

# ESTUDIO Y PROGRESO DE REDES PLC, ENFOCADO A SERVICIOS DE BANDA ANGOSTA

*Luis Rodríguez Malagon,*  
Ingeniero Electrónico, Especialista en Diseño y Construcción de Soluciones Telemáticas.  
ing.luisrm@gmail.com

*Juan Rivera Escobar*  
Ingeniero Electrónico, Especialista en Diseño y Construcción de Soluciones Telemáticas

*Gerardo Castang Montiel*  
Ingeniero Electrónico, Maestría en Teleinformática.  
Docente Universidad Autónoma de Colombia. gerardo.castang@fuac.edu.co

Recibido: 03-11-2009, aceptado: 17-11-2009, versión final: 17-11-2009

## RESUMEN

*En el presente artículo se abarca la temática de servicios de comunicaciones por medio de la tecnología PLC (power line communications), es decir, comunicaciones por línea de potencia eléctrica. El principal enfoque se encuentra dirigido a los servicios PLC de banda estrecha y banda ancha, en particular al acceso a redes de datos, como internet, por medio de la instalación eléctrica residencial. También se hace referencia a uno de los estándares más utilizados en países donde se utiliza esta tecnología, para la implementación de los servicios de comunicación, este es el estándar europeo para comunicación por línea eléctrica, el estándar CENELEC EN 50065. También se incluyen la domotica y la telemetría, como campos de aplicación de esta tecnología.*

**Palabras clave:** Power Line Communications(PLC), PLC de banda estrecha, PLC de banda ancha, PLC Gateway, Estándar CENELEC EN 50065.

## ABSTRACT

*In this article cover the topic of communications services through technology, PLC (Power Line Communications), ie, communications line of electrical power. The main focus is directed to the PLC narrowband services and broadband services, particularly access to data networks such as the Internet, through residential wiring. It also refers to one of the most widely used standards in countries that use this technology for implementing communication services, this is the European standard for power line communication, the standard CENELEC EN 50065. Also include home automation and telemetry, as areas of application of this technology.*

**Keywords:** PLC, PLC Broadband, PLC Narrowband, PLC Gateway. Standard CENELEC EN 50065.

## 1. INTRODUCCIÓN

En este artículo se realiza un estudio de la tecnología "Power Line Communications - PLC". Este tipo de tecnología básicamente se trata de un sistema de comunicación de datos innovador, que utiliza como medio de transmisión las redes eléctricas existentes. Aunque la idea de utilizar las redes eléctricas como medio de comunicación no es del todo nueva, en los últimos años se ha venido despertando el interés a nivel mundial por continuar estudiando estos sistemas con el fin de lograr un desarrollo en la materia, que permita la creación de nuevas tecnologías para satisfacer necesidades en general de la sociedad. De esta forma se aprovecha alternativamente la red eléctrica, la cual es un recurso que tiene cubrimiento a nivel nacional y por lo tanto llega a la mayoría de la población. La sigla PLC, se refiere a las palabras inglesas, Power Line Communications ó Power Line Carrier. En español esto significa, Comunicaciones a través de la Línea/Red de Energía Eléctrica. También se puede encontrar como PLC (Power Line Carrier), PLT (Power Line Telecommunications), DPL (Digital Power Line) ó BPL (Broadband Power Line). Se trata, fundamentalmente, de la transmisión de voz, datos u otro servicio de telecomunicaciones a través de la red de energía eléctrica, bien sea dentro o fuera del hogar. Fuera del hogar, esta tecnología aprovecha que la red eléctrica cuenta con una gran cobertura de usuarios debido a su despliegue de infraestructura física por todo el territorio nacional. Y por otro lado, dentro del hogar, cuenta con enchufes (puntos de acceso) repartidos en toda la edificación.

Las comunicaciones a través de la red eléctrica, están especificadas en el estándar europeo CENELEC EN 50065, el cual le asigna a este tipo de comunicaciones un rango de frecuencia de 9 a 140 KHz. Las tasas de transferencia que se logran utilizando la norma CENELEC, alcanzan unos cuantos miles de bits por segundo, con lo cual es suficiente para funciones de telemedición y control de carga en las redes eléctricas, es decir conexiones de datos de

baja velocidad, y eventualmente algunos pocos canales de voz. Para que PLC pueda competir con otras tecnologías de telecomunicaciones como es el caso de redes de acceso a internet, se necesita un ancho de banda cercano a los 30MHz, para lo cual no existe un estándar oficial, sin embargo existen unas organizaciones que buscan lograr la estandarización de las redes PLC de banda ancha, y son las siguientes; Plc Forum, la cual es una organización internacional que unifica y representa el interés de sus más de 50 miembros en cuanto respecta a PLC. Entre dichos miembros se encuentran compañías manufactureras, empresas de suministro de energía, proveedores de redes y organizaciones de investigación entre otros; otra entidad es The home-plug powerline alliance, la cual es una corporación sin ánimo de lucro interesada en la creación de especificaciones abiertas que permitan la implementación de productos y servicios que utilicen la tecnología PLC interna de alta velocidad. Es de resaltar que las organizaciones Home-Plug y el PLC Forum, trabajan unidamente.

## 2. BREVE INTRODUCCIÓN A LAS REDES ELÉCTRICAS

Antes de continuar tratando el tema de redes PLC, es conveniente describir en términos generales las redes eléctricas, ya que constituyen el medio físico que utiliza la tecnología PLC para lograr la comunicación. La figura 1, muestra un esquema general de las redes de energía eléctrica, y de igual forma, se explican los diferentes niveles de tensión que se utilizan en Colombia para cada tramo de la red.

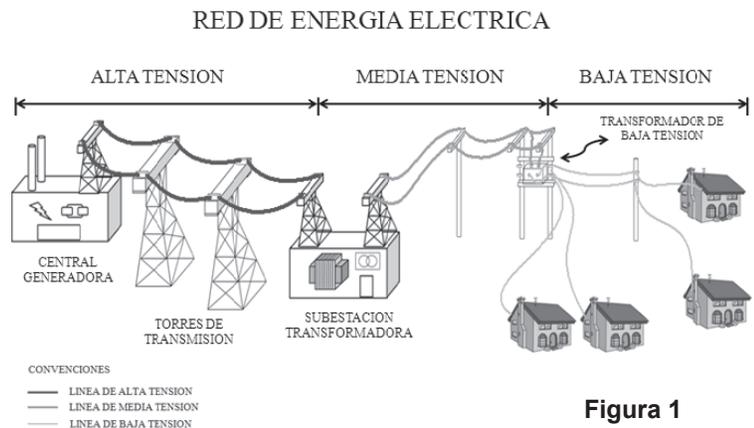


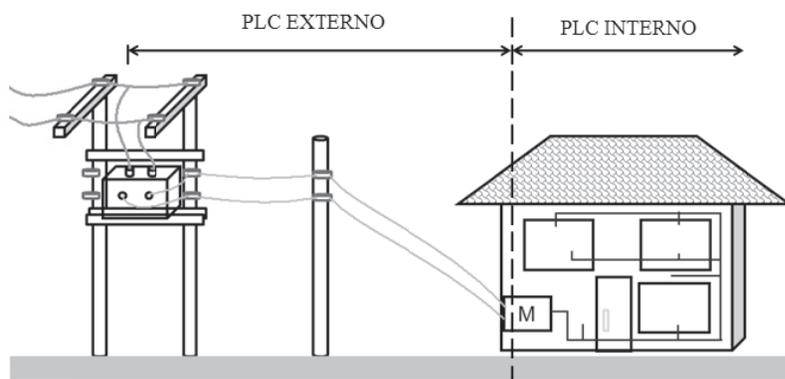
Figura 1  
Red de energía eléctrica

**Redes de alta tensión:** Son las líneas que se utilizan para el transporte de la energía, desde la central generadora hasta los centros de consumo, como por ejemplo las ciudades, poblaciones o sectores industriales. En Colombia normalmente estas líneas manejan tensiones de 115KV en las ciudades, y 220KV o más en sectores rurales.

**Redes de media tensión:** En los centros de consumo de energía, las líneas de alta tensión son transformadas en líneas de media tensión, a través de las subestaciones de transformación; y por medio de estas líneas de media tensión se realiza la distribución de la energía dentro del centro de consumo, es decir la ciudad. Los niveles de tensión que se manejan son de 11.4KV en sectores urbanos como en Bogotá, y 13.2KV o 34.5KV en sectores rurales, dependiendo de las condiciones presentadas.

**Redes de baja tensión:** Se utilizan transformadores llamados “transformadores de baja” los cuales convierten las líneas de media tensión, en líneas de baja tensión, dejándola en niveles de voltaje de 220v ó 110v. Este último es el nivel de voltaje que comúnmente se maneja en Colombia para las redes de baja tensión, las cuales están comprendidas desde el transformador de baja hasta los medidores instalados en los predios de los usuarios.

Existen varias formas de clasificar los sistemas PLC, pero generalmente, se clasifican en dos grandes grupos que son PLC Interno y PLC Externo, o Indoor y Outdoor.



**Figura 2**  
PLC externo e interno

**Plc interno:** También llamado PLC In-Home, ó PLC Indoor, este sistema utiliza la red doméstica, la cual se encuentra en la parte interna de la casa o el edificio, es decir desde el punto donde se encuentra el medidor de energía. Este dispositivo es propiedad y responsabilidad del cliente. Cuando se habla de PLC Interno, a su vez este se puede clasificar de dos formas, una de ellas es Banda Ancha, la cual es utilizada para crear entornos de redes LAN en edificios u oficinas, con lo cual se evita hacer un tendido de red adicional que sea solo para manejo de datos. La otra es Banda Angosta, que es utilizada para aplicaciones de automatización de la casa o edificio, es decir “Domotica”, como lo es control de cierres y aperturas, monitoreo y control de encendido de luces y electrodomésticos entre otros. El sistema Plc externo, también llamado PLC Outdoor, puede ser utilizado por medio de las redes de media y baja tensión de las compañías eléctricas. Este sistema presenta variantes, una de ellas es el sistema de Banda Ancha, también denominado BPL “Broadband Power Line”, el cual, normalmente utiliza la red de baja y en algunos casos también la de media tensión, como solución de última milla para distribución de servicios de banda ancha como internet. La otra es Banda Angosta, en este caso se utilizan las redes de media y baja tensión generalmente por parte de las mismas compañías eléctricas, con el fin de hacer comunicación entre centrales o subestaciones, para hacer controles o monitoreo de las líneas eléctricas, control de alumbrado público y se puede utilizar para servicios de telemedición de consumo a los usuarios, corte y reconexión remota del suministro eléctrico y control contra fraude eléctrico. El sistema PLC banda ancha de uso externo, o también llamado PLC de acceso, es un sistema full dúplex punto - multipunto que utiliza la parte de la red eléctrica de baja tensión, ya que dicho tramo de red es el que interactúa directamente con los usuarios finales. El uso fundamental de ésta aplicación se enfoca a la distribución del servicio de internet, por lo tanto se considera como

una solución de última milla. En la topología utilizada, se sitúa estratégicamente un equipo denominado "HE" o equipo de cabecera en la parte de baja tensión del transformador, con el fin de que preste servicio a todos los predios que sufre dicho transformador y en cada uno de los predios de los clientes se instalan unos dispositivos que se denominan "CPE's", que son adaptadores PLC, los cuales transforman la toma eléctrica en un conector RJ-45, para conectar fácilmente un computador. Los equipos que se utilizan son los siguientes, el He (head end), Cpe (customer premises equipment) e Ir (intermediate repeater). La conexión desde el predio de un usuario, a través de la red de acceso al HE, puede ser de dos formas, una es la conexión directa; en este tipo de conexión, el modem de usuario "CPE" está conectado directamente al HE, por medio de la red de baja tensión y la señal es transmitida a través del medidor de energía instalado en la entrada del predio del cliente. La otra forma se conoce como conexión indirecta. En este tipo de conexión, se instala lo más cerca posible al medidor de energía en la entrada del predio del cliente, un PLC gateway, el cual tiene como función principal dividir a nivel lógico, la red de acceso de baja tensión de la red domestica del cliente, convirtiendo las frecuencias usadas en la red externa, a las frecuencias utilizadas en la red interna. De esta forma, el PLC gateway controla toda la red domestica del cliente y administra la comunicación hacia la red de acceso. El sistema Plc de banda ancha interno, básicamente se usa para redes LAN dentro del predio del cliente, por lo tanto utiliza solamente la red eléctrica doméstica. En esta topología se utiliza un PLC gateway, el cual es un CPE configurado como puerta de enlace, que puede ir conectado a un servicio de internet. También se utilizan unos CPE's que trabajen como esclavos, los cuales se conectan en cualquier toma eléctrica disponible que exista en la edificación.

### 3. NORMATIVIDAD PARA PLC DE BANDA ANCHA

Para las redes PLC de banda ancha de aplicación externa o redes de acceso, no existe un estándar oficial, en cambio, lo que existe es un

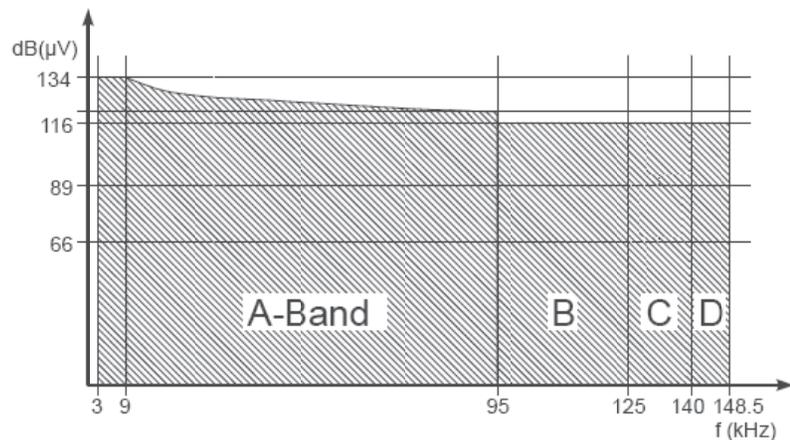
grupo llamado PLC Forum, el cual tiene como objetivo buscar la estandarización para esta aplicación. Sin embargo existen varias propuestas para la división del ancho de banda a utilizar en la tecnología de redes PLC de banda ancha. La recomendación ETSI TS 101867, la cual se refiere a sistemas PLC de primera generación, asigna el rango de frecuencia de 1.6MHz a 30MHz, dividido de la siguiente forma: de 1.6MHz a 10MHz para los sistemas de acceso, y la banda de 10MHz a 30MHz para los sistemas de comunicación domésticos. Otra alternativa, es tomar el mismo ancho de banda de (1.6-30)MHz, dividido en bandas de 10MHz, la primera (1.6-10)MHz, sería utilizada para PLC de acceso, la segunda (10-20)MHz, se podría utilizar indistintamente tanto para la aplicación de acceso como para la aplicación del hogar, ya que los sistemas dentro del hogar detectarían automáticamente la presencia o no de un sistema de acceso en esa banda, para que en caso de que dicha banda se encuentre libre pueda ser utilizada para aumentar el ancho de banda disponible en el uso del hogar. Y la tercera banda (20-30) MHz, sería utilizada específicamente para aplicaciones dentro del hogar. La organización CENELEC por su parte, está trabajando en la ES 59013, la cual asigna el mismo ancho de banda de (1.6-30) MHz, utilizando la banda de (1.6-13.5) MHz, para aplicaciones de acceso, y la banda de (13.5-30) MHz para aplicaciones del hogar, es decir que la frecuencia de separación entre las aplicaciones de acceso y del hogar, estaría ubicada en los 13.5MHz del espectro electromagnético, en vez de los 10MHz de la de banda ancha de aplicación ETSI. Por otro lado, en Estados Unidos, ha venido desarrollándose un protocolo para las redes internas, es decir para entornos LAN dentro del domicilio o aplicaciones dentro del hogar y es el protocolo "Home PLUG 1.0" el cual fue desarrollado por la Home-Plug Powerline Alliance, basado en modulación OFDM y utilizando el espectro en la banda de (4-22) MHz, el cual interfiere con la asignación de frecuencias que se pretende en Europa ya que en este caso no se asignaría ancho de banda para redes de acceso, si no que solo se utilizaría el espectro para los servicios de uso doméstico. Las técnicas de modulación basadas en OFDM,

multiplexación por división de frecuencias ortogonales, han sido el enfoque principal de la tecnología PLC de banda ancha tanto de aplicación externa como de interna, debido a que es una técnica robusta ante la presencia de ruido y se adapta a las condiciones del canal para lograr la mayor eficiencia posible, por lo tanto, son la base para las especificaciones del HOME PLUG POWERLINE ALLIANCE. La técnica OFDM está basada en FDM "frecuency división multiplexing", es decir multiplexación por división de frecuencia. Esta técnica subdivide el ancho de banda disponible en varios canales o sub-bandas con su propio rango de frecuencia, de esta forma permite transmitir señales de comunicaciones por medio de cada sub-banda utilizando múltiples tonos portadores a través del mismo medio de transmisión en el mismo instante de tiempo. El sistema de comunicación que provee la compañía HOME-PLUG, utiliza OFDM en la banda de 4 a 22MHz, la cual se subdivide en 84 portadoras y alcanza velocidades máximas de hasta 14Mbps. También la empresa DS2, ha utilizando la misma técnica de modulación pero en la banda de 1.6 a 30MHz, la cual subdivide más estrechamente en 1280 portadoras logrando así velocidades de 45Mbps hasta 200Mbps en los sistemas recientes. Por lo tanto, debido a sus ventajas, esta técnica de modulación ha mostrado ser bastante eficiente para este tipo de tecnología. Las aplicaciones externas, es decir que utilizan la red eléctrica de baja o media tensión, son utilizadas principalmente para tareas que interesan a la empresa de energía eléctrica, tales como comunicación interna entre subestaciones; también, se puede utilizar esta tecnología para lectura remota de medidores de energía en los predios de los clientes, facturación, corte y reconexión remota del servicio de suministro eléctrico, control contra fraude entre otras. Por otro lado, las aplicaciones internas, es decir en las que se utiliza solamente la red doméstica del cliente, generalmente son utilizadas para funciones de automatización del

hogar, es decir domótica. Esta aplicación es de interés para el dueño del predio, permitiendo el control y monitoreo remoto de los dispositivos de su hogar.

#### 4. NORMATIVIDAD PARA PLC DE BANDA ANGOSTA

Los sistemas PLC de banda angosta están contemplados en la norma europea CENELEC EN 50065 "Señalización en instalaciones eléctricas de bajo voltaje", el cual asigna la banda de 3 a 148.5Khz para la operación de esta tecnología. Dicha banda de frecuencia se encuentra dividida en cuatro subbandas, que están ilustradas en la figura 3 y se explican a continuación.



**Figura 3**  
Asignación de bandas a PLC banda angosta según especificación CENELEC 50065

La Banda "A", que va desde 3 a 95Khz, la amplitud máxima permitida de voltaje es de 134dB (uV), y se asigna a usos específicos que tienen que ver con tareas o servicios de las empresas públicas de distribución eléctrica, además no requiere que se utilice protocolo de acceso al medio para establecimiento de la comunicación cuando se opera esta banda de frecuencia. La Banda "B", ocupa el rango de 95 a 125Khz, la amplitud máxima permitida es de 116dB (uV) y está asignada para que sea utilizada por los usuarios dentro del edificio, casa u oficina sin requerimientos de ningún protocolo de acceso al medio, por lo cual es posible que se pueda producir colisiones de datos cuando dos transmisores intenten establecer comunica-

ción simultáneamente. La Banda "C", ocupa el rango de 125 a 140Khz, y de igual manera que la banda "B" su amplitud máxima permitida es de 116dB (uV). Esta banda está asignada para uso interno del hogar o la oficina, y requiere que los dispositivos que transmitan en este rango de frecuencia utilicen protocolo de acceso al medio CSMA/CA "acceso múltiple por detección de portadora evitando colisiones". La Banda "D", está en el rango de frecuencia de 140 a 148.5KHz, la amplitud máxima permitida al igual que las bandas B y C es de 116dB (uV). Está especificada para uso interno de los clientes y no requiere protocolo de acceso al medio. Se han implementado sistemas con modulación FSK, éste es un tipo de modulación de frecuencia que básicamente consiste en representar los datos binarios de entrada en forma de dos señales análogas de diferentes frecuencias, es decir  $f_1$  y  $f_2$ , que son las señales que finalmente se transmiten a la salida del modulador. Como la señal de entrada varía entre ceros "0" y unos "1", entonces la salida se representa así; si en la entrada hay un bit "0", se representa a la salida con una de las dos frecuencias, que puede ser  $f_1$ , y si en la entrada hay un bit "1", se representa en la salida con la otra frecuencia, es decir  $f_2$ . En la actualidad, la modulación FSK es bastante difundida y se sigue utilizando para los sistemas de banda angosta, no solo de forma individual, sino que también con la técnica de Espectro Ensanchado. Aunque esta última técnica se puede combinar con el esquema de modulación BPSK, ya que este esquema de modulación también es robusto frente a las interferencias. Por otra parte se ha empezado a implementar en servicios de banda angosta utilizando la modulación OFDM, con la cual se logran mayores velocidades de transmisión y se puede controlar más eficientemente la pérdida de información, este tipo de modulación se utiliza en los servicios de banda ancha para acceso a internet debido a sus múltiples ventajas.

**Espectro Ensanchado:** También conocida con el nombre de "Spread Spectrum", es una técnica de transmisión de datos que básicamente consiste en expandir la información de la señal de entrada en un ancho de banda más grande, para evitar que sea fácilmente interferida e intercep-

tada. La idea central de esta técnica, parte de que los datos de entrada son codificados en BPSK o FSK, y a esa señal resultante, antes de ser transmitida se modula de acuerdo a una secuencia de dígitos pseudoaleatorios, de esta forma se pretende aumentar drásticamente el ancho de banda de la señal transmitida y además, que sea difícil de intervenir. La secuencia de dígitos pseudoaleatorios, es denominada de esta forma ya que es una secuencia de números generados por un algoritmo, que a su vez depende del valor inicial de la secuencia. Por lo tanto la serie de números no es realmente aleatoria, aunque entre más robusto sea el algoritmo, mas tiende a parecer de carácter aleatorio. De esta forma, es casi imposible lograr una intervención coherente de la comunicación, ya que para que esto se pueda lograr, el receptor debe conocer de antemano el algoritmo, el valor inicial y además estar sincronizado con el transmisor.

## 5. PROTOCOLOS Y ESTÁNDARES

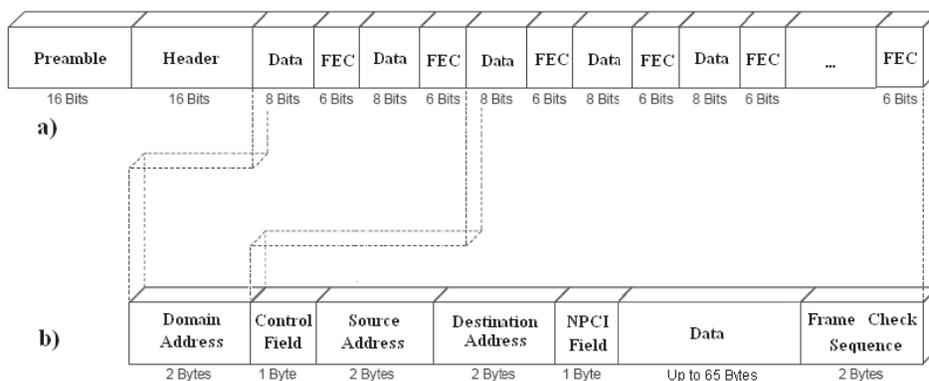
La tecnología LonWorks("Local Operation Network") que significa Red de Operación Local, fue desarrollada por la empresa ECHELON CORPORATION en 1992, y se encuentra disponible como un estándar libre para todos los fabricantes, cubre desde el nivel físico hasta el nivel de aplicación para cualquier proyecto de domótica, ofreciendo una arquitectura descentralizada. Esta tecnología, brinda un protocolo de comunicación cliente a cliente ("peer-to-peer"), implementado con la técnica de acceso al medio CSMA/CA, trabajando con un esquema de modulación por espectro ensanchado (125 a 140Khz en BPSK). Esta tecnología puede funcionar sobre la red eléctrica, RS-485 opto-aislado, cable coaxial, par trenzado, fibra óptica e incluso radio frecuencias. La tecnología CEBus, "Consumer Electronics Bus" que significa Bus Electrónico del consumidor, fue creada por la EIA (Electronic Industries Association) en 1984. Funciona como un protocolo abierto para entornos distribuidos de control, en donde cualquier empresa puede fabricar productos que cumplan con este estándar. La arquitectura del CEBus sigue el modelo de referencia OSI (Open Systems Interconnection), ocupán-



Intensidad, etc.). Este bloque completo (Código de Inicio, Código de Casa y Código de Función o Numérico) se transmite siempre dos veces, separando cada dos (2) códigos por tres ciclos de la corriente, excepto para funciones de regulación de intensidad, que se transmiten de forma continua (por lo menos dos veces) sin separación entre códigos. La especificación Konnex ha sido diseñada para automatización de casas y edificios, aunque está definida para varios medios de transmisión como Par trenzado, Ethernet y Radio Frecuencia, también contempla algunos servicios por medio de las líneas de energía eléctrica, haciendo uso de la banda "C" del estándar CENELEC 50065. En la capa física de la especificación Konnex, se maneja una variación de la modulación FSK, y es denominada MFSK, es decir, modulación por mínima variación en frecuencia, con una frecuencia portadora promedio de 132.5KHz, y la variación en modulación es de  $\pm 0.6$ KHz, con lo cual, para representar un "1" lógico, se hace con una frecuencia portadora de 131.9KHz, y para representar un "0" lógico, se hace con una frecuencia portadora de 133.1KHz. La estructura de la trama a nivel de la capa física (ver figura 6a) comienza con un campo de 16 bits llamado preámbulo, el cual sirve de sincronización a los receptores sobre el mensaje que va a ser enviado, el siguiente campo de 16 bits es el encabezado, con el cual se escoge la longitud del campo de datos, dependiendo si es de 15 bytes o de 65bytes. Los siguientes bytes de datos, van seguidos cada uno con un campo llamado FEC, por sus siglas en inglés "Forward Error Correc-

tion", el cual se encarga de la corrección de hasta tres bits consecutivos en cada secuencia de 14 bits, que está formada por un campo de datos y un campo FEC.

En la capa de enlace de datos, (ver figura no. 6 b), la trama comienza con el campo Domain Address, el cual es usado para dividir el medio de transmisión en varias subredes, y es asignado de acuerdo al dominio. El siguiente campo de control denominado Control Field, el cual es un octeto que contiene información sobre la prioridad de la trama, direcciones de grupo o individuales, un bit de bandera indicando si la trama es repetida y otro bit de bandera indicando si se requiere acuse de recibo por parte del receptor. Las direcciones de grupo sirven para enviar comandos sobre los sistemas activos, como por ejemplo ordenes de encender o apagar, y las direcciones individuales son utilizadas para la configuración del sistema. Los siguientes dos campos cada uno de 16 bits, son utilizados para enviar la dirección de origen en uno, y en el otro se envía la dirección de destino. El siguiente campo de 8 bits denominado NPCI "Network Layer Protocol Control Information", contiene la longitud del campo de datos. En seguida va el campo de datos que puede ser desde 15 bytes hasta 65 bytes. El último campo de la trama denominado FCS "Frame Check Sequence", es un campo de 16 bits que asegura la consistencia de la totalidad de la trama. Este mismo campo es devuelto por el receptor como un acuse de recibo solo si es requerido, después de haber recibido una trama correctamente.



**Figura 6**

Formato de trama estándar KONNEX.

(a) Formato de trama en capa física - (b) Formato de trama en capa enlace de datos

## 6. PLC EN DOMÓTICA

Con el paso del tiempo, la tecnología ha evolucionado de tal forma que es posible concebir la "Casa Inteligente", un sitio en el cual se necesite la mínima intervención del hombre para realizar labores básicas, que a su vez, puedan realizarse remotamente en un

momento dado. Este proceso de automatización del hogar, también conocido como “Domótica”, se ha visto ampliamente difundido con la ayuda de un protocolo de fácil instalación y manejo como lo es el protocolo X10. La automatización de estos elementos es lo que da origen a la domótica, palabra que proviene del latín domus que significa casa y del término informática, siendo así el conjunto de instalaciones que automatizan una vivienda, sin embargo para dar una visión más amplia de lo que es la domótica, puede definirse como la adopción, unificación e implementación de las nuevas tecnologías informáticas y comunicativas al hogar, lo que incluye principalmente el uso de electricidad, dispositivos electrónicos, sistemas informáticos y diferentes dispositivos de telecomunicaciones, incorporando la telefonía móvil e Internet.

## 7. PLC EN TELEMEDICIÓN

La telemedición es un procedimiento en el que se utilizan como instrumentos, equipos o dispositivos electrónicos capaces de detectar remotamente información o datos acerca del estado de una variable, generalmente de carácter físico y también transmitir esos datos a la estación más cercana, para posteriormente ser procesados, analizados y almacenados. Las empresas prestadoras del servicio de suministro eléctrico, cuentan con una gran infraestructura de red para distribución de energía, y por lo tanto tienen un amplio cubrimiento del territorio. De esta forma, dichas redes aparte de cumplir la tarea de distribuir energía, que es su objetivo primordial, también pueden ser utilizadas para hacer la lectura del consumo de energía de cada uno de los usuarios. De acuerdo con el estándar CENELEC 50065, en el cual se asignan los rangos de frecuencia para el uso de la tecnología PLC de banda angosta, se especifica que la denominada “Banda A”, la cual comprende el espectro en el rango de 3KHz a 95KHz, puede ser utilizada por las empresas de servicios de suministro eléctrico, para aplicaciones de comunicación interna a la compañía, por ejemplo, entre centrales eléctricas y subestaciones, o también para aplicaciones de lectura remota de los medidores de los usuarios, es decir telemedición. Actualmente para realizar la tarea

de telemedición, se utilizan básicamente cuatro clases de equipos que son los siguientes: Medidor electrónico de energía, Colector de datos, Módulo de control y Display.

## CONCLUSIONES

La tecnología PLC de banda ancha podría llegar a ser una gran solución a problemas de cobertura del servicio de internet en lugares lejanos, especialmente las zonas rurales, por lo que se basa en la red eléctrica convencional, pero para tal objetivo se tendría que invertir en el mejoramiento de estas redes y en la investigación y desarrollo de nuevos mecanismos para disminuir las emisiones de radiación electromagnética que afectan otros servicios que manejan el mismo rango de frecuencia. Más sin embargo, el uso de la tecnología PLC de banda ancha es viable para soluciones internas al predio, como implementación de redes LAN vía PLC; una alternativa sería utilizar la tecnología HOME-PLUG que brinda esta solución en Estados Unidos. De esta forma se evita hacer instalaciones de cableado adicional para la red LAN de telecomunicaciones. Los servicios que ofrece la tecnología PLC de banda angosta apuntan a tener una gran utilidad y desarrollo en nuestro entorno, tanto para las compañías de servicios públicos domiciliarios, como para los usuarios finales. Algunas de sus aplicaciones como la telemedición y domótica, son de fácil implementación y alta viabilidad. Se hace referencia a un caso particular de aplicación; en Bogotá, una empresa de energía eléctrica está implementando pruebas piloto basadas en comunicación PLC para telemedición, seguridad y control de las redes eléctricas. En cuanto a domótica, ya se pueden encontrar productos que manejan este tipo de comunicación para aplicaciones en el hogar. Debido a que los sistemas de comunicación por la red eléctrica se enfrentan a un medio de transmisión que generalmente es hostil y produce degeneración e interferencia a las señales de datos, se ha mostrado que en cuanto a sistemas de banda ancha, la modulación OFDM ha dado muy buenos resultados, ya que contrarresta dichos efectos, alcanzando muy buenas tasas de transferencia de datos, con lo cual se aprovecha eficientemente este recurso.

## REFERENCIAS

### *Libros*

- Halid, Hrasnika, Abdelfatteh, Haidine & Lehnert (2004). Broadband powerline communications network design. John Wiley & Sons, ltd.
- Lee, M.K, Newman, R.E., Latchman, H.A, Katar, S. & Yonge, L. (2000). Homeplug 1.0 powerline communication lan's-protocol description and performance results. John Wiley & Sons, ltd.
- Stallings, W. (2007). Data and computer communications. Prentice Hall.

### *Artículos*

- Parés, J., Hernández, E & Martínez, J. (2003). Estado de la tecnología de las redes plc (power line communications).
- Zdenek, K. Power line communication - regulation introduction, plc modem implementation and possible application. Motorola laboratories.
- Montoya, L. Plc performance overview of the physical layer of available protocols.
- Paez, Hernán. Sistema de comunicación de datos a través de la red eléctrica domiciliaria. Universidad de Los Andes. Bogotá.
- Doster, K. Telecommunications over the power distribution grid - possibilities and limitations.

### *Documentos de trabajo*

- Malaver, H. (2002). Análisis y diseño del modelo de interconexión de una red de telecomunicaciones con una red eléctrica, para prestar el servicio de internet en Colombia, Bogotá, Universidad Nacional de Colombia.
- Londoño, J. (2008). Comunicaciones por la red eléctrica plc.
- Platt, G. (1999). Domestic power line carrier communications.
- Ramírez, D. (2006). Internet por plc.
- Berterreix, G & Bonet, M.(2006). Transmisión de datos por la red eléctrica (plc) banda angosta.
- Yu- Ju, L.(2004). High performance periodic contention free multiple access protocol for broadband multimedia powerline communications.
- Rodríguez, C. (2006). Análisis y diseño del modelo de interconexión última milla para distribución de televisión digital por suscripción por medio de la infraestructura de la red eléctrica.
- Alex, I. (2008). Estudio de factibilidad para la aplicación de la tecnología broadband over power line (bpl) en Quito (Ecuador).

