

Sistema de Comunicaciones Sobre la Red Eléctrica de Neiva*

Nelson Enrique Vera Parra
Sheyla Belén Olaya Aldana
Ingenieros Electrónicos.
Universidad Surcolombiana.

3

Ingeniería y Región

Powerline Communication (PLC) es la respuesta a la búsqueda de tecnologías avanzadas en el área de las Telecomunicaciones que sean capaces de utilizar un medio de transmisión ya existente con el fin de poder ofrecer soluciones de mejor costo.

PLC, es una tecnología que utiliza la red eléctrica como medio de transmisión, debido a que ésta es la estructura física que ofrece mayor interconexión en todo el mundo.

El objetivo de este trabajo es obtener la posibilidad técnica-económica y las especificaciones adecuadas para un sistema PLC que utilice la red eléctrica de Neiva, para dar información más precisa acerca de los consumidores a las compañías proveedoras de servicios, habilitar a la compañía para hacer mejor uso de sus recursos y al consumidor para monitorear el costo de la electricidad, (principalmente), economizar su uso beneficiándose de las multitarifas ofrecidas a través del día y para diferentes estratos socio-económicos.

Los servicios serían:

- Medida y grabación de la demanda y su valor máximo (consumo).
- Cálculo de cargas sobresalientes para la visualización continua del consumidor.
- Tarifas remotamente seleccionables.

- Información de la carga eléctrica y la demanda para planeación y control de la red.
- Capacidad de instituir tarifas y revisar precios de forma remota.
- Lectura remota de medidores de varias tarifas.
- Admite pago de los consumidores de forma remota.
- Aplica un límite de carga para uso en las tarifas o en sistemas de emergencia como alternativa de desconexión.
- Lectura remota de otros medidores como agua y gas.
- Facilita la instalación de tierra.
- Hace pronósticos de facturas, y diferentes tipos de estadísticas.
- Encendido y apagado de cargas de manera remota (como desconexión por no pago).
- Detección de consumos piratas.

Para cumplir con este propósito, se tomó la estructura por niveles de un sistema de Telecomunicaciones, desde el soporte físico hasta las aplicaciones (usuario) y se analizó para el caso específico de nuestra red eléctrica de la siguiente forma:

El soporte físico se analiza a través de la obtención de tres modelos: el modelo estructural de la red eléctrica, el cual determina las posibles arquitecturas y aplicaciones de un sistema PLC y da un indicio de que sea técnicamente posible el sistema. El modelo funcional de la red eléctrica el cual define los horarios de mayor o menor posibilidad

* Esta investigación se realizó con ayuda de la Electrificadora del Huila, en la modalidad de trabajo de grado para optar el título de ingeniero electrónico en la Universidad Surcolombiana. Director. Ingeniero Germán Martínez.

de transmisión de acuerdo al perfil de carga y al de perturbaciones; y por último, el modelo del canal de comunicaciones de la red eléctrica en el cual se analiza la red desde el punto de vista de las comunicaciones para obtener el modelo de transmisión y del ruido de nuestra red eléctrica.

- Se analizan y se proponen las técnicas de acople con el propósito de encontrar la mejor forma de introducir una señal de comunicaciones en la red eléctrica sin que la señal de distribución eléctrica (110 Vol/60 Hz) perjudique el transmisor o el receptor.

- Se analizan las diferentes técnicas de modulación digitales existentes con el fin de encontrar la técnica que mejor desempeño ofrezca sobre nuestra red eléctrica.

- Se analizan las diferentes técnicas de acceso existentes, con el propósito de recomendar la más apropiada para las aplicaciones propuestas de PLC en nuestra ciudad.

- Se reconocen y analizan los estándares aprobados y no aprobados que usen la red eléctrica como soporte físico.

- Se estudian las mejores aplicaciones para nuestra red eléctrica y se hace un reconocimiento y una comparación del mercado PLC existente en la actualidad.

Análisis del Soporte Físico

La globalización del conocimiento, la tecnología, la industria, el comercio y aún de la cultura han obligado a la ciencia y a la tecnología a dejar de apuntar solo a procesos de cálculo, tratamiento, análisis y almacenamiento de información para enfocarse en procesos que suplan la necesidad de transportar esta información a lo largo y ancho del mundo a través de sistemas que estén enmarcados bajo el prefijo "Tele".

Es evidente que el proceso de globalización de la información trae consigo la necesidad de implementar infraestructuras que nos brinden

interconexión total de las fuentes de información; es por eso que en los últimos años la tecnología se ha puesto a la tarea de unir entre sí continentes, países, ciudades, comunidades, casas y hasta localidades dentro de una misma casa, mediante autopistas de información llamadas redes.

Una red además de interconectar dos o más puntos deberá cumplir algunos parámetros mínimos para ser útil y eficiente en un proceso de transmisión de información a distancia. Son parámetros que se enfocan en la calidad y la velocidad de la transmisión y dependen en gran parte del medio que la red utilice como soporte físico. De ahí la necesidad de encontrar medios de transmisión que permitan altas velocidades y que ofrezcan ambientes no hostiles. En la búsqueda por encontrar medios con las características mencionadas anteriormente hay dos opciones, desarrollar nuevas infraestructuras físicas con materiales avanzados o desarrollar tecnologías que permitan el uso de infraestructuras ya existentes.

Las redes que utilizan soportes físicos nuevos, como por ejemplo fibra óptica se caracterizan por ser sistemas técnicamente muy eficientes, pero comercial y económicamente no son muy apropiados, ya que requieren la implementación de estructuras y equipos totalmente nuevos y costosos, lo que hace que los niveles de penetración no sean los mejores.

La solución al problema anterior se encuentra en la segunda opción: implementar redes que utilicen soportes físicos ya existentes que nos brinden interconexión total entre usuarios, como por ejemplo: las líneas telefónicas o las líneas de transmisión de energía eléctrica. Este tipo de sistemas son muy posibles económicamente, pero requieren tecnologías muy avanzadas que permitan el uso de medios que no fueron diseñados para transmitir información; por esta razón la idea de transmitir información a alta velocidad aprovechando redes ya existentes era una utopía hasta hace pocos años, cuando las comunicaciones pasan de la era analógica a la digital y aparecen tecnologías tanto de acceso como de modulación muy eficientes, capaces de operar en ambientes muy hostiles.

Sistema de Comunicaciones Sobre la Red Eléctrica de Neiva

La energía eléctrica es en la actualidad una de las principales necesidades en la vida diaria del ser humano, tanto así que existe una red implementada únicamente con el propósito de transportar esta energía hasta nuestras casas e incluso en cada una de las localidades internas de ésta.

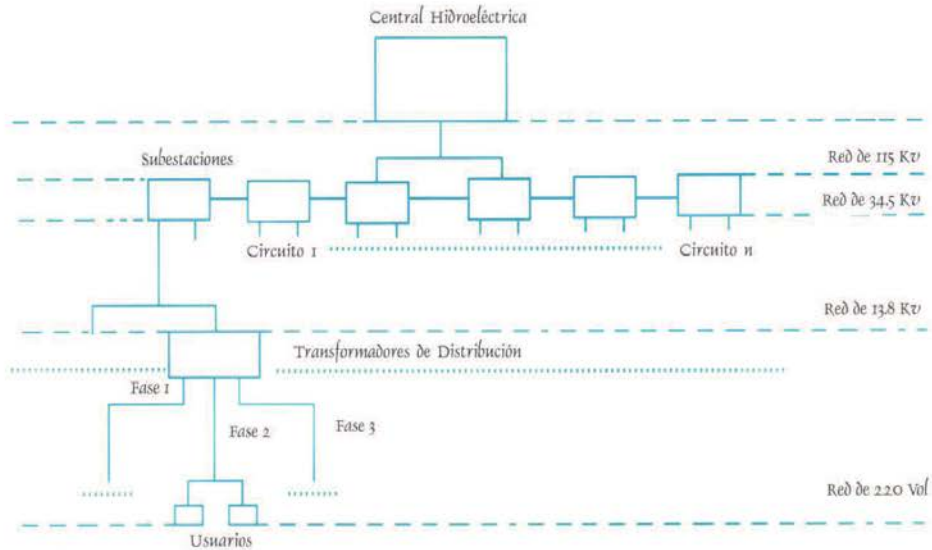
Muy pronto las telecomunicaciones serán una necesidad diaria únicamente comparada con la necesidad de tener energía eléctrica en cada una de las localidades que habita el ser humano, de ahí nace el sueño de utilizar la red eléctrica como autopista de información; sueño que gracias al desarrollo de la tecnología, hoy se hace realidad.

Powerline communication (PLC) utiliza la red eléctrica como medio de transmisión, muy extendida en todo el mundo. Sin embargo, la red eléctrica, analizada desde el punto de vista de las telecomunicaciones no es una autopista continua, sino que está seccionada de acuerdo

a los niveles de tensión, debido al obstáculo que representa los transformadores para las señales de comunicación. La sección de la red eléctrica que mayor interconectividad ofrece es la de bajo voltaje, de ahí que casi todos los sistemas PLC estén enfocados en su uso.

La red de bajo voltaje se subdivide en dos, dentro y fuera de casa. La red dentro de casa tiene una estructura muy homogénea para casi todo el mundo, es por esto que las aplicaciones de PLC para dentro de casa no han tenido ningún limitante en globalizarse; sin embargo las redes fuera de casa varían su tamaño (número de casa por transformador) de un país a otro, lo cual representa un cambio en la viabilidad económica de un sistema PLC.

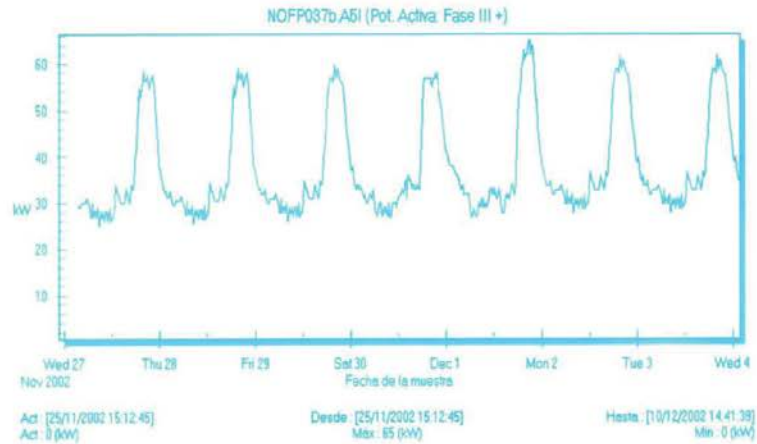
Para nuestro caso específico de la red Eléctrica de Neiva, se tomaron las medidas necesarias y se graficaron los modelos.



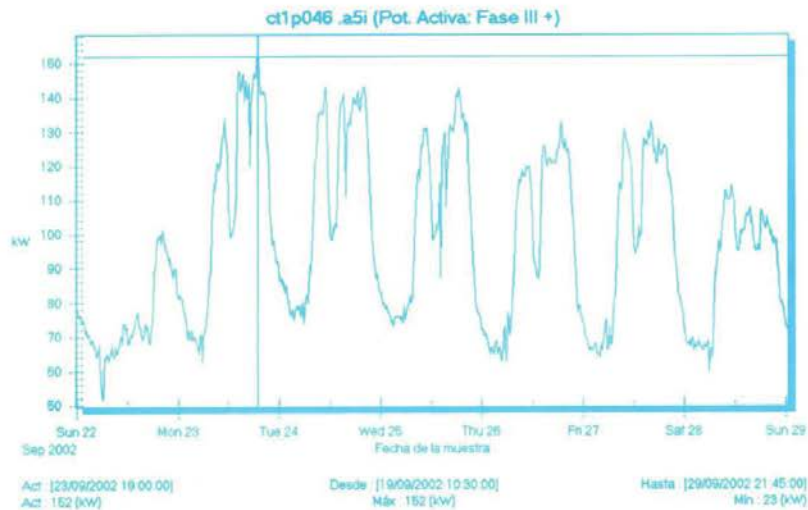
Gráfica 1. Topología de la Red Eléctrica de Neiva.

La red eléctrica de bajo voltaje de Neiva tiene en promedio 80 casas por transformador, esto representa una baja aplicabilidad para esquemas de penetración variable (Ej. Redes de acceso), sin embargo representa una buena viabilidad para esquemas que tengan penetración del 100% (Ej. Sistemas AMR). El perfil de carga y el perfil de perturbaciones

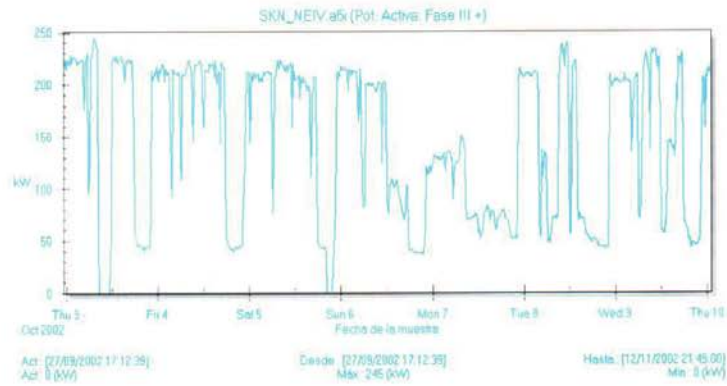
de la red eléctrica de Neiva tienen tendencias similares y definen el horario de mejor estado para transmitir como el de 0:00 a.m. a 4:00 p.m. para zonas residenciales y de 0:00 a.m. a 6:00 a.m. para zonas comerciales y el de menor probabilidad para transmitir el de 6:00 p.m. a 10:00 p.m. para ambos tipos de usuarios. Los usuarios industriales tienen perfiles muy poco determinísticos.



Gráfica 2. Perfil de Carga de la Red Eléctrica de Neiva para una Semana en un Sector Residencial.



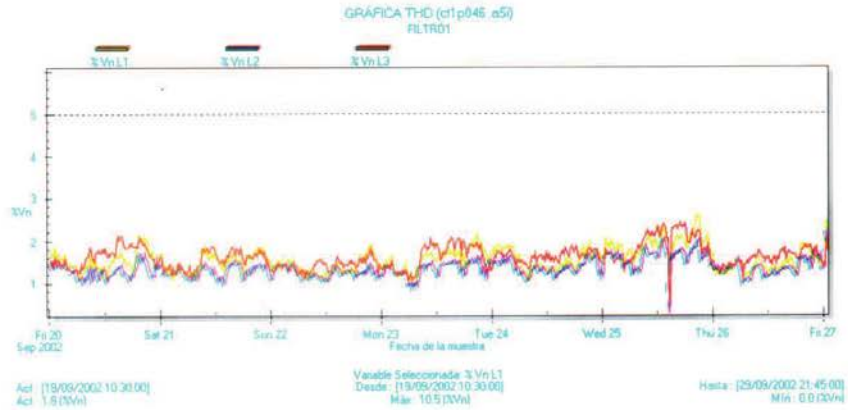
Gráfica 3. Perfil de Carga de la Red Eléctrica de Neiva para una Semana en un Sector Comercial.



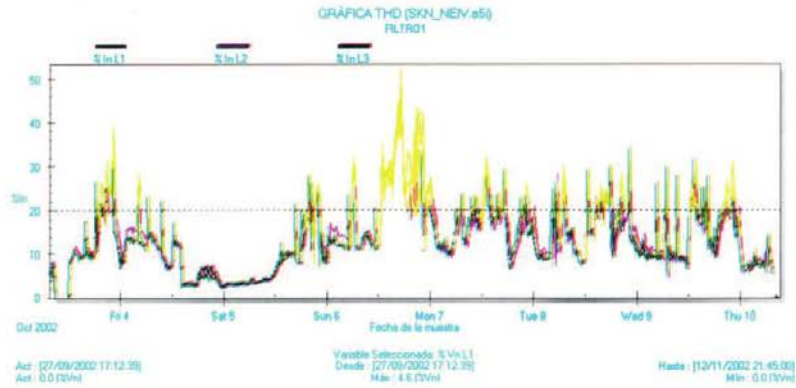
Gráfica 4. Perfil de Carga de la Red Eléctrica de Neiva para una Semana en un Sector Industrial.

Electrohuila, cumple con las normas IEEE-519 en cuanto a distorsión total armónica (TDH) de voltaje.

Sin embargo, algunos usuarios (la mayoría industriales) no cumplen con la norma para la TDH de corriente.



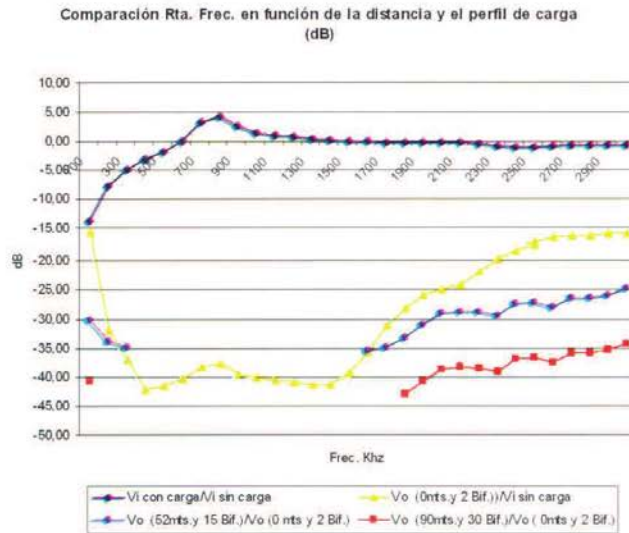
Gráfica 5. Cumplimiento de la Norma IEEE-519 por parte de Electrohuila S.A.



Gráfica 6. Violación de la Norma IEE-519 por un Usuario Individual.

El canal de comunicaciones de la red eléctrica no tiene un comportamiento plano, por lo contrario tiene un comportamiento muy variable el cual es descrito a continuación: la zona de 20 Khz a 200 Khz presenta un comportamiento de pasa bajo con una leve pendiente para frecuencias menores de 100 Khz y una mayor pendiente para las frecuencias

entre 100Khz y 200Khz. La zona de mayor atenuación está entre 200 Khz y 1 Mhz en la cual la red eléctrica se comporta como una rechaza banda, después de 1 Mhz presenta una respuesta casi plana hasta los 3 Mhz. Para frecuencias mayores de 3 Mhz la red toma de nuevo un comportamiento de pasa bajo con una leve pendiente.



Gráfica 7. Respuesta en Frecuencia de la Red Eléctrica en Función de la Distancia.

El ruido presente en la red eléctrica se clasifica en 5 categorías:

- Ruido coloreado secundario
- Ruido Tonal
- Ruido impulsivo periódico, asincrónico con la señal de distribución eléctrica (60Hz)
- Ruido impulsivo periódico, síncrono con la señal de distribución eléctrica (60Hz)
- Ruido impulsivo no periódico

Las técnicas de modulación más apropiadas para la transmisión de información a través de la red eléctrica son FSK adaptativo y Espectro Ensanchado. Espectro ensanchado tiene un mejor desempeño que FSK ante ruido impulsivo.

Actualmente, existen 2 estándares aprobados por la EIA que utilizan la red eléctrica como medio de transmisión para aplicaciones de baja tasa de bit, estos estándares son CEBus (EIA-600) y LONWork (EIA-709.1). Ambos estándares están enfocados para implementar redes de control abiertas para aplicaciones residenciales, comerciales e industriales. También existe un protocolo que aunque no es un estándar aprobado ha sido muy utilizado, y es el X.10. Este protocolo tiene muy bajo rendimiento para aplicaciones de altos requerimientos, sin embargo para aplicaciones sencillas pero muy útiles como por ejemplo control y automatización casera tiene un excelente desempeño.

El comercio de PLC se ha enfocado en las siguientes aplicaciones: LAN PLC, Redes de acceso y AMR.

La red eléctrica de bajo voltaje de Neiva al igual que la mayoría del mundo es apta para la implementación de cualquier aplicación interna (dentro de casa) de PLC.

De acuerdo a la característica presentada por la red eléctrica de Neiva, la aplicación externa más apropiada para implementar en la ciudad, es el sistema AMR. Actualmente en el comercio existe una gran variedad de sistemas AMR, de

estos los de mayor robustez técnica son los ofrecidos por las compañías: Converge, Archnet e Intracoastal; de estos tres el que mejor costo efectivo ofrece es el de Archnet. Sin embargo la mayoría de estos sistemas comerciales vienen con un set de servicios muy amplio lo cual los hacen muy costosos, por esto una excelente alternativa para nuestro comercio energético sería implementar sistemas AMR, con un set de servicios básicos que se amoldaran a la capacidad adquisitiva de nuestras compañías eléctricas.

Recomendaciones

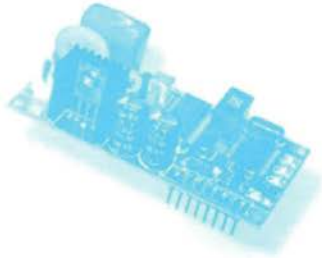
Las aplicaciones externas de PLC (Ej. redes de acceso, AMR's) en Colombia son una alternativa, sin embargo no todas cuentan con la viabilidad suficiente para imponerse sobre las otras tecnologías. Contrario a esto pasa con las aplicaciones internas de PLC, las cuales se están proyectando como el nuevo estándar, debido a la gran ventaja que tiene sobre las otras tecnologías y la implementación mundial con la que cuenta. Debido a lo anterior se recomienda que las futuras investigaciones se enfoquen en hacer desarrollos en cada uno de las áreas de aplicación internas de la siguiente manera:

- En el sector residencial se recomienda realizar desarrollos basados en redes de control que estén enmarcados bajo la nueva tendencia de las casas y edificios inteligentes. Para estos desarrollos se recomiendan los siguientes dispositivos:

- Transceiver PLT-22 de ECHELON
- Transceiver IT800 de ITRAN



- Transceivers de la línea SSC PXXX de INTELLON
- PLC MODEM ATL90115 de ARCHNET



• En el sector comercial se recomienda realizar desarrollos enfocados a las LAN PLC; para este propósito se sugieren los siguientes dispositivos:

- Módem para PowerLine Communication en chip ITM1 de ITRAN
- Módem para PowerLine Communication en chip DSS4200 de DS2

• En el sector industrial se recomienda realizar desarrollos de redes de control para procesos industriales. Para lo anterior se recomienda el siguiente dispositivo:

- Transceiver PLT-22 de ECHELON
- Transceiver Powerline PLT- 22 Modelo 50090-03



Bibliografía

Comverge Technologies. Project proposal for system Comverge's two-way residential gateway to Electrohuila. Colombia - Estados Unidos. 2003. Pp. 22.

Gutiérrez, Víctor Hugo. Subestación Planta Diesel. Electrohuila S.A. E.S.P. 1^{er} semestre de 2002.

Hrasnica, Halid. Modeling MAC Layer for Powerline Communications Networks. Alemania. Dresden University of Technology. 1999. Pp. 20.

Metering International. South Africa. Segundo semestre de 2002. Pp. 40.