

# Sistemas de Comunicación BPL - Híbridos y su aplicación en áreas rurales

**Germán Moreno Castro**

*Estudiante Especialización Telecomunicaciones UPB*

**Ferney Amaya Fernández.**

*Coordinador académico Especialización  
Telecomunicaciones - UPB*

## Resumen

Las comunicaciones que utilizan como medio de transmisión la infraestructura de las instalaciones eléctricas, no son nada nuevas y su implementación no ha tenido el auge que muchos expertos habían vaticinado. Con la reciente publicación del Estándar IEEE 1901 (Diciembre de 2010), se abre un nuevo panorama para esta tecnología que al combinarla con otras tecnologías de acceso (Híbridos) podría llegar a bajos precios a lugares remotos o áreas rurales que carecen de líneas telefónicas u otros medios de comunicación y que a su vez son las más afectadas por la carencia de banda ancha básica. Con este trabajo se pretende revisar el estado del arte de los sistemas BPL (Broadband over Power Line), enfocados en los sistemas híbridos, es decir, la combinación de la tecnología BPL con otras tecnologías de acceso, como la inalámbrica, fibra o cobre entre otros. De la revisión del estado del arte se planteará el panorama que podría tener el BPL Híbridos en las zonas rurales de Colombia.

**Palabras clave**—BPL, PLC, sistemas híbridos.

## I. Introducción

Para la sociedad actual es fundamental contar con medios de comunicación apropiados, es así como hoy en día se cuenta con diferentes y avanzados sistemas de acceso a las redes de todo el mundo, siendo las grandes ciudades y poblaciones desarrolladas las que cuentan con la mayor infraestructura y recursos para estar a la vanguardia de las comunicaciones a través de empresas comercializadoras y prestadoras de dicho servicio. Cuando se analiza el caso en lugares alejados y zonas rurales, el despliegue tecnológico y el acceso a la infraestructura de las comunicaciones es inclusive nulo en muchos lugares del mundo. Esto en gran parte debido a lo costoso y poco rentable que resulta para los operadores y proveedores de servicio, la implementación y operación de la infraestructura de telecomunicaciones en áreas rurales, donde la cantidad de usuarios es baja y su dispersión es alta.

Desde finales del siglo pasado se han venido desarrollando sistemas de comunicaciones que utilizan como medio de transmisión, las instalaciones eléctricas existentes en sus diferentes niveles de tensión, el primero y más antiguo de ellos es el PLC (Power Line Communications) implementado inicialmente para automatización y control a baja velocidad y popularizado en Europa. Otra alternativa es BPL (Broadband over Power Line), que se refiere a transmisiones a alta velocidad, tecnología que para muchos expertos, abre la posibilidad, junto con otras tecnologías de comunicación, de llegar a bajos costos a las zonas alejadas y rurales que no cuentan con una amplia cobertura de comunicaciones [1] [2] [3] [4] [5].

Es por esto que las comunicaciones de banda ancha a través de las redes eléctricas existentes se consideran una buena alternativa en aquellas áreas donde no es viable para los operadores de comunicaciones instalar toda una infraestructura de redes cableadas, dado los pocos usuarios y las grandes distancias entre los usuarios y de estos con los operadores y proveedores de servicios [1]. Igualmente con esta tecnología puede ofrecerse comunicación de banda ancha en los hogares o edificaciones que cuenten con alimentación eléctrica. Dadas las políticas educativas de la mayoría de los gobiernos, es posible mirar la tecnología BPL como un facilitador para llegar a los usuarios más alejados como es el caso de la educación a distancia.

Aunque la existencia de la tecnología BPL no es nada nueva, se han venido realizando varios modelos experimentales en algunos lugares del mundo para determinar su verdadera capacidad y limitaciones [2]. Lo que hace atractiva esta tecnología de comunicación, es la posibilidad de tener comunicaciones en cualquier lugar donde se cuente con una instalación eléctrica y sobre todo en lugares remotos. Lo anterior teniendo en cuenta que tres cuartas partes de la población mundial cuenta con suministro de energía eléctrica [6].

Los desarrollos en el sistema de BPL son cada vez más maduros y sus productos son más confiables y eficientes, debido a los recientes avances en tecnologías de estado sólido, sistemas de codificación de canal, nuevas técnicas de modulación, procesamiento digital de señales, detección y corrección de errores, obteniendo así velocidades hasta 500Mbps y alcances hasta 1500 metros entre otros [3] [7] [8].

El día 30 de diciembre del año 2010, el IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) publicó el estándar P1901 para banda ancha a través de redes eléctricas: Control de acceso al medio y especificaciones para capa física” a velocidades de 500 Mbps y a distancias hasta de 1500 metros, con frecuencias de transmisión menores de 100MHz, lo cual abre el panorama para tecnologías de Smart Grid en el mundo, AMR (Automatic meter Reading), aplicaciones de transporte, redes LAN (Local Area Network) y domótica entre otros [3].

El Híbrido entre el BPL con otras tecnologías de acceso, posibilita aun mas las aplicaciones de esta tecnología, presentando alternativas que se ajusten a cada caso en particular, independiente de las topologías y áreas que se requieran cubrir, por lo tanto estas combinaciones son una alternativa para las actuales tecnologías de acceso a la banda ancha. Entre algunas de las combinaciones que se han implementado encontramos principalmente BPL con los sistemas inalámbricos como WiFi y Wimax y BPL con la fibra óptica, [9] [10] [11].

En este artículo se presenta una visión general de lo que es hoy en día la tecnología BPL híbrida y sus diferentes desarrollos a nivel mundial y cómo a partir de estos desarrollos, es posible establecer una estrategia de implementación para las áreas rurales. Este documento está organizado de la siguiente manera: En la sección II, Tecnología BPL y Estándares Recientes se relacionan algunas características básicas y generales de su operación y su funcionamiento y algunos de los estándares más recientes, en la sesión III BPL Híbridos, se muestran las combinaciones del BPL con otras tecnologías de acceso, en la sesión IV Proyectos y Aplicaciones se presenta un recuento de los proyectos BPL híbridos implementados en el mundo en los últimos años, en la sesión V se plantean las Ventajas y Desventajas de este sistema y finalmente en la sesión VI se concluirá sobre este informe.

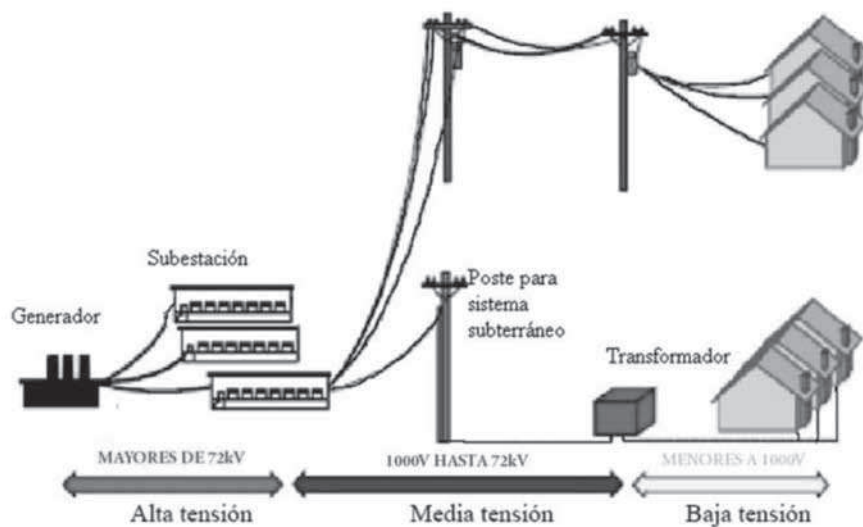
## II. Tecnología BPL y estándares recientes

Las líneas telefónicas fueron construidas inicialmente para transmisión de voz, pero con el auge de las telecomunicaciones se aprovechó dicho medio para la transmisión de datos y hasta el día de hoy se siguen generando nuevos desarrollos y tecnologías para utilizar al máximo dicho sistema. Dada la ubicuidad de las instalaciones eléctricas en el mundo y de forma similar, se han realizado muchos esfuerzos para lograr

utilizar adecuadamente las instalaciones eléctricas como medio de comunicaciones. Normalmente las redes eléctricas en el mundo operan a frecuencias de 50 o 60Hz mientras que el BPL opera en frecuencias superiores que están en el rango de los 2 MHz hasta los 100MHz [3]

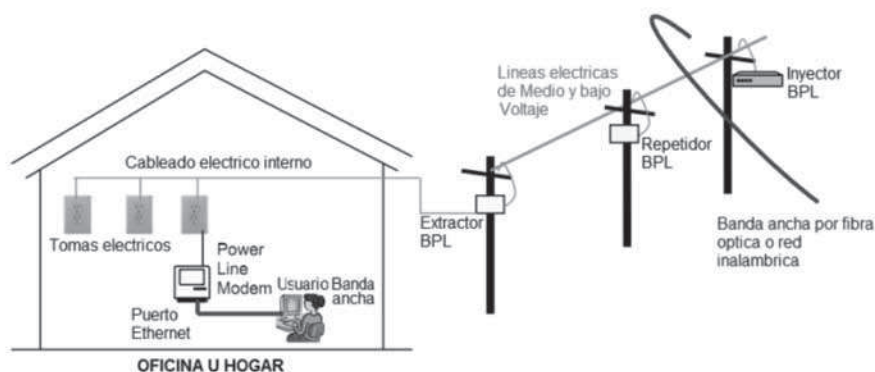
La IEEE P1901.2 clasifica las instalaciones eléctricas en varios rangos de acuerdo con los niveles de tensión utilizados; Baja tensión para voltajes hasta 1000V, Media tensión para voltajes entre los 1kV y los 72kV y Alta y extra alta tensión para rangos superiores 72kV. En la Figura 1 se ilustra esquemáticamente dicha distribución. La mayoría de los sistemas BPL están diseñados para trabajar sobre los niveles de media y baja tensión, siendo las líneas de media tensión excelentes portadoras de energía RF. [11]

Figura 1, Distribución eléctrica de acuerdo a niveles de tensión eléctrica.



En la figura 2 se observa el esquema general del BPL que consiste en la superposición de una señal de alta frecuencia (de 1,6 a 30MHz) con bajos niveles de energía sobre la señal de la red eléctrica de 50 o 60Hz. Esta segunda señal se transmite a través de la infraestructura de la red eléctrica y se puede recibir y decodificar de forma remota. Así, la señal BPL es recibida por cualquier receptor BPL que se encuentra en la misma red eléctrica. Un acoplador integrado en la entrada del BPL receptor elimina las componentes de baja frecuencia antes de que la señal sea tratada. Un módem de red eléctrica (PLM) convierte un dato binario en una secuencia de señales con características predefinidas (frecuencias, niveles) y viceversa, haciendo el proceso de Modulación/ Demodulación. [12]

Figura 2, Esquema y arquitectura general del BPL



En la primera generación de la tecnología PLC se utilizaron modulaciones como DSSSM (Direct Sequence Spread Spectrum Modulation) y GMSK (Gaussian Minimum Shift Keying, pero en esta última generación de BPL la modulación más eficiente que comúnmente se utiliza es la OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplex) por su gran tolerancia al ruido y por la utilización de codificación adaptativa entre otros [13] [14] [15]. Añadiendo algoritmos Viterbi y Reed-Solomon se consiguen 6dB adicionales de relación señal ruido. Reed-Solomon puede recuperar errores causados por ruidos provocados por pulsos típicos de la línea AC. [12]

Actualmente existen varios estándares para sistemas BPL creados por organismos como ETSI (European Telecommunications Standards Institute), CENELEC (Comité Européen de Normalisation Electronique) FCC (Federal Communications Commission) y el IEEE entre otros. Dichos estándares se enfocan en temas como acoplamiento a las Líneas Eléctricas, seguridad, compatibilidad electromagnética, Desempeño y Seguridad entre otros [16]

De forma similar a los estándares creados para WiFi, el estándar IEEE P1901 se enfoca en un acuerdo entre los grandes fabricantes, de modo que los equipos se puedan fabricar para que funcionen en cualquier parte del mundo, abaratando de este modo los costos de su fabricación y permitiendo que crezca el mercado, ya que este tipo de estándares pueden quitarle a uno el miedo de invertir en cualquier otra tecnología que pronto quede obsoleta [17]

La reciente publicación del estándar IEEE P1901 tuvo como objetivo desarrollar un estándar para comunicación de alta velocidad (mayor a 100 Mbps en la capa física) entre dispositivos en sistemas BPL. Este estándar se enfoca en el uso eficiente del canal de comunicaciones, para lo cual especifica los mecanismos para

la coexistencia e interoperabilidad entre dispositivos BPL, mecanismos de calidad de servicio y de ancho de banda; así como mecanismos de seguridad. El estándar solo cubre las capas física y de enlace de datos (MAC) definidas en el modelo de referencia OSI. Según lo indicado en el estándar IEEE 1901, podrá emplearse para la transmisión de información a tasas de transmisión de hasta 500 Mbps a distancias de hasta 1500 m [3]

Durante el primer semestre del año 2011 se ha estado trabajando en los Draft de los estándar IEEE P1901.2 y P1901.2 WG, los cuales tienen como objetivo proporcionar una nueva referencia de rendimiento y confiabilidad mientras ofrece interoperabilidad con los “PRIMER” y “G3-PLC” que son las tecnologías OFDM existentes, elegidas por los proveedores de energía más grandes del mundo, como IBERDROLA y FEDER. El IEEE P1901.2 también implementará un mecanismo de convivencia que se activará en los casos donde ya se han implementado tecnologías de un único transportista. [18]

### III. BPL - híbridos

---

La tecnología BPL integrada con otras tecnologías actuales de acceso (BPL híbrida) podrá dar solución a la conectividad de diferentes áreas en lo que se conoce como la última milla, tal es el caso planteado como el híbrido entre la tecnología inalámbrica WiFi y BPL en donde éste último se utiliza para la transmisión de señales de comunicación a través de las líneas eléctricas de media tensión (20kV) y la tecnología inalámbrica WiFi para la distribución de banda ancha hacia los usuarios finales [9].

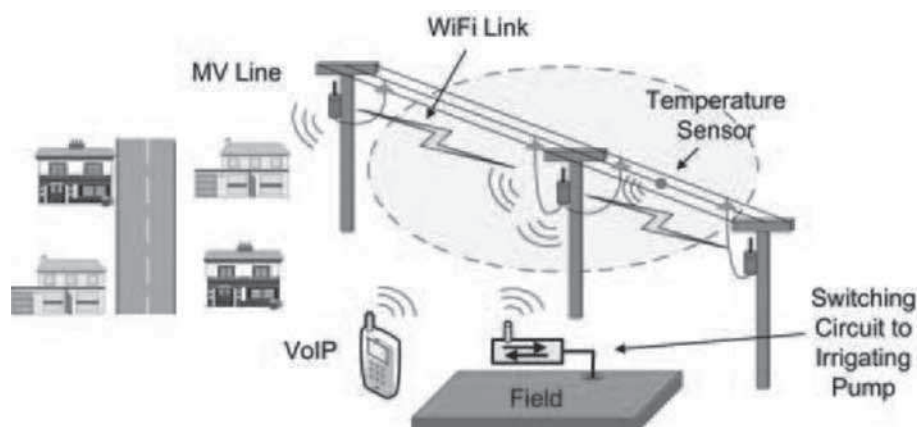
Otro tipo de híbrido se planteó en la Revista Técnica de la Empresa de Telecomunicaciones de Cuba S.A dado los niveles de tráfico que requieren hoy en día las comunicaciones, se plantea para dicho país, que sería más práctico y económico migrar de una red de banda estrecha (Línea telefónica) a una red multiservicio de banda ancha a través de una red combinada que utilice las instalaciones eléctricas existentes y la red de acceso de fibra óptica. Dicho análisis se hace a partir la infraestructura existe y de un análisis económico realizado con las diferentes alternativas de llevar banda ancha hasta los hogares. [10]

Por otra parte también se ha planteado para una cadena de hospitales contar con un híbrido entre los sistemas de PLC y la IEEE 802.16/Wimax (Worldwide Interoperability for Microwave Access) garantizando calidad de servicio con las aplicaciones médicas y un bajo costo de implementación. [19]

## IV. proyectos y aplicaciones de BPL

Dado que en Larissa, zona rural del centro de Grecia era necesario controlar de forma remota un gran número de bombas de riego distribuidas en bastas zonas distantes y también se debía facilitar el acceso de banda Ancha a la población Local, se implementó el híbrido entre WiFi y BPL (W-BPL), en donde este último se utilizó para la transmisión de señales de comunicación a través de las líneas eléctricas de media tensión y la tecnología inalámbrica WiFi para la distribución de banda ancha hacia los usuarios finales tal como lo indica la Figura 3. [9]

Figura 3, Esquema del híbrido de red W-BPL para acceso de última milla y aplicaciones de redes inteligentes



Este híbrido se aplicó sobre dos circuitos de media tensión de 20kV, con una longitud de 70km, instalando 110 Unidades W- BPL cada 500 u 800m, los transeceptores BPL se componen de tres módulos básicos: la unidad de acoplamiento, el filtro pasabanda y finalmente un módem BPL. Este proyecto fue muy enfocado en la supervisión y control de la red eléctrica o red inteligente, con la principal ventaja del bajo costo y la alta calidad de los servicios ofrecidos para la red inteligente, obteniendo en promedio tasas de transmisión de 14Mbps en los transeceptores BPL y 80Mbps en las líneas de media tensión.[9]

De la experiencia anterior se concluye que dicha combinación es viable pese al rango limitado de frecuencias que se utilizó (1 - 30MHz) debido a la proximidad de un aeropuerto militar, pero que se estima será ampliado por las organizaciones de estandarización tal como ha ocurrido con la reciente publicación del estándar IEEE P1901.

El Ministerio de Tecnologías de la Información del Gobierno de la India pidió a las compañías eléctricas del país, llevar a cabo un proyecto piloto con BPL en la Ciudad de Calcuta (India). En dicho proyecto realizaron montajes de esta tecnología en baja tensión en tres lugares diferentes, dos de ellos de vivienda y otro de oficinas. En estos se utilizaron equipos DS2 los cuales eran capaces de proporcionar la velocidad de 200 Mbps en la capa física. La conexión a internet se realizaba a través de fibra óptica, el rango de operación de frecuencias fue de 2 a 34 MHz. El sistema utiliza 1536 sub-portadoras. La potencia máxima de lanzamiento de equipos BPL es -50dBm/Hz. La potencia recibida es controlada por AGC (Control Automático de Ganancia) en el rango de -12 dB a 30 dB a caer dentro del rango dinámico de la equipo. Las velocidades en los tres casos variaron entre 15 y 80Mbps. Este proyecto piloto ha demostrado ser capaz de proporcionar los anchos de banda requeridos en la última milla. De igual manera se ratifica cómo los prestadores de los servicios públicos de energía se benefician con la implementación de redes inteligentes que ayuden a administrar y mantener el buen estado de las instalaciones eléctricas [2].

Dos compañías Internacionales IBM (International Business Machines) e IBEC (International Broadband Electric Communications) firmaron un acuerdo para trabajar con BPL en áreas rurales de los Estados Unidos con ayuda del gobierno federal. En dicho documento se plantea que BPL y Smart Grid tendría su aplicación fundamental en los hogares y empresas de las zonas rurales [20].

En algunas regiones del Brasil se plantea encontrar un nuevo nicho para las comunicaciones a través de BPL, dada la magnitud de este país y gran cantidad de áreas rurales y remotas. Hoy en día las empresas proveedoras del servicio eléctrico no consideran solamente llevar energía eléctrica a los lugares más apartados sino también llevar comunicaciones tal como lo demanda los avances tecnológicos y la sociedad. Es claro que las empresas prestadoras del servicio eléctrico son tradicionalistas y no pretenden competir con las empresas de comunicaciones, pero dada la privatización de algunas de ellas ven en dicho campo una posibilidad de negocio interesante. [21]

En una red de bajo voltaje de Tanzania se hace un análisis muy técnico del sistema BPLC (Comunicación de Banda ancha a través de Líneas Eléctricas), la cual utiliza OFDM y BPSK (Binary Phase-Shift Keying). Se toman 3 puntos diferentes de transmisión y recepción encontrando que para transmisiones de frecuencias de 100MHz se prestan retardos de 4 $\mu$ s, pero con la utilización del código externo concatenado Reed Solomon y con el código de convolución se mejora dicho rendimiento. [22]

En otra aplicación se investiga la implementación de BPL sobre cables SPS (Shipboard Power System) que hacen parte de los sistemas de automatización en los nuevos buques de la marina Norteamericana y aunque se concluye que las velocidades de transmisión en este tipo de cable en particular son más bajas (entre 10 y 75 Mbps) comparadas con los 100Mbps de 100BaseT y la tecnología inalámbrica, se



ve un gran potencial en su utilización para la automatización dada la cobertura de las redes eléctricas en todo el buque. Por tanto se plantea la necesidad de continuar con otras pruebas a otros voltajes y sobre otros tipos de cableado. [7]

Se han realizado pruebas exitosas y confiables en sistemas de seguridad, tal como la transmisión de video y voz IP Utilizando el BPL. Dichas pruebas se realizaron por un periodo de un año en un conjunto residencial de 115 apartamentos en donde se implementó una red datos que contaba 12 cámaras IP asociadas al circuito cerrado de televisión e interconexiones con Voz IP, demostrando a través de un sistema de gestión de red su estabilidad. Igualmente se plantea que es más rápido y económico implementar este sistema que el tradicional sistema que utiliza el cableado UTP Cat 5E. [23]

En China se evidencia la gran importancia que tiene hoy en día hacer un uso muy eficiente de la energía eléctrica y cómo los operadores de redes eléctricas a través del uso de AMR, combinado con BPL podrían obtener muy buenos resultados en este país. Aunque es evidente que los dispositivos para BPL son más costosos que los del PLC, la combinación con AMR ahorraría en mantenimientos y en recolección de información. Adicionalmente es compatible con el protocolo de red SNMP (Simple Network Management Protocol) y proporcionaría banda ancha bidireccional de tal forma que los suscriptores obtengan mayor satisfacción. Con la combinación de esta tecnología los clientes residenciales tendrán en el futuro, derecho a saber sus consumos eléctricos y hasta de otros sistemas como gas y agua y por ende, así podrían optimizar su utilización. [4]

BPL añade inteligencia al sistema de distribución eléctrica, lo que permite servicios Smart Grid tales como dos vías de lectura automática de medidores AMR, detección de interrupción, gestión de la demanda, calidad de la energía, gestión y mucho más, lo que resulta en la mejora, confiabilidad eléctrica de la red, seguridad y eficiencia, así como aumento de la calidad de servicio al cliente [24].

Es así como los prestadores de los servicios públicos de energía se benefician con la implementación de redes inteligentes que ayuden a administrar y mantener el buen estado de las instalaciones eléctricas. La empresa norteamericana Oncor que se dedica a la distribución y comercialización de energía en Dallas (Texas) le apuesta a continuar implementando e integrando en sus redes el BPL y fibra óptica con el fin garantizar calidad de servicio y tener un control ágil y eficiente en la administración de sus redes eléctricas. Esto normalmente se logra utilizando medidores de energía que reportan a cada instante los eventos del sistema y los consumos de cada usuario. Dicha compañía viene reemplazando desde el 2008 los medidores por otros más avanzados y tiene como objetivo para el año 2012 el remplazo de todos estos equipos de medida. [25]

Con pruebas a gran escala realizadas en Houston, Texas a las comunicaciones sobre líneas eléctricas aéreas de media tensión y durante un buen periodo de tiempo se ha demostrado la eficacia del BPL para las comunicaciones bidireccionales de alta velocidad utilizadas por una compañía de electricidad con el fin de realizar operaciones de dispositivos como interruptores, recolección de medidas y supervisión con sensores entre otros. Igualmente se plantea cómo mejorarían sustancialmente las compañías de electricidad dado los grandes beneficios que tendrían al contar con este tipo de red inteligente si se realizaran más pruebas sobre las diferentes distribuciones eléctricas y se compartiera dicha información. [5]

Entre otros aspectos, se han realizado análisis y estudios al PLC en los diferentes niveles de tensión existentes y su aporte a las redes inteligentes, pero sin dar conclusiones finales en su momento dado que las redes inteligentes (Smart Grid) también continuaban en desarrollo [26].

En Colombia son mínimos los casos en los que se reporta la implementación de este sistema solo la empresa EMCALI (Empresa Municipal de Cali), en el año 2008, que contaba con un red multiservicios, estaba analizando la posibilidad de expandir su red de acceso en el sur de la ciudad con la tecnología BPL con el fin de ofrecer servicios donde no es posible llegar con una infraestructura en cobre. Se sabe que se generaron algunos contratos para la adquisición e implementación entre otros de sistema, pero no se reportan los resultados finales. [27]

Otra aplicación del BPL, es el manejo de domótica a nivel de los hogares en donde ya se está interactuando con los electrodomésticos y la seguridad a través de las líneas eléctricas. Finalmente otra importante aplicación del BPL aunque todavía está en desarrollo e investigación es su posible implementación para la realización redes LAN, lo cual hasta la fecha ha estado demostrando su viabilidad. Su aplicación también se está estudiando para buques, aviones y hasta para transbordadores de la nasa [24].

## V. Ventajas y desventajas de BPL

La principal ventaja del sistema BPL es que cuenta con la infraestructura necesaria para su implementación (redes eléctricas existentes), la cual es considerada en el mundo, como la más extensa y penetrante en comparación con la demás alternativas por cable, por lo tanto no es necesario realizar incómodas obras ni costos cableados para obtener el servicio, ya que BPL utiliza dicha infraestructura para conectarse a Internet o hablar por teléfono desde cualquier toma corriente. Es así como este sistema tiene su mayor atractivo en las zonas rurales, donde no se cuenta con grandes redes de comunicaciones.

Otra gran ventaja que tiene el BPL es que añade inteligencia al sistema de distribución eléctrica, lo que permite Servicios Smart Grid tales como dos vías de lectura automática de medidores (AMR), detección de interrupción, gestión de la demanda, calidad de la gestión de energía y mucho más, lo que resulta en la mejora eléctrica confiabilidad de la red, la seguridad y eficiencia, así como aumento de la calidad de servicio al cliente [24].

Por otra parte como no todo es color rosa, se ha planteado que su mayor desventaja es la interferencia que ocasiona en los sistemas de comunicaciones (Radiocomunicaciones) aunque algunas compañías afirman que dichos problemas ya han sido superados [28].

Debido a los problemas que ha tenido que enfrentar este sistema, es fundamental que los organismos competentes emitan normas y estándares para la correcta implementación del BPL, de tal forma que con la elaboración de este conjunto de estándares internacionales, regionales y locales se regulen entre otros, las emisiones electromagnéticas radiadas y conducidas, evitando así, que se afecte la operación normal de otros equipos electrónicos y las redes inalámbricas existentes (Radiocomunicaciones).

Ante la innumerable publicidad negativa sobre la interferencia y radiaciones que se presentan con la tecnología BPL, se hace un análisis y pruebas que pueden concluir algunas limitantes que se tienen en la utilización del BPL en ciertas frecuencias y en algunos medios de transmisión eléctrica. Igualmente dependiendo de la frecuencia utilizada, BPL y PLC pueden operar sin causar una interferencia significativa. [29]

La viabilidad de este sistema depende del impacto del negocio y su aplicación, tal es el caso del número de clientes por transformador, por ejemplo en Norteamérica la mayoría de los transformadores sirven a menos de 10 clientes mientras que en Europa, la mayoría de los transformadores sirven a 200 o más clientes. Por lo tanto, en los EE.UU, es económicamente desventajoso utilizar este sistema en áreas densamente pobladas. [26].

Otra desventaja que tiene esta tecnología de acceso es la misma red eléctrica, ya que sobre ellas se presentan ruidos eléctricos y armónicos ocasionados por cargas como motores y por las maniobras (apertura y cierre de interruptores) que producen transitorios en las redes.

Por otra parte no se tienen reportes del estudio del BPL en las zonas rurales de Colombia lo cual imposibilita pensar en la utilización de esta tecnología en el corto plazo.

La seguridad cibernética sobre BPL no ha sido ampliamente investigada en la actualidad, sin embargo para que dicho sistema sea posible se deberán realizar los estudios para garantizar una seguridad cibernética con los más altos niveles de calidad. [24]

## VI. Conclusiones

Con la reciente publicación del estándar IEEE 1901 se abre nuevamente el panorama para el desarrollo e implementación de esta tecnología de tal forma que pueda llegar a ser utilizada a la par con otras tecnologías de acceso para atender zonas remotas que carezcan de medios de comunicación. Para lograr este objetivo se requiere entre otros, que sea una política de estado el masificar la conexión a internet y por ende realizar las inversiones necesarias para lograr este objetivo.

Por otra parte existe muy poca documentación en nuestro País sobre la utilización de este sistema de comunicación, dada su poca implementación o masificación en el mundo. Es de esperarse que solo cuando veamos resultados satisfactorios en otros países nuestros gobernantes y las entidades privadas se atrevan a realizar inversiones y proyectos con esta tecnología que aunque no es nada nueva ha tenido muchos contradictores, pero que no deja de ser una alternativa interesante como tecnología de acceso.

No es exageración pensar que el servicio y cobertura de banda ancha será el problema tecnológico a enfrentar por esta generación y nuestros gobernantes y que con esta tecnología de acceso e híbridos se podría abarcar y llevar este servicio a las zonas más distantes de nuestro país que cuenten con instalaciones eléctricas.

## Referencias

- [1] Daniel Fink; Rho Jae Jeung, "Feasible connectivity solutions of PLC for rural and remote areas", IEEE Simposio Internacional sobre Power Line Communications y sus Aplicaciones,, pp. 158-163, April 2008.
- [2] Sukanta Basu, Sitesh Roy, "Broadband Over Power Lines (BPL)", Conferencia Internacional sobre Power Systems, Dic 2009.
- [3] IEEE Std 1901-2010, "IEEE Standard for Broadband over Power Line Networks: Medium Access Control and Physical Layer Specifications", Pag 1 – 1586, Dec. 30 2010.
- [4] Qingyang Liu, Bingzhen Zhao, "Experience of AMR Systems Based on BPL in China", IEEE Simposio Internacional sobre Power Line Communications y sus Aplicaciones,. pp. 280-284, April 2009.
- [5] C. M. Arteaga, Y. J. Yan. "Large Scale Broadband over Powerline Field Trial On Medium Voltage Overhead Circuits," Power Line Communications and Its Applications, IEEE International Symposium, pp. 289 – 292, May 2008.
- [6] En línea Web consultada en Junio de 2011 <http://www.un.org/spanish/News/fullstory-news.asp?NewsID=17119>

- [7] Ayorinde Akinnikawe, I. and Karen L. Butler-Purry, "Investigation of Broadband over Power Line Channel Capacity of Shipboard Power System Cables for Ship Communication Networks," Power & Energy Society General Meeting, IEEE, pp. 1 – 9, October 2009.
- [8] Andrés Antonio, Graciél - Impacto en los servicios de radiocomunicación debido a la introducción de comunicaciones de banda ancha sobre líneas de potencia eléctrica (BPL), Instituto politécnico Nacional, Mexico D.F. 2008.
- [9] Georgios I. Tsiropoulos, "Wireless-Broadband over Power Lines Networks: A Promising Broadband Solution in Rural Areas", PowerTech, 2009 IEEE Bucharest, July 2009.
- [10] Ing. Luis Enrique Conde del Oso, "Las posibilidades de una Red de accesos Híbrida Gpon-BPL en la informatización de la sociedad," 26 Tono Revista Técnica de la Empresa de Telecomunicaciones de Cuba S.A., 2009.
- [11] National Communications System "Technical Information Bulletin 07-1 Broadband over PowerLines , January 2007
- [12] Serna Victor Hugo, Comunicaciones a través de la red eléctrica – PLC, Revista Española de Electronica, Marzo 2011
- [13] Gisella Beatriz Mantilla Morales, Angélica María Oña Morales, Tesis, "Diseño de una red PLC (Power Line Communication) para dar un servicio de transporte de voz, datos y video" ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL, Julio 2009.
- [14] Felipe Díaz F. Carlos Wright D, "PLC – Power Line Communication Elo – 322 Redes de computadores" Universidad Técnica Federico Santa María, Julio 2010
- [15] Silva Salgado Lizbeth Noemi, Nuñez Rea Marco Antonio, Tesis "Análisis de las técnicas de modulación GMSK y OFDM aplicadas a los sistemas de comunicación sobre las líneas de distribución de energía eléctrica o tecnología PLC", México, Noviembre 2008
- [16] J. Garcia Hernandez, "ANALISIS DE ESTANDARES APLICABLES A SISTEMAS BPL" (BROADBAND OVER POWER LINE), mayo de 2009
- [17] En línea Web consultada en Junio de 2011 <http://www.verasoul.com/2009/08/ieece-p1901internet-por-lineas-electricas.html>
- [18] En línea Web consultada en Junio de 2011 <http://standards.ieee.org/news/2011/p19012.html>
- [19] Peng Wang, Alison Marshall, Kamarul A. Noordin, Xufeng Huo, Garik Markarian, "Hybrid Network Combining PLC and IEEE802.16 for Hospital Environment", Power Line Communications and Its Applications, 2010 IEEE International Symposium on, June 2010.
- [20] Jeff St. John, "Broadband Over Powerline Brings Smart Grid to Rural Areas", Tomado de internet , February 2009. <http://www.greentechmedia.com/articles/read/broadband-over-powerline-brings-smart-grid-to-rural-areas-5742/>
- [21] Daniel Fink, Hangjung Zo, "The Long Tail of Loop Distance for Broadband over Power Lines: Finding a New Niche for Rural Telecommunications in Brazil", Third 2008 International Conference on Convergence and Hybrid Information Technology , Nov. 2008.
- [22] Justinian Anatory, "A Broadband Power-Line Communication System Design Scheme for Typical Tanzanian Low-Voltage Network," IEEE Transactions on Power Delivery, VOL. 24, No. 3, JULY 2009.
- [23] Yang, Y.J.; Arteaga, "Broadband over Powerline field trial for commercial in-building application in a Multi-Dwelling-Unit environment," Power Line Communications and Its Applications, May 2009.
- [24] Ce Zheng Kezunovic, M. "Integrated solutions for ubiquitous use of electricity and cyber services," Power Symposium, 2008. NAPS '08. 40th North American, pp. 1 – 7, November 2009.
- [25] Oncor, "Oncor Relies on BPL Broadband-over-power-line with fiber backbone is central to the future of the Dallas-area Smart Grid", Communication System, Transmission and distribution world, [www.tdworld.com](http://www.tdworld.com), February 2010.

- [26] Stefano Galli, "For the Grid and Through the Grid: The Role of Power Line Communications in the Smart Grid" submitted to the proceedings of the IEEE - Sep. 2010.
- [27] Paz Largo, Johana Andrea, "ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE **BPL** SOBRE LAS REDES ELÉCTRICAS DE **EMCALI** EICE ESP COMO TECNOLOGÍA DE ACCESO A LA RED MULTISERVICIOS", pasantía Universidad Autónoma de Occidente, 2008
- [28] Ziaee, S. and Xavier Fernando, "Broadband over Power Lines: an Overview," Canadian Review, winter 2007.
- [29] Cornelis J. Kikkert, E. "Is Broadband over Power-lines dead?", Telecommunication Networks and Applications Conference (ATNAC), 2009 Australasian , Nov. 2009.

## Los autores

---

M. Germán: Ingeniero Electricista de la Universidad de Antioquia Medellín, Colombia. Estudiante Especialización en Telecomunicaciones, empleado de la empresa Constructora Concreto Medellín, Colombia. (e-mail: gmorenoc@une.net.co)

A. Ferney: Docente de la Universidad Pontificia Bolivariana, Director de Postgrados en telecomunicaciones, pertenece al grupo de investigación GIDATI. (e-mail: ferney.amay@upb.edu.co), cuenta con los títulos de Ingeniería electrónica (1998), Maestría en Ingeniería (2005), Doctorado en Telecomunicaciones (2010)