

CRITERIOS PARA IMPLEMENTAR UNA RED PLC INDOOR/OUTDOOR

Wilmar Enrique Izquierdo Moreno Correo: wizquierdo_mo70@hotmail.com

Víctor José Ávila Bautista Correo: vicjoab@hotmail.com

Asesor: Jorge Alberto Arévalo Aldana

16 de Enero de 2009

Resumen – Criterios para implementar una red PLC Indoor/Outdoor, es una investigación con la cual se desea dar a conocer los requerimientos necesarios para el montaje de una red de datos sobre la tecnología PLC, con información técnica sobre la tecnología y la infraestructura necesaria para llevar a buen término un red de datos sobre PLC.

Palabras Claves – PLC (Comunicación por la red eléctrica), Indoor (Red interna), Outdoor (Red externa), Norma RETIE, Red eléctrica, DHP-300, D-Link, Motorola, Intellon, Panasonic, Homeplug.

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente en el mundo existe una tecnología que se conoce con el nombre de PLC (*comunicación por la red eléctrica*), de la cual podría decirse que es nueva por el hecho de que hasta ahora quiere implementarse en forma comercial aunque ya es así en algunos países de Europa y América. En Colombia aunque ya es conocida por algunos entes como universidades y algunas empresas, no se ha implementado de una forma comercial, por la poca información e investigación que se tiene al respecto.

Como esta tecnología va en crecimiento acelerado, con este estudio se quiere ampliar el conocimiento y aceptación por parte de los usuarios en Colombia para que sea un hecho tener a PLC como una herramienta a nivel comercial y en la cotidianidad de los usuarios.

II. CONTENIDO

A. Resumen

PLC (Power Line Communication), **comunicación por la red eléctrica**, es una tecnología que no es conocida en su totalidad, tanto en aspectos de implementación como de uso, inicialmente se están realizando pruebas de desarrollo para PLC en países de Europa y de Norte América, pruebas que permiten dar a PLC la capacidad de hacer transmisión y recepción de información bajo los estándares trabajados en las redes de comunicaciones actuales, ahora en Colombia bajo el esfuerzo de algunas empresas nacionales y organismos educativos se está dando un paso en el desarrollo de la tecnología PLC (Power Line Communication) con

investigaciones y desarrollo de prototipos que cumplan con los estándares de la misma.

B. Introducción

En la Fundación Universitaria San Martín en semestres pasados se observó el desarrollo de proyectos de grado sobre la tecnología PLC, para los investigadores de este proyecto, la característica de ser una nueva tecnología, presentó una oportunidad de tener un campo de trabajo poco explorado convirtiéndose así en la principal causa para el desarrollo de este proyecto de grado.

C. Marco teórico

Se tienen en cuenta aspectos importantes tales como: la consideración de las características de la red eléctrica dependiendo de la zona en que se encuentre, ya que dependiendo del continente la configuración para el suministro del servicio es diferente.

A demás el funcionamiento de una red eléctrica en aspectos técnicos, teóricos y de infraestructura.

Con la investigación que se realiza se hace un reconocimiento de los conceptos teóricos sobre la tecnología PLC.

PLC es la tecnología que hace posible la transmisión de voz, datos y videos, haciendo uso de la red eléctrica por medio de una adecuación para el transporte de la información, teniendo en cuenta las bajas frecuencias a las que funciona la red eléctrica y contando con un ahorro en cuanto a la elaboración de otra red ya que se hace uso de la misma para esto.

entrando a valorar ventajas, desventajas y otras características que posee la tecnología, se explica de forma detallada el funcionamiento de los equipos PLC existentes de acuerdo a las empresas que desarrollen esta tecnología presentando las soluciones que entregan.

El suministro de electricidad es entregado a los usuarios finales por cables, los cuales son el medio para la comunicación de los datos bajo la tecnología PLC, a este medio se le hace una investigación a fondo para conocer todas sus características buscando que en el momento de un montaje sobre PLC no se presenten inconvenientes, a demás se documentan elementos utilizados para el montaje de una infraestructura eléctrica. Por otro lado se tienen en cuenta los distintos tipos de configuración para redes, buscando tener varias opciones para utilizar la más adecuada.

La investigación del proyecto de grado Criterios para implementar una red PLC Indoor/Outdoor se realiza con el fin de dar a conocer PLC en Colombia, por esta razón se hace una recopilación de información de las características propias del tendido eléctrico en el país en aspectos eléctricos, electromagnéticos y de equipos utilizados en la infraestructura existente.

D. Descripción del problema

Los trabajos de investigación o desarrollo realizados con anterioridad se centran en el desarrollo de hardware por parte de los investigadores, el inconveniente es que estos desarrollos no tienen la capacidad de competir en el mercado actual de las telecomunicaciones, con el proyecto, Criterios para implementar una red PLC Indoor/Outdoor, se busca dar una entrada a PLC al mercado de las telecomunicaciones de una forma competitiva ya que su principal objetivo es dar a conocer y determinar las características necesarias para implementar una red PLC.

Se tienen dos formas o clasificaciones para las redes PLC, estas son:

- *PLIC (Power Line Indoors Communications) [HALI2004]*

Esta es la comunicación que está establecida dentro de la casa, oficina o edificio, utilizando la red eléctrica interna, este método se utiliza para la aplicación de domótica.

- *PLOC (Power Line Outdoors Communications) [HALI2004]*

Esta es la comunicación que se establece por medio de la red eléctrica entre la estación o subestación eléctrica y la red doméstica.

Algunas de las principales características de PLC (Power Line Communication).

- *Teniendo acceso a esta tecnología se obtiene un ahorro en la elaboración de otra red adicional en el lugar de trabajo, ya que se cuenta con la red eléctrica interna para la transmisión de datos, voz y otros tipos de información.*
- *Permite establecer servicios como Internet, telefonía, etc.*
- *Como la red eléctrica ya se encuentra establecida esto permite llegar a cualquier sitio sin ningún inconveniente.*
- *El modem PLC se instalará en una sola fuente de energía (tomacorriente).*
- *La única forma de interrumpir el servicio es con un corte de energía producida por la estación central, pero puede ser solucionado con sistemas de UPS o plantas.*
- *Su ancho de banda se encuentra en 45 Mbps, en estos momentos contamos con 135 Mbps y en poco tiempo se estaría alcanzando velocidades de 200 Mbps.*

Ventajas del PLC (Power Line Communication)

- *Despliegue sencillo y rápido*

El despliegue de la tecnología PLC es muy rápido y sencillo, porque utiliza infraestructura ya instalada (las redes eléctricas).

- *Servicio PLC desde diferentes habitaciones*

La tecnología PLC permite conectarse a Internet y/o hablar por teléfono desde los enchufes eléctricos, ofreciendo la posibilidad de navegar y/o hablar de diferentes habitaciones de la casa u oficina.

- *Hablar y navegar al mismo tiempo*

La tecnología PLC permite la transmisión simultánea de voz, datos y videos (se puede navegar por Internet y hablar por teléfono al mismo tiempo).

- *Alta velocidad*

Conexión a Internet a alta velocidad (hasta 2 Mbits).

- *Instalación simple y rápida*

Instalación simple y rápida en casa del cliente (solo es necesario conectar un módem PLC), y no requiere obras adicionales ni cableado.

- *Multitud de nuevos servicios*

Puede suministrar múltiples servicios con la misma plataforma tecnológica IP (un solo módem permite el acceso a Internet a alta velocidad, telefonía, etc. Así como diversos servicios a distancia como Domótica, TV interactiva, Teleseguridad, etc.).

- *Conexión permanente*

Proporciona una conexión a Internet permanente (las 24 horas del día) y sin interrupciones.

Desventajas de PLC (Power Line Communication)

Esta tecnología presenta varios problemas que son necesarios resolver.

- *Uno de estos es que debe sobrepasar el mal estado de las líneas eléctricas, que se encuentren muy viejas, deterioradas, en mal estado y los empalmes que se encuentren mal hechos dentro de la casa o edificio en que se vaya a trabajar.*
- *La distancia también es un problema grave ya que tiene limitantes, para una óptima transmisión la medida es de cien metros (100 metros) y para mayor distancia es necesario ubicar o instalar varios repetidores dependiendo de la distancia deseada.*
- *Como el material eléctrico (cable de cobre u otros) es un hilo de material metálico cubierto por un aislante, este genera en su entorno ondas electromagnéticas que interfieren en las frecuencias de otras ondas de radio, por esto se tiene un problema de radiación ya sea por ruido u otra señal en la misma frecuencia, por esto es necesario usar algoritmos de cifrado.*
- *Los electrodomésticos también son un problema, ya que estos proporcionan ruido en las líneas eléctricas que impiden la claridad y eficacia de la comunicación, esto se evita con la aplicación de filtros para aislar los ruidos que causan este problema.*
- *Otro problema es la estandarización de la tecnología PLC, ya que en el mundo existen alrededor de 40 empresas desarrollando dicha tecnología. Para solucionar este problema, la organización internacional [PLCForum](#) intenta conseguir un sistema estándar para lo cual está negociando una especificación para la coexistencia de distintos sistemas PLC. Otro protocolo para líneas PLC fue*

creado por la empresa israelí Nisko que desarrollo el NISCOM.

E. Estrategia global de solución

Como se trata de una tecnología poco difundida en el país inicialmente se determinan la características necesarias para la implementación de una red PLC, para esto se recopiló toda la información existente y que sirva al proyecto, con esto es posible decidir que dispositivo presta las facilidades para lo que se propone, se adquirirán los dispositivos para por medio de pruebas comprobar su funcionamiento en una red eléctrica previamente montada, estas pruebas serán desarrolladas con la ayuda de software especializado para lo que se necesite a demás de normas vigentes en el país para un desarrollo de este tipo.

F. Estrategia de solución de cada subproblema

Se cuenta con los siguientes subproblemas:

La adquisición de los equipos ya que estos en un principio no se encontraban en Colombia, había que realizar el proceso de importación lo cual generaba mas costos y pérdida de tiempo, después de unos meses fue posible conseguir los dispositivos en el país, realizando una búsqueda exhaustiva.

Ya que algunos software no son de uso libre y la institución no tiene las licencias para la utilización, fue necesario encontrar otros programas o licencias alquiladas.

Por no ser tan conocida la normatividad vigente en el país es mínima o nula, por esta razón se tiene un soporte de los organismos reguladores en Colombia.

A causa de algunas características de los dispositivos y de las pruebas propuestas los espacios no eran adecuados para algunas pruebas, por esto se hubo que modificar algunas pruebas sobre lo que se había propuesto inicialmente.

La casa D-Link no proporciono información puntual en aspectos como el proceso de funcionamiento del dispositivo DHP-300, por esto el control de las posibles causas de mal funcionamiento sobre la red eléctrica se tuvieron que deducir proponiendo algunas pruebas con características especiales y específicas.

G. Resultados

Se encontraron varios fabricantes de diferentes dispositivos PLC como lo son Samsung, HomePlug, Motorola, D-Link, SECA (SONY, PANASONIC Y MITSUBISHI), los cuales muestran sus diferentes soluciones.

COMPARACIÓN DISPOSITIVOS PLC				
MARCA	ESTÁNDAR	FUENTE DE PODER	TEMPERATURA DE FUNCIONAMIENTO	PRECIO
D-LINK	IEEE 802.3x	110/120 Vac, 60Hz	0° C A .	185 \$ DÓLARES
DHP-301 x 2Un	IEEE 802.3u			
MOTOROLA	IEEE 802.3x	100/240 Vac, 50/60 HZ	0° C A .	1471 \$ DÓLARES
	IEEE 802.3u			
PANASONIC	IEEE 802.3x	110/120 Vac, 60Hz	0° C A .	330 \$ DÓLARES
BL-PA100KTA	UP 3900Kbps			
	DOWN 283 Kbps			
TRENDnet	IEEE 802.3x	100/240 Vac, 50/60 HZ	0° C A .	150 \$ DÓLARES
TPL-202E	IEEE 802.3u			

Tabla 2. Comparación de dispositivos PLC.

Después de analizar cada una de las características de los distintos dispositivos se llegó al siguiente paso, el cual fue la selección del dispositivo DHP-301 de D-Link, dispositivo que se adapta y da las facilidades necesarias tales como el factor económico y características técnicas para el desarrollo pensado en el proyecto.

Se hizo la compra de cuatro (4) dispositivos DHP-300, después se procedió a realizar la compra de los elementos que se requieren para montar una red eléctrica bajo las normas del RETIE, la cual consta de ocho puntos distribuidos en cuatro tomacorrientes donde se colocaran cada uno de los dispositivos que estarán conectados a los equipos respectivamente, en esta se desarrollarán toda clase de medidas y pruebas necesarias para demostrar el funcionamiento correcto o incorrecto de los dispositivos adquiridos (DHP-301 D-Link), después de terminar la red se procederá a realizar el montaje que está previsto para observar cada uno de los aspectos que están citados en los objetivos específicos.

Se hizo el desarrollo de un plan de pruebas, el cual consiste en especificar aspectos puntuales de cada prueba a realizar, como se muestra en la tabla:

• Nombre e identificación de la prueba que se va a realizar.	Se quiere dar una identificación a cada prueba.
• Objetivo o motivo de la prueba.	Busca afirmar o refutar algún concepto.
• Pasos a seguir.	Da el procedimiento que se realizará.
• Resultados esperados.	Suministra la información de lo que se conoce.
• Recursos.	Elementos con los que se cuenta.
• Tiempo estimado.	Intervalo de realización.
• Resultados.	Datos entregados de la experiencia.
• Conclusiones	Información de lo obtenido.

Tabla. Formato plan de pruebas.

Los resultados obtenidos de las pruebas propuestas fueron satisfactorios, se obtuvieron velocidades de subida y de bajada en algunos casos y bajo ciertas condiciones con un porcentaje de hasta un 10% de mejora en relación a tecnologías trabajadas actualmente como lo es ADSL.

Hay que resaltar un resultado obtenido de la realización de una prueba sobre la simulación del entorno Outdoor (Red externa), ya que en la teoría, la información no pasa a través de los transformadores, esto es cierto en transformadores de alta tensión, pero en transformadores de baja tensión la información si pasa, esto se respalda con las pruebas realizadas sobre la maqueta de simulación para el entorno Outdoor (Red externa).

Se realizo una tabla comparativa de los transformadores AC de baja y alta tensión, ya que la señal de datos no pasa por los transformadores de alta tensión, pero por los de baja tensión si pasa la señal de datos.

	TRANSFORMADORES AC ALTA TENSION	TRANSFORMADORES AC BAJA TENSION
CARACTERISTICAS	Se fabrican en potencias normalizadas desde 25 hasta 1000 KVA y tensiones primarias de 13.2, 15, 25, 33 y 35 KV. Se construyen en otras tensiones primarias según especificaciones particulares del cliente. Se proveen en frecuencias de 50-60 Hz. La en frecuencias de 50-60 Hz. La variación de tensión, se realiza de accionamiento sin carga.	Tensión de entrada. 230 V. C.A. Tensión de salida... De 24 V. C.C. Intensidad constante máxima de salida..... Intensidad máxima de pico..... Rizado máximo con carga. 10 mV. Protección inversión Polaridad..... Si. Medidas del Módulo FE-24..... 110 x 80 x Medidas del Transformador para 75 x 65 x.
APLICACIONES Y FUNCIONAMIENTO	Estos transformadores son utilizados de dos formas; para subir o bajar la tensión según se al caso, se sube para hacer el proceso de transporte entre grandes distancias, y para bajar tensión en subestaciones y distribuciones urbanas a tensiones medias y bajas.	Estos transformadores son utilizados por sus características para realizar una conversión de voltajes alternos (AC) a voltajes continuos (DC), por ejemplo, de 110 VAC a 9 v, 12 v o 24 v. Entre los usos más frecuentes esta: montajes de fuentes reguladas para equipos como generadores, estabilizadores, etc.
	Utilizado para uso en exteriores	Utilizado para uso en interiores
	Se utilizan para toda actividad que requiera la utilización intensiva estabilizadores, etc.	Se utilizan para realizar tareas que requieren tiempos cortos

Tabla. Comparación transformadores AC de alta y baja tensión.

H. Conclusiones

- Con el proyecto de grado **CRITERIOS PARA IMPLEMENTAR UNA RED PLC INDOOR/OUTDOOR**, se da a conocer la tecnología PLC con los parámetros técnicos (Norma RETIE) y teóricos (especificaciones DHP-300) mínimos para la implementación de una red de datos PLC INDOOR, encontrada en la investigación realizada en el desarrollo del proyecto.
- La tecnología PLC da posibilidad de crear una red de datos sobre infraestructura ya existente logrando con esto dar una herramienta para desarrollar proyectos con factores económicos y de tiempo bajo en comparación a otras tecnologías, cuando la solución que se desea dar es para una red de gran tamaño.
- Con el empleo de los dispositivos D-Link DHP-300 se tiene una confiabilidad del 100%, para la unión de las señales de datos y eléctrica por el mismo medio físico a distancias que no superen los 100 metros entre dispositivos.
- Debido a que la red eléctrica comercial llega a casi todos los sitios habitacionales u oficinas es la forma ideal para brindar el servicio de datos a todo lugar debido a la gran cobertura de la red eléctrica.
- La señal de datos tiene problemas al pasar por los transformadores de alta y media tensión ya que estos son circuitos bifásicos y trifásicos razón por la cual la señal de datos no pasa a través de ellos, contrario a los transformadores de baja tensión donde la señal de datos pasa correctamente debido a que estos manejan una sola fase (monofásicos).
- El ruido inducido por los electrodomésticos y motores habituales no afecta la señal de datos que viaja por la red

eléctrica, al recuperar la señal se comprobó el buen desempeño de la señal de datos en aspectos como canales de subida y de bajada.

- Dependiendo del ancho de banda que se posea, la cantidad de equipos está limitada por decisión del administrador de la red, de acuerdo a las necesidades puntuales y el trabajo que se realice en cada punto de toma de la señal PLC, el funcionamiento de la red PLC montada con cuatro equipos fue estuvo dentro de los rangos normales de acuerdo al ancho de banda que se utilizó.

I. Trabajo futuro:

Se deja la inquietud para los investigadores que posiblemente deseen trabajar un futuro proyecto de grado referente a la tecnología PLC las siguientes inquietudes.

- Los dispositivos PLC de D-Link, trabajados en el proyecto de grado **CRITERIOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED PLC INDOOR/OUTDOOR** dan la posibilidad de inundar de datos la red eléctrica en un espacio no mayor a 70 metros a la redonda, siempre y cuando la instalación eléctrica existente corresponda al mismo circuito en dicho espacio, con este antecedente se propone realizar una red de datos PLC paralela a la existente en la Fundación Universitaria San Martín, con el objeto que sirva de respaldo a la red existente de cableado estructurado, para tener el servicio en determinado momento que se presente algún inconveniente técnico.
- El proyecto de grado **CRITERIOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED PLC INDOOR/OUTDOOR**, contiene una investigación enfocada a redes de datos PLC INDOOR, por ello se propone realizar una investigación que continúe un desarrollo a nivel OUTDOOR, es decir en redes de alta tensión, buscando complementar la introducción que se realizó sobre este tema, para buscar un desarrollo completo, con el objeto de pensar en tener la posibilidad de prestar el servicio en un área más extensa con posibles clientes que estén a mayor distancia.

III AGRADECIMIENTOS

Inicialmente agradecemos a DIOS por darnos la oportunidad de gozar de buena salud, entendimiento y sabiduría para afrontar día a día los retos que se nos presentan en especial este proyecto de grado.

Agradecemos a nuestras familias que fueron el mayor apoyo incondicional y desinteresado que tuvimos siempre, que con su ánimo nos dieron la fuerza para concluir una etapa más, una etapa muy importante de nuestras vidas.

A nuestro asesor Jorge Arévalo, por darnos la oportunidad de adquirir conocimiento y mostrarnos la forma correcta de encontrar el camino para llevar a buen término el proyecto de grado, aún bajo las circunstancias adversas que se presentaron.

A los docentes que entregaron sus conocimientos para tener una formación completa e integral como profesionales.

A nuestros amigos y compañeros, que fueron una compañía en este camino recorrido de tristezas, trabajo, alegrías vividas y metas cumplidas.

También a todas las personas que en un momento determinado formaron parte directa o indirectamente de este logro.

IV REFERENCIAS

[ACER2002] Asociación Argentina del trabajo. Tecnología PLC: Internet a través de la red eléctrica. Año 1 No3 2002 http://www.aat-ar.org/Revista_art.asp?iid=69
(Navegado enero de 2008)

[CASA2007]http://www.casadomo.com/images/news/20070214_plc_casa_1.jpg

(Navegado febrero de 2008)

[CHIF2006].Chifarelli Armando. [Pruebas Pilotos con Tecnologías PowerLine Communications \(PLC\)](http://www.sertec.com.py/telergia/telergia/informaciones/plc.html)
<http://www.sertec.com.py/telergia/telergia/informaciones/plc.html>

(Navegado enero de 2008)

[D-LI2007][D-Link Corporation./D-Link Systems,Inc2007.](http://www.dlink.com/products/?pid=533)

<http://www.dlink.com/products/?pid=533>

(Navegado septiembre de 2007)

[ES.W2008] http://es.wikipedia.org/wiki/Arquitectura_de_red
[HALI2004] Halid Hrasnica, Abdelfatteh Haidine, Ralf Lehnert, Broadband Powerline Communications Networks, John & Sons Ltd, primera edición

(Navegado febrero de 2008)

[HOME2008] HomePlug Powerline Alliance.
www.plcforum.com

(Navegado febrero de 2008)

[INTE2007]http://www.intellon.com/pdfs/INT6300_Product_Brief.pdf

(Navegado mayo de 2008)

[MOTO2007].MOTOROLA.Inc. Solución excesiva de banda ancha de Powerline

(BPL). <http://motorola.canopywireless.com/solutions/bpl/>

(Navegado noviembre de 2007)

[REVI2006]<http://revistaing.uniandes.edu.co/pdf/rev21art14.pdf?ri=4c7cebb6f5dde1a309967ee9dfd57cb6>

(Navegado agosto de 2008)

[SECA2005] <http://xataka.com/2005/03/15-un-nuevo-estandar-para-la-internet-por-la-linea-electrica>

(Navegado febrero de 2008)

[TREN2008]

http://trendnet.com/langsp/products/proddetail.asp?prod=100_TPL-302E&cat=65

(Navegado mayo de 2008)

[URE2005] Unión de Radioaficionados Españoles.
<http://www.ure.es/plcure/>

(Navegado agosto 2008)

[XATA2006]XATACA blog de gadgets y electrónica de consumo. <http://xataka.com/2006/10/25-d-link-dhp-301-conecta-ordenadores-por-la-lina-electrica>

(Navegado enero de 2008)

V BIBLIOGRAFÍA

Víctor José Ávila Bautista: Nació en Santa Marta en 1980. Hizo sus estudios de pregrado de Ingeniería Electrónica y de Telecomunicaciones en la Fundación Universitaria San Martín de Bogotá. Obtuvo su título de pregrado en 2009.

Wilmar Enrique Izquierdo Moreno: Nació en Yopal-Casanare en el año de 1984. Hizo sus estudios de pregrado de Ingeniería Electrónica y de Telecomunicaciones en la Fundación Universitaria San Martín de Bogotá. Obtuvo su título de pregrado en 2009.

IV ANEXOS

- DOCUMENTACIÓN TÉCNICA DISPOSITIVOS PLC DE D-LINK. FORMATO DIGITAL.
- DOCUMENTACIÓN DE NORMATIVIDAD EN REDES ELÉCTRICAS. RETIE (REGLAMENTO TÉCNICO PARA INSTALACIONES ELÉCTRICAS). FORMATO DIGITAL.
- DOCUMENTACIÓN TÉCNICA DISPOSITIVOS PLC DE MOTOROLA. FORMATO DIGITAL.
- DOCUMENTACIÓN TÉCNICA DISPOSITIVOS PLC DE INTELLON. FORMATO DIGITAL.
- DOCUMENTACIÓN TÉCNICA DISPOSITIVOS PLC DE PANASONIC. FORMATO DIGITAL.
- DOCUMENTACIÓN DE PRUEBAS, VIDEOS. FORMATO DIGITAL.
- DOCUMENTOS PARA CONSULTA. FORMATO DIGITAL.