemas BPL existentes, desarrollaron soluciones propias para las capas MAC que eran incompatibles incluyendo: inyectores, repetidores y acopladores que han sido implementados en una variedad de arquitecturas de sistemas teniendo como características técnicas diferentes de modulación y de diseño de PHY, MAC y LLC.

Las deficiencias del canal físico en los sistemas BPL incluyen: ruido, multitrayecto, selectividad de canal fuerte, características no lineales y disminución del ancho de banda disponible para los usuarios, que esta especialmente preocupado, porque las redes de acceso BPL operan en un medio compartido donde los usuarios compiten para utilizar los mismos recursos de transmisión. Para combatir estas faltas un número significativo de tecnologías como Spread Spectrum u OFDM han sido empleadas.

3.1. CAPA FÍSICA

La capa física consiste en métodos de modulación y sincronización que pueden ser aplicados a las características de comunicación de las líneas de poder. Entre los métodos que pueden aplicarse a esta tecnología está PSK, FSK, Spread Spectrum (celulares) CDMA y OFDM.

Para lograr altas tasas de transmisión, BPL utiliza mecanismos que facilitan la correcta transmisión de los datos a través de un medio de características variables como es el eléctrico. Como se muestra en la Figura.3.1. esto lo consigue mediante la división ortogonal y multiplexación en frecuencias OFDM, que permite que varias señales sean combinadas en una única para su transmisión por un solo canal y que ha sido adoptada como estándar de transmisión Wireless LAN de alta velocidad por el IEEE [22].

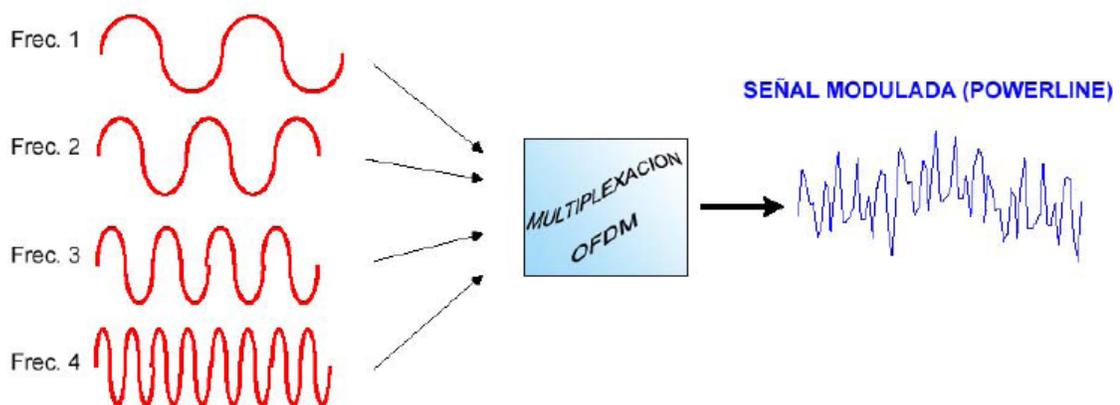


Figura.3. 1. Técnica OFDM utilizada en BPL.

3.2. MULTIPLEXACIÓN OFDM

OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) es una modulación de gran adaptabilidad a ambientes ruidosos, para combatir múltiples trayectos, de gran eficiencia en el uso del espectro de frecuencias traslapando cada sub-canal con la utilización de múltiples portadoras es capaz de entregar hasta normalmente una tasa de datos de 45Mbps (28 Mbps de bajada y 17 Mbps de subida).

En OFDM antes de realizar la combinación de cada una de las señales individuales, éstas son previamente desfasada para poder representar cada uno de los bits de señal, de esta manera, mediante la modulación de cada uno de los bits de la señal sobre señales individuales, permite que puedan transmitirse una gran cantidad de bits de información en una pequeña fracción de tiempo; así se consigue maximizar la transmisión de bits, a la vez que se minimiza el tiempo necesario para su transmisión, es decir se consigue incrementar la tasa de transferencia. Este proceso de modulación de cada uno de los bits de la señal está representado en la Fig. 3.2.

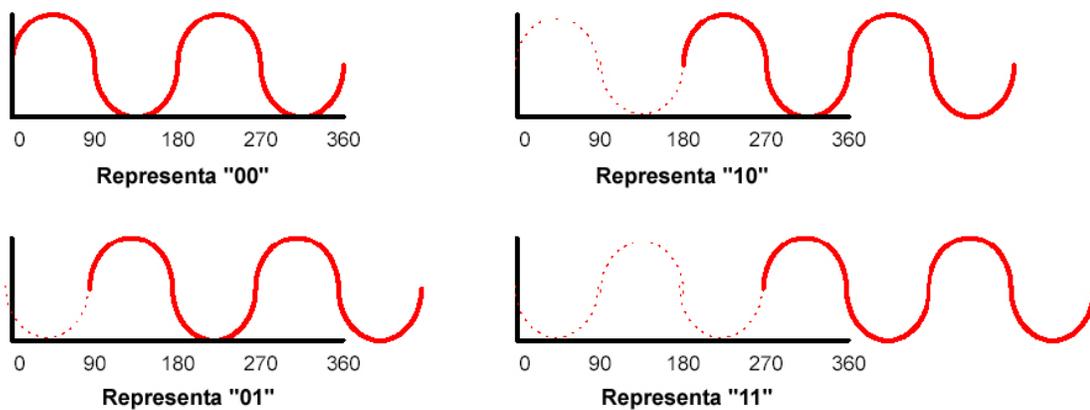


Figura.3. 2. Representación de bits.

Una vez que cada una de las señales es modulada según una variación de fase, éstas en su conjunto son combinadas mediante la técnica OFDM de tal manera que cada una de las señales que representan cada bit quedan embebidas en una única que representa el conjunto de bits que van a ser transmitidos, proceso representado en la Figura.3.3.

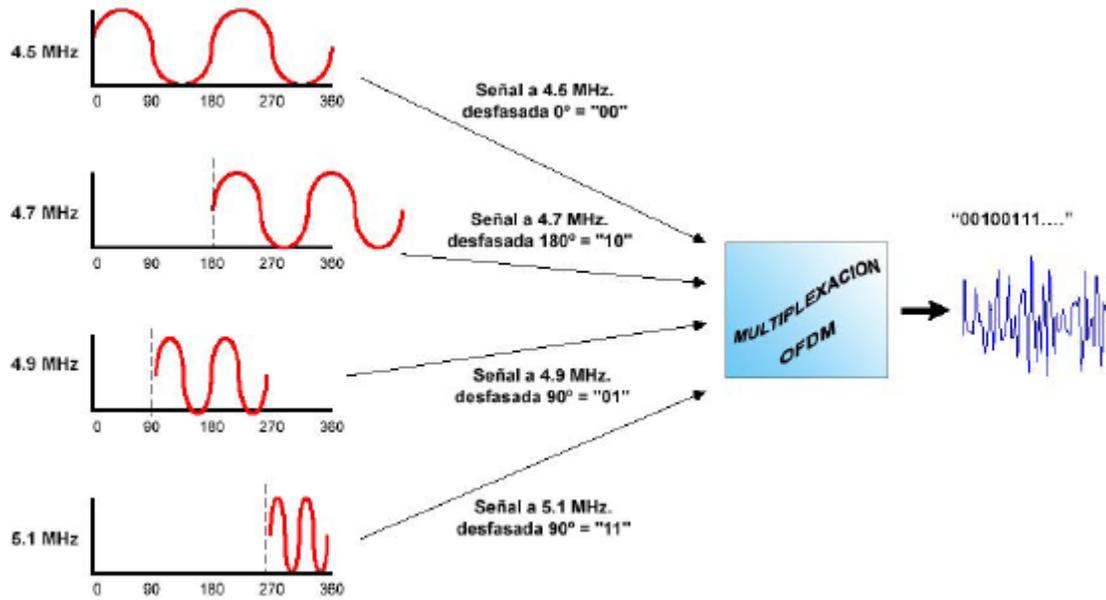


Figura.3. 3. Modulación de los bits de la señal

Como se observa en la Fig.3.4, BPL permite modular bits sobre 84 señales individuales dentro de diferentes frecuencias que abarcan un rango que va desde los 4 a los 21 MHz, lo que hace de esta tecnología una de las soluciones más rápidas.

Gracias a la utilización de la técnica de multiplexación OFDM, se puede dar solución al envío de elevadas tasas de datos, quedando por solventar el problema de cómo conseguir que sea posible esta transmisión de alta velocidad en un entorno tan hostil como son las líneas eléctricas. Así, queda claro que cada una de las señales moduladas, representa, en el dominio de la frecuencia una única posición, es lo por tanto lo que comúnmente se denomina carrier.

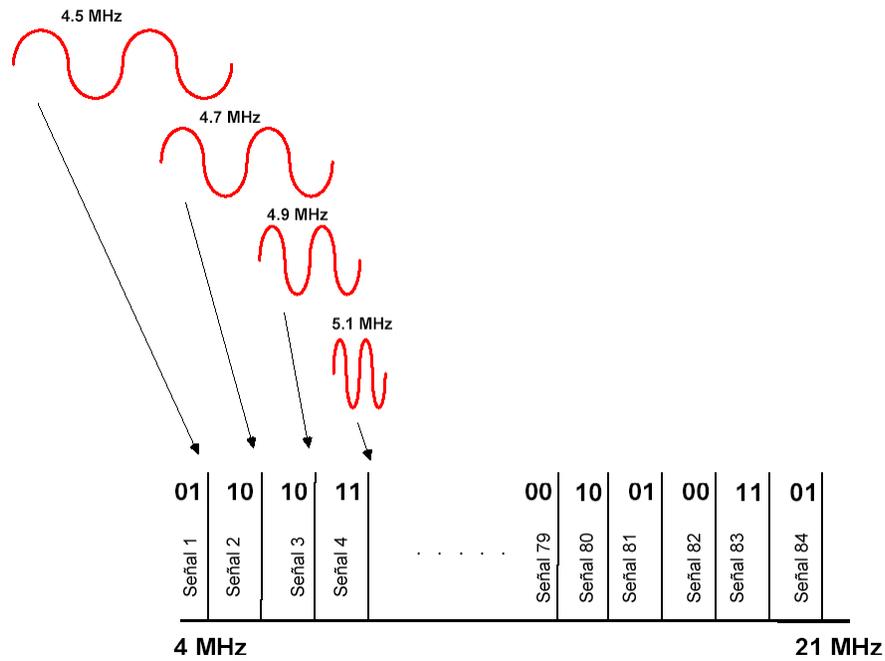


Figura.3. 4. Modulación de 84 bits.

Las formas multiplexadas mediante OFDM, son generadas habitualmente mediante la utilización de IFFT. Así pues la salida de la IFFT es una señal en el dominio del tiempo denominada símbolo OFDM. Este proceso de conversión entre el dominio de la frecuencia y el del tiempo queda reflejado en la Figura.3.5.

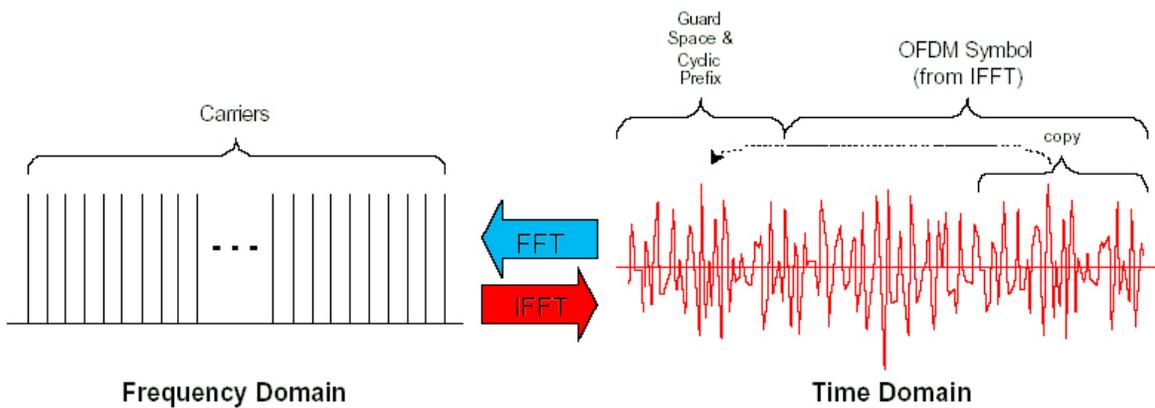


Figura.3. 5. Conversión entre dominio frecuencia y tiempo.

3.3. ADECUACIÓN DE LA SEÑAL AL MEDIO (FUNCIÓN DE TRANSFERENCIA).

Si tenemos en cuenta a la función de transferencia de la Fig. 3.6, se puede observar como unas frecuencias van a estar altamente atenuadas, mientras que otras prácticamente van a estar, o lo que es lo mismo, que frecuencias van a presentar problemas para su transmisión y cuales no lo van a tener.

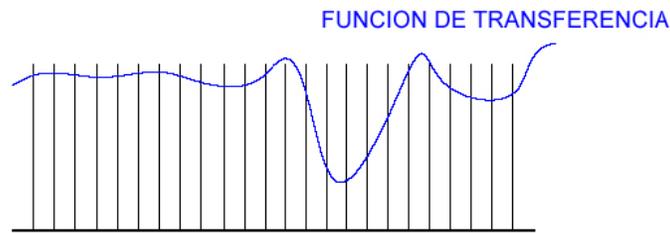


Figura.3. 6. Función de transferencia.

Por lo tanto, lo ideal sería poder adaptar la transmisión a la función de transferencia que se tuviera en cada momento, y para ello, la solución pasa por fijar un umbral que asegure la correcta transmisión de la señal, de tal manera que si la atenuación fuera muy alta para la correcta transmisión de la misma, este fuera suprimida por el sistema. Powerline, lo que hace es monitorear continuamente la línea de transmisión a fin de poder detectar las posibles variaciones que se pudieran dar y que lógicamente van a afectar a la función de transferencia, de tal manera que envíe y suprima señales según el momento. Así se consigue que una línea de potencia se convierta en un medio de transmisión de alta velocidad pero también seguro en cuanto a la correcta transmisión de la información.

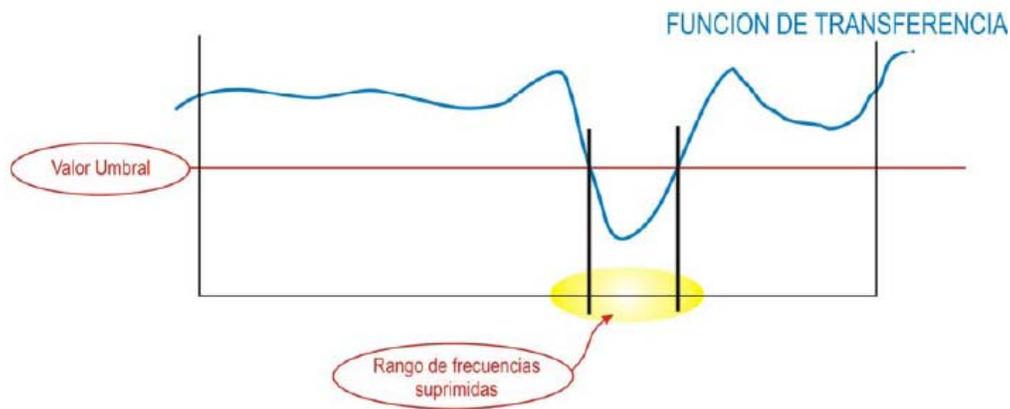


Figura.3. 7. Utilización del valor umbral para la emisión.

Esto permite una gran flexibilidad a la hora de poder utilizar la red eléctrica compartida con otras señales, bastando una regulación en materia de fijar rangos de frecuencia para la emisión de distintas señales, con lo que podrán convivir en el mismo medio sin ningún problema.

3.4. MECANISMO DE TRANSMISIÓN

BPL utiliza dos portadoras, una física y otra virtual, de tal manera que la física es la encargada de la transmisión propiamente dicha mientras que la virtual no es más que una señal de sincronización que permite conocer si el medio está ocupado.

En cuanto a la trama de transmisión utilizada en BPL, ésta consiste en un delimitador inicial, un núcleo y un delimitador final de la trama, tal y como aparece reflejado en la Fig. 3.8.

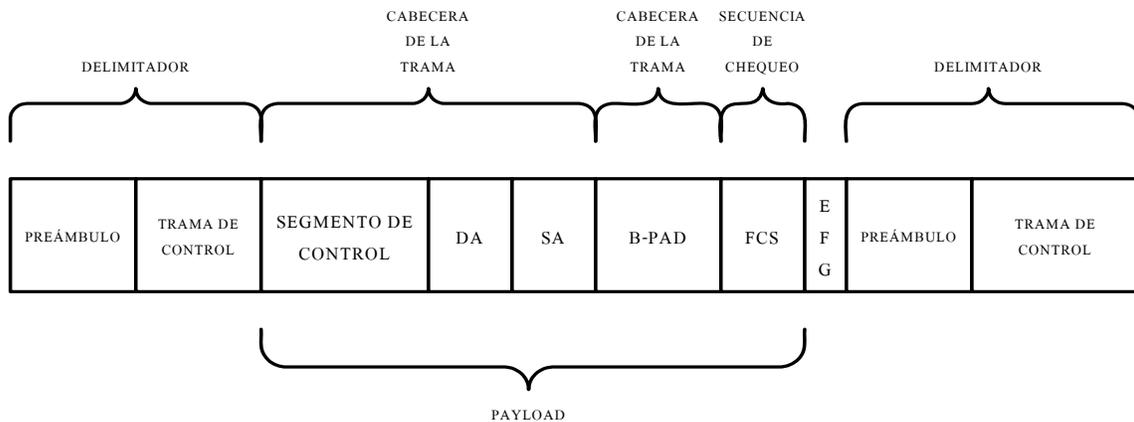


Figura.3. 8. Trama Powerline.

La información colocada en el campo de la trama de control de cada uno de los delimitadores, es la que permite al receptor determinar por cuanto tiempo va a estar ocupado ese canal para esa transmisión, incluso si el receptor perdiera la sincronización (portadora física) de la trama.

De esta manera, las colisiones no van a poder ser detectadas durante la transmisión debido al amplio rango de frecuencias del sistema, por lo que las colisiones del sistema serían detectadas únicamente como la ausencia de una señal esperada por parte del destinatario. En cuanto al acceso al medio éste está basado en un método aleatorio similar al utilizado por la

tecnología Ethernet, implementado con la técnica de paso de testigo [23] y complementado por la existencia de un bit de nivel de prioridad, permitiendo una gestión, en principio, bastante eficaz al problema de las colas.

Así mismo se ha implementado la función de segmentación de las tramas de tal manera que se segmentan aquellas tramas que excedan una determinada duración y que pudieran hacer que las tramas de alta prioridad se vieran obligadas a esperar en cola hasta que otras de menor importancia y elevada longitud se terminaran de transmitir, con lo que las tramas de alta prioridad pueden enviarse entre la transmisión de una trama segmentada de menor importancia.

3.5. GESTIÓN DEL SISTEMA

3.5.1. Transmisión de datos y administración

Los segmentos de la red son construidos fuera de las subestaciones, en la red de medio voltaje:

- ⊕ En puntos regulares: la señal de datos puede ser repetida (aumentada) desacoplándola inductivamente, amplificándola con un nodo repetidor y luego reacoplándola nuevamente a la línea de medio voltaje.
- ⊕ En un punto cualquier en donde un transformador de medio voltaje esté localizado, la señal de datos puede ser transferida a la línea de bajo voltaje para ser entregada al usuario final desacoplándola inductivamente, administrándola con un nodo repetidor y reacoplándola inductivamente o capacitivamente a la línea de medio voltaje.
- ⊕ Incumbencias con la seguridad e integridad de los datos son considerados y diseccionados a todos los niveles del sistema.

3.5.2. Build out and Expansion.

El ambiente en el cual el sistema trabajará deberá ser diseñado para permitir instalaciones secuenciales y expansiones que correspondan con la demanda del consumidor. Las mayores ventajas de este tipo de implementación son la minimización de costos, tiempos cortos entre inversión, realización de réditos y la reducción de pagos por operación y mantenimiento. Por ejemplo, como la red es primero desplegada y la densidad de usuarios es baja, es más redituable “puentear” segmentos de la red a puntos específicos en la red de

distribución de medio voltaje. Cuando el número de usuarios aumenta, switches y routers pueden ser utilizados para maximizar el ancho de banda disponible para cada uno de ellos.

Para mantener banda ancha con una alta densidad de usuarios, cableado adicional o anillos inalámbricos de conectividad pueden utilizarse segmentando la red en nuevas celdas.

3.6. INTERFERENCIAS Y RUIDOS [24]

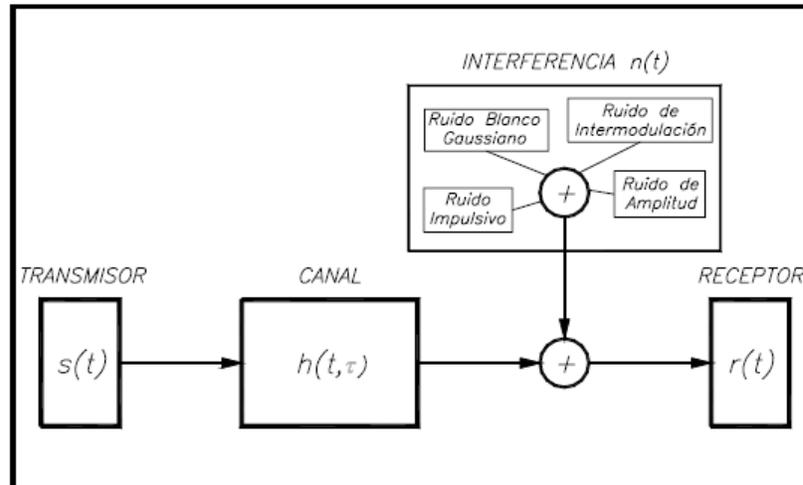


Figura.3. 9. Escenario de interferencia.

Una vez que se puede adaptar la emisión de la señal a una función de transferencia correcta el siguiente paso es afrontar con éxito otro problema muy común en las líneas de transmisión eléctrica: la existencia de fuentes generadoras de ruidos en la red, que van y vienen a elevada velocidad y que no podrían ser detectadas con la suficiente velocidad por el sistema, a fin de variar los parámetros de emisión. El ruido puede provocar errores en la comunicación de datos; se puede definir al ruido como "señales eléctricas indeseables que introducen el equipo o las perturbaciones naturales y degradan el rendimiento de una línea de comunicaciones". Para la comunicación de datos, los errores causados por ruido se manifiestan como bits adicionales o faltantes, o como bits cuyos estados se invierten.

Estas señales pueden generarse en cualquier momento, tienen una duración de por lo menos de $1 \mu\text{s}$. y dado que la transmisión de datos se produce, por ejemplo, a 14 Mbps, una interferencia de $1 \mu\text{s}$. puede convertir la señal de datos en un conjunto de bits "basura" rápidamente. Fuentes de este tipo pueden ser equipos tan corrientes como lámparas halógenas

[25] en el momento de encendido y apagado, por lo que es éste un punto muy delicado, ya que se está frente a equipos que pueden encontrarse fácilmente conectados a la red eléctrica de cualquier edificio/vivienda.

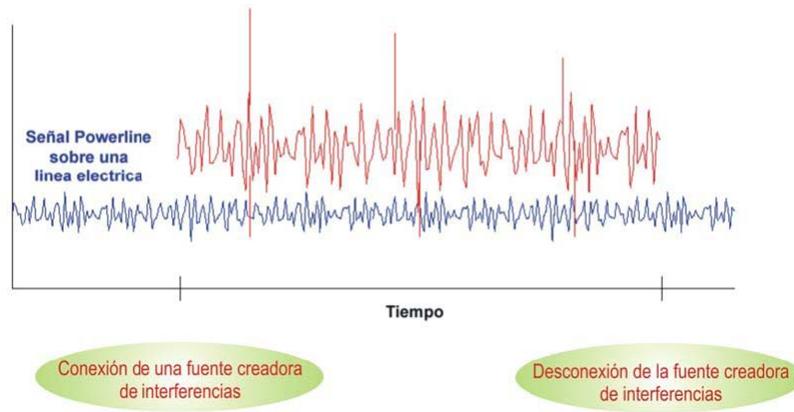


Figura.3. 10. Ejemplo de las interferencias con las que ha de cohabitar una señal *Powerline*.

A fin de evitar estos problemas, BPL utiliza “Forward Error Correction” similar al que se puede encontrar en la telefonía móvil o en los reproductores de CDS entre otras, ya que en general cualquier aplicación donde los datos puedan corromperse por efecto del ruido u otras interferencias, integran este tipo de tecnología.

Así se pueden encontrar implementados métodos de corrección de errores tales como codificadores/decodificadores Reed Solomon o Viterbi que por separado o bien juntos combinados en serie son capaces de “reconstruir” la cadena de bits dañada; todos estos sistemas están basados en la emisión de bits de protección de manera aleatoria de tal manera que cualquier señal que pudiera interferir en la señal de datos tenga una probabilidad de no dañar precisamente uno de esos bits de protección que haría imposible la reconstrucción de la señal. Todo esto adaptado lógicamente para las líneas de potencia asegurando que los bits de protección lleguen correctamente.

3.6.1. Escenarios de interferencia típicos

- ↳ **Ruido blanco o gaussiano:** Es debido a la agitación térmica de los electrones en la línea de transmisión, o a la inducción de líneas eléctricas adyacentes. Se considera inevitable, pero por lo general no es un problema a menos que su nivel sea muy

elevado. Ejemplos de este tipo de ruido los tenemos en el ceceo de fondo o estática conocido en radios y teléfonos.

- ⊕ **Ruido de impulsos o agujas**, se muestra en la Fig. 3.11, es el principal causante de errores en la comunicación de datos. Es identificado como un "clic" durante las comunicaciones de voz. Este ruido provoca un error de ráfaga en donde dependiendo de la tasa de transferencia de información y la duración del impulso puede cambiar desde 1 o 2 bits, hasta decenas o centenas de estos. Las principales fuentes de estos ruidos son cambios de voltajes en líneas adyacentes, falsos contactos y arcos eléctricos en los interruptores o relevadores en las oficinas telefónicas antiguas.

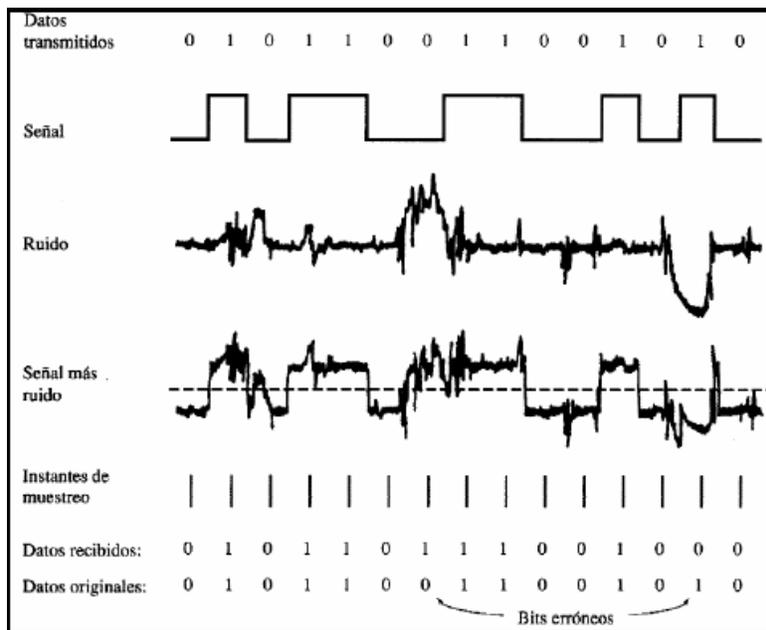


Figura.3. 11. Ruido Impulsivo

- ⊕ **Ruido de intermodulación:** Se produce cuando las señales de dos líneas independientes se intermodulan y forman un producto que cae dentro de una banda de frecuencias que difiere de ambas entradas, pero que puede caer dentro de una banda de una tercera señal. Un módem mal ajustado puede transmitir un tono de frecuencia intenso cuando no está transmitiendo datos, produciendo así este tipo de ruido.

- ⊃ **Ruido de amplitud:** Este ruido comprende un cambio repentino en el nivel de potencia, y es causado por amplificadores defectuosos, contactos sucios con resistencias variables, cargas agregadas repentinas porque se conmuten nuevos circuitos durante el día y por labores de mantenimiento. El ruido de amplitud no afecta las técnicas de modulación de frecuencia debido a que el equipo transmisor y receptor interpretan la información de frecuencia e ignoran la información de amplitud.

3.7. BPL Issues

Las interferencias características asociadas con BPL pueden dividirse en dos amplias categorías: conducida y radiada. De acuerdo al reporte de la FCC, los sistemas de acceso BPL son eximidos de los límites de emisión conducidas, reglas FCC Parte 15, porque las mediciones de emisiones representan un peligro seguro debido a los 1 – 40 kilovoltios de energía en las líneas de poder. En lugar de, la FCC ha enfocado requisitos en el acatamiento con la emisión irradiada establecida.

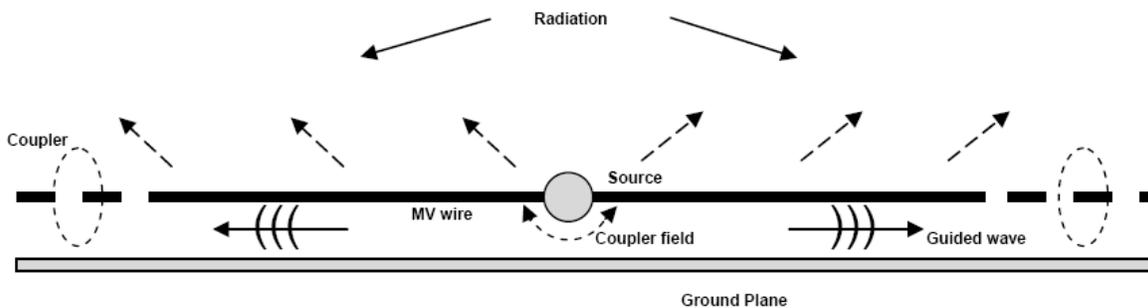


Figura.3. 12. Modelo Electromagnético BPL

Las interferencias producidas por BPL pueden ser categorizadas en dos grupos distintos: radiaciones de campo cercano y de campo lejano

- ⊃ Interferencia de campo cercano: Es definida como la región cerrada de una antena en donde el campo de distribución angular es dependiente acerca de la distancia de la antena.
- ⊃ Interferencia de campo lejano: Es definida como “la región comúnmente tomada a la distancia D más grande que $\frac{2D^2}{\lambda}$ de la fuente, donde es λ es la longitud de onda.

Como se presenta en la Fig. 3.11, el resultado de los campos electromagnéticos BPL es colocado en tres categorías: modo guiado, modo radiado; y modo acoplador.

El modo guiado es responsable por transportar la señal de energía a través de la línea de poder. Esta energía es conocida por caerse rápidamente en las direcciones perpendiculares pero despacio a lo largo de su longitud. La radiación representada en la Fig. 3.12 lleva energía al vacío y no tienen un propósito constructivo en los sistemas BPL. Esta radiación, sin embargo, puede ser fuente de efectos de interferencias de largo alcance porque los campos se descomponen relativamente despacio a aproximadamente al inverso de la distancia entre dos nodos.

Los efectos del campo cercano persisten a lo largo de la longitud completa del alambre y no son restringidos; sólo a las inmediaciones inmediatas del acoplamiento. Los efectos de campo lejano pueden ser muy problemáticos porque las emisiones de alta Frecuencia a diferencia de las microondas pueden viajar miles de kilómetros vía rebotes ionosféricos.

La propagación de interferencias BPL a través de la ionosfera puede tener implicaciones de seguridad nacional, tratados internacionales e incluso de carácter comercial.

Para reducir estas peligrosas interferencias en estas frecuencias, los alambres telefónicos son blindados y retorcidos. Sistemas de cables también emplean cables blindados por las mismas razones. Sin embargo, los cables de energía eléctrica no son blindados y como es de esperarse pueden comportarse como un sistema de antenas de amplia cobertura, por ejemplo cubrir una ciudad o más, que irradia energía HF aplicada. Estas importantes consideraciones han abierto discusiones públicas durante el proceso de la FCC Notice of Inquiry (NOI). Adicionalmente la frecuencia base de BPL y sus armónicos son otra área donde las incumbencias han sido planteadas.

La frecuencia de la onda seno en BPL es denominada frecuencia fundamental del primer armónico. El segundo armónico ocurre a dos veces de la frecuencia fundamental la tercera es tres veces y así sucesivamente. Un sistema BPL operando, por ejemplo a 10 MHz en el primer armónico puede producir un segundo armónico en 20 MHz y un tercero en 30 MHz. etc.

En comentarios [26] a la FCC, la academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos, notó que “señales estudiadas por radioastrónomos *earth-based*, son extremadamente débiles y vulnerables a interferencias de sistemas como el BPL. Un típico radio telescopio recibe menos de 1×10^{-12} (un trillón) de watts de la fuente cósmica mas fuerte. Por lo tanto los receptores de radio astronomía son especialmente vulnerables a interferencias de emisiones en banda, esporádicas y emisiones fuera de banda de usuarios con o sin licencia de bandas vecinas y transmisiones que producen emisiones de armónicos que pueden ocurrir en bandas de radio astronomía”.

Por ultimo, aunque por ello no menos importante, existen numerosas preguntas respecto a la viabilidad económica de BPL como el tercer alambre. Satélites, DSL, cable, FTTH tienen instalados más bases que BPL. Adicionalmente Wi-Fi y la interoperabilidad mundial de Wi-Max son generalmente vistos dentro de la industria de las Telecomunicaciones como los candidatos más populares a ser el tercer alambre, mucho más que BPL. No obstante, los defensores de BPL están buscando activamente compartir el mercado lucrativo de los proveedores de servicios de Internet.

3.7.1. Interferencia Electromagnética

Los componentes de una interferencia BPL incluyen: onda en el cielo (3-30MHz), onda espacial (0.1-30MHz); y onda terrestre (0.1-3MHz). Las ondas terrestre y espacial incrementan la posibilidad de que existan interferencias en los servicios de radio de diez o muchas veces cientos de kilómetros debido al efecto acumulativo de un gran número de sistemas BPL. Transmisiones en onda corta internacional son también amenazadas por el incremento potencial del ruido estacionario.

La habilidad de conseguir comunicaciones satisfactorias depende del radio entre la señal requerida y el ruido. La señal ruido está formada de cuatro componentes: ruido receptor generado internamente, ruido atmosférico, ruido ocasionado por el hombre y ruido galáctico o cósmico. El estándar usual para servicios de radiocomunicaciones no seguros considera una relación señal-ruido de 6 dB consiguiendo incrementar el nivel de ruido no más de 1dB. La creación de interferencia electromagnética es un obstáculo que BPL necesita superar para

desarrollarse como una tecnología exitosa. Alrededor del mundo, se han comenzado a evaluar las instalaciones BPL, para verificar que los niveles de radiación no excedan de los límites autorizados. En Estados Unidos, la NTIA ha realizado, pero no ha sido publicado, un estudio de los efectos acumulativos de sistemas BPL desarrollados en las ciudades más grandes alrededor del mundo sobre el espectro de alta frecuencia.

3.8. SEGURIDAD

Como en cualquier medio de transmisión de datos público, siempre va a existir el problema de la seguridad en la transmisión. Se parte de que múltiples viviendas van a compartir un mismo centro de transformación, esto es, van a compartir una misma línea eléctrica, y sobre todo la propia estructura de la red eléctrica: “la transmisión de datos de un propietario va a circular por la vivienda de otro”, no obstante, BPL ha considerado la manera de que se minimice la cantidad de información que pueda transmitirse por las líneas de otros propietarios.

Los datos transmitidos sobre sistemas BPL necesitan ser encriptados si se quiere prevenir que otros usuarios en la misma red los intercepten. Los Sistemas de acceso BPL utilizan un medio compartido en donde múltiples (5 o más) casas están asociadas con un único transformador. La señal de propagación BPL opera de la misma manera que en una red LAN que realiza detección e interceptación de transmisiones simples vecinas. El propio hardware para la implementación física de BPL debe incluir mecanismos de encriptación, así todos y cada uno de los paquetes son encriptados antes de su transmisión a la red eléctrica; de esta manera cada uno de los usuarios vería la señal del otro como mero ruido. Esto se logra a partir de que cada usuarios tiene una “llave” única para la decodificación de sus señales, de tal manera que todo lo que se transmita en su propia LAN será visible para él mientras que no lo será para el resto de los usuarios. Como ejemplo de encriptación en BPL está el estándar producido por HomePlug Powerline Alliance, utiliza 56-bit Data Encryption Standard (DES) o 128-bit Advanced Encryption Standard (AES).

3.8.1. *Data Encryption Standard*

Creado en 1976, DES es un algoritmo prototipo del cifrado por bloques, toma un texto en claro de una longitud fija de bits y lo transforma mediante una serie de complicadas operaciones en otro texto cifrado de la misma longitud; el tamaño del bloque es de 64 bits. DES utiliza también una clave criptográfica para modificar la transformación, de modo que el descifrado sólo puede ser realizado por aquellos que conozcan la clave específica utilizada en el cifrado. La clave mide 64 bits, aunque en realidad, sólo 56 de ellos son empleados por el algoritmo. Los ocho bits restantes se utilizan únicamente para comprobar la paridad, y después son descartados. Por tanto, la longitud de clave efectiva en DES es 56 bits, y así es como se suele especificar. Al igual que otros cifrados de bloque, DES debe ser utilizado en el modo de operación de cifrado de bloque si se aplica a un mensaje mayor de 64 bits.

Hoy en día, DES se considera inseguro para muchas aplicaciones. Esto se debe principalmente a que el tamaño de clave de 56 bits es corto; las claves DES se han roto en menos de 24 horas. Existen también resultados analíticos que demuestran debilidades teóricas en su cifrado, aunque son inviables en la práctica. Se cree que el algoritmo es seguro en la práctica en su variante de Triple DES, aunque existan ataques teóricos. Desde hace algunos años, el algoritmo ha sido sustituido por el nuevo AES (Advanced Encryption Standard).

3.8.2. *Advanced Encryption Standard*

AES tiene un tamaño de bloque fijo de 128 bits y tamaños de llave de 128, 192 ó 256 bits. La clave se expande usando el esquema de claves de Rijndael. La mayoría de los cálculos del algoritmo AES se hacen en un campo finito determinado. AES opera en una matriz de 4×4 de bytes, llamada state. Para el cifrado, cada ronda de la aplicación del algoritmo AES (excepto la última) consiste en cuatro pasos:

- ♣ **SubBytes** en este paso se realiza una sustitución no lineal donde cada byte es reemplazado con otro de acuerdo a una tabla de búsqueda fija de 8 bits S , $b_{ij} = S(a_{ij})$.

- ⊗ **ShiftRows** en este paso, mostrado en la Fig. 3.14, se realiza una transposición donde cada fila del state es rotada de manera cíclica hacia la izquierda un número determinado de veces diferente para cada fila.
- ⊗ **MixColumns** operación de mezclado que opera en las columnas del «state», combinando los cuatro bytes en cada columna usando una transformación lineal. En otras palabras, cada columna del state es multiplicada por un polinomio constante $c(x)$.
- ⊗ **AddRoundKey** cada byte del «state» es combinado con la clave «round»; cada clave «round» se deriva de la clave de cifrado usando una iteración de la clave utilizando una operación XOR como se muestra en la Fig. 3.15.
- ⊗ La ronda final reemplaza la fase MixColumns por otra instancia de AddRoundKey.

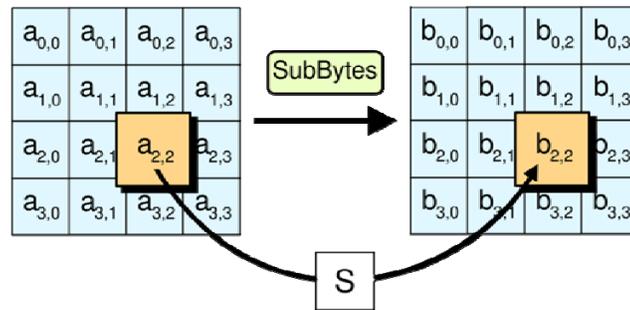


Figura.3. 13. Fase SubBytes

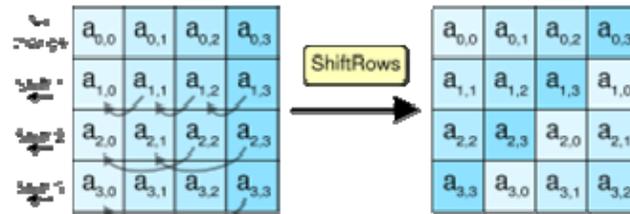


Figura.3. 14. Fase ShiftRows

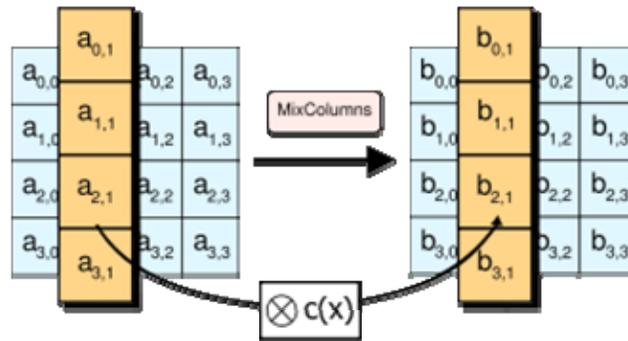


Figura.3. 15. Fase MixColumns

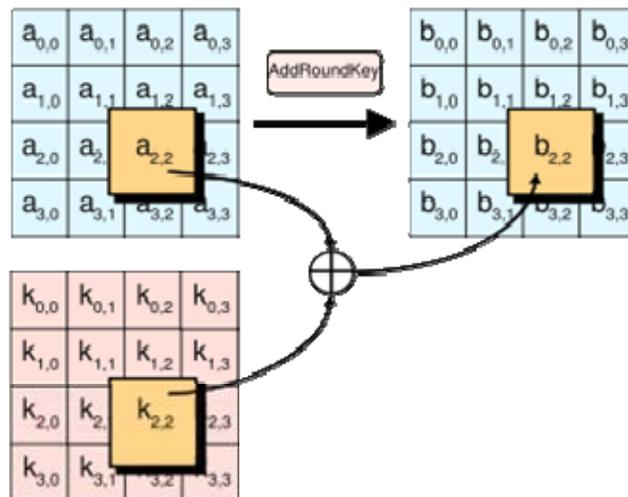


Figura.3. 16. Fase AddRoundKey

3.8.3. Prioridades

La seguridad en sistemas BPL debe ser obligatoria para garantizar fiabilidad y brindar servicios de calidad. Debido a lo crítico de los servicios eléctricos y las regulaciones que existen por parte de los organismos de regulación respecto a la calidad de servicio, la prioridad será entregar energía eléctrica en cualquier caso.

Muchos de los equipos que se utilizan para redes BPL poseen autenticación y separación de la capa física 1 y 2, por ejemplo, un CPE que no pertenece a una red no podrá decodificar el código de otro usuario; además, al comunicarse con la estación master no será autenticado.

➤ **Para la instalación de sistemas BPL**

- a) Los límites de emisiones radiadas en una instalación BPL debe seguir lo estipulado mediante la FCC, Part 15 § 15.209 usando un detector QP especificando lo siguiente:

Ejemplo:

FRECUENCIA	ANCHO DE BANDA	LIMITE DE EMISIONES RADIADAS
1 a 30 MHz	9 kHz	30 $\mu\text{V/m}$ (29.59 dB $\mu\text{V/m}$) a 30 m.
30 a 88 MHz	120 kHz	100 $\mu\text{V/m}$ (40 dB $\mu\text{V/m}$) a 3 m.

Tabla.3. 1. Ejemplo de límites de emisiones Radiadas

Las emisiones radiadas deben ser medidas utilizando las recomendaciones FCC Part 15, 15.31, 15.33 & 15.35.

➤ **Para el desarrollo de sistemas BPL, deben ser adoptadas dos medidas de seguridad:**

- ⤵ Seguridad en los sistemas de distribución eléctrica y servicios
- ⤵ Seguridad en los sistemas BPL propiamente.

3.8.4. Requerimientos de seguridad para sistemas de distribución eléctrica y servicios.

- a) Todos los dispositivos BPL, componentes activos o pasivos deben ser certificados por el o los organismos respectivos. En el Ecuador este papel le corresponde a la Superintendencia de Telecomunicaciones que es el organismo que homologa el trabajo en conjunto con el Consejo Nacional de Electrificación encargado de regular los armónicos que se producen en la red eléctrica.
- b) Solo personal calificado con las respectivas precauciones estará permitido de dirigir, supervisar el mantenimiento, y las actividades de operación de la puesta en práctica de un sistema BPL.

- c) Después de la instalación completa del sistema los dispositivos BPL deben ser sometidos a pruebas de acuerdo con los requerimientos de un test adecuado; así mediante los resultados se podrá conocer el rendimiento y los estándares requeridos.
- d) Los sistemas BPL debe ser diseñados e implementados en segmentos con el propósito de una operación apropiada a través de un mantenimiento viable que minimice las perturbaciones en los elementos de distribución de electricidad en caso de actualización o decomisos del sistema.
- e) Un Network Managment System debe ser incorporado dentro de una red BPL para una fácil operación y un manejo eficiente de los elementos de la red.
- f) Los usuarios de BPL no deben ser capaces de tener acceso a ningún elemento o sistema de la red eléctrica de distribución, ya sea física o virtual.
- g) El acceso o conexión a la red BPL debe hacérselo estrictamente a través de un CPE y la toma de corriente de 220 o 120 [V]. Está prohibido cualquier modificación física a las líneas de poder para ganar acceso o conectividad a la red BPL

3.8.5. Requerimientos de seguridad para sistemas BPL

- a) A un CPE se le permite acceder cualquier red BPL con su propio login y con procedimientos de autenticación determinados en dicha red.
- b) El servicio de activación, desactivación, instalación y actualización del software de operación de los usuarios de CPE's deben estar disponibles a través de un NMS ISP o mediante un NMS BPL
- c) Por defecto a un cliente CPE no le es permitido comunicarse directamente con otro en la misma red BPL.
- d) Personas que no son usuarios CPE no están permitidos de recibir tráfico direccionado unicast de otros clientes CPE's en una misma red BPL.
- e) Encriptación. Una "activación por defecto" es posible.

3.8.6. Requerimientos de seguridad durante instalación, operación y mantenimiento

General

- a) La seguridad del personal y del equipo involucrado durante la instalación, operación y mantenimiento de sistemas BPL debe ser altamente considerada debido a que el ambiente de trabajo incluye infraestructura eléctrica y es totalmente diferente de una infraestructura de telecomunicaciones normal.

3.8.7. Requerimientos en equipos BPL

- a) El equipo BPL debe cumplir con los requerimientos que determine el organismo controlador en cada país.

Todos los equipos BPL deben acatar los siguientes requerimientos:

3.8.8. Pautas de seguridad en sistemas BPL sobre la marcha

Instalación Pública

- a) Ningún sistema BPL podrá funcionar en cualquier instalación pública sin que antes haya obtenido por escrito la aprobación del organismo competente para el otorgamiento de licencias. En nuestro país organismo competente es el Ministerio de Electricidad y Recursos Renovables.
- b) Deben acatar las normas y regulaciones publicadas por el organismo competente antes de la puesta en marcha del sistema.

Instalación Privada

- a) Ningún sistema BPL podrá funcionar en cualquier instalación privada sin la debida autorización por escrito del dueño. En el caso de arrendamiento de la red debe presentarse el debido contrato.

3.8.9. Requerimientos de calidad en el servicio

- a) Un estándar de calidad de servicio debe ser creado para asegurar que los usuarios ofrezcan comentarios satisfactorios en cuanto a cómo opera la red utilizada.

3.9. SECURITY ISSUES

Los sistemas de acceso BPL utilizan un medio de comunicación compartido en donde múltiples casas, 5 o más por ejemplo, son asociadas a un solo transformador. La señal de propagación BPL opera al igual que en una red LAN del tal manera que la detección e interceptación de transmisiones vecinas es simple. Estos sistemas pueden también sufrir interrupción o degradación del servicio por la operación de transmisiones HF locales de manera que se producen resultados similares a una negación, es decir, no existiría un ataque al servicio. Actualmente, los sistemas de seguridad han comenzado a ser direccionados mediante comités de estándares en la IEEE y otras organizaciones.

3.10. ALGUNAS SOLUCIONES PARA PROBLEMAS BPL

➤ Transformadores

- ⤿ Se requiere de un Bypass en paralelo para que los datos pasen por el transformador. Tener en cuenta el costo de los mismos ya que puede no ser significativo.

➤ Líneas de transmisión

- ⤿ Tomar en cuenta el estado de la red (corrosión, malos empalmes o extremado número de derivaciones) ya que se generen reflexiones, y atenuaciones que disminuyan significativamente la calidad del servicio.

➤ Seguridad y privacidad

- ⤿ Topología de transmisión “bus”, por lo que existe riesgo. Utilizar métodos de encriptación el para proteger a los abonados de dichos riesgos.

3.11. TOPOLOGÍAS

Son las configuraciones de interconexión que pueden tomar los módulos a comunicarse a través de la red eléctrica domiciliaria. Las topologías se clasifican en punto a punto y multipunto (Topologías en bus, estrella, anillo y malla). En el caso de BPL, múltiples módems son conectados en topologías bus o estrella. Para llevar a cabo la comunicación a través de un

ancho de banda compartido en las líneas de poder es necesario implementar un control de acceso al medio, ya que las comunicaciones basadas en líneas de poder no pueden tomar la forma de comunicación en bus simple como lo hace Ethernet, entonces, no es posible usar detección de colisiones como CSM/CD.

Cuando llegan transmisiones de datos individualmente a menudo se emplea CSMA/CD; sin embargo, cuando se ofrece un ancho de banda garantizado para transmitir información como flujos de video, se utilizan técnicas más sofisticadas como *polling* y paso del testigo.

3.12. SISTEMAS BPL HBRIDOS

Los sistemas BPL híbridos combinan las ventajas del ahorro en el costo al usar la infraestructura eléctrica existente con sus “vecinos de banda ancha” a nivel inalámbrico; tratando de aislar las señales de interferencias potenciales lo mas lejos posible del sector residencial.

3.12.1. WiFi

En la Fig. 3.17 se muestra la configuración de un sistema de acceso híbrido BPL – WiFi. Aquí WiFi se utiliza para proveer el ancho de banda al usuario. En esta configuración BPL llega a significar el proveedor de servicios de Internet “vecino en puntos críticos”. Las señales BPL de radio frecuencia no pueden ser aplicadas a las líneas de medio voltaje, que típicamente corre a través de los “vecinos”; BPL WiFi debe ser utilizada como un puente entre líneas subterráneas y líneas sobre tierra.

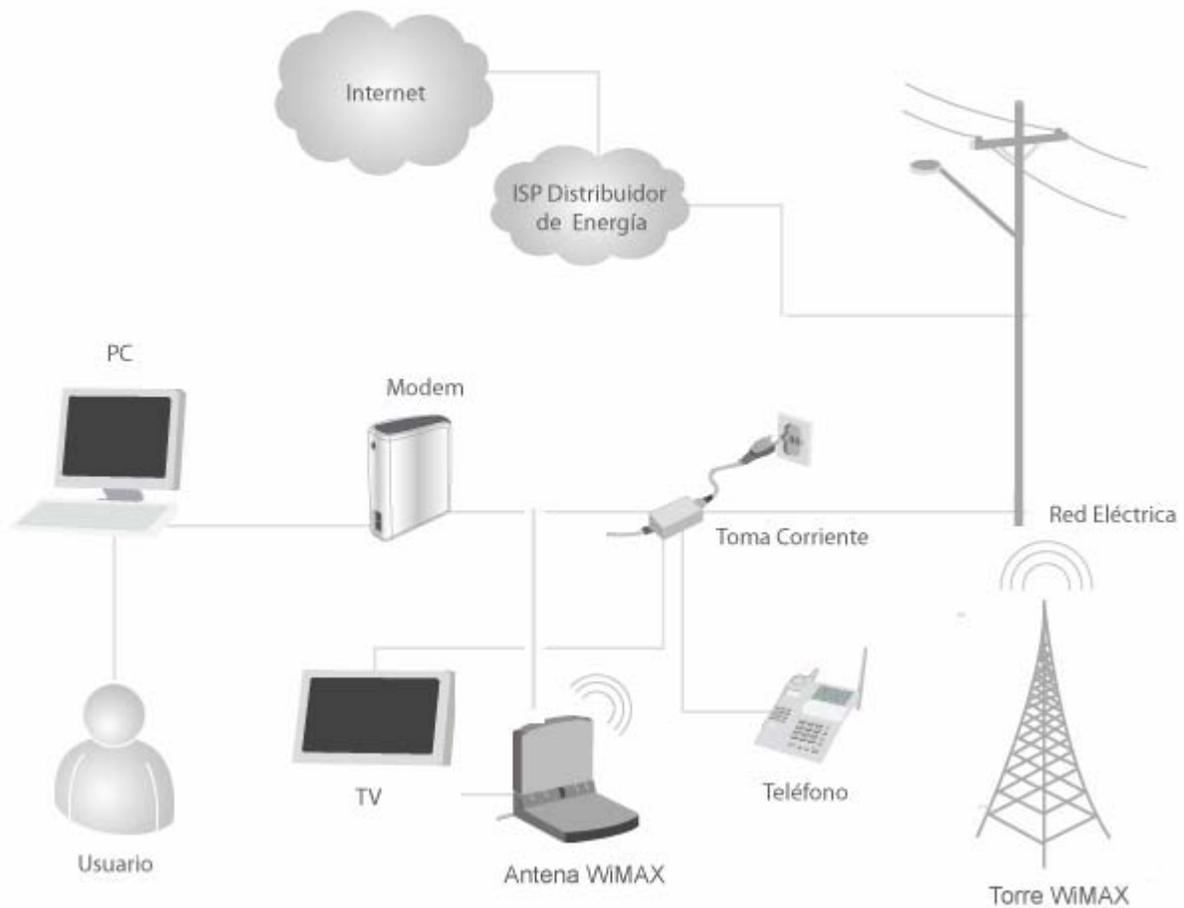


Figura.3. 17. Red híbrida WiFi-BPL.

Originalmente, Wi-Fi se refería únicamente a productos que conformaban el estándar IEEE 802.11b, que es el estándar para Wireless Lan operando en 2.4 GHz con un ancho de banda de 11 Mbps. Hoy en día WiFi puede aplicarse a productos que usan cualquier estándar IEEE 802.11 incluyendo: IEEE 802.11 (1-2 Mb/s), IEEE 802.11a (54 Mb/s), IEEE 802.11b (11 Mb/s), IEEE 802.11g (54 Mb/s), y IEEE 802.11n (500 Mb/s).

IEEE 802.11b utiliza ya sea FHSS o DSSS.

IEEE 802.11a está basado en OFDM y ha sido desplegado ampliamente en muchos negocios, aeropuertos, hoteles, agencias de gobiernos, escuelas y hogares como una alternativa conveniente. Los estándares 802.11 fueron diseñados para desempeñarse en redes inalámbricas indoor. Sin embargo, distribuidores de estos estándares desarrollaron sistemas

propietarios MAC y PHY para extender la capacidad a sistemas inalámbricos outdoor. Un ejemplo de un sistema que emplea OFDM en conjunción con WiFi es Amperion, Inc.

3.12.2. WiMAX

En adición a la serie de estándares IEEE 802.11 Wi-Fi, el grupo IEEE 802.16 también está considerando extenderse a BPL. WiMAX es un protocolo inalámbrico que fue intencionalmente diseñado para proveer capacidad en malla y backhaul, venciendo muchos de los problemas asociados con la implementación de puntos críticos de 802.11. Puede ser utilizado para redes de alta velocidad a distancias considerables.

3.13. EQUIPOS

Existen diferentes fabricantes de equipos tanto para las redes de acceso como para la red en el hogar, muchos de ellos los han diseñado y desarrollado fabricantes de suministros para redes de distribución eléctrica. La Fig. 3.18 nos muestra los más representativos.



Figura.3. 18. Algunos de los fabricantes más representativos BPL.

Los equipos que se mencionan pueden ser utilizados únicamente para sistemas BPL o para sistemas híbridos ya sean *indoor* u *outdoor*, sobre tierra o subterráneos; además son utilizados de acuerdo a las necesidades específicas de una red, por ejemplo, existen CPE's únicamente para datos y otros utilizados para voz y datos, como es el caso del ILV211 de Ileo subsidiaria de Schneider.

3.13.1. Motorola BPL LV

Motorola ha diseñado un sistema híbrido, como se muestra en la Fig. 3.18, que combina infraestructura inalámbrica con redes de usuarios que utilizan las líneas de bajo voltaje. El diseño básico está fundado en el uso de un grupo de *access point* inalámbricos, que utilizan frecuencias no licenciadas. Una unidad backhaul conecta la red inalámbrica a Internet cubriendo un rango mayor a 32.186 Km. El sistema solo requiere 3.6 Mb/s de conexión a Internet para soportar seis *access point*, lo que significa que el ancho de banda es dividido entre 1200 usuarios. Un puente es utilizado para transferir la conexión a Internet del sistema de distribución inalámbrica hacia las líneas de poder de bajo voltaje para poder llegar a los usuarios en casa, que utilizan la red eléctrica existente cableada como un LAN. El sistema de Motorola reduce interferencias en la banda HF restringiendo la aplicación de radio frecuencia solamente a las líneas de poder de bajo voltaje. No se utilizan líneas de medio voltaje. El sistema también utiliza filtros rechaza banda.

3.13.2. Elementos

Módem. – El módem BPL de la Fig. 3.20, lleva el acceso plug-and-play de banda ancha a cada usuario. La unidad se conecta a una fuente de poder AC y convierte la señal al protocolo Ethernet. La salida debe ser conectada directamente a una computadora o a un router en una oficina de uso múltiple o en un ambiente de hogar. Características adicionales incluyen soporte para seguridad en VLAN's, QoS, ancho de banda, elementos de administración y actualización de software.



Figura.3. 19. Módem Motorola para red híbrida.

Gateway.- Este dispositivo recibe la señal Ethernet del módem, la convierte en el protocolo HomePlug y la inyecta en el sistema de cableado de un edificio, oficina u hogar; así, la señal

es enviada a las unidades individuales o inquilinas a través del medidor master o mediante medidores individuales de los inquilinos. Un gateway compacto, mostrado en Fig. 3.21, puede fiablemente servir a 50 suscriptores o más simultáneamente, y pueden ser colocados en áreas severas sin construcciones normalmente en el sótano o en el closet eléctrico o telefónico.



Figura.3. 20. Gateway para red híbrida Motorola.

3.13.3. Corridor Systems Motorola Powerline LV

El sistema Corridor fue diseñado como un sistema BPL que opera completamente por encima del espectro HF de radio y es ofrecido como “un sistema libre de interferencias”. Opera en el rango de 800 MHz – 10 GHz. El sistema utiliza la cualidad de los chipset RF *off-the-shelf*, solución de bajo costo con alto rendimiento liberando información a través de las líneas de media tensión. Utiliza técnicas de transmisión que transfieren energía sobre un conductor simple de la línea de poder de media tensión, a frecuencias más arriba de la banda HF, esto previene los problemas de interferencia. La energía portadora de información es acoplada en y fuera del conductor mediante un dispositivo de lanzamiento idéntico a la figura 3.22, en cada externo del conductor. Este modo exhibe tres características: pérdidas mínimas, velocidad de propagación, que está cerca de la de la velocidad de la luz, y baja radiación.



Figura.3. 21. Técnica OFDM utilizada en BPL.

3.14. PRODUCTOS ILEVO

- ↳ Utilizados para redes de media y baja tensión.

3.14.1. ILV220, CPE -VozIP & Datos

Es un equipo para acceso a última milla usuarios finales de uso profesional y residencial. Puertos USB, ethernet.

Chipset	Tasa de transmisión	Modulación	Protocolos Capa 2	Seguridad
DS2	Mayor a 200 Mbps a través de interfase BPL	OFDM con 1536 portadoras subida/bajada simétricamente	Mac, Spanning Tree Protocol, Vlan, Sincronización de reloj, QoS dinámica, Priorización de tráfico, VoIP.	Autenticación, separación capa física, y de capa 2

Tabla.3. 2. Características ILEVO ILV220



Figura.3. 22. Equipo ILV220.

3.14.2. ILV201, Datos.

- ↳ Equipo de uso profesional y residencial. Puerto ethernet.

Chipset	Tasa de transmisión	Modulación	Protocolos Capa 2	Seguridad
DS2	Mayor a 200 Mbps a través de interfase BPL	OFDM con 1536 portadoras subida/bajada simétricamente	Mac, Spanning Tree Protocol, Vlan,, QoS dinámica, Priorización de tráfico.	Autenticación, separación capa física, y de capa 2

Tabla.3. 3. Características ILEVO ILV201



Figura.3. 23. Equipo ILV201.

3.14.3. ILV2100 Repetidor residencial

- ⊗ Repetición transparente de señales BPL en red de baja tensión.
- ⊗ Amplia la cobertura de una red BPL e incrementa la calidad de transmisión.
- ⊗ Puerto ethernet.

Chipset	Tasa de transmisión	Modulación	Protocolos Capa 2	Seguridad
DSS9001	Mayor a 200 Mbps a través de interfase BPL	OFDM con 1536 portadoras subida/bajada simétricamente	Mac, Spanning Tree Protocol, Vlan,, QoS dinámica, Priorización de tráfico.	Autenticación, separación capa física, y de capa 2

Tabla.3. 4. Características Repetidor Residencial



Figura.3. 24. Equipo ILV2100

3.14.4. Repetidores Intermedios “Outdoor”

ILV2110: División por tiempo

ILV2120: División por frecuencia

↻ Plataforma IP para aplicaciones tanto multimedia como de energía.

Chipset	Tasa de transmisión	Modulación	Protocolos Capa 2	Seguridad
DSS9002	Mayor a 200 Mbps a través de interfase BPL	OFDM con 1536 portadoras subida/bajada simétricamente	Mac, Spanning Tree Protocol, Vlan,, QoS dinámica, Priorización de tráfico.	Autenticación, separación capa física, y de capa 2

Tabla.3. 5. Características Repetidor “Outdoor”



Figura.3. 25. Equipo ILV2110/2120.

3.14.5. Sistema de Gestionamiento red BPL

☞ Iileo ofrece software de gestión para monitoreo de redes BPL

Aplicaciones in-home ILV7. IPTV sobre Cable, Dsl, FTTH, mostrado en la Fig. 3.26, es un adaptador IPTV BPL.

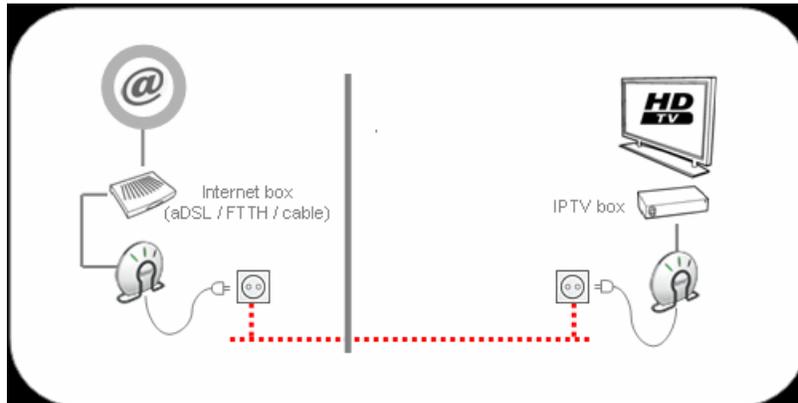


Figura.3. 26. Utilización equipo IPTV.

☞ ILV7000HE redes de oficina, conectividad con redes WiFi, VoIP, observado en la Fig. 3.27, redes de vigilancia mediante video.

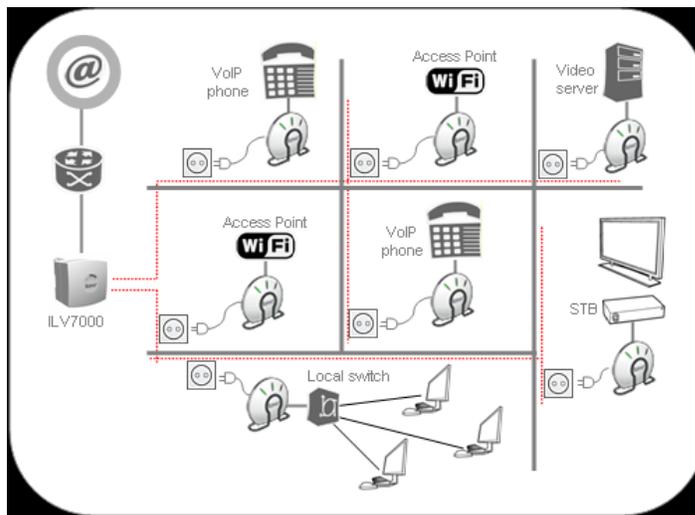


Figura.3. 27. Red BPL utilizando equipo ILV7000HE.

☞ ILEVO también ofrece acopladores, racks, TE (*transformer equipment system*).

3.15. CURRENT TECHNOLOGIES

CURRENT ofrece soluciones BPL para sistemas de distribución: Overhead y Underground (URD). Cada una de estas soluciones tiene una arquitectura ligeramente diferente como se muestra en la Fig. 3.28.

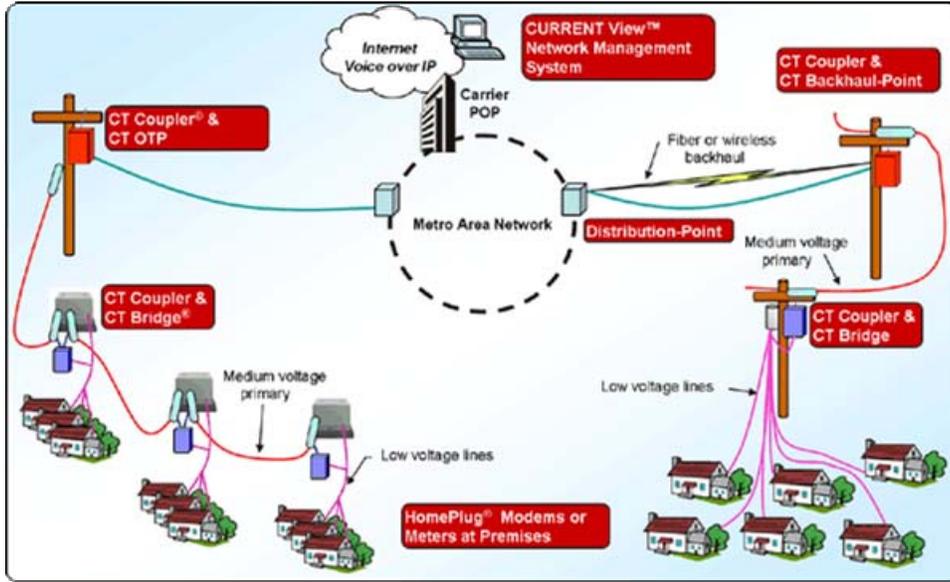


Figura.3. 28. Redes de distribución underground y overhead.

3.15.1. Soluciones Overhead

Incluyen productos como:

- ⊕ **CT Coupler®OH 5000:** El *CT Coupler* es una pieza de ensamblaje que acopla de manera segura la señal BPL alrededor del transformador de distribución a las líneas de medio voltaje.



Acoplador OH5000

- ⊕ ***CT Backhaul-Point® OH 5000:*** El *CT Backhaul-Point* conecta la señal BPL en las líneas de distribución de medio voltaje a puntos de distribución de líneas de fibra óptica.
- ⊕ El *CT Backhaul-Point OH 5000* es certificado mediante FCC Certified: TY7210-0115.
- ⊕ ***CT Bridge® OH 5000:*** El *CT Bridge* actúa como una puerta de enlace entre el usuario y la red BPL, mientras al mismo tiempo provee monitoreo en tiempo real del sistema de distribución. El *CT Bridge* enruta datos entre las líneas de baja y media tensión, provee funciones de calidad de servicio y controla el acceso de los usuarios.
- ⊕ El *CT Bridge OH 5000* está certificado mediante FCC Certified: TY7210-0115.
- ⊕ ***CT LVR™ OH 5000:*** El *CT LVR* extiende las señales de las líneas de poder a través de la distribución secundaria para incrementar el alcance de la señal BPL



Backhaul Point OH5000



CT Bridge OH 5000



CTLVR OH 5000

3.15.2. Soluciones *Underground*.

Amplificadas. Para redes con 75 transformadores, soluciones de alta velocidad en tres fases

- ↳ **CT OTP™ URD 5010:** El *CT Optical Termination Point* (OTP) está instalado al inicio de la red URD y conecta el sistema BPL con un punto local de presencia a través de líneas de fibra óptica dedicadas. El CT OTP sirve como un dispositivo de transmisión entre éstas líneas de fibra óptica y la red URD de medio voltaje.



Optical Termination Point

- ↳ **CT Coupler® URD 5010af:** El CT Coupler es una pieza de dos partes que es utilizada por el CT OTP para acoplar de manera segura la señal BPL a las líneas primarias de medio voltaje.



CT Coupler

- ↳ **CT Bridge® URD 5010 MVx:** El CT Bridge actúa como una puerta de enlace entre el consumidor y la red BPL mientras simultáneamente provee monitoreo de la red en tiempo real; enruta los datos entre las líneas de bajo y medio voltaje; provee funciones de calidad de servicio.



CT Bridge

- ↳ **CT LVR™ URD 5000:** El CT LVR extiende altamente la señal BPL de las líneas de poder a través de la distribución secundaria. El CT LVR está diseñado para ser instalado en un pedestal URD, en cercados hand-hole o enterrados directamente.



CT LRV URD500

Para redes subterráneas pequeñas

- ↳ **CT Coupler® URD 5000r:** El *CT Coupler URD 5000r* es el dispositivo BPL que acopla sin peligro la señal BPL a las líneas primarias URD de medio voltaje.

*CT Coupler URD5000r*

- ↳ **CT Bridge® URD 5000:** El *CT Bridge* actúa como una puerta de enlace entre el usuario y la red BPL mientras al mismo tiempo provee monitoreo en tiempo real del sistema de distribución. El *CT Bridge* enruta datos entre las líneas de baja y media tensión, provee funciones de calidad de servicio y controla el acceso de los usuarios.

*CT Bridge URD 5000*

- ↳ El *CT Bridge URD 5000* está certificado mediante FCC Certified: TY7210-0150.

CAPÍTULO IV

NORMALIZACIÓN Y REGULACIÓN

Existe un interés muy significativo en el uso sistemas de banda ancha mediante las líneas de poder alrededor del mundo. Este interés está cargado por la demanda de sistemas de distribución de banda ancha y el desarrollo de un mercado mundial para esta tecnología.

El desarrollo en países llamados del primer mundo, ha llevado a que esta tecnología empiece a normalizarse y se creen regulaciones que controlen su utilización, no siendo el caso en países, como el nuestro, en donde apenas se conoce del tema.

En el Ecuador empresas como Transelectric utilizan un sistema parecido al de BPL denominado “Power Line Carrier” que lo utilizan para el monitoreo de sus estaciones eléctricas de cuya regulación se conoce muy poco.

4.1. EUROPA

El uso de sistemas de comunicaciones de banda ancha mediante las líneas de poder se encuentra mucho más avanzadas en Europa que América. Sistemas de última milla se encuentran en uso, creciendo en varios países europeos como Finlandia, Islandia y Rusia. La estructura de la base legal básica bajo la que estos sistemas trabajan en armonía están establecidos en los requerimientos de la *European Economic Communt*” (EMC), directiva 89/336/EEC.

Como BPL involucra aspectos tanto de comunicaciones como de energía, necesita un proceso de regulación en ambos campos. Además, como tecnología de comunicación, debe cumplir con las normas EMC (de producto y de seguridad). La Directiva Europea 2002/21/CE aprobada en febrero de 2002 reconoce el uso de las líneas eléctricas como redes de comunicaciones. Por tanto, el despliegue de redes BPL está sujeto a una autorización de nivel nacional (Directiva 2002/20/EC: Authorization of Electronic Communications Networks and

Services). “Esta autorización de despliegue incluye obligaciones referidas a Compatibilidad Electromagnética (Directiva 89-336-EEC del Parlamento Europeo) y a Servicio universal y derechos del usuario en relación a las redes y servicios de comunicaciones electrónicas (Directiva de Servicio Universal)”. Así pues, las compañías eléctricas que quieran ofrecer servicios BPL deben asegurar la total calidad de su servicio de suministro de electricidad, algo que se ha cumplido sin problemas en numerosas pruebas de campo con los equipos actuales.

Por otra parte, es interesante notar que según las Directivas 2003/54/EC y 96/92/EC todas las actividades distintas al suministro de energía que lleven a cabo las compañías eléctricas, deben mantener cuentas consolidadas independientes.

4.1.1. Compatibilidad Electromagnética y Normativa de Red

Como se conoce toda comunicación electrónica por cable produce emisiones indeseadas; también es el caso del BPL. La Directiva Europea sobre EMC regula las posibles interferencias con los sistemas radio. La Comisión Europea publicó el Mandato 313 dirigido a las diferentes Organizaciones de Normalización Europeas (CEN, CENELEC y ETSI) para redactar un anteproyecto de Normativa Europea que incluyese a todas las redes de cable. Un grupo de trabajo conjunto CENELEC/ETSI está trabajando en ello.

Actualmente, aunque no hay ningún estándar definido para los dispositivos, los fabricantes de productos BPL pueden marcar sus productos CE a través de un TCF (Technical Construction File), según el artículo 10.2 de la Directiva de EMC.

”La Comisión Europea enfatiza los siguientes puntos en relación al despliegue de los sistemas BPL: Una red BPL que cumpla la directiva EMC debe estar formada por equipos que cumplan dicha Directiva; las situaciones de interferencias deberán resolverse caso por caso; además, se proponen técnicas avanzadas como la utilización de filtros rechaza banda espectrales para minimizar las interferencias.”

4.1.2. Conferencia Europea para la administración de Telecomunicaciones y servicio Postal (CEPT)

El comité europeo de comunicaciones de CEPT ha considerado en el Reporte ECC No 24, de mayo del 2003, la compatibilidad entre sistemas de comunicación por cable incluyendo sistemas de comunicación mediante las líneas de poder y radio servicios. Este reporte incluye resultados de mediciones en campos de prueba BPL en Noruega, Alemania y Finlandia.

El reporte encuentra en sus conclusiones generales que “el espectro electromagnético sobre 30 MHz necesita especial protección y que el riesgo de interferencia en los servicios de radio depende no solamente del acatamiento de los límites de radiación sino también de las estructuras y tecnologías de las diferentes redes como por ejemplo que frecuencias utilizan” Por ejemplo, adeudado al tipo y propietario de los cables instalados en la estructura de red, el riesgo de interferencia causada por sistemas Powerline de alta frecuencia es mucho más alto que con DSL o sistemas de cable TV.

4.1.3. *European Telecommunications Standards Institute (ETSI)*

El Comité Técnico de la ETSI TC PLT ha producido estándares como referencia para arquitectura de redes (TS 1010896) y coexistencia (*sharing*) de arreglos entre sistemas *in-home* y sistemas de última milla (TS 101867). Otros estándares en desarrollo cubren en detalle la arquitectura y protocolos *in-home*. Debe notarse que todos estos estándares están relacionados con aspectos de Telecomunicaciones y que nada aborda directamente asuntos de interferencia potenciales para sistemas de radiocomunicaciones.

El comité técnico esta trabajando a través del CENELEC con el cuerpo especialista CISPR (*International Special Committee on Radio Interference*), acerca de asuntos relacionados con interferencias electromagnéticas relacionadas con sistemas Powerline. El estándar CISPR conjuntamente con su contraparte Europea EN55022 se encuentran en el proceso de actualización, incluyendo cambios que esclarezcan sus aplicaciones sobre sistemas BPL. Actualmente muchos países Europeos han adoptado sus propios requerimientos para sistemas BPL, entre los cuáles están:

- ↳ Alemania en donde los límites para emisiones de todos los sistemas de cable se proponen en NB308.
- ↳ Inglaterra, mediante MPT1570, que recientemente fue actualizado.

El *European Communications Committee* ha identificado riesgos significativos de interferencia en los servicios de radiocomunicaciones HF (ECC Reporte 24). Actualmente, basados en estos estudios, Europa está desarrollando un rango de telecomunicaciones y otros estándares que cubrirán específicamente sistemas de comunicación Powerline. Existe, sin embargo, un creciente número de sistemas que han comenzado a desarrollarse en Europa y países aledaños para proveer servicios de banda ancha en última milla utilizando dispositivos que no cumplen con EN 55022

4.2. NORMALIZACIÓN

Los estándares para sistemas abiertos en modalidades acceso e in-home se encuentran en una etapa temprana de evolución pero existe una expectativa frente al rápido desarrollo. Actualmente los asuntos de estandarización de sistemas abiertos BPL son dirigidos por el sector de Radiocomunicaciones de la Internacional Telecommunications Union (ITU-R), la ANSI y la IEEE como se observa en la Fig.4.1. Adicionalmente, la alianza Home Plug desarrolló el primer estándar para tecnología BPL que disfruta de la puesta en práctica de la extensión hacia la industria.

Sin un estándar independiente y abiertamente definido, dispositivos BPL que desempeñarán aplicaciones diferentes estarán en contradicción, creando conflictos y proveerán un servicio inaceptable.

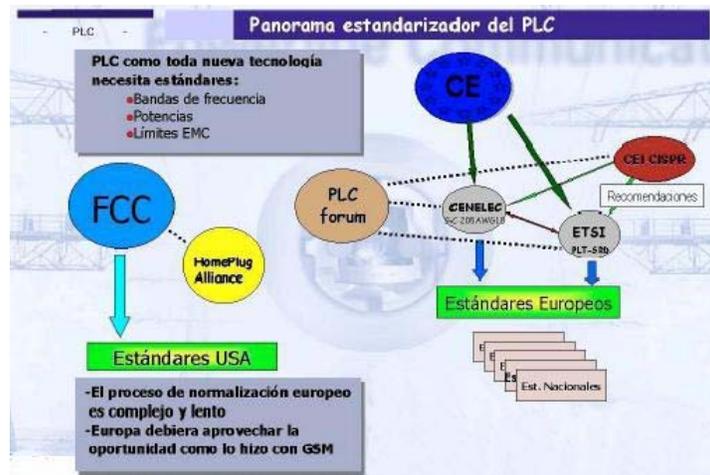


Figura.4. 1. Esquemas de regulación a nivel mundial

4.2.1. Especificación BPL HomePlug In-Home 1.0

La alianza HomePlug Powerline fue fundada en Marzo del 2000 por trece corporaciones miembros cuya misión es promover la rápida disponibilidad e implementación de los productos y red powerline in home interoperable. Esta alianza ha producido dos especificaciones: HomePlug 1.0 y HomePlug AV. Estas especificaciones no están disponibles al público pero son restringidas para los miembros de la alianza aunque algunas de alto nivel con una visión general técnica han sido dadas a conocer. En septiembre del 2002 el International Journal of Communications Systems publicó un paper titulado “HomePlug 1.0 Poweline Communication LANs – Protocol Description and Performance Results versión 5.4.”xxiii ” donde detalla protocolos que son suficientes para proveer una limitada descripción de estas.

HomePlug 1.0 ofrece la habilidad de crear una red Lan in-home usando la infraestructura powerline con una tasa de datos de 14Mb/s. La especificación direcciona las capas Física y MAC, dejando de mantener la completa independencia de la arquitectura debido a que ambas capas necesitan información acerca de la longitud del paquete, además la capa MAC necesita información acerca de la prioridad del paquete de datos y del control de contención. De este modo la arquitectura OSI es comprometida ligeramente a favor de incrementar la eficiencia.

HomePlug 1.0 utiliza OFDM que es especialmente adaptada para ambientes powerlines. Este utiliza 84 sub-portadoras espaciadas de igual manera en la banda de frecuencia entre 4.49 MHz y 20.7 MHz. Esto se consigue dividiendo la banda entre 0 y 25 MHz en 128 sub-portadoras equivalentes, con 84 asignadas entre 23 – 106 MHz inclusive. HomePlug 1.0 requiere que 8 sub-portadoras permanezcan enmascaradas en orden para prevenir los 40, 30, 20 y 17 metros de las radio frecuencias amateurs en HF. Las restantes 76 portadoras están disponibles para la transmisión de datos. Cyclic Prefix (CP) y variantes de la modulación PSK como PSK binario, DBPSK y DQPSK son utilizadas para eliminar la necesidad de ecualización. FEC con intercalado de datos es utilizado para reducir los efectos del ruido impulsivo. El payload utiliza una concatenación del algoritmo Viterbi y FEC Reed-Solomon, empleándose también turbo códigos.

La tecnología HomePlug 1.0 utiliza técnicas adaptativas en cada enlace para optimizar el throughput de datos. Por ejemplo a una diferente amplitud una repuesta en fase entre cualquier dos enlaces puede utilizarse. La adaptación del canal es conseguida mediante la asignación de tonos, modulación y una tasa FEC escogida. La asignación de tonos es utilizada para dejar fuera portadoras afectadas y así reducir la tasa de error de datos (BER). El resto de técnicas adaptativas dirigen la modulación y la selección de la tasa FEC al resto de canales de alta calidad. Home Plug permite la selección de varias técnicas de modulación incluidas las siguientes variantes de la modulación PSK: Coherent Binary PSK (CBPSK), DBPSK $\frac{1}{2}$, DQPSK $\frac{3}{4}$ y todas las sub-portadoras.

Estas técnicas de adaptación permiten el logro de un throughput optimizado en todos los enlaces. Una técnica de modulación especializada denominada ROBO (Robust Orthogonal Frequency Division Multiplexing) es utilizada para paquetes broadcast. La modulación ROBO utiliza DBPSK y FEC con repetición de bits en tiempo y en frecuencia. En el modo ROBO, todas las portadoras son siempre utilizadas, y un código diferente RS es empleado. Los frames ROBO son indicados por la presencia de 0b000000 en el index del campo del mapa de tonos, que nos dice que el receptor cuyo mapa es utilizado para demodular y decodificar el frame. Un dispositivo powerline switchea por si mismo, en el modo ROBO, bajo las siguientes condiciones:

- ↳ Existe demasiado ruido en las líneas de poder que no es posible obtener conexión con otros dispositivos usando OFDM.
- ↳ Existen más de 196 dispositivos que necesitan comunicarse con un dispositivo en particular. Más de 16 dispositivos no podrían ajustarse en las tablas de los mismos, así llega a ser necesario switchear a otro modo ROBO. En el modo ROBO la máxima velocidad posible es 0.9 Mbps.

4.2.2. Especificación HomePlug AV

La especificación HomePlug AV (HPAV) es la base para la segunda generación de tecnología de la Alianza HomePlug Powerline. El propósito es proveer alta calidad, múltiples flujos, entretenimiento orientado a redes sobre el cableado AC existente fuera de los hogares. HPAV mantiene, con versiones anteriores de dispositivos HomePlug1.0, compatibilidad e interoperabilidad. HPAV emplea técnicas PHY y MAC que soportan más de 200 Mbps en redes powerline para video, voz, y datos. La capa física utiliza una tasa de 200 M/bps en el canal para proveer una tasa de información de 150 M/bps con una fuerte capacidad cercana de comunicación sobre los canales ruidosos de las líneas de poder. MAC fue diseñado para soportar tanto TDMA como Carrier Sense Multiple Acces (CSMA) basados en ciclos de sincronización con las líneas de AC. El acceso TDMA provee garantías en la calidad del servicio incluyendo reservación ancho de banda garantizada, alta confiabilidad, y un riguroso control de la latencia y el jitter. El acceso CSMA provee cuatro niveles de prioridad. Los ciclos de sincronización en las líneas de AC proveen un canal de adaptación en el lado de la línea común. Un coordinador central controla las actividades de la red asignando tiempo para CSMA y el uso de TDMA. HomePlug AV también provee capacidades de administración avanzada como parte de una nueva red de estándares.

Funciones y facilidades avanzadas de administración de redes son capaces de soportar configuraciones de usuarios plug-and-play tanto como proveedor de servicios set-up y configuración. HPAV ofrece seguridad basada en el estándar 128-bits AES y soporta cambios mediante claves de encriptación dinámica. El diseño permite a una estación participar en múltiples redes AV. Para compatibilidad con versiones anteriores, como dispositivos

HomePLug 1.0, HPAV ofrece varios modos obligatorios y opcionales de coexistencia pero con la operación de una multired, ocultando el nodo de servicio y la coexistencia BPL.

4.3. ESTÁNDAR IEEE P1675® PARA HARDWARE BPL

IEEE P1675 ha sido propuesto como un estándar exhaustivo que direcciona: component standards; acopladores capacitivos; acopladores inductivos; armarios y cercados; y adhesión y puesta a tierra. El estándar propuesto dará orientación al hardware asociado con las líneas de distribución para inyección de señales BPL. Es de esperarse que las porciones del hardware del estándar no estén basadas en ningún constructor o tecnología en específico y no pueda autorizar un típico específico de acopladores, nodos u otros dispositivos. En vez de esto, la intención del estándar es que si un constructor escoge utilizar un acoplador, éste se encuentra bajo el conocimiento de las especificaciones del estándar. Un acoplador inductivo puede requerir un nivel básico de protección que provee una capacidad particular de protección en aumento y una expectativa ambiental, como resistencia al medioambiente, rayos ultravioletas y más.

El estándar definirá las pruebas que deben ser dirigidas para asegurar que las especificaciones del estándar sean conocidas para voltaje operativo y otros parámetros técnicos. Más allá se espera que el estándar oriente prácticas de instalación de equipos con el propósito de seguridad, considerando que un voltaje de distribución común es 12,500 voltios. La parte del estándar referente a la instalación es esperada para proveer la porción del hardware entregando las instrucciones necesarias para una apropiada instalación. Por ejemplo, en una línea sobre la superficie, el estándar podrá identificar métodos para adhesión y puesta a tierra. En situaciones de puesta a tierra, la localización para instalación del equipo debe ser fácil de buscar. Sin embargo los ambientes en 12500 voltios son mucho más cerrados que el público. Por lo tanto, el estándar proveerá instrucciones para reducir riesgos. La primera fuente de información acerca de estándares para equipos debería ser el material contenido en el IEEE National Electric Safety Code (NESC).

4.4. ESTÁNDAR IEEE P1901 PARA ESPECIFICACIONES BPL MAC Y PHY

El estándar IEEE P1901TM será una especificación comprensivamente necesaria para el envío de datos digitales a alta velocidad sobre las líneas de poder entre subestaciones y la casa u oficina. También suministrará señales de voz digital, datos y video. El estándar proveerá un subconjunto de puesta en práctica mínimo que admite la coexistencia justa de los dispositivos BPL. La puesta en funcionamiento completa suministrará la interoperabilidad con otros protocolos de conexión en red, tanto como la interoperabilidad vía 802.1. Igualmente el propósito de este esfuerzo es avanzar rápidamente hacia un estándar robusto mediante el cual las aplicaciones a través de las líneas de alimentación puedan empezar a afectar el mercado; asimismo obedecerá con los límites de EMC establecido por reguladores europeos nacionales, para asegurar una coexistencia satisfactoria con sistemas inalámbricos y de telecomunicaciones

IEEE 1901 le apuntó al 2007 como fecha de cumplimiento. El objetivo de este proyecto es el desarrollo de velocidades de 100 Mbps o más en las capas BPL PHY, intentando utilizar frecuencias debajo de 100 MHz. Es de esperarse que las especificaciones de HomePlug lleguen a ser las bases para el IEEE P1901. El estándar está intentando ser usable por cualquier clase de dispositivos BPL, incluyendo dispositivos BPL utilizados para los primeros/últimos 1500 m de premisa, para LAN's y uso en edificios. Este estándar se concentrará en el uso equilibrado y eficiente de los canales de comunicación powerline por parte de todos los dispositivos BPL, definiendo mecanismos detallados para coexistencia e interoperabilidad entre diferentes dispositivos BPL, y asegurar que el ancho de banda deseado y la calidad de servicio requerida sean posibles.

El estándar orientará la privacidad de comunicación entre usuarios y permitirá el uso de diferentes servicios sensibles de seguridad. El IEEE1901 es esperado para ser el limitante entre la capa física y la capa MAC y proveer un subconjunto mínimo de implementación, que permita la coexistencia de dispositivos BPL. La completa implementación proveerá la interoperabilidad a través de dispositivos BPL, tal como; interoperabilidad con protocolos de otras redes, como un puente para una perfecta interconexión vía 802.1. IEEE1901 aborda requisitos funcionales y técnicos en tres áreas: un grupo de acceso que proporciona la

transmisión del contenido de banda ancha sobre las líneas de alimentación de medio y bajo voltaje, que alimentan residencias; un grupo de in-home que permite que el cableado de bajo voltaje en estructuras que llevan el contenido digital; y una coexistencia e interoperabilidad que asegura que todo equipo y dispositivos usados en redes de BPL sean compatibles. El grupo de acceso propone requerimientos para llevar servicios de multimedia a residencias vía líneas de alimentación y para desarrollar aplicaciones eléctricas de servicio público. Esto involucra equipo head-end que extrae señales de Internet de cables de fibra óptica y los pone en la corriente que circula a través de las líneas de poder, repetidores que operan sobre las líneas de distribución que guardan una señal viable, y la premisa del equipo del cliente que extrae la señal para el uso en una estructura por líneas de alimentación. En casa los requisitos abordan el uso de las líneas de alimentación dentro de la misma o en una oficina como un medio de emisión digital para la extensión de servicios ISP de banda ancha dentro de la casa, aplicaciones por computadora, ya sea de una computadora a otro o a dispositivos periféricos, tanto para audio como para video y otras aplicaciones.

Consideraciones de coexistencia e interoperabilidad son importantes porque muchos de los dispositivos podrían estar en una red BPL. Este acceso envuelve protocolos que gobiernan como el hardware, para varias aplicaciones, puede compartir el medio sin interferencias. El grupo de trabajo que desarrolla este estándar evaluará y seleccionará propuestas, de varios de los miembros de OPERA, que mejor conozcan los requerimientos de cada acceso. “El desafío es crear el mejor estándar técnico”.

Las tecnologías eligen como formarán la línea base del estándar que permitirá que este sea creado completamente y que las compañías empiecen a crear y poner a prueba prototipos de hardware BPL. Adicionalmente para sistemas land-based “el grupo de estudio ha comenzado a incluir capacidades para aviones, barcos y trenes. El desafío es dar un enfoque alternativo para conectar a una red la información digital a aquellos que fabrican plataformas de transporte.

4.5. RECOMENDACIONE ITU-T K.60 “EMISIONES LÍMITES Y MÉTODOS DE PRUEBA PARA REDES DE TELECOMUNICACIONES”

La recomendación ITU-T K.60 fue aprobada por el grupo de estudio 5 de la ITU el 29 de julio del 2003. La recomendación cubre el rango de frecuencias 9 kHz a 400 GHz; especifica los requerimientos para emisiones radiadas que causan interferencias en el rango de 9 kHz a 3 GHz y especifica los límites objetivos para radiaciones electromagnéticas que causan interferencias dentro de una red mixta de Telecomunicaciones (Tabla 4.1)

Rango de frecuencia (MHz)	Límite de Campo de “Resistencia” [dB μ V/m]		Distancia medida estándar.	Medida del ancho de banda
	PEAK	QUASI-PEAK		
0.009 a 0.15	52 – 20log(f[MHz])	40 – 20log(f[MHz])	3 m	200 Hz
0.15 a 1	52 – 20log(f[MHz])	40 – 20log(f[MHz])	3 m	9 kHz
1 a 30	52 – 8.8log(f[MHz])	40 – 8.8log(f[MHz])	3 m	9 kHz
30 a 230	40 (Note 3)	40	3 m	120 kHz
230-1000	47 (Note 3)	47	3 m	120 kHz
1000 a 3000	74	n.a.	3 m	1 MHz

Tabla.4. 1. ITU-T K.60 Límites para Emisiones no deseadas que causan interferencias medidas In-situ en redes de Telecomunicaciones.

ITU-T K.60 recomienda que el rango de frecuencias de 9 kHz a 30 MHz el componente magnético de la emisión radiada que causa interferencia tenga que ser medida y evaluada. También se recomienda el uso de un sistema de calibración en concordancia con el Comité Especial de Radio Interferencia 16-1, que consiste de un receptor de mediciones de radio-interferencias o analizador de espectros, en conjunción con una antena tipo lazo asociada con la medida de las componentes del campo magnético, y un trípode. Otros equipos

especializados como antenas tipo lazo resonantes pueden también ser utilizadas. Para apresurar el proceso de medición un detector de picos es usado inicialmente. Si el ruido anterior hace que una medición simple sea inusual, un detector de quasi-picos puede ser utilizado para aplicar el límite cuasi-pico. El estándar recomienda que ambos mecanismos de medición tanto el receptor como la antena tipo lazo tengan una fuente de poder independiente y que no tenga conexión a tierra, por ejemplo una batería, especialmente en el caso de mediciones en ambientes indoor.

Una antena tipo lazo debe ser colocada con su lado más bajo sobre un trípode a una altura de un metro y apuntada a la ubicación de medición identificada como la que tiene el máximo campo de resistencia a la interferencia. El receptor de medidas debe ser puesto a la frecuencia portadora de la interferencia y debe utilizar el detector requerido. La antena tipo lazo debe ser colocada con el propósito de que obtenga la máxima lectura.

La medida de los campos magnéticos radiados de una red de telecomunicaciones en el rango de frecuencias mayor a 30 MHz puede llegar a ser complicado debido a la presencia de una variedad de emisiones de alto nivel RF requeridas por los servicios de radio. Por lo tanto, es necesario identificar frecuencias que están cerca a las frecuencias del servicio de radio y que podrían ser afectadas, que tengan un campo de resistencia bajo como el ruido de fondo y señales ambientales que están debajo de los límites especificados. El margen debe ser mayor a 6 dB para una extensión viable.

4.6. ANSI C63.4, ESTADOS UNIDOS

Durante la segunda Guerra mundial las fuerzas armadas estadounidenses necesitaban instrumentos y métodos de medida del ruido de radio. El resultado llegó a ser una especificación de la Armada Naval que después fue adoptada por la ANSI como C63-1-1946 titulada “American War Standard-Method of measuring Radio Interferente of Electrical Components and Complete Asemblies of electrical equipment for the armed force from 150 kHz a 20 MHz” Un número de revisiones subsecuentes fueron hechas para mejorar el estándar, incluyen versiones revisadas en 1963, 1988, 1991, 1991, 2001 y la última revisión en el 2003 que fue titulada “American National Standard Institute (ANSI) C63.4-2003:

“American National Standard for Methods of Measurement of Radio-Noise Emissions from Low-Voltage Electrical and Electronic Equipment in the Range of 9 kHz to 40 GHz”.

La sección FCC Part 15.31 del 2005 acerca de mediciones incorporadas utiliza ANSI C634-2003 por referencia, excepto para medidas sobre 30 MHz. El estándar contiene un anexo informativo G titulado: “Step-By-Step Guidance For Testing Unintentional Radiators Other Than ITE” para configuración de mediciones de emisiones radiadas y mediciones de emisiones radiadas.

ANSI C63-4, sección 8.2.3, emisiones radiadas de campo eléctrico (30 MHz a 1 GHz) recomienda que “La medida de la antena será variada en altura en relación con el ángulo respecto a tierra para obtener la máxima señal de resistencia” Siendo más explícitos “A cualquier distancia de medición, la altura de la antena será variada de 1 a 4 m. En esta etapa estudios de la NTIA recomiendan varias provisiones de medición de acatamiento. Entre estos requisitos están “uso de una antena de medición con una altura cercana a la altura de la de las líneas de poder”, “medición a una distancia uniforme de 10 m del dispositivo BPL y de las líneas de poder”; y medición utilizando una antena tipo rod calibrada o una antena tipo lazo en conexión con un factor apropiado relacionado con el campo magnético y con los niveles de resistencia del campo eléctrico a frecuencias arriba de 30 MHz.

4.7. ÁREAS DE MERCADO DE BPL

Existen tres grandes áreas de mercado de BPL. En primer lugar, “los servicios de comunicaciones por cable eléctrico” relacionadas con en el mercado de edificios inteligentes. En este primer caso, la tecnología permite que, a través de la toma de corriente eléctrica, se interconecten aparatos para crear una red interna. Este mercado ya opera con extensiones a operadores de contenido, como la seguridad mediante alarmas en un edificio, redes de computadoras, otros servicios no telefónicos/módems de Internet, o servicios de tele-órdenes a tiendas departamentales, supermercados o comidas rápidas. Una red eléctrica inteligente como la descrita no necesita interconectarse con las empresas de telecomunicaciones establecidas. Para ello, no se requieren regulaciones de permisionarios o licencias, salvo las correspondientes a estándares de ancho de banda, a fin de evitar interferencias.

Por ejemplo, la regulación en Estados Unidos de la Comisión Federal de Comunicaciones (FCC, parte 15) establece que el BPL debe operar en frecuencias entre 1.7 y 88 MHz (FCC, 2003). Con la regulación anterior, los edificios se han tornado progresivamente inteligentes en muchos países desarrollados y con regulaciones claras sobre derechos de propiedad entre las compañías de electricidad y las de BPL, así como con regulaciones sobre interferencias.

El segundo mercado BPL es el acceso a líneas de transmisión de voltaje bajo a medio. Este mercado se ha desarrollado fundamentalmente en Europa, donde las empresas de BPL operan servicios de punto-multipunto, por ejemplo, con servicios de voz e Internet. La tecnología BPL permite instalarse como medio de transmisión en el transformador y con líneas extendidas hasta el usuario o el edificio, que serían propiedad de las empresas BPL en convenios con las empresas de electricidad. También pueden instalarse transformadores BPL de tipo inalámbrico, donde la empresa BPL instala antenas en los edificios o en sus entradas. Con ello, se derivan múltiples aplicaciones, como hot-spots de Internet inalámbrico y otros servicios. Extendiendo la definición de negocios a la interconexión con compañías de telecomunicaciones, las empresas proveedoras de BPL que utilizan redes públicas de telecomunicaciones pagan por sus interconexiones, pero sus contenidos no son sujetos de regulación, por lo que pueden competir frente a las empresas de telecomunicaciones locales.

El tercer mercado es el de medio voltaje, también de punto-multipunto, cuya propiedad, en muchos países, está en poder de las mismas empresas de electricidad donde se mantiene integrado el segmento de transmisión dentro de las empresas respectivas, generalmente gubernamentales. Los transformadores y repetidores están concentrados en empresas o consorcios mundiales propietarios, los cuales establecen contratos con las empresas de electricidad tanto para instalar el servicio como para desarrollar tecnologías en conjunto con la empresa eléctrica. Dentro de este mercado, también existen casos crecientes de empresas independientes de las operadoras de electricidad, similares a sus equivalentes en telecomunicaciones como “carrier de carriers”. En tal caso, las empresas BPL dependen de la configuración técnica, de normas y de regulaciones en las que operan las empresas de energía y, sobre todo, de telecomunicaciones respecto de acceso no discriminatorio.

4.8. REGULACIONES

Las regulaciones modernas buscan liberar al mercado de las telecomunicaciones para que múltiples tecnologías alámbricas e inalámbricas convivan y se interconecten entre sí, es decir, exista acceso universal. De esta manera, las tecnologías de transmisión a través de la red eléctrica podrían empezar a ofrecer más servicios electrónicos, como la transmisión de voz y datos, así como para mejorar los métodos de control de facturación o velocidad de respuesta en las empresas eléctricas. Más aún, de ser exitoso el uso de esta tecnología, no sólo cambiaría el panorama de países enteros, sino que alteraría las formas de competencia actuales de telecomunicaciones, pero también obligará a establecer marcos regulatorios totalmente novedosos en países que intentan ser competitivos en las infraestructuras de telecomunicaciones y tecnologías de información.

Por lo anterior, el reto de las regulaciones se concentra en los siguientes puntos críticos:

- ⊕ La forma de propiedad y la manera de compartir compromisos económicos entre empresas proveedoras de servicio eléctrico y las que brindan Telecomunicaciones.
- ⊕ La regulación sobre derechos de acceso y la manera que se cubrirán los costos.
- ⊕ La interconexión y la competencia o complementación entre servicios de BPL y las telecomunicaciones actuales, así como las zonas servidas, dado el menor costo de inversión requerido para los servicios de BPL.
- ⊕ Las regulaciones sobre estándares y normas técnicas. En todo caso, una regulación efectiva permite la convivencia de múltiples tecnologías a la vez que fomenta la inversión y cobertura con creciente calidad y con una visión de desarrollo futuro del sector.

Por ello, es crucial que ante servicios como BPL se pueda evaluar y dar luz sobre el grado de convergencia regulatoria entre telecomunicaciones y electricidad, así como apuntar hacia soluciones de política pública y regulación para promover el desarrollo de nuevos servicios de comunicación de voz, datos y multimedios.

4.8.1. Latinoamérica

“Los estudios dedicados a América Latina podrían dividirse en aquellos que analizan los efectos del cambio regulatorio en telecomunicaciones y electricidad y los enfocados en el cambio institucional de los reguladores. Entre los primeros están estudios seminales de Hill y Abdala (1993), Kuhlman, Alonso y Mateos (1989), Noam (1998) y Tandon (1992), para telecomunicaciones; Joskow (2001) y Joskow y Kahn (2002), para energía. Entre los que abordan los retos de cambio institucional de reguladores económicos están los trabajos de Graham y Richardson (1997), Noll (2000), Shapiro y Tomain (2003), Spulber (1989), Viallet (1982) o Ware (1986).”

4.8.2. México

En el caso de México, actualmente no existen contratos entre Comisión Federal de Electricidad o Luz y Fuerza del Centro con empresas de electricidad, sobre todo porque no están establecidas al menos las siguientes formas contractuales: a) rentas o copropiedad de líneas de bajo voltaje cercanas a edificios; esto es transparente en otros países que han desagregado la distribución eléctrica; b) precios por activar y operar transmisores en los postes potenciales; y c) derechos de instalación. En tal caso, las empresas BPL dependen de la configuración técnica, de normas y de regulaciones en las que operan las empresas de energía paraestatales.

4.8.3. Estados Unidos

FCC 06-113, Los nuevos sistemas BPL acoplan energía RF en cualquiera de sus dos modalidades, ya sea en redes de bajo voltaje dentro de edificios o en redes de medio voltaje, acceso BPL. En base a esto la FCC estableció estándares técnicos, restricciones de operación y procedimientos de medición para acceso BPL para minimizar interferencias.

Las reglas adoptadas en 2004 requieren que los sistemas de acceso BPL estén de acuerdo con lo reglamentado en Part 15 “límites de emisiones radiadas para sistemas portadores”. Anexamente, se requiere que los sistemas de acceso BPL incorporen capacidades de modificar sus operaciones para prevenir el uso de una frecuencia específica, por ejemplo, un “notch” en una banda de frecuencias, y desconectar o dejar “fuera” cualquier unidad que

esté causando interferencias perjudiciales. Las reglas también requieren que el sistema prevenga el no utilizar ciertas bandas de frecuencias usadas por estaciones terrestres aeronáuticas y receptores de aeronaves, así como no operar en zonas de exclusión en localidades geográficas que son sensibles para operaciones críticas como Guardias costeras, estaciones públicas marítimas y estaciones de radioastronomía. Estas reglas adicionalmente establecen un número de “*consultation areas*” donde los sistemas BPL requerirán consultar y notificar al gobierno Federal, seguridad pública o puntos aeronáuticos respecto a la necesidad de proteger las operaciones de radio críticas antes de operar. Además a la industria BPL, se le exige que estén disponibles públicamente bases de datos que contienen información segura para identificación de interferencias

Por último, éstas, proveen procedimientos de medición mejorados para que todo equipo utilice radio frecuencias para comunicarse sobre las líneas de poder. Finalmente la Comisión cambió la autorización de equipos para sistemas BPL por la verificación y certificación que permita mantener vigilancia de estos sistemas hasta que se haya adquirido experiencia adicional para sus desarrollo seguro.

4.8.4. Ecuador

Ecuador se caracteriza por mantener un modelo regulatorio para el sector de telecomunicaciones, basado en regulación por servicios, soportado en la Ley Especial de Telecomunicaciones, expedida en 1992 y reformada en 1995, 1996, 1997 y 2000, en el Reglamento General a la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada y en los Reglamentos específicos para cada servicio. La regulación del Sector de Telecomunicaciones la realiza el Estado a través del Consejo Nacional de Telecomunicaciones - CONATEL y la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones –SENATEL. Respecto a Sistemas BPL no existe ninguna regulación debido a que la tecnología en el país es poco conocida se ha comenzado a tratar el tema pero todo ha quedado en presentaciones y no se ha llegado ha nada concreto.

ASUNTO	REGULACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	REGULACIÓN DE TELECOMUNICACIONES
Áreas de negocio BPL.	Estándares acerca de interferencias.	Sin regulación necesaria, salvo en interfase con la red pública depende de la definición de BPL de acuerdo a cada país.
Estándares y normas.	Regulación activa de normas, coordinadas con el regulador de telecomunicaciones.	Coordinación con cada organismo regulador de cada país, para normas BPL.
Derechos de vía y contratos propietarios.	Regulación activa en todo ámbito legal para abrir servicios mejorados, adicionales o de valor agregado a la red eléctrica, dada la experiencia del sector telecomunicaciones.	Papel de liderazgo derivado de experiencia y prácticas mundiales de regulaciones de telecomunicaciones de valor agregado y derechos de vía. Liderazgo en coordinación regulatoria.
Cobertura de costos hundidos, costeo bidireccional.	Modificación sustancial de tarifas hacia cobertura de mejoras y costeo.	Experiencia en contratos privados y adjudicación. Armonización de reglas.
Propiedad de BPL.	Depende del mercado. En caso de integrado, depende de la definición legal de nuevos servicios que den los organismos reguladores	Depende del mercado.
Definición de servicios de valor agregado o empaquetados sujetos de concesión.	Sujeción a actualización del marco legal y a reglas establecidas de telecomunicaciones.	Dada la experiencia regulatoria, liderazgo en las definiciones.
Impacto en incumbentes de telecomunicaciones locales y LD.	Pasivo. Coordinación con regulador de telecomunicaciones y competencia.	Activo. Coordinación creciente con regulación de competencia.
Orden de prestación en zonas rurales o no económicas.	Depende de contratos; actualización legal y regulatoria de prioridades de servicios en zonas rurales o no económicas	Actualización de prioridades y competencias entre regulador y gobierno federal.

Tabla.4. 2. Resumen de áreas críticas del desarrollo de BPL en regulaciones [29]

4.9. PROBLEMAS DE BPL CON RADIOAFICIONADOS

Unos de los grandes inconvenientes para la puesta en funcionamiento de BPL es que los radioaficionados usan las frecuencias (de 1 a 34 MHz). La banda de HF (1,8-30 MHz) es muy importante ya que es la única en donde se pueden realizar comunicaciones prácticamente con cualquier parte del mundo. Según los radioaficionados dicen que el débil aislamiento de los cables eléctricos, sumado al mal estado de algunas redes, hace que la instalación eléctrica de un hogar sea una antena que por un lado recibe toda clase de ruidos electromagnéticos del exterior y por otro deja escapar señales que pueden interferir en otras comunicaciones. Por medio de esta banda, los radioaficionados han sido más eficaces que cualquier tecnología, pudiendo ayudar a encontrar personas que sus seres queridos buscan, avisando noticias de un país que se encuentra sin un medio de transmisión y a veces sin electricidad, cooperando así con muchas personas de diferentes países, enviando remedios, coordinando actividades cuando hay desastres naturales como son los terremotos, maremotos, etc. Todo esto gracias a la banda de HF.

La tecnología BPL irradia muchas veces menos que un celular en estado de espera. Hoy en día, muchos gobiernos a través de sus organismos de control, están interesados en que se pueda concretar la idea de BPL, en muchos casos el interés de los gobiernos es que disminuya la brecha digital, así disminuyéndola, se puede cortar el círculo de la pobreza, y muchas personas o familias enteras podrían salir de ese medio.

Otro problema es la falta de comunicación entre los organismos de Normalización con los de Regulación, posiblemente por interés político o por presión de parte de las grandes empresas de Telecomunicaciones que ven en esta tecnología una amenaza a su “negocio” dejando de lado el verdadero enfoque.

4.10. NOTAS DE PRENSA

Desde mi punto de vista, esta sección es importante debido a que nos muestra como alrededor del mundo se habla de BPL ya sea de manera técnica o como una “nueva alternativa”. He recogido artículos desde Internet que se muestran interesantes.

↳ VNUNET es**El Portal de las Tecnologías de la Información****2007-02-23**

“...OPERA (Open PLC European Research Alliance) ha anunciado que la Comisión Europea ha aprobado la financiación de 9,06 millones de euros para respaldar el despliegue más amplio de una especificación abierta para aplicaciones de acceso a banda ancha a través de líneas de alta tensión (BPL). La especificación adoptada en la Fase 1 de OPERA está públicamente disponible en el sitio Web del proyecto (www.ist-opera.org)...”

“...Esta especificación, la única abierta globalmente para acceso BPL, generó valiosas contribuciones que han sido remitidas al trabajo de estandarización de líneas de alta tensión que está llevándose a cabo en la actualidad tanto por parte del Instituto de Ingenieros en Instalaciones Eléctricas y Electrónica (IEEE por sus siglas en inglés) como por parte del Instituto Europeo de Estandarización de Telecomunicaciones (ETSI por sus siglas en inglés). La especificación de OPERA también cuenta con el apoyo de Universal Powerline Association (UPA), organismo especializado en comunicaciones a través de líneas de alta tensión...”

↳ CITIC: Centro Internacional de Investigación Científica en Telecomunicaciones, Tecnologías de la Información y las comunicaciones**Power Line Telecommunications: Interrogantes y Potencialidades****2007-02-02**

“...Sin embargo, junto con lo novedoso y atractivo de un desarrollo como el PLT, aparecen en el panorama interrogantes e inquietudes, técnicas, económicas y regulatorias que pueden llegar a obstaculizar y desvirtuar las posibilidades ofrecidas por un pleno desarrollo de soluciones tecnológicas de este tipo. Lo anterior precisa el plantear las siguientes preguntas: ¿Existen dentro de América Latina las condiciones técnicas necesarias para que puedan prestarse Servicios de Telecomunicaciones utilizando tecnología PLT? ¿Cuáles son los aspectos regulatorios que deben ser considerados para que puedan ser prestados Servicios de Telecomunicaciones por PLT? ¿Cuáles son las consideraciones e implicaciones económicas

que traería consigo la posibilidad de prestación de Servicios de Telecomunicaciones a la población latinoamericana por PLT?...”

“...El punto que concita la atención de múltiples actores en la tecnología PLT es claro: las redes de acceso son el componente más costoso de las redes de telecomunicaciones, estimándose que tanto las inversiones como los gastos operativos en red de acceso suponen más del 80% de los totales asociados a la red. Por consiguiente, la transformación de las redes eléctricas de baja tensión en redes de acceso para prestar servicios de telecomunicaciones abre nuevas oportunidades de negocio...”

↪ http://www.citel.oas.org/newsletter/2006/noviembre/bpl_e.asp

**CITEL: Ssistemas de banda ancha sobre líneas eléctricas de potencia “BPL”, artículo
enviado por CONATEL de Venezuela
2006-11-29**

“...los sistemas BPL constituyen actualmente uno de los medios de transmisión de comunicaciones de alta capacidad más promisorios, debido a la muy superior penetración de los servicios eléctricos con respecto a los servicios de comunicación en todo tipo de áreas y comunidades de interés...”

“...En la actualidad existen sistemas BPL en operación experimental y aún comercial en varios países, con la condición de sujetarse a las normas de operación de dispositivos no sujetos a requisitos de licencia, por lo que no debe causar interferencias perjudiciales a otros sistemas de comunicación pertenecientes a servicios de radio comunicaciones sujetos a licencia, y tienen la obligación de resolver las situaciones de interferencia que puedan presentarse. ...”

“...Otro aspecto importante que debe ser tenido en cuenta en el diseño de los sistemas BPL es la total independencia y autonomía que debe existir en la operación del sistema de potencia en relación con las necesidades del sistema de comunicación. La operación del sistema eléctrico debe continuar realizándose sin consideración del uso que se hace de los conductores para la transmisión BPL...”

“...En la actualidad se considera que el espectro apropiado para la operación de sistemas BPL se encuentran entre 1,7 y 80 MHz; sin embargo los sistemas disponibles comercialmente por ahora tiene un límite superior alrededor de los 40 MHz...”

“...En la Comunidad Europea se adelantan también importantes trabajos para la normalización de lo sistemas BPL. En el aspecto de la compatibilidad electromagnética, la ETSI ha producido la norma ET 102 324 V1.1.1 (2004-5) que describe las características y el método asociado para la medición de las emisiones radiadas por redes de comunicación sobre líneas de potencia. El documento también informa sobre las características de las redes de comunicación BPL en frecuencias entre 1,605 a 30 MHz. En Abril de 2005, la CE promulgó una recomendación sobre BPL en la cual se recomienda a los Estados Miembros remover cualesquiera obstáculos regulatorios injustificados al desarrollo de sistemas de banda ancha sobre líneas de potencia, en particular de las empresas de servicio eléctrico. La recomendación incluye detalles sobre cómo aplicar las regulaciones de las directivas sobre compatibilidad electromagnética y requiere a los Estados Miembros informar sobre los procesos de estandarización...”

“...Es importante que las diferentes organizaciones interesadas a nivel mundial, y las administraciones de CITEL, hagan esfuerzos para la elaboración de normas y posterior armonización de las mismas referentes a los sistemas BPL, con el fin de que puedan implantarse prontamente, de forma ordenada, con la debida protección de los servicios radioeléctricos que utilizan el espectro involucrado y las normas técnicas que faciliten la interoperatividad de los equipos...”

↳ www.ure.es

Campaña Anti-PLC

2005-06-25

“...Los radioaficionados NO estamos en contra de esta tecnología, simplemente queremos que nuestras frecuencias estén libres de interferencias generadas por PLC.

Las líneas eléctricas se comportan como antenas gigantes cuando transportan el PLC, las cuales son captadas en equipos de radioaficionado, equipos de comunicaciones aéreas (aviones), receptores de radio en onda corta, etc. Estas señales interfieren en dichas

comunicaciones imposibilitando la recepción de las señales en banda de HF. Otro problema que tiene el sistema PLC es la confidencialidad. Al ser radiada la señal de PLC, ésta se induce en otras redes eléctricas y cualquier hacker puede romper las claves de encriptación para obtener información sobre lo que enviamos/recibimos a Internet y, lo que puede ser peor aún, suplantar al usuario.

Países como Chile o Japón han prohibido la implantación del sistema BPL por las graves interferencias que causan a las comunicaciones en la banda de HF; en otros como los Estados Unidos, por ejemplo, la FCC lleva con mucho cuidado el desarrollo de esta tecnología, y ante las quejas de las asociaciones de radioaficionados detienen la implantación del PLC. En Europa la problemática del PLC está igual que en España, todos los radioaficionados estamos muy preocupados y nadie se interesa por las interferencias. En cuanto a la viabilidad del sistema PLC, no ha tenido un gran calado comercial, llegando a tener una considerable pérdida de clientes en las zonas donde está implantado dicho sistema...”

↳ **International Telecommunication Union**

FCC clasifica el servicio de acceso a banda ancha inalámbrico 2007-03-27

Washington, D.C. - La Comisión Federal de Comunicaciones (FCC.) declaró que el servicio de acceso a internet de banda ancha inalámbrico era un servicio de información bajo la ley de comunicaciones. Esta acción pone el servicio de acceso a Internet de banda ancha inalámbrico sobre la misma posición reguladora como otros servicios de banda ancha, como el servicio de módem de cable, servicio de acceso a Internet (DSL) de banda ancha, y **Broadband over Power Lines** sobre el servicio de acceso a internet permitido por línea de alimentación)...”

“...Específicamente, el fallo descubre que el componente de transmisión que subyace al servicio de acceso a Internet de banda ancha inalámbrico es "Telecomunicaciones", y eso la previsión de este componente de transmisión de telecomunicaciones cuando parte de un servicio de acceso a Internet inalámbrico en la práctica es un servicio integrado de

información. Este enfoque es compatible con el marco que la comisión ya ha establecido para el servicio de módem de cable, el servicio alámbrico de acceso a Internet de banda ancha, y el servicio de acceso a Internet permitido por BPL, promoviendo el objetivo de regular servicios semejantes en una manera similar...”

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

- ∞ *Broadband over Powerlines* es una tecnología basada en la transmisión de datos sobre la infraestructura de la red eléctrica. Esto implica capacidad de ofrecer mediante este medio, cualquier servicio de telecomunicaciones: telefonía, Internet, videoconferencia, datos a alta velocidad, etc.
- ∞ Las redes eléctricas tienen una omnipresencia marcada llegando incluso a lugares donde los cables telefónicos o enlaces microondas no llegan, por lo que representan una ventaja muy grande sobre tecnologías de última milla cuando se habla de competición basada en infraestructura, pudiendo incluso desplazar a tecnologías de gran desempeño como xDSL ó Cable-Módem.
- ∞ Entre las principales ventajas frente a otras tecnologías de banda ancha tenemos la facilidad de ubicación: “indoor – outdoor” ofreciendo un sistema de comunicación completo.
- ∞ BPL aprovecha infraestructuras ya desplegadas, por lo que puede ser una opción interesante en áreas rurales, por ejemplo como prestadora de servicio universal, o en edificios antiguos y como agente promotor de la sociedad de la información.
- ∞ Es destacable que sus aplicaciones pueden ir más allá de las telecomunicaciones, ofreciendo servicios capaces de mejorar la calidad de vida y facilitando aplicaciones de domótica y seguridad.

- ∞ Cualquier toma de poder puede convertirse en una interfaz de banda ancha, incluso para servicios de video y televisión de alta definición.
- ∞ No se requieren grandes cambios, simplemente ubicar los equipos BPL en las instalaciones y enlazar estos mediante redes, y en el caso de los usuarios se necesita un módem BPL asociado a su PC.
- ∞ En contraste, el 20% de usuarios de la red de Telecomunicaciones tiene acceso a banda ancha, mientras que con BPL se alcanzaría a cubrir casi el 100% de la población.
- ∞ Permite la creación de nuevos negocios en base a sus ventajas, por ejemplo, un proveedor de BPL puede brindar servicios de telefonía, VoIP e incluso llegar a ser proveedor de servicios de Internet.
- ∞ Uno de los mayores problemas que BPL enfrenta es usar como medio de transmisión un ambiente demasiado contaminado, de hecho el ambiente más contaminado y ruidoso de todos, por lo que hace falta un estudio minucioso sobre las técnicas de acceso a utilizar, que según el capítulo 3 del presente trabajo se ha determinado que la técnicas OFDM es la que mejores resultados ofrece.
- ∞ Existe marcada “desestandarización”, pues cada fabricante ha hecho las cosas como mejor le ha parecido; existe sin embargo estándares con especificaciones muy claras que ofrece muchas oportunidades para la tecnología BPL en el mundo actual, así tenemos: el estándar Europeo CENELEC EN 50065, y el estándar IEEE P1901 creado por *Open PLC European Research Alliance* que a más de ser un estándar es un grupo entero de investigadores que se encuentran ya en la segunda fase de investigación de todo lo relacionado con esta tecnología.
- ∞ La escasez de equipamiento producido en cantidades significativas, las dificultades técnicas, mas las dificultades de entrar en competencia con servicios ya arraigados en el mercado hacen difícil pensar en una masificación fructífera de esta manera de brindar servicios de banda ancha.

- ⌘ Quizás una de las conclusiones más relevantes del estudio de la tecnología BPL es que a medida que el voltaje de la red aumenta (Alta tensión) el flujo de datos que la red puede transportar es mayor, y se debe principalmente a la relación de energía de bit – densidad de ruido, ya que en este nivel de voltaje se vuelve mucho mayor.
- ⌘ La aplicación normativa que requiere la coordinación y aplicación de dos regímenes diferentes puede finalmente llegar a buen puerto y que se puede sacar ventajas competitivas que redunden en un mayor beneficio social, y teniendo presente las posibles prácticas anticompetitivas, que pueden ser previstas, evitadas y corregidas por el sistema de regulación.
- ⌘ Entidades como las que se detallan a continuación realizan esfuerzos para crear estándares que normen BPL. Cada país es el encargado de ofrecer la regulación pertinente de acuerdo a su espectro radioeléctrico.
 - FCC
 - OPERA (Open PLC European Research Alliance) & UPA (Universal Powerline Association)
 - IEEE , ETSI, ANSI, NTIA
- ⌘ Para evitar las interferencias que se producen en la banda de HF, a servicios de seguridad etc, se debe establecer una banda de funcionamiento de los sistemas BPL, o en su defecto, buscar la manera de que los sistemas afectados se protejan de estas interferencias.
- ⌘ Es verdad que las interferencias producidas por BPL pueden ser difíciles de evitar, pero con el desarrollo de nuevas tecnologías pueden llegarse a administrar o incluso a evitar, lo importante es llegar a la mayor parte de la población con un servicio de calidad.
- ⌘ Es recomendable que la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones, o, el Consejo Nacional de Telecomunicaciones participe activamente en los esfuerzos por la estandarización de BPL de la IEEE, la ITU-T, ITU-R, ANSI y otras. En los próximos años, importantes estándares para BPL se desarrollarán, lo que determinará importantes

aspectos como: Calidad de servicios QoS, seguridad, operación, interferencias, puesta a tierra, enlazar y otros.

- ∞ Países como México y Brasil han comenzado a ejecutar proyectos BPL, Ecuador únicamente ha realizado estudios y pruebas, los organismos de control y administración de las regulaciones deberían unirse a esos esfuerzos y contribuir con regulación y estandarización para que ésta tecnología pueda llegar a implementarse en el país.
- ∞ Se recomienda que en el futuro a los entes reguladores en cada país asegure que los sistemas “Shared Resources” se ejecuten en un horario apropiado y en lugares geográficos en donde coincidan con el desarrollo de sistemas BPL para asegurar que los estándares operacionales que se vayan creando mantengan alta calidad.
- ∞ Con esta tesis queda de manifiesto que aún falta mucho camino por recorrer para esta tecnología, no esta dicha la última palabra en cuanto a normas aunque ya se trabajando en eso, tanto en Estados Unidos y Europa (sobre todo España), están muy adelantados en comparación a Chile en el uso de esta tecnología.
- ∞ BPL puede ser vista como una tecnología que reduciría la brecha digital con países vecinos.
- ∞ BPL tiene desafíos que resolver como: interferencia, ruido, falta de estándares, monopolios en la Telecomunicaciones, así cómo llevar datos con seguridad a gran escala. Estos desafíos son los que impulsarán o hundirán a está tecnología que se ha venido tratando de implementarla desde hace varios años en muchos países, y que no ha tenido éxito debido principalmente a la falta de investigación así como al monopolio de las compañías de Telecomunicaciones.
- ∞ En cualquier caso parece que aún no está explorada totalmente la aplicación de la tecnología para cubrir necesidades sociales de telecomunicaciones, dónde quizá se puedan encontrar escenarios en que BPL resulte ventajosa frente a las tecnologías más usuales en estos casos como el acceso inalámbrico.

- 3 Hay que apoyar las iniciativas tanto de la Empresa Eléctrica Quito, así como la de la Regional Centro Sur que ha comenzado sus estudios para la implementación de BPL en sus redes eléctricas en nuestro país.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Para abreviar se utilizó BPL, se denominó de esta manera de acuerdo a lo emitido por la FCC
- [2] Abbott, Ralph E.. “High Speed Power Line Communications”. IEEE Power Engineering Society. Summer Meeting 2002. Vol.3
- [3] Niovi Pavlidou. “Power Line Communications: State of the Art and Future Trends”. IEEE. Communications Magazine. April 2003.
- [4] Redes_PLC.2007-07-19
- [5] http://www.citel.oas.org/newsletter/2006/noviembre/bpl_e.asp
- [6] http://www.citel.oas.org/newsletter/2006/noviembre/bpl_e.asp
- [7] Endesa, Iberdrola y Unión Fenosa, obtuvieron licencia en el 2003 para explotar una red de Telecomunicaciones con tecnología BPL.
- [8] Asociación Española de Usuarios de Telecomunicaciones AUTEL www.autel.es 2007-06-18
- [9] Datos proporcionados por Empresa Eléctrica Quito,
- [10] www.autel.es
- [11]
- [12] Datos proporcionados por Ing. Echeverría Dirección Técnica EEQ
- [13] Datos proporcionados por Ing. Santiago Cordero Regional Centro Sur
- [14] Rheinisch-Westfälisches Elektrizitätswerk AG
- [15] HFC *Hybrid Fibre Coaxial* “Híbrido de fibra y coaxial” Red que incorpora tanto fibra óptica como cable coaxial
- [16] Méndez, Daniel, Tecnología Powerline, Curso de Doctorado 2001-2002. Págs. 1 - 14
- [17] www.autel.es
- [18] Ministerio de Ciencia y Tecnología, España
- [19] Se trata de una experiencia en VoIP única en el mundo por el número de participantes.
- [20] Mac: Médium Acces Control ubicada en la parte inferior de la capa 2
- [21] LLC: Logical Link Control ubicada en la parte superior de la capa 2
- [22] Standard IEEE for High Rate Wireless LAN 802.11a.
- [23] La implementación es similar al utilizado en las redes LAN.

[24] Minchala, Luis, Tecnología PLC. Comunicaciones por las líneas de poder. Págs. 24-25.2007-0319

[25] Este tipo de lámparas, puede originar altas tensiones que pueden causar graves problemas de interferencias.

[26] Hardt, Jeisen, Broadband over power lines NCS “NATIONAL COMMUNICATIONS SYSTEM”. Enero 2007 Technical Information Bulletin07-1 Broadband over power lines Nacional Communication Systems Technology and Programs Division N2.

[27] European Committee for Electrotechnical Standardisation

[28] Se llama punto-multipunto a las transmisiones electrónicas o digitales de una o dos direcciones como, por ejemplo, comunicaciones de voz, en las que una antena central envía señales a otras antenas receptoras y el sistema utiliza un retransmisor o multiplex para el tráfico de respuesta o entrada y salida. Por lo general es sujeto de regulaciones. Al igual que en otras tecnologías, BPL ofrece estos servicios pero a precios y tarifas menores y con coberturas más extendidas por la naturaleza de la red eléctrica.

[29] Idea original de BPL en México, Ibarra-Yúnez Alejandro Castruita Flores Edmundo. Tecnologías PLC/BPL en México y sus retos para las regulaciones: ¿existen oportunidades de desarrollo? Cuadro # 3 página 27

[30] Berrocal Julio, Vázquez Enrique, González Francisco, Álvarez-Campana Manuel, Vinyes Manuel, Madinabeitia Germán, García Víctor, Redes de Acceso de Banda Ancha: Arquitectura, Prestaciones, Servicios y Evolución. Págs. 190 – 205. 2007-03-19

[31] www.powerline.com, 2007-08-09

[32] Hacia un nuevo modelo de competencia en el sector de telecomunicaciones de Argentina. Rodríguez, Ariel. Asociación Argentina del Derecho de las Telecomunicaciones. www.aadt.org.ar/ariel_rodriguez.htm, 2007-06-15

[34] http://www.cypsela.es/revista/revistas_anteriores/revista_203/articulos/art1.html

[35] Endesa, “Comunicaciones PLC”, www.plcendesa.com. 2007-03-19

[36] “Overview of High Speed PLC, High Speed Power Line Communication Promoters' Alliance of Japan”, www.plc-j.org/en/

[37] OP2_D51_White_Paper_Opera_Technology_v1.doc Sancho, Pablo, Torres Luis, Simón Javier.

[38] www.transelectric.com.ec. 2007- 09-10

[39] McCaughern, R.W. Consultation Paper on Broadband over Power Line (BPL) Communication Systems

[40] Malaysian Communications and Multimedia Comisi3n, GUIDELINES ON BROADBAND OVER POWER LINE COMMUNICATIONS. www.mcmc.gov.my. 2005-09-26, 2007-08-02

[41] www.currenttechnologies.com/, 2007-05-10

[42] www.mainnet-plc.com/index.htm, 2007-05-10

[43] www.casadomo.com/noticiasDetalle.aspx?c=155&m=51&idm=170&pat=50&n2=50, 2007-02-16.

[44] www.pcworld.com.mx, 2007-04-02

[45] www.vedcor.com, 2007-04-13

El presente proyecto fue entregado al Departamento de Eléctrica y Electrónica y reposa en la Escuela Politécnica del Ejército.

Sangolquí,

del 2007

Elaborado por:

Evelyn Paulina Pérez Uyaguari
1715602064

Ing. Gonzalo Olmedo
Coordinador de la Carrera de Ingeniería en
Electrónica y Telecomunicaciones