

TRANSMISION DE DATOS POR LA RED ELECTRICA UTILIZANDO LA TECNOLOGIA PLC (INDOOR)

Autor

Jorge Armando Benítez Becerra
Estudiante de Ingeniería de Sistemas

UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA
Santa Marta
2010

**TRANSMISION DE DATOS POR LA RED ELECTRICA UTILIZANDO LA
TECNOLOGIA PLC (INDOOR)**

Trabajo de grado para obtener el titulo de
INGENIERO DE SISTEMAS

Autor

Jorge Armando Benítez Becerra
Estudiante de Ingeniería de Sistemas

Director

Omar Enrique Segura Asencio
Ingeniero de Sistemas

UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA
Santa Marta
2010

Nota de aceptación

Ing. Omar Segura Asencio
Director del proyecto

Ing. Jurado

Ing. Jurado

Santa Marta, Marzo de 2010

DEDICADO A:

*Mis padres y tío José quienes me brindaron todo su apoyo y confianza. A ellos les
estaré muy agradecido por siempre...*

JORGE ARMANDO BENITEZ BECERRA

AGRADECIMIENTOS:

A Dios.
A nuestros padres por su amor, comprensión y por inculcarme la importancia de estudiar, a nuestra familia por toda su ayuda y comprensión.
A la Universidad del Magdalena. Y todos los profesores por la formación académica recibida.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	11
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
2. OBJETIVOS	18
2.1 Objetivo general	18
2.2 Objetivo específicos	18
3. IMPACTO DEL PROYECTO	19
3.1 Impacto científico y tecnológico	19
3.2 Impacto sobre la productividad y competitividad	19
4. ESTADO DEL ARTE	21
4.1 PLC A NIVEL MUNDIAL	21
4.2 PLC a nivel nacional	25
5. FUNDAMENTOS DEL PLC	27
5.1 Orígenes	27
5.2 Cableado Eléctrico	28
5.2.1 Regulaciones eléctricas Colombianas.	30
5.2.2 Sistema de Transmisión de red eléctrica en Colombia.	31
5.2.3 Sistema de Distribución Local (SDL).	31
5.3 Ámbito	32
5.4 Estandarización	34
5.5 Seguridad	36
6. LA TECNOLOGIA PLC COMO ALTERNATIVA AL CABLEADO ESTRUCTURADO	37
7. PLC COMO HERRAMIENTA PARA FACILITAR LA COMUNICACIÓN DE DISPOSITIVOS ...	40
8. ARQUITECTURA PLC	45
8.1 Elementos de infraestructura	45
8.2 Esquema de la solución PLC	48
9. MONTAJE PRACTICO	52
9.1 Equipos utilizados.	52
9.2 Escenario montado	52
9.2.1 Pruebas realizadas	53
9.2.2 Resultados	58
10. CONCLUSIONES	59
11. RECOMENDACIONES	60
12. BIBLIOGRAFIA	61

LISTA DE ILUSTRACIONES

Figura 1. Diagrama esquematizado del Sistema de suministro eléctrico	32
Figura 2. Frecuencia PLC	34
Figura 3. Aplicaciones PLC.....	41
Figura 4. Video vigilancia	44
Figura 5. Elementos de infraestructura	46
Figura 6. Acceso LAN.....	47
Figura 7. Esquema típico de la solución.....	49
Figura 8. Esquema del prototipo.....	52
Figura 9. Prototipo en vivo.....	53
Figura 10. Transmitiendo Video y Audio.....	54
Figura 11. Tiempos de conexión de PC a cámara	54
Figura 12. Tiempos de conexión de PC a PC	55
Figura 13. Tiempos de conexión de PC con PLC a otro PC con CAT 5E.....	55
Figura 14. Tiempos de conexión de PC con cable CAT 5E a Internet internacional.....	56
Figura 15. Tiempos de conexión de PC con PLC a internet internacional.....	56
Figura 16. Tiempos de conexión de PC con cable CAT 5E a internet nacional	57
Figura 17. Tiempos de conexión de PC con PLC a internet nacional	57

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Velocidades distintas tecnologías	29
Tabla 2. Resultados obtenidos	58

RESUMEN

Por conveniencia a un mejor entendimiento de la tecnología a estudiar, se hace necesario abordar en primera instancia el concepto de la misma, ya que solo de esta manera podremos enfocarnos en la estructura y funcionamiento de lo que llamaremos PLC (Power Line Communication).

PLC consiste en la transmisión de datos a través de la red eléctrica convencional, con la cual hacemos funcionar muchos de nuestros electrodomésticos y demás equipos electrónicos.

El proyecto abordara un breve resumen histórico y una fundamentación de la tecnología estudiada. Posteriormente se mostrara como la tecnología nos ofrece la posibilidad de transmitir datos e interconectar distintos dispositivos por medio de la red eléctrica. Así mismo se expondrá como el PLC puede ser una alternativa al cableado de datos tradicional.

Se abordara cada uno de los componentes que hacen posible esta magia de las comunicaciones en un modo técnico .Se expondrán algunos casos en los cuales la tecnología ya ha sido implementada y a su vez la pertinencia de la tecnología para soportar y ofrecer el servicio de Internet en aquellos sitios donde por múltiples razones no se puede realizar cambios en la estructura física.

De igual manera se mostrara las ventajas, campos de aplicación, funcionamiento, características, posibilidades de desarrollo, desventajas, que la tecnología PLC trae consigo.

Por ultimo el proyecto pretende dar una muestra en vivo de la tecnología con un pequeño prototipo, en el cual se use la red eléctrica existente de la universidad del magdalena (salones o centro de cómputo) para la transmisión de datos. Posteriormente se sacaran las conclusiones a que haya lugar tomando como referente los resultados obtenidos.

Palabras Clave: Internet, datos, PLC, acceso, alternativa, electricidad, servicios, indoor, comunicación, costos, edificación, cableado.

ABSTRACT

In order to provide a better understanding of the technology to study, it is necessary explain first the meaning of the basic concept, so we can focus on its structure and operation of which is called PLC (Power Line Communication).

PLC is the data transmission over the conventional power grid, the same that is used for operate many of our appliances and others.

The project shows like PLC (Power Line Communication) can offer an alternative to access data across power line and interconnect different devices and turn on Internet access through this channel. Also shown how this technology can be an alternative to traditional infrastructure for data transmission.

Each component is involved technically And we describe some instances in which technology has been implemented. Also we show the technology viability to provide Internet service to those sites where you can not make changes to the physical infrastructure. Will show the advantages, application scenarios, operation, characteristics, development potential, limitations and network diagrams of the PLC technology.

Finally the project presents a prototype live as example of the technology, which uses the power line of the University of Magdalena for data transmission.

To finish we presents conclusions from prototype and investigation results .

Keywords: Internet, data, PLC, access, alternative, electricity, services, indoor, communication, costs, construction, power line.

INTRODUCCIÓN

Para empezar a introducirnos en el concepto y características de la tecnología Power Line Communication y que en adelante llamaremos por sus siglas en inglés PLC, Es necesario conocer en primera instancia lo que en esencia hace la tecnología.

PLC posibilita la transmisión de datos y voz por el cableado eléctrico convencional con velocidades similares e incluso superiores a las que conocemos hoy día para la banda ancha. Características que sin lugar a dudas ofrecen un amplio número de posibilidades para aplicar la tecnología.

El proyecto está concebido principalmente como un medio para abordar un análisis e investigación de los beneficios de la tecnología con el fin de buscar los mejores campos de aplicación para nuestra región o universidad.

La búsqueda del objetivo final de este proyecto de tesis se llevará acabo en varias etapas, las cuales buscan dar a conocer la tecnología como una alternativa para la transmisión de datos en los escenarios más prácticos según las conveniencias.

Con la implementación del prototipo se pretende mostrar la manera como la tecnología estudiada nos brinda la posibilidad de trabajar en los mismos escenarios de transmisión de datos, voz y video que los trabajados hoy día sobre las redes LAN tradicionales.

La metodología se basa en el estudio de la tecnología, luego en el desarrollo e implementación de un prototipo que nos brinde la posibilidad de mostrar ciertas características plasmadas en el documento y por ultimo el análisis de los resultados arrojados por del prototipo.

Actualmente en Colombia algunas universidades han hecho investigaciones al respecto, pero en Santa Marta es poco lo que se conoce o ha investigado al respecto, por lo que esto significó una buena oportunidad para dar a conocer la

tecnología. El proyecto esta orientado en base a otras investigaciones hechas al respecto a nivel mundial y nacional, tal y como se especifica en el en el estado del arte.

Los siguientes son los capítulos que componen el presente trabajo:

Capitulo 1 – Planteamiento del Problema: Se desarrolla el planteamiento de la pregunta problema en la que gira este proyecto.

Capitulo 2 – Objetivos

Capitulo 3 – Impacto del Proyecto: Se muestra el impacto que el proyecto tiene a nivel científico y tecnológico, así como el impacto que tendrá en la Universidad del Magdalena.

Capitulo 4 – Estado del Arte: Esta dividido en dos partes: La primera muestra como se encuentra la tecnología PLC a nivel mundial y la segunda parte se dedica a mostrar el estado de la misma a nivel nacional.

Capitulo 5 – Power Line Communitation – Fundamentos: Muestra una descripción de la tecnología, así como sus diferentes escenarios y sus componentes básicos.

Capitulo 6 - La tecnología PLC como alternativa al cableado estructurado: En este apartado se muestra como el cableado estructurado tradicional usado para la transmisión de datos puede ser remplazado por el cableado eléctrico existente en la edificación para los mismos propósitos.

Capitulo 7 - PLC como herramienta para facilitar la comunicación entre dispositivos: Se expondrán la manera en que distintos dispositivos pueden ser interconectados en múltiples aplicaciones.

Capitulo 8 – Arquitectura PLC: Resume las distintas soluciones que pueden ser implementadas con la tecnología.

Capitulo 9 – Montaje práctico: Presenta la implementación del prototipo de PLC: transmisión de video y voz por la red eléctrica usando dispositivos PLC y una cámara de video vigilancia.

Capitulo 10 – Conclusiones: Presenta una serie de conclusiones resultantes de la investigación y el montaje práctico.

Capitulo 11 – Recomendaciones: Se realizan sugerencias en calidad de buscar el adecuado uso o despliegue de la tecnología en nuestra región.

Capitulo 12 – Bibliografía

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Al poder transmitir datos por la red de eléctrica se posibilita el uso de un amplio número de aplicaciones y utilidades dentro de una edificación. En la actualidad dentro de cualquier edificio en el que se desee conectar con la Internet o en el que se desee interconectar varios equipos de computo, se hace necesario realizar un cableado interno adicional al cableado eléctrico, trayendo consigo implicaciones en el margen de tiempo y costos muy significativos.

Sin lugar a dudas el Internet actualmente, se ha convertido para todas las organizaciones en algo más que una necesidad por alcanzar la información inmersa en esta red, si no que además es un requisito primordial para darse a conocer ante el mundo.

Es innegable que la búsqueda de nuevas alternativas para el acceso a Internet, esta basada en la búsqueda de reducir en costos de implementación en las soluciones desplegadas en la actualidad, aumentar la efectividad en lo que respecta a las velocidades alcanzadas para la transmisión de datos y obtener un servicio de alta disponibilidad. Todo esto en un término de calidad.

Se puede afirmar que con esta tecnología se lograría acceder a Internet y transmitir datos, voz y video usando la red eléctrica ya incluida e instalada en muchas edificaciones por base de construcción. Obteniendo con esto la infraestructura necesaria para la transmisión de datos sin tener que preocuparse por cableado adicional.

La alta potencia, diseño, capacidad de conexiones simultaneas y robustez de este sistema de transmisión y conectividad, permite a hoteleros, universidades y en fin a cualquier organización crear redes internas para la conectividad de sus equipos y acceso a Internet por medio de (Power Line Communication) incurriendo en bajos costes de instalación y materiales.

Es impresionante pensar que seria posible llevar el acceso a Internet a edificaciones como claustros, patrimonios históricos, que en anteriores ocasiones no podían

contar con el servicio de Internet, al considerarse patrimonio invaluable y al mismo tiempo intocables en su arquitectura como para que autoridades competentes cedieran permisos para adelantar trabajos que implicaran alteraciones en el inmueble.

Obviamente al poder llevar el servicio de Internet a estos lugares donde anteriormente no era posible por múltiples razones, se estará brindando la posibilidad de que universidades y edificios con distintos fines puedan tener acceso a Internet en cada uno de sus puntos de corriente, sin tener que hacer gastos adicionales en cableado, ni realizar obras civiles que pongan en riesgo arquitectura natural del inmueble y la vez permitiendo dotar el lugar de un gran número de aplicaciones como por ejemplo la interconexión de dispositivos de seguridad alarmas y cámaras de seguridad.

Esta tecnología nos ofrece acceso a todos los servicios que soporten el protocolo IP como telefonía IP, acceso a Internet, video conferencia, video bajo demanda, video vigilancia, Iptv, etc. Por lo que toda aquella edificación como universidades, colegios, Hoteles que quieran montar su propia red de datos sin tener que incurrir en gastos adicionales en cableado tiene la alternativa adecuada. [REF1]

Al momento de realizar un híbrido con tecnologías LAN ya existentes, como por ejemplo WLAN, existe una ventaja en lo que respecta a la instalación. Una de ellas es que en los edificios se puede conseguir el sistema de conectividad PLC entre 1 y 7 días dependiendo de las características del edificio, sin que sea necesario irrumpir en el normal funcionamiento y tranquilidad de los habitantes de dicho lugar a causa de que estos trabajos se adelantan en las zonas de servicio menos utilizadas.

En el caso de hoteles, en ningún momento sea hace necesario entrar en las habitaciones para complementar los trabajos de instalación. Únicamente al finalizar la instalación puede entrarse en alguna habitación para conectar el respectivo modem y validar la correcta transmisión de datos por la toma eléctrica. El corto tiempo de instalación, y el no interferir en el funcionamiento normal del Hotel o edificio, es traducido en una instalación económica y rápida sin perjuicios para el hotel o edificio. [REF2]

Un punto trascendental para tener muy presente es que el sistema PLC es compatible con todas las tecnologías existentes. Puede ser vía ADSL, Cable, Fibra óptica, tecnología WIFI, Frame Relay, etc.

Hacer uso de esta tecnología para proveer de Internet los nuevos bloques de la universidad del magdalena sería muy pertinente por lo expuesto durante todo el documento.

Se espera que con el entendimiento de los beneficios que traería consigo la adopción de esta tecnología en la región a nivel de edificaciones, las empresas, entidades y organizaciones se apoyen en esta tecnología para soportar los servicios IP que pueden ser explotados con PLC y al mismo tiempo no se escatimen esfuerzos económicos para la investigación sobre la tecnología con el ánimo de buscar mayores beneficios para la región y se pueda brindar al departamento una alternativa adecuada y rentable para la transmisión de datos con el esquema indoor.

[REF3]

Observándolo desde el punto de vista en que se enfoca este proyecto los beneficios reales y no dependientes que se podrían conseguir al implementar esta tecnología en bloques universitarios, hoteles, claustros y demás edificaciones serían grandiosos. Más cuando nos encontramos en una región turística en la que cada vez más se debe ofrecer innovaciones en todos los frentes, con el fin de sorprender a los usuarios con más y mejores servicios de calidad.

De acuerdo con lo anterior se puede mostrar que esta tecnología sería la alternativa apropiada para brindar Internet a los lugares que cuenten con la red eléctrica instalada en sus edificaciones, pero a la vez en aquellos sitios en donde se tienen proyectos de construcción, junto con la posibilidad de ofrecer un gran número de servicios IP. Podemos citar como ejemplo a un hotel, el cual quiere brindar el servicio de Internet para cada una de sus habitaciones y de esta manera sorprender a sus huéspedes. Para satisfacer este escenario con la tecnología PLC no sería necesario infraestructura de cableado adicional, puesto que se aprovecha la red eléctrica existente para dicho fin.

Al exponer todas las bondades de esta tecnología y los servicios que pueden ser ofrecidos por medio de esta, se dará la pisada fuerte a un problema de

comunicaciones en la que se requiere un cableado especial para la transmisión de datos .Con este estudio se pretende exponer todos los beneficios de la tecnología, así como su pertinencia a nivel de la región y el adelanto científico que significaría comenzar los estudios para implementarla.

REFERENCIAS

[REF1] http://www.colombiadigital.net/observatorio/regiones.php?id_proyecto=129&id_depto=26&categoria=1

(Visitada el día 13 de Abril de 2009).

[REF2] <http://www.alambre.info/2003/11/03/internet-por-el-cable-de-la-luz/>

(Visitada el día 10 de Abril de 2009).

[REF3] http://www.accessmylibrary.com/coms2/summary_0286-31232678_ITM

(Visitada el día 18 de junio de 2009).

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

- Dar a conocer la tecnología PLC como una alternativa viable, adecuada y rentable para la transmisión de datos en edificaciones.

2.2 Objetivo específicos

- Mostrar la tecnología como alternativa al cableado estructurado de datos tradicional.
- Abordar una investigación de la tecnología en todos sus frentes.
- Dar a conocer PLC como una herramienta que puede ser utilizada para facilitar la comunicación de dispositivos a través de todo el inmueble (cámaras, lectores de identidad, interruptores, alarmas, etc.
- Implementar un prototipo de la tecnología mediante un laboratorio donde se muestre en práctica lo investigado. Esta demostración se realizara en la universidad del magdalena con una cámara e seguridad conectada a la red de datos por medio de esta tecnología. Allí se transmitirá voz y datos con el fin de demostrar el soporte de los mismos bajo esta tecnología.

3. IMPACTO DEL PROYECTO

3.1 Impacto científico y tecnológico

- Se abrirán puertas para que nuevos estudiantes investiguen sobre la transmisión de datos sobre la red eléctrica.
- Se incentivara a conformar grupos de investigación como los de la universidad de Antioquia para entender mejor la tecnología y conocer sus beneficios.
- Se lograra brindar acceso a Internet por medio de la tecnología PLC.
- La universidad del magdalena comience a ser pionera en el uso de esta tecnología para la conexión a Internet.
- Las universidades de la región unan esfuerzos en conjunto con otras entidades para construir un laboratorio para adelantar estudios sobre la tecnología.
- Incentivo para mezclar la tecnología PLC con algunas ya existentes para el acceso a Internet.
- Abanico de posibilidades para montaje se servicios sobre IP en la universidad.

3.2 Impacto sobre la productividad y competitividad

- Se posibilitara el intercambio de información entre distintos bloques dentro de un campus por medio de la red eléctrica.

- Se reducirán los costos de implementación para accesos a Internet.
- Brindara movilidad para el acceso a Internet.
- Las escuelas, colegios y universidades podrán incrementar el nivel de calidad educativo al poder ofrecer el servicio de Internet en salones y demás lugares donde no los había.
- Posibilidad de ofrecer mejores servicios hoteleros.
- Administrar la seguridad de edificios o bloques sin cableados adicionales. Ofrecer mayor cobertura de vigilancia y seguridad en edificaciones antiguas.
- El despliegue de soluciones de conectividad en menor tiempo y sin alterar ni ocasionar molestias a los residentes del inmueble, impulsa enormemente la competitividad y productividad.

4. ESTADO DEL ARTE

4.1 PLC A NIVEL MUNDIAL

La tecnología en la actualidad se muestra muy prometedora, gracias a las pruebas e implementaciones realizadas con la misma en distintas partes del mundo. La verdad es que esta tecnología no es tan nueva ya que la misma se uso a baja escala en algunos sectores industriales para el control interno de sus equipos sobre la red.

Es impresionante pensar que hace no mucho tiempo, esta tecnología sólo era usada en redes de control domóticas de baja velocidad para encender y apagar luces o electrodomésticos, controlar termostatos o centrales de alarma.

En Septiembre 1992 en los Estados Unidos emergieron tecnologías como CEBus de EIA, cuya velocidad de transmisión era de 200 kbit/s. Posteriormente en Julio del 2001 salió la versión (HomePlug v1.0) que alcanzaba velocidades hasta 14 Mbit/s (que en transferencia real es el 50%), similar a la usada en la mayoría de hogares y oficinas para la transmisión de datos. En experiencias piloto realizadas en España por la empresa Endesa en Noviembre de 2000 haciendo uso del chipset de la empresa valenciana DS2 se consiguieron flujos constantes de 25 Mbit/s.

El sistema posibilita actualmente la transmisión de información a velocidades inclusive superiores a 200 Mbps teóricas y de este modo ya se han iniciado distintas pruebas en algunos países europeos y de América Latina como Chile, Venezuela, Argentina y Colombia.

En México desde el año 2003, esta tecnología se comenzó a implementar con la intervención de la Comisión Federal de Electricidad de ese país y en conjunto con las empresas ASCOM PLC y ENDESA con el propósito de implementar el servicio primeramente en las ciudades de Mérida y Monterrey. La paraestatal de este país puso en operación un proyecto piloto con tecnología de la empresa Ascom, en la ciudad de Mérida, Yucatán. En donde se ofrecieron los servicios de telefonía,

televigilancia, videoconferencias, video en demanda, acceso a Internet y medición de consumo eléctrico a distancia.

La introducción de esta tecnología en México tiene como objetivo claro fomentar y aumentar en un importante porcentaje el uso de Internet en dicho país, aprovechando la ventaja ofrecida por PLC, ya que a diferencia de las actuales tecnologías como ADSL, el PLC puede llegar a las zonas rurales apartadas en donde solo llega el sistema de alimentación eléctrico. **[REF1] [REF2].**

Para la empresa LEA, que es líder de soluciones cableadas de banda ancha DSL y PLC, el futuro de la tecnología PLC indoor es viable y muy prometedor, ya que se considera un salto tecnológico que permite compartir eficazmente y sin perturbación los datos de Internet, la voz y el vídeo en la red eléctrica existente. **[REF3]**

En España por otra parte Red.es, Entidad Pública Empresarial adscrita al Ministerio de Industria, Comercio y Turismo a través de la Secretaría de Estado de Telecomunicaciones y para la Sociedad de la Información implantó una serie de centros educativos piloto en el año 2003 con el propósito de que estos contribuyan en un conjunto para el empleo de la tecnología y de esta manera contribuyan con en el proceso enseñanza-aprendizaje en estos centros de educativos.

En la actualidad, esta tecnología ofrece una alternativa al servicio de banda ancha tradicional ya que PLC utiliza la infraestructura ya desplegada, como son los cables eléctricos. Además ofrece altas velocidad en sus transmisiones, suministra servicios múltiples sobre una misma plataforma y a su vez permite disponer de conexión permanente. Aunque la idea la tecnología no es sacar del mercado a los actuales proveedores de telecomunicaciones, ni competir con ellos. Si pretende mostrarse como una alternativa adecuada para satisfacer las necesidades de comunicaciones reales y existentes a la fecha en muchas partes del mundo, así mismo contribuyendo con sus características y beneficios al desarrollo de los distintos sectores que la adopten.

Compañías como Endesa e Iberdrola han trabajado en esta tecnología adoptando una serie de experimentos en algunas ciudades con resultados exitosos, por lo que ya se tiene en mente extender las pruebas a un mayor número de hogares. La

compañía eléctrica Endesa en Julio del 2000 puso en marcha varias pruebas piloto entre algunos de sus clientes para la transmisión de datos y voz a través del cable eléctrico, una en Barcelona y otra en Sevilla, alcanzando velocidades muy altas.

La empresa Endesa comenzó con una serie de pruebas gratuitas que duraron 15 meses, periodo tras el cual empezó a comercializar el servicio a través de la empresa Auna. Lamentablemente, dos años después de que se iniciara la prestación del servicio de internet por la red eléctrica para 2.000 familias, transcurrido este periodo el número se redujo 600. Endesa procedió a dar por finalizado el servicio y expuso la no intención de llevarlo a otras zonas geográficas, y expuso la intención de solo usar la tecnología para beneficios internos. **[REF4]**.

Trasladándonos para la región suramericana (Argentina), a fines de 2005 se creó PLC Fórum Argentina, donde se reunieron para un único fin a fabricantes, empresas, cooperativas eléctricas, y universidades. Hernán Fagnilli Fuentes, coordinador de PLC Fórum Argentina, cuenta que "se sabe que existe el PLC pero hay temor por la mala experiencia de 2002 de Ascom -cuya prueba fracasó porque la tecnología no estaba madura- y por ignorancia. **[REF6]**

Lo narrado hasta el momento hace referencia a la vertiente de PLC outdoor, (tecnología que lleva el acceso a Internet hasta la puerta del hogar). Por otro lado se encuentra la tecnología PLC indoor, es decir, aquella que permite crear una red de área local dentro de los muros de cualquier inmueble con cableado eléctrico ya instalado.

En los dos últimos años, muchas empresas han entrado de lleno en la comercialización de la tecnología PLC para las redes LAN. Rafael Fernández, Product Manager de Redes y Comunicaciones de la empresa mayorista UMD de España, afirma que esto se debe al "éxito obtenido en otros países como Alemania, a la facilidad de conexión, a evitar cables por el suelo o paredes, a llegar a todos los puntos del inmueble de forma sencilla, etc. Todo ello, ofreciendo seguridad en red, ancho de banda suficiente para cualquier tipo de usuario y comodidad en la instalación".

De este modo es posible citar empresas como Netgear, Zyxel y Devolo , que han comercializado dispositivos PLC que permiten transmisiones hasta de 200 Mbits y que ofrecen la posibilidad de enviar y recibir datos, voz y vídeo de manera concurrente con buena calidad. Por lo antes mencionado se considera que la tecnología power line communication es una solución adecuada para la distribución de televisión de alta definición, vídeo a la carta, IPTV o voz sobre IP, que en la actualidad son aplicaciones el alta demanda por sus múltiples beneficios.

En el mundo se han desplegado varios proyectos que involucran la tecnología PLC como parte de sus soluciones de comunicación y actualización, como por ejemplo el de la operadora española New Network Solutions (N2S), que ha dotado al Hotel Convención del servicio de Internet a través de PLC (Power Line Communications). Los clientes de este hotel madrileño, de casi 800 habitaciones, podrán disponer de Internet conectando un módem facilitado por la compañía gestora a cada enchufe de sus habitaciones **[REF5]**

No en vano gracias a lo prometedor de la tecnología PLC, se ha generado gran interés en empresas de talla alta como Google, Liberty Media, Goldman & Sachs.

Ahora, gracias al uso de la modulación por multiplexación de frecuencias ortogonales OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing), los nuevos dispositivos PLC desarrollados se pueden adaptar dinámicamente a las condiciones de ruido de la red eléctrica.

Con una tecnología microelectrónica de última generación, los fabricantes han logrado incluir una gran mejora en la tecnología, con lo que los circuitos necesarios para implementar técnicas de detección y corrección de errores hace posible implementar redes LAN PLC para transmitir datos y demás servicios IP por todos los enchufes de la edificación sin pérdidas significativas de velocidad y calidad en las transmisiones. **[REF7] [REF8]**.

En el país de los Estados Unidos en Virginia, Ohio y Texas ya han incorporado la tecnología como parte de su oferta comercial. En el continente Europeo países

como España, Portugal, Suiza y Austria se cuentan a hoy con varios lugares que tienen acceso a los beneficio de la tecnología.

En este marco mundial es importante mencionar que paralelamente existen entidades en el marco global trabajando con el objetivo claro de impulsar el desarrollo tecnológico y comercial del PLC, así como los estándares y regulaciones compatibles para todos los que deseen usar la tecnología en todo el mundo. Entre estas entidades se podría dar mención a la organización Internacional de fabricantes y compañías eléctricas, a la Universal Powerline Association (UPA); a la organización Internacional multidisciplinaria de fabricantes, compañías eléctricas y consultores, PLC Forum; a la Alianza de la Industria PLC y la HomePlug Powerline Alliance. [REF19]

4.2 PLC a nivel nacional

Ha de aclararse que en el presente proyecto para el enfoque que se ha dado, no se hace necesaria la intervención de ninguna electrificadora, ya que la conexión se realiza a nivel de indoor dentro del edificio. Lo cual la hace independiente de terceros para lograr la transmisión de datos y comunicación entre las diferentes oficinas y el acceso de estas hacia Internet. Lo único necesario es contar con los dispositivos PLC necesarios para dicho fin.

En Colombia se han realizado pruebas con esta tecnología con el fin de entender y definir la viabilidad de la misma. Estas pruebas se llevaron a cabo en la reconocida universidad de Antioquia. En donde se obtuvieron resultados interesantes augurando buenas expectativas para esta tecnología para el uso en varias aplicaciones en el país. [REF10]. Esta tecnología se probó en los laboratorios de la universidad de Antioquia en distintos escenarios, obteniendo resultados excelentes. Por tal motivo después de las pruebas se llegó a la conclusión de que la tecnología PLC es una tecnología de acceso de banda ancha tecnológicamente viable. Además esta tecnología puede funcionar sin problemas como complemento a las tecnologías LAN existentes. [REF11]

Por otro lado la empresa líder en Medellín EPM, ha comenzado a escalar la montaña PLC y ha abordado pruebas con esta tecnología en escuelas y barrios de la ciudad. Por lo que todo esto ha despertado un profundo interés por la tecnología PLC en distintas universidades del país en lo referente a sus variables de implementación y mejores campos de aplicación. [REF12] [REF13]

En la actualidad la ciudad de Bucaramanga es pionera en sacar adelante esta tecnología en nuestro país, pues así ha quedado demostrado en el proyecto que se viene adelantando en dicha ciudad para la creación de un Corredor Multimedia, el cual busca transformar a Bucaramanga en una Ciudad Inteligente y cuyo proyecto se espera completar para el año 2010. Es una solución global la cual pretende mezclar VoIP y PLC. [REF14]

En adición a lo mencionado hasta aquí, es conveniente mencionar que el grupo investigativo de nuevas tecnologías de la ciudad de Bucaramanga, ha especificado la importancia y viabilidad de esta tecnología para el uso en aplicaciones para el intercambio de información como puede ser el monitoreo de signos vitales en pacientes que no pueden trasladarse hasta donde se encuentra el especialista. Es importante resaltar las amplias expectativas y formas de uso de la tecnología resaltadas por este grupo de investigación. [REF29]

No podemos dejar de mencionar el importante avance que a nivel de universidades ha realizado la prestigiosa Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito de la ciudad de Bogotá, que se decidió por una solución basada en la tecnología PLC para ofrecer facilidades de acceso, control de sus equipos de comunicaciones, ahorro de energía y mejoramiento en la calidad de servicio ofrecido a los estudiantes y junto con esto incentivando el desarrollo de las habilidades y competencias a nivel interno de la institución sobre su planta de profesores y estudiantes. [REF30]

Hasta la fecha no se conocen más ciudades que estén adelantando pruebas con esta tecnología en el país, con lo que queda reflejada la falta de interés y conocimiento por esta tecnología en las demás zonas del país.

5. FUNDAMENTOS DEL PLC

5.1 Orígenes

Su uso inicialmente fue para el control de las líneas eléctricas y transmisión a baja velocidad de las lecturas de los contadores. Más adelante, las propias empresas eléctricas empezaron a utilizar sus propias redes eléctricas para la transmisión de datos a nivel interno. A finales de los noventa los avances tecnológicos del momento permitieron alcanzar velocidades de transmisión en la escala de los Megabits. Desde allí se empezó a considerar la tecnología PLC como una solución de acceso atractiva alternativa a las redes de telecomunicación tradicionales.

En 1997, las compañías United Utilities, de Canadá, y Northern Telecom de Inglaterra, presentaron al mercado el PLC como una tecnología con la que era posible conectarse a internet desde el cableado eléctrico. Desde esta instancia, las compañías eléctricas se han mostrado inquietas ante la tecnología y se dieron a la tarea de buscar la mejor manera de sacar un mayor rendimiento a sus redes de transmisión. Posteriormente fueron los alemanes quienes se dieron a la tarea por dar desarrollo a la tecnología. A finales de 1999 y principios de 2000, España ingresó también en esta disputa a nivel mundial por medio de la empresa de electricidad Endesa.

Alemania fue el primer país en comenzar a comercializar con la tecnología PLC por medio de la empresa RWE, alcanzando en el 2001 los 20.000 abonados. Infortunadamente para el 30 de septiembre de 2002 esta empresa Alemania no presto mas sus servicios de PLC debido a problemas regulatorios sobre la utilización del espectro para distribuir la tecnología.

A partir de entonces el mundo PLC centra su atención en el tramo de baja tensión de la red eléctrica (el equivalente a la “última milla”), debido a que las redes de acceso son el componente más costoso de las redes de telecomunicaciones. Por consiguiente, la transformación de las redes eléctricas de baja tensión en redes de acceso para prestar servicios de telecomunicaciones abre nuevas oportunidades de negocio. [REF6] [REF15]

5.2 Cableado Eléctrico

La línea eléctrica es por naturaleza un medio ruidoso y utilizado habitualmente para la transmisión de la energía eléctrica. Con esto la señal PLC comparte el medio de transmisión de la electricidad. Para que esto sea posible la tecnología PLC utiliza un rango de frecuencias que normalmente no se emplea o tiene un uso muy restringido. Este rango espectral se encuentra comprendido entre los 1,6 y los 30 MHz, hallándose por tanto en la banda de HF u onda corta como también es conocida.

Las redes eléctricas se dividen en tres grupos identificables como redes de alta, media y baja tensión. La red de alta tensión es una red de transporte que hace llegar la energía desde los centros de producción hasta los de consumo (núcleos de población e industrias). Los valores de tensión eléctrica manejados en este tramo son del orden de los cientos de kilovoltios, por lo que con estas elevadas tensiones se hace posible un transporte de la energía más eficiente.

En las ciudades, suele haber grandes centros de transformación de energía que convierten esta energía a unos valores de tensión mas bajos. De esta manera surge o se origina una segunda red denominada red eléctrica de media tensión, la cual generalmente se encuentra enterrada y cuyos valores de tensión están entre 15 y 20 kilovoltios y por último se produce una nueva transformación para poder suministrar la electricidad a los distintos domicilios, se conoce como red de baja tensión, la cual tiene lugar la transformación a los 110 voltios que se manejan actualmente en los hogares y diversas edificaciones de Colombia. Este último voltaje puede varias, dependiendo de la normatividad de cada país. [REF31]

Es importante mencionar que a la fecha no existen estándares fijados para los tipos de modulación empleados y esencialmente se utilizan tres tipos de modulación:

- DSSSM (Direct Sequence Spread Spectrum Modulation), que se caracteriza porque puede operar con baja densidad espectral de potencia.

- OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplex), que utiliza un gran número de portadoras con anchos de banda muy estrechos.
- GMSK (Gaussian Minimum Shift Keying), que optimiza el uso del ancho de banda.

De todos ellos, el sistema de modulación más extendido es OFDM, que es un sistema multiportadora eficiente y flexible para trabajar en un medio como la red eléctrica, gracias a que el rango espectral queda dividido en slots, cuyo ajuste permite que los equipos se adapten de forma dinámica a las condiciones del medio y a su vez potenciando aquellas frecuencias donde el ruido es menor y por consiguiente anulando el uso de frecuencias donde el ruido es elevado. Adicionalmente gracias a la flexibilidad de este sistema es posible reajustar de manera sencilla el margen espectral de trabajo de los equipos para no interferir en otros servicios.

Como referencia, a continuación se establece una comparativa de tasas nominales de transferencia de algunas tecnologías empleadas en redes de área local.

Tecnología	Throughput
Ethernet	10 Mbit/s
Fast Ethernet	Hasta 100 Mbit/s
Gigabit Ethernet	Hasta 1000 Mbit/s
IEEE 802.11b	Hasta 11 Mbit/s
IEEE 802.11g	Hasta 54 Mbit/s
PLC (1ª generación)	Hasta 45 Mbit/s
PLC (2ª generación)	Hasta 130 Mbit/s

Tabla 1. Velocidades distintas tecnologías

5.2.1 Regulaciones eléctricas Colombianas.

Adentrándonos un poco en el marco jurídico colombiano, es necesario precisar que el sistema eléctrico en Colombia se rige por las leyes 142 y 143 del año 1994, cuyas principales disposiciones son:

- Permite la participación de la inversión privada en la prestación del servicio.
- Promueve la libre competencia en la prestación del servicio para cada una de las actividades de generación, transmisión, distribución y comercialización.
- El Estado asume las actividades de regulación, control y vigilancia.
- Se permite la libre contratación para usuarios con consumos superiores a 55,000 kw/mes (usuarios no regulados), manteniendo tarifas reguladas para el resto de consumidores.
- Promueve la cobertura del servicio a las diferentes regiones del país y a los usuarios de menores recursos mediante subsidios a las tarifas, cubiertos en parte por contribuciones que pagan los usuarios no regulados.

La regulación ha fijado algunos límites para impedir la concentración de la propiedad y para restringir la configuración de posiciones dominantes por parte de las empresas o grupos empresariales que pueden afectar los precios de la electricidad, de la siguiente forma:

- Ningún distribuidor de energía podrá atender más del 25% del total del mercado.
- Ningún generador podrá tener más del 25% de la capacidad nominal de generación de Colombia.
- Ninguna empresa dedicada a la generación o a la distribución podrá tener una participación accionaria mayor al 25% en una empresa dedicada a una actividad diferente a la suya.
- Generadores, distribuidores o comercializadores no podrán tener más del 15% de las acciones de una empresa de transmisión.

Todo este conjunto de normatividades van en pro de que el servicio energético sea prestado sin alterar la armonía entre costo beneficio.

Un problema presentado con la transmisión de datos por PLC son las interferencias y perturbaciones. Los fabricantes de equipos eléctricos/electrónicos incorporan elementos que permitan el buen funcionamiento de estos equipos en todo momento, pero muy pocos se preocupan por evitar que estos generen interferencias en otros equipos. Esto debido a que la legislación (EMI) es todavía muy permisiva con estos temas. Sin embargo, gracias a los últimos avances de los fabricantes de circuitos integrados que componen muchos de estos equipos se ha conseguido que el ruido sea muy mínimo con lo que a su vez se reducen los problemas sobre equipos vecinos por ruidos e interferencias.

5.2.2 Sistema de Transmisión de red eléctrica en Colombia.

El sistema está constituido por redes de 550kV y 220kV de libre acceso. En el país operan 11 empresas transportadoras, de las cuales Interconexión Eléctrica S.A. (ISA) es el mayor transportador de energía eléctrica del país, y propietario del 70% de la red nacional.

En transmisión se destaca la implementación de un nuevo esquema para la construcción de líneas y subestaciones con compensación, cuyo mecanismo es el de Convocatorias Públicas, establecidas con base en los resultados de los Planes de Expansión presentados por la UPME. Se destaca en este esquema la adjudicación de las dos convocatorias para construir la línea de interconexión de 600 km a 500 kv, con la que se refuerza la interconexión de la Costa Atlántica con el interior del país.

5.2.3 Sistema de Distribución Local (SDL).

El sistema de distribución de energía eléctrica esta compuestos por redes, subestaciones con sus equipos asociados, que operan a tensiones menores de 220

kv y que no pertenecen a un sistema de transmisión regional ni a ningún sistema municipal o distrital.

De un grupo de 30 empresas distribuidoras-comercializadoras, que operan en el Sistema Interconectado Nacional (SIN), 7 son privadas y las restantes 23 son públicas, 10 realizan simultáneamente la actividad de generación y existen cuatro empresas, ESSA, EBSA, EPSA y EEPPM que integran verticalmente las cuatro actividades: generación, transmisión, distribución y comercialización.[REF20]

En la figura siguiente, se pueden observar en un diagrama esquematizado las distintas partes componentes del sistema de suministro eléctrico. [REF27]

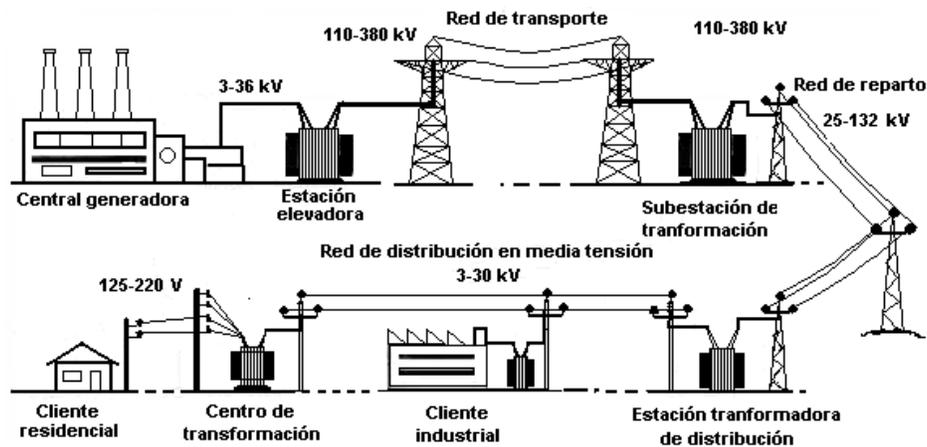


Figura 1. Diagrama esquematizado del Sistema de suministro eléctrico

5.3 Ámbito

El ámbito de la tecnología PLC se puede describir de la siguiente manera para cada tramo:

- Tramo de Media Tensión (entre 15 y 50 Kilovoltios) que abarca desde la central generadora de energía hasta el primer transformador elevador.
- Tramo de Transporte o de Alta Tensión (entre 220 y 400 Kilovoltios) que conduce la energía hasta la subestación de transporte.

- Tramo de Media Tensión (de 66 a 132 Kilovoltios) entre la subestación de transporte y la subestación de distribución.
- Tramo de Media Tensión (entre 10 y 50 Kilovoltios) desde la subestación de distribución hasta el centro de distribución.
- Red de Baja Tensión (entre 110 y 220 Voltios) que distribuye la energía dentro de los centros urbanos para uso doméstico, comercial e industrial.

En los domicilios las señales de baja frecuencia (50 o 60 Hz, en función de la red) son las encargadas de la transmisión de la energía, mientras que el PLC utiliza el rango espectral comprendido entre 13 MHz y 30 MHz (frecuencias con mejor respuesta frente al ruido) para transmitir datos.

El PLC en su vertiente indoor, convierte la línea eléctrica en una red de área local y por consiguiente obtiene la ventaja de tener la infraestructura de conectividad ya entregada para la transmisión de datos, y por consiguiente una instalación muy sencilla, ya que cualquier toma eléctrica en un auténtico puerto de datos.[REF6] [REF7]

Los ámbitos principales de aplicación de la tecnología PLC son tres: la transmisión punto a punto sobre líneas de distribución eléctrica de alta y media tensión orientada a servicios de transmisión de datos, voz y telecontrol; comunicaciones internas dentro de la edificación. Para proporcionar servicios distintos de la distribución de energía eléctrica, las compañías, deben de obtener las licencias pertinentes para la prestación de este servicio.

El hecho de que ambos servicios, energía eléctrica y transmisión de datos, operan en frecuencias muy distintas y distantes, permite compartir el medio de transmisión sin que uno interfiera sobre el otro.

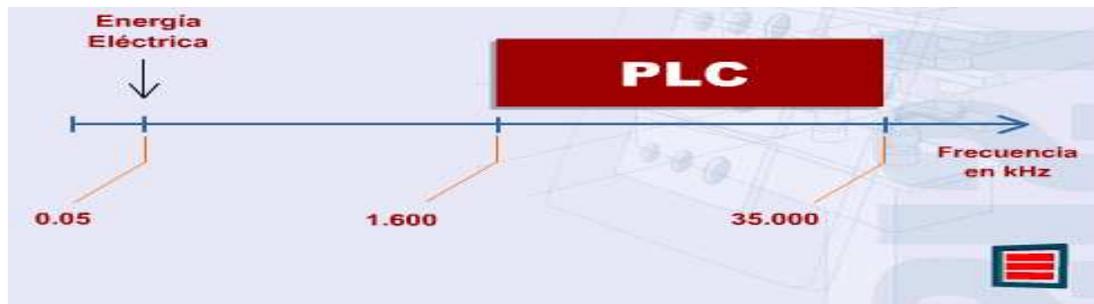


Figura 2. Frecuencia PLC

5.4 Estandarización

Pese a la ausencia de estándares vigentes en el mundo para prestar el servicio PLC a nivel outdoor, en los últimos años la tecnología PLC ocupa la actividad de diversos grupos de trabajos en organismos como ETSI (European Telecommunications Standards Institute), que en 1999 aprobó la creación de un proyecto llamado EP PLT (European Project Powerline Telecommunications) con el objetivo fundamental de desarrollar estándares y especificaciones de alta calidad para proporcionar servicios de voz y datos a los usuarios finales por medio del cableado eléctrico.

Es importante destacar que la normalización hacia la que se tiende en Europa pasa por contemplar desde el comienzo las dos vertientes de la tecnología PLC: acceso a Internet (outdoor), que es lo que se viene llamando “Internet eléctrica”, y solución interior o LAN (indoor). Para que estas dos vertientes puedan coexistir se divide el espectro PLC en dos rangos de frecuencias: el primero de ellos comprende desde los 3 hasta los 12 MHz y se dedica al acceso, mientras el rango espectral comprendido entre 13 y 30 MHz se asigna a las aplicaciones indoor.

Distintos organismos regulatorios como FCC y CENELEC, han desarrollado diferentes restricciones para el envío de datos por la red eléctrica, especificando limitaciones en el ancho de banda para tales fines. Distintas instituciones como la IEEE, ETSI y ARRL han planteado diversas ventajas Y desventajas al momento de enviar diferente tipos de datos por la red eléctrica, ampliando con ello la discusión

mundial sobre los distintos factores que envuelven la tecnología, como protocolos, modulación empleada, etc.

La IEEE y la FCC emitieron las siguientes directrices:

- Contemplar bajos niveles de potencia para las transmisiones PLC y utilizar diferentes esquemas de modulación y codificación que permitan disminuir el nivel de ruido e interferencia que se presenta en estas bandas.
- El incremento de los niveles de potencia en sistemas PLC es utilizado para expandir mucho más la señal de información con el objetivo de llegar a lugares más alejados con QoS (Quality of Service) eficiente. Debido a lo anterior, si se requiere llegar a lugares mas alejados, se propone utilizar enlaces con otras tecnologías, por ejemplo, enlaces PLC con Wi-Fi.
- A los radioaficionados, por su parte, les proponen orientar sus antenas hacia otros lugares con el fin de minimizar al máximo los niveles de interferencia generados por la emisión de estas señales.

Lo anterior con el fin de armonizar con los radios aficionados quienes afirman la existencia de altos niveles de interferencia en las transmisiones de este tipo. [REF29]

.

Existe un organismo internacional llamado PLC Forum , el cual representa los intereses de fabricantes y otros organismos activos en el campo de PLC en todas sus vertientes. Este organismo se creo a comienzos del año 2000 y desde entonces el número de miembros e invitados permanentes asciende a más de 50.

A través de grupos de trabajo y con la celebración de varias asambleas también se tiene entre sus objetivos la creación de un marco normativo y regulatorio para la tecnología.

Conviene hablar de HomePlug, que es un estándar de facto que está desarrollándose en EEUU y es promovido por la HomePlug Powerline Alliance, organización compuesta por un grupo numeroso de empresas en su mayoría estadounidenses que han adquirido el compromiso de crear especificaciones que promuevan y aceleren la demanda de esta tecnología.

El espectro de trabajo de las especificaciones HomePlug está comprendido entre los 4,3 y los 20,9 MHz, con técnica de modulación OFDM, y capacidad de transmisión de 14 Mbit/s. El enfoque completamente indoor que ha estado siguiendo no contempla la separación de bandas de frecuencia, con lo que HomePlug extiende las distancias con respecto a la normativa que actualmente se promueve en Europa.

Por ultimo es importante mencionar que el 28 de julio de 2009 fue aprobado por la IEEE el primer borrador del estándar P1901 de la tecnología, el cual incluye la tecnología Homeplug AV como un elemento clave dentro del estándar PLC. Este primer borrador incorpora los requerimientos tecnológicos y contribuciones de varias industrias. [REF31]

5.5 Seguridad

A nivel de la red de área local LAN, la seguridad de cualquier red PLC debe estar protegida como cualquier otra red. Para ello se hace estrictamente necesario la instalación de un firewall, antivirus y demás herramientas que tradicionales para la seguridad de nuestras redes de datos.

Se puede decir que la tecnología PLC ofrece niveles de seguridad más robustos que cualquier comunicación basada en una red inalámbrica, ya que para lograr interceptar el tráfico de una red PLC, sería necesario haber accedido previamente a la red eléctrica de la edificación. Adicionalmente existen varias barreras para tomar la señal de datos, como los medidores de energía. Estos atenúan fuertemente la señal que es prácticamente imposible tener una comunicación libre de errores a través de ellos.

Quiere ello decir y traducido en palabras comprensibles, que con la tecnología PLC no se hace posible compartir una línea xDSL con los vecinos. Otra barrera que se interpone en el camino de cualquier intruso, es la caja de distribución. Esta caja muestra una extrema baja impedancia entre diferentes instalaciones, lo cual ocasiona que se destruyan la mayoría de señales transmitidas entre las partes.

Aunque existan estas barreras físicas es de igual manera conveniente hacerse a una seguridad en la red más avanzada y eficaz, ya que tal vez puedan existir cables dentro de la red eléctrica que se encuentren muy cercanos a otra instalación y que por la falta de blindaje del cable, las líneas se comportan como antenas, lo que puede ocasionar que se transmitan señales interceptables por esta acometida con la que por nada del mundo queremos compartir nuestros valiosos datos;

Por esto entre tantas razones, existen dos niveles intrínsecos de seguridad usados por la tecnología:

- Un cifrado DES y AES.
- La posibilidad de instalar redes separadas en el mismo circuito eléctrico con dos claves diferentes de cifrado que se pueden configurar mediante una herramienta de software que suele venir con los equipos PLC. [REF18]

Una encriptación de 56-Bits puede ser insegura. Por tal motivo se recomienda que para las aplicaciones que manejan datos de nivel crítico se implementen conexiones SSL y VPN. Con un nivel de seguridad así sería muy complicado que nuestros datos queden expuestos a los intrusos. Por este motivo muchos de los fabricantes de PLC actuales, usan VPN en sus equipos. [REF26]

6. LA TECNOLOGIA PLC COMO ALTERNATIVA AL CABLEADO ESTRUCTURADO

El cableado estructurado tradicional es parte de las soluciones de conectividad a nivel físico más difundido y utilizado, entre otras alternativas como radio frecuencia (RF) y línea de potencia (PLC).

Desde el nacimiento de los estándares de cableado estructurado en 1991, las soluciones de cableado estructurado tradicional van mas allá que simplemente instalar cables y tomas, ya que involucran el servicio de ingenieros y técnicos especializados en diseño e implantación de proyectos bajo los estándares internacionales como el ANSI/EIA/TIA 568A y el ISO 11803 entre muchos otros.

El sistema de cableado estructurado tradicional, requiere de cables especiales, canalizaciones, conectores, etiquetas, espacios y demás dispositivos que deben ser instalados para establecer una infraestructura de telecomunicaciones genérica en una edificación. Adicionalmente la instalación de estos elementos se debe hacer en cumplimiento de los estándares vigentes para que este pueda ser considerado cableado estructurado.

PLC resuelve uno de los problemas más costosos de la domótica, la instalación de las conexiones y de los cableados necesarios para conformar una solución de este tipo.

Con las soluciones del tipo PLC, equipos como aires acondicionados, frigoríficos, sistemas de calefacción, iluminación, centrales de alarma de robo o de incendio, etc. Podrán ser controlados e interconectados a la red domestica a través de PLC, además se podrá utilizar los mismos beneficios para cámaras de video vigilancia, alarmas y demás dispositivos en edificaciones como edificios, a través de los mismos enchufes a los que están conectados. Empresas como 3Com, Intel, Motorola, Ericsson, LG, Electrolux, Sunbeam o General Electric ya están desarrollando productos domésticos de la nueva línea. Las posibilidades no sólo se facilitan sino que se están ampliando enormemente.

De esta forma los diferentes departamentos y oficinas de una fábrica, taller o cualquier otra empresa estarán interconectados entre sí y conectados a su vez con redes externas sin necesidad de cableado adicional, sino que solo serán empleados los enchufes de corriente para iniciar la transmisión de datos. Así las cosas, las computadoras, teléfonos y máquinas diversas estarán todos conectados de una forma muy simple.

En esta línea la domótica tiene un problema con respecto al PLC, y es que el manejo remoto de los utensilios de una casa no está en las posibilidades, sino en la instalación. Las órdenes llegan vía teléfono a un pequeño cerebro central, y de allí se distribuyen por toda la casa. Para ello hay que hacer costosas obras de instalación que cuando se trata de proyectar la edificación en una casa inteligente no hay problema, solo basta con incluir en el proyecto el diseño el coste de las canalizaciones a que haya lugar. El punto es a revisar es cuando queremos convertir en inteligente una edificación ya construida y con una cierta antigüedad. En este caso el coste de las obras y los perjuicios que ocasionan desaniman. Con PLC, donde hay un enchufe hay comunicación de datos. Hay envío de órdenes, y de audio y vídeo. Todo ello sin necesidad de hacer ninguna obra.

Muchas compañías llevan años apostando en el área de las redes LAN domésticas que usan la red eléctrica interna de la casa. Firmas como 3Com, Intel, Nortel, Ericsson o Motorola preparan sus propios desarrollos para integrar sus productos con la tecnología PLC. Con esto estará mas cerca la posibilidad de interconectar los distintos dispositivos y elementos de nuestro hogar como nevera, microondas, etc. A su vez que es posible conectar a internet los electrodomésticos de última generación con los que de esta manera se permita realizar tareas tales como comprobar el contenido de la nevera desde la oficina o encender el horno desde un teléfono móvil. [REF21] [REF22] [REF23]

Existen aplicaciones industriales en las que el PLC ha sido comprobado como alternativa de acceso, entre las cuales podemos citar la comunicación entre autómatas y la interconexión de equipos de trazabilidad para el manejo de lotes de producción. Schneider Electric, a través de su empresa ILEVO, ha desarrollado pasarelas industriales PLC en las cuales se realizan comunicaciones a través de sistemas Modbus RTU/ Modbus-TCP/IP a PLC para llevar los datos de un sistema de comunicación modbus a Ethernet mediante el cable eléctrico. [REF24].

7. PLC COMO HERRAMIENTA PARA FACILITAR LA COMUNICACIÓN DE DISPOSITIVOS

La tecnología PLC, al soportar el protocolo de transmisión IP, ofrece un amplio abanico de aplicaciones que pueden amarrarse a esta tecnología (PLC) para lograr su operatividad normal, tal como sucede en una conexión LAN tradicional. Es por ello que es posible utilizar la tecnología PLC para disponer de servicios tales como Internet de alta velocidad, telefonía, servicios avanzados de voz, videoconferencia, video vigilancia, contenido (video y audio digitales), juegos de video y datos (transferencias de archivos de texto, fotos, videos), etc.

Al poder hacer estas transmisiones por cualquier dispositivo que soporte el protocolo IP, por ejemplo cámaras de video vigilancia, también es posible crear nuestras propias soluciones con la tecnología PLC, según nuestras necesidades o requerimientos en particular; tal y como lo hacemos hoy en día en las soluciones LAN tradicionales, pero con los beneficios intrínsecos de no tener que preocuparnos por una infraestructura adicional al cableado eléctrico existente en el inmueble. Todo esto a velocidades muy sobresalientes y aprovechando todas las ventajas ofrecidas por la tecnología.

PLC funciona sobre líneas eléctricas interiores (oficinas, almacenes, negocios, edificios, y corporativos), de ahí que no es sólo una tecnología para aplicaciones residenciales sino que puede también ser utilizada para crear Redes de Área Local (LAN) en edificios y oficinas, como alternativa al cableado estructurado de cobre.

Adicionalmente se puede aprovechar muy sustancialmente el hecho de que la instalación eléctrica abarca prácticamente todo edificio para usar la tecnología como herramienta que facilite la comunicación de dispositivos a través de todo el inmueble (cámaras, lectores de identidad, interruptores, alarmas, entre otras).

Por todo lo señalado anteriormente, se muestra a continuación algunas de las aplicaciones que pueden usarse en edificaciones que tenga su acometida eléctrica instalada.



Figura 3. Aplicaciones PLC

EN EL HOGAR:

- **Internet avanzado:** Será posible acceder a un servicio de Internet de Alta Velocidad y con ello será posible usar servicios que requieran un mayor ancho de banda.

- **Mensajería unificada:** Buzón único para todos los mensajes de telefonía fija, Móvil (SMS), Fax y Correo Electrónico.
- **Televisión, música y radio “a la carta”:** Se podrá descargar material multimedia como video y sonido en Internet.
- **TV digital interactiva:** Con conexión a la televisión digital será posible realizar comercio electrónico, reservas, entradas, juegos, entretenimiento multimedia e Internet.
- **Juegos en la red:** Se podrá participar en distintos juegos en línea y concursar o competir con otros usuarios en la Red.
- **Domótica:** Se podrá controlar los electrodomésticos a distancia, por ejemplo dar inicio a un ciclo de lavado a la lavadora, encender el aire acondicionado, conectar el horno, grabar una película, etc.
- **Seguridad a distancia:** Alarmas de robo e incendio que protegen la casa conectándola directamente con la central de policía y/o de los bomberos.
- **Telediagnóstico:** Los servicios técnicos de los fabricantes de los electrodomésticos pueden conocer las averías y presupuestar las reparaciones sin tener que desplazarse, ahorrando costos, tiempo y molestias innecesarias.
- **Teleasistencia:** Posibilita la vigilancia de niños o enfermos a distancia.
- **Telefonía:** Se podrá disponer de un servicio de telefonía sin necesidad de conectar un terminal a la línea telefónica convencional.

EN LA OFICINA:

- **Trabajo en grupo:** Compartir, ver o modificar archivos por el mismo equipo de trabajo.

- **Redes privadas virtuales (VPN):** Comunicar las oficinas distantes geográficamente para transmisión de datos y compartir distintos recursos en red de manera segura.
- **PYMES:** No se necesitarán costosas instalaciones de teléfono y líneas de datos para disponer de una red local.
- **Videoconferencia:** Se podrá ver y hablar con clientes a bajo costo, estén donde estén.
- **Teletrabajo:** Trabajar desde la casa a través de una conexión rápida, económica, segura y permanente

A continuación se hace mención de algunas de las ventajas y desventajas de la que tiene consigo la tecnología.

Ventajas de PLC:

- Movilidad
- Flexibilidad
- Fácil de instalar para configuraciones en interiores
- Estabilidad
- Complementa a las soluciones de cable e inalámbricas
- Económico: Significativamente más barato que volver a cablear un edificio
- Instalación rápida: La instalación puede tomar entre algunas horas hasta unos pocos días, sin tener que
- realizar ninguna construcción especial y sin interrupciones de las tareas diarias.
- Seguro: Los datos están encriptados y protegidos contra intrusiones externas.
- Escalable: Pueden agregarse usuarios simplemente adquiriendo más módems.
- Conveniente: Acceso a transmisión de datos e Internet en todos los tomacorrientes.
- Flexible: Una plataforma que soporta cualquier dispositivo o aplicación que utilice el Protocolo de Internet

- estándar.
- Sólido: Monitoreo y capacidad de administración a distancia.
- Cumple con: FCC Parte 15, incluido en UL60950 y aprobado por CE.

Desventajas de PLC:

- La instalación y el alto rendimiento dependen de la arquitectura de la red eléctrica
- Falta de estándares y pautas.

Como ejemplo podemos señalar una solución de video vigilancia, la cual hace uso de la tecnología PLC para la transmisión de voz y video por la red eléctrica de un edificio.

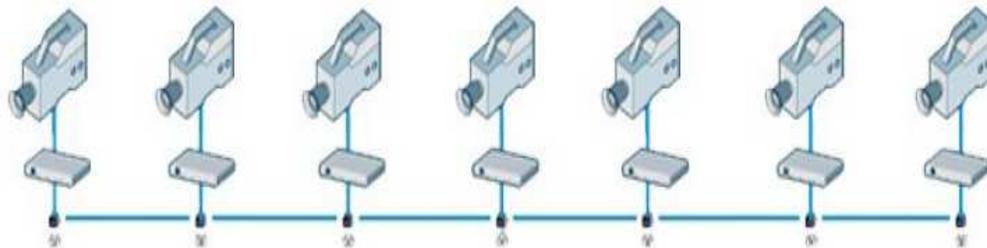


Figura 4. Video vigilancia

Solución PLC en Video vigilancia

Beneficios:

- Ahorro de costes en cableado,
- Visualización y grabación de forma local y remota,
- Publicación de capturas en servidores web, ftp, etc., sin costes adicionales.

- La integración cámara IP con PLC permite llegar a puntos mucho mas lejanos, tanto exteriores como del interior del inmueble.
- La propia configuración de las redes PLC facilita la instalación así como la gestión del equipo.
- En caso de avería, se hace fácil la localización y sustitución del equipo.
- Ahorros de infraestructuras desde dos vertientes: cableado de red y cableado de cámaras.
- Autonomía de cada conexión, independiente y/o en conjunto.

8. ARQUITECTURA PLC

Las soluciones PLC son ideales para extender una red de área local, compartir datos y el acceso a Internet. Su instalación es muy sencilla. A nivel eléctrico, la instalación no presenta ningún inconveniente en una instalación que se encuentra detrás de un medidor monofásico de corriente, en la medida en que los adaptadores se conecten directamente a los conectores eléctricos. Sin embargo la instalación es más compleja en grandes edificios con un punto de entrada trifásico y diferentes medidores, o en grandes implementaciones como pueden ser universidades, hospitales o edificios administrativos. [REF18]

8.1 Elementos de infraestructura

Los elementos esenciales para que la comunicación o transmisión de datos por la red eléctrica pueda llevarse a cabo, se encuentran expuestos en la siguiente figura.

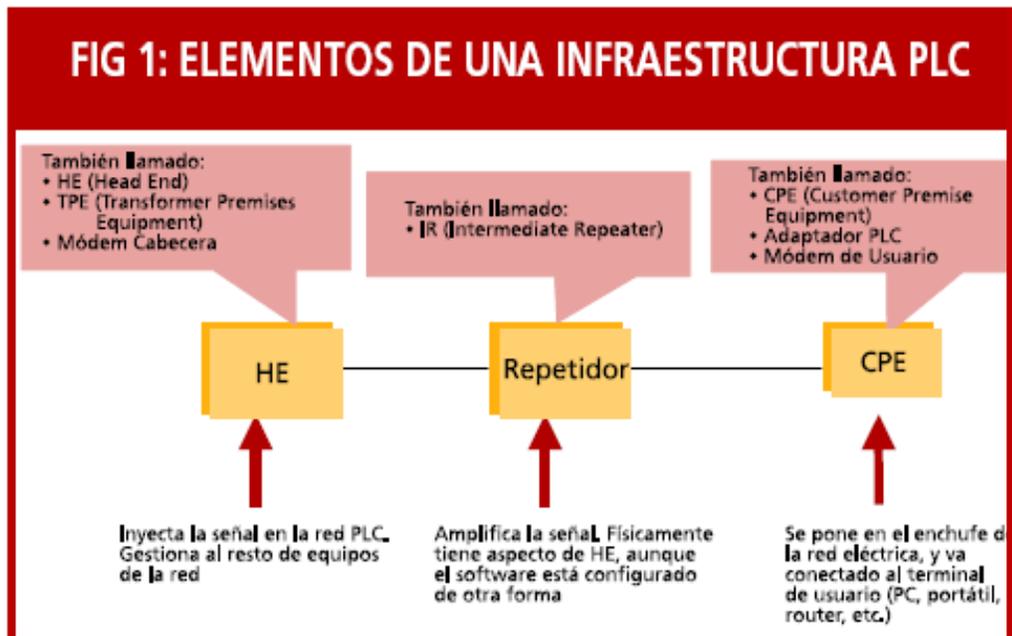


Figura 5. Elementos de infraestructura

- **HE:** es el encargado de inyectar la señal en la red PLC
- **Repetidor:** es un elemento clave para amplificar la señal inyectada, en escenarios en que las distancias lo requieran.
- **CPE:** es sencillamente el elemento que posibilita extraer la señal PLC, para que esta pueda ser utilizada por el usuario final para el uso que se disponga.

Con el fin de reconocer de mejor manera el juego desempeñado por cada uno de estos elementos, se ilustrara en la siguiente figura con un ejemplo.

ARQUITECTURA DE ACCESO LAN CON PLC

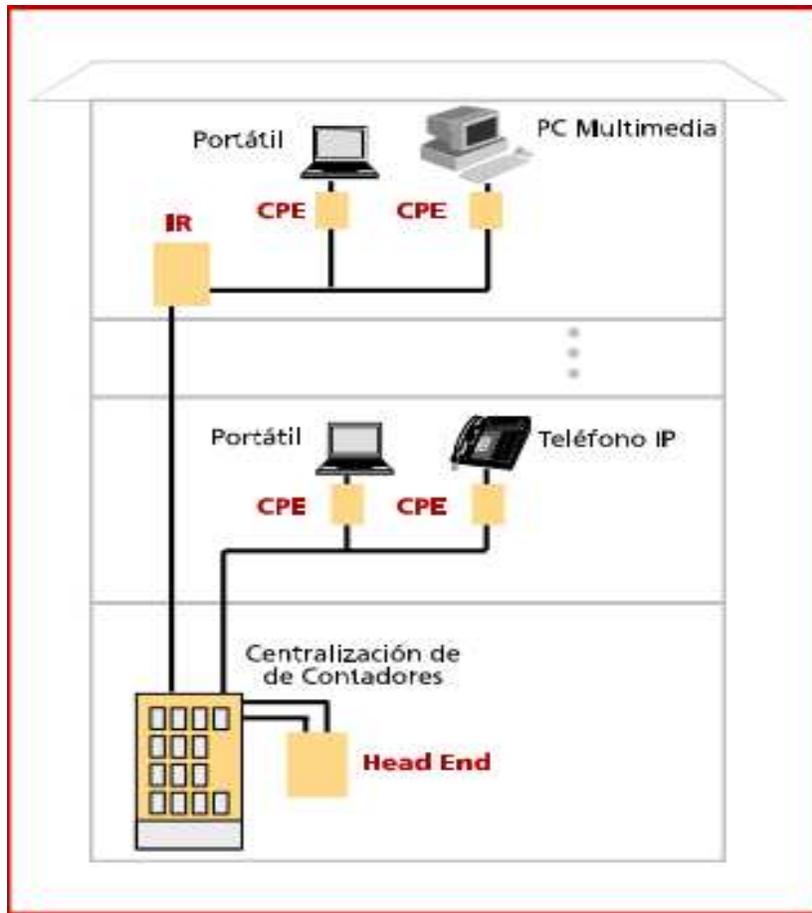


Figura 6. Acceso LAN

En la **Figura 6**, el HE se instala siempre en cabecera, con tantos módems CPE como usuarios. En este caso el HE debe situarse en el cuarto eléctrico del edificio, en donde se encuentra la acometida principal y tras los contadores de la compañía eléctrica.

Conviene inyectar la señal después del interruptor de potencia principal con el objeto de minimizar interferencias. Conviene utilizar repetidores cada 200 metros para mejorar la calidad de la señal en todos aquellos casos en que sean necesarios.

El componente principal en la topología de una red PLC es el HE (Head End), que se suele denominar también TPE (Transformer Premises Equipment) o módem de cabecera. Este equipo actúa como maestro conectando al sistema con la red externa (Internet) y adicionalmente autentica, coordina la frecuencia y actividad del

resto de equipos que conforman la red PLC de manera que se mantenga constante en todo momento el flujo de datos a través de la red eléctrica.

La ubicación del HE, es crucial y trascendental a la hora de obtener un adecuado funcionamiento de la red, ya que es esencial que la inyección de datos producida permita proporcionar la máxima cobertura posible dentro de la red a todos los enchufes que quieran ser usados como acceso para datos.

El HE como el CPE poseen varios elementos que se encargan de filtrar y separar la corriente alterna eléctrica (50–60 Hz de frecuencia) de las señales de alta frecuencia usadas por los servicios de vídeo, datos, voz, etc.

Para los escenarios en que las distancias son amplias entre los diferentes equipos que compongan la solución, se hace necesario implementar adicionalmente dispositivos intermedios regeneradores de la señal o (repetidores). [REF6]

8.2 Esquema de la solución PLC

El esquema puede enmarcarse de manera muy simple en una fácil instalación y rápida implementación al poder hacer uso del cableado eléctrico existente para las transmisiones de datos. Esto constituye una importante ventaja en edificios antiguos o históricos.

La tecnología está diseñada para funcionar en ambientes que experimentan ruido eléctrico, cambios impredecibles en las condiciones de atenuación, desequilibrios en la carga eléctrica e interferencias de los transformadores. Así mismo incorpora un esquema de modulación de portadores múltiples que permite que los datos se transfieran de un portador a otro mientras cambian las condiciones de ruido y atenuación en tiempo real, de modo que la transmisión de datos no quede interrumpida. Como resultado, el acceso a Internet es continuo, fiable y uniforme. [REF28]. La arquitectura asegura que ningún usuario de Internet pueda ver a los demás usuarios de la red, ya que los datos están encriptados.

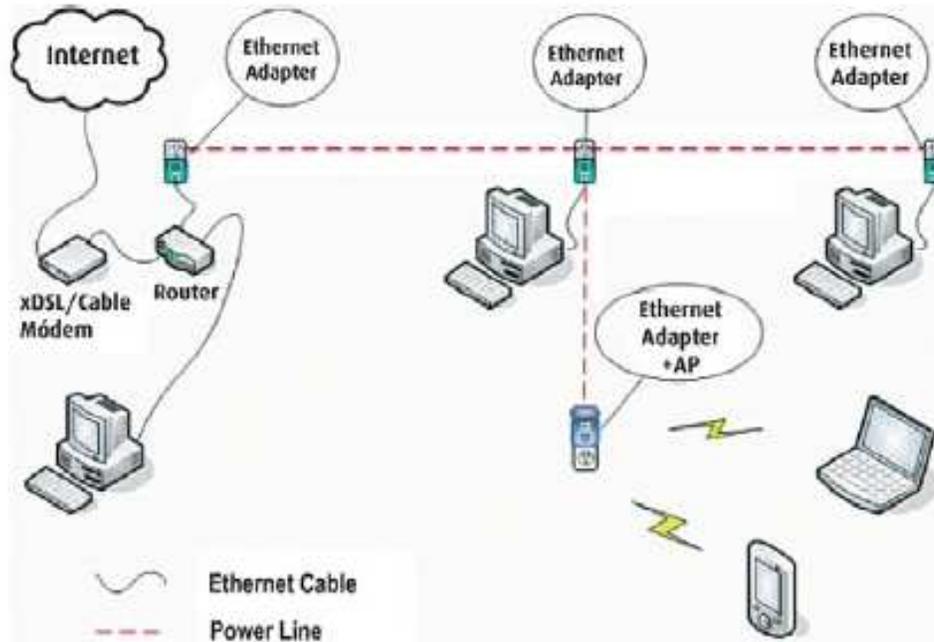


Figura 7. Esquema típico de la solución

A través de la red eléctrica se pueden comunicar dos o más dispositivos que trabajen IP entre sí sin necesidad de realizar nuevos cableados.

Referencias:

[REF1] Visitada el 4 de julio de 2008.

<http://www.alambre.info/2003/11/03/internet-por-el-cable-de-la-luz/>

[REF2] Visitada el 19 de julio de 2008. <http://www.panoramaenergetico.com/transmision.htm>

[REF3] Visitada el 13 de mayo de 2009. <http://www.idg.es/comunicaciones/articulo.asp?id=133133>

[REF4] Visitada el 16 de Enero de 2009.

http://www.colombiadigital.net/observatorio/regiones.php?id_proyecto=129&id_depto=26&categoria=1

[REF5] Visitada el 3 de mayo de 2009

<http://www.eleconomista.es/empresas-finanzas/noticias/268937/08/07/N2S-instala-red-de-Internet-con-tecnologia-PLC-mas-grande-mundo-en-un-hotel.html>

[REF6] Visitada el 23 de noviembre de 2008. <http://www.rediris.es/difusion/publicaciones/boletin/68-69/enfoque4.pdf>

[REF7] Visitada el 2 de Febrero de 2009

http://www.canaltics.com.ar/product_info.php?products_id=62

[REF8] Visitada el 2 de Febrero de 2009. <http://www.domotica.net/>

[REF9] Visitada el 3 de mayo de 2008. <http://www.eluniversal.com.mx/notas/321495.html>

[REF10] Visitada el 29 de mayo de 2008.

http://electronica.udea.edu.co/gita/gita_archivos/paginas/experienc.htm

[REF11] http://electronica.udea.edu.co/gita/gita_archivos/paginas/experienc.htm

(Visitada el día 30 de junio de 2008).

[REF12] http://electronica.udea.edu.co/gita/gita_archivos/paginas/comunicac.htm

(Visitada el día 13 de Agosto de 2008).

[REF13] http://www.mygnet.net/articulos/internet/internet_plc.293

(Visitada el día 11 de Octubre de 2008).

[REF14] <http://www.bucaramanga.gov.co/imebu/PROYS/C-MULTIM.htm>

(Visitada el día 20 de Abril de 2009).

[REF15] <http://www.ekoplpc.net/noticias/programa-fomento/fundamentos-plc.htm>

(Visitada el día 2 de Mayo de 2009).

[REF16] Microsoft PowerPoint - 1.3.2.Mauricio Alfaro Escribano-PLC.ppt

(Visitada el día 29 de Mayo de 2009).

[REF16] <http://www.plc-alliance.org>

(Visitada el día 29 de Mayo de 2009).

[REF17] <http://www.redestelecom.es/Reportajes/200701020023/PLC-revive-dentro-de-casa.aspx>

(Visitada el día 29 de Junio de 2008).

[REF18] <http://es.kioskea.net>

(Visitada el día 12 de enero de 2009).

[REF19] <http://www.mastermagazine.info/articulo/10635.php>

(Visitada el día 2 de junio 2009).

[REF20] <http://www.proexport.gov.co>

(Visitada el día 22 de junio de 2009).

[REF21] <http://www.enersispcl.cl>

(Visitada el día 22 de junio de 2009).

[REF22] <http://www.plcendesa.com>

(Visitada el día 22 de junio de 2009).

[REF23] <http://www.uvg.edu.gt/ieee/pdfs/plcexpo2PLC.pdf>

(Visitada el día 22 de junio de 2009).

[REF24]http://www.infopl.net/Descargas/Descargas_Schneider/Des_Schneider_Files/Des_Schneider_PowerLine/Desc_Schneider_PowerLine.html

(Visitada el día 22 de junio de 2009).

[REF25]<http://blogtelecomunicaciones.ramonmillan.com/2008/10/plc-para-interconexin-de-dispositivos.html>

(Visitada el día 2 de febrero de 2009).

[REF26]<http://www.ekopl.net/noticias/seguridad-bajo-plc/index.htm>

(Visitada el día 22 de junio de 2009).

[REF27]http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_suministro_el%C3%A9ctrico

(Visitada el día 16 de junio de 2009).

[REF28] <http://www.ekopl.net/esquema-solucion/index.htm>

(Visitada el día 1 de Julio de 2009).

[REF29] <http://www.revistaesalud.com/index.php/revistaesalud/article/viewArticle/170/461>

(Visitada el día 7 de Agosto de 2009).

[REF30] DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UNA RED DOMOTICA PARA UN LABORATORIO DE INGENIERIA ELECTRONICA, ISSN: 0123-2126 INGENIERIA Y UNIVERSIDAD JULIO- DICIEMBRE AÑO/VOL. 10, Numero 002, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.

(Visitada el día 7 de Agosto de 2009).

[REF31] http://www.homeplug.org/news/pr/view?item_key=e77d8aaeb004a3d1ac9d8886f6d2d2e47c196ca2

(Visitada el día 17 de Agosto de 2009).

[REF31]<http://www.surunga.com/post/info/1247/voltajes-y-frecuencias-usadas-en-diferentes-paises.html>

(Visitada el día 12 de Marzo de 2010).

9. MONTAJE PRACTICO

9.1 Equipos utilizados.

- Dos computadores Dell, P4 2.8Mhz, 512MB RAM, 80GB, actuando como estaciones de trabajo Windows XP Professional.
- Cámara de video vigilancia IP D Link DCS-2100+
- Dos módems con tecnología PLC

9.2 Escenario montado.

El escenario mostrará de manera práctica y en vivo el funcionamiento de la tecnología en estudio, para ello se realizará la transmisión de video online haciendo uso de dos (2) dispositivos PLC y una cámara IP.

Para efectos de un mejor entendimiento de la manera en que será desarrollado este prototipo, se ilustrará el escenario en la siguiente grafica.

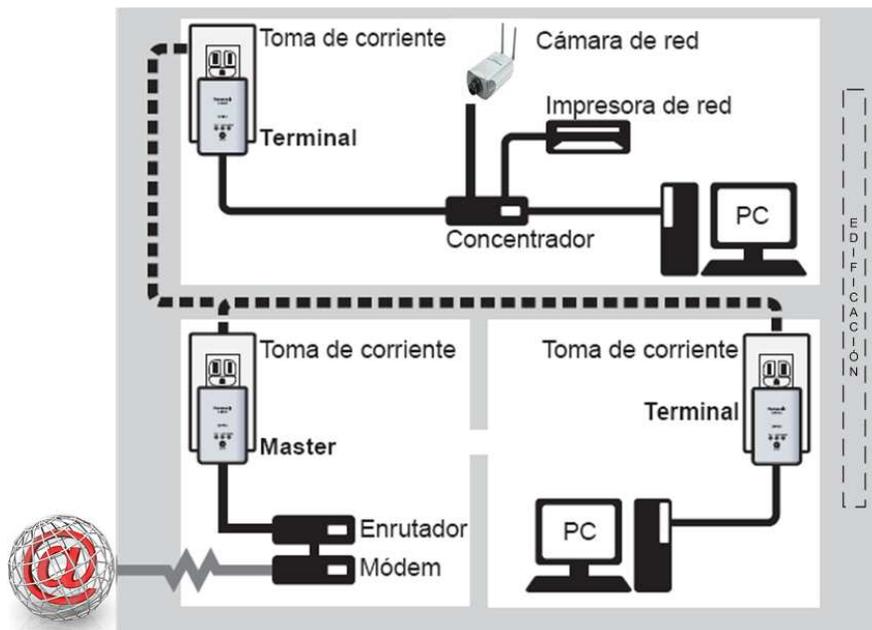


Figura 8. Esquema del prototipo

Aunque el prototipo se realiza con la cámara de video vigilancia. Tal como se habló durante todo el documento es posible realizar varias conexiones con múltiples dispositivos.

De la grafica debemos hacer distinción de varios elementos que juegan un papel importante en este sistema de transmisión de datos por la red eléctrica. El primero de ellos son los Módems PLC, señalados como “Máster” y “Terminal”, el segundo elemento es la red eléctrica de la edificación, la cual se distribuye por las distintas tomas o enchufes. El tercer elemento son los distintos dispositivos de red que soportan el protocolo IP y los cuales pueden ser usados para distintos fines.

9.2.1 Pruebas realizadas.

Las pruebas hechas durante el prototipo se muestran a continuación:

Transmisión de audio y video.

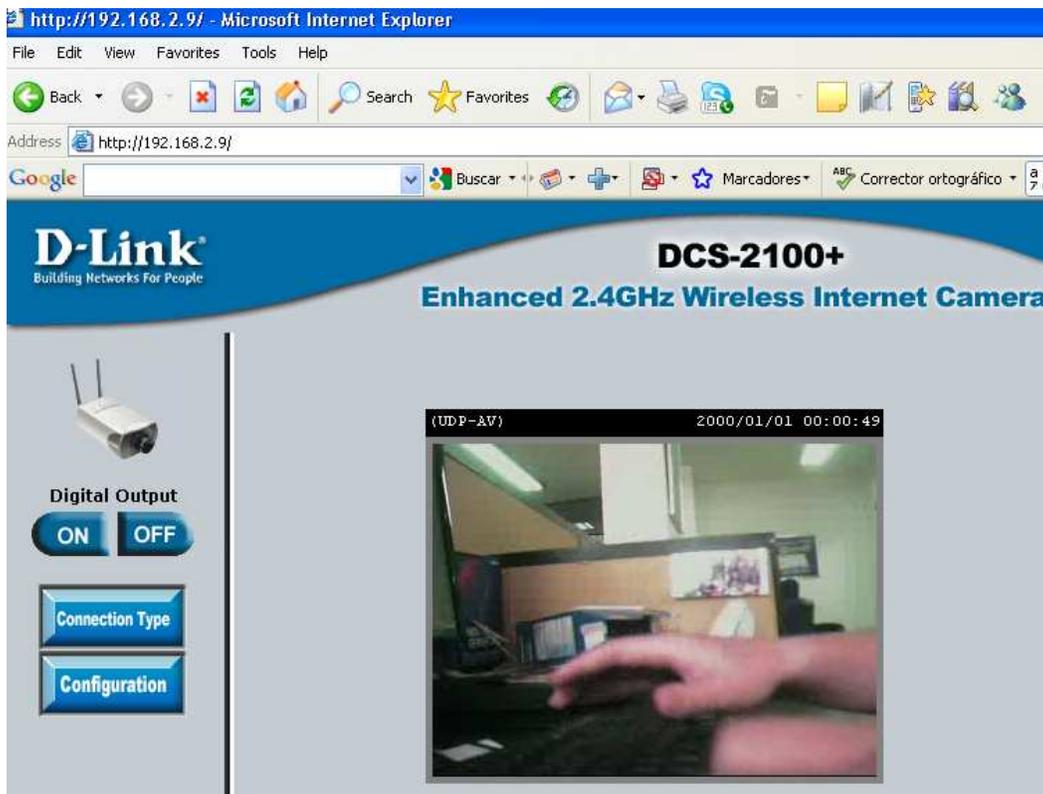


Figura 9. Prototipo en vivo

En estas imágenes se muestra la imagen obtenida de la cámara de video vigilancia IP, la cual es administrada por http por medio de una conexión PLC. Durante esta prueba se obtuvo una señal nítida y sin retardo y a su vez de logro transmitir voz de excelente calidad.



Figura 10. Transmitiendo Video y Audio

En paralelo a la transmisión de audio y video, se realizaron pruebas de calidad de las comunicaciones, tal como se ilustra en las siguientes imágenes:

```
C:\Documents and Settings\jbenitez>ping 192.168.2.9 -t
Pinging 192.168.2.9 with 32 bytes of data:
Reply from 192.168.2.9: bytes=32 time=2ms TTL=64
Reply from 192.168.2.9: bytes=32 time=1ms TTL=64
Reply from 192.168.2.9: bytes=32 time=3ms TTL=64
Reply from 192.168.2.9: bytes=32 time=1ms TTL=64
Reply from 192.168.2.9: bytes=32 time=1ms TTL=64
Reply from 192.168.2.9: bytes=32 time=2ms TTL=64
Reply from 192.168.2.9: bytes=32 time=1ms TTL=64
Reply from 192.168.2.9: bytes=32 time=4ms TTL=64
Reply from 192.168.2.9: bytes=32 time=1ms TTL=64
Reply from 192.168.2.9: bytes=32 time=1ms TTL=64
Reply from 192.168.2.9: bytes=32 time=6ms TTL=64
Reply from 192.168.2.9: bytes=32 time=2ms TTL=64
Ping statistics for 192.168.2.9:
    Packets: Sent = 22, Received = 22, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 1ms, Maximum = 6ms, Average = 1ms
```

Figura 11. Tiempos de conexión de PC a cámara


```

C:\Documents and Settings\jbenitez>ping yahoo.es -t
Pinging yahoo.es [217.146.186.221] with 32 bytes of data:

Reply from 217.146.186.221: bytes=32 time=180ms TTL=49
Reply from 217.146.186.221: bytes=32 time=174ms TTL=49
Reply from 217.146.186.221: bytes=32 time=174ms TTL=49
Reply from 217.146.186.221: bytes=32 time=179ms TTL=49
Reply from 217.146.186.221: bytes=32 time=178ms TTL=49
Reply from 217.146.186.221: bytes=32 time=169ms TTL=49
Reply from 217.146.186.221: bytes=32 time=248ms TTL=49
Reply from 217.146.186.221: bytes=32 time=178ms TTL=49
Reply from 217.146.186.221: bytes=32 time=168ms TTL=49
Reply from 217.146.186.221: bytes=32 time=182ms TTL=49
Reply from 217.146.186.221: bytes=32 time=183ms TTL=49
Reply from 217.146.186.221: bytes=32 time=177ms TTL=49
Reply from 217.146.186.221: bytes=32 time=178ms TTL=49
Reply from 217.146.186.221: bytes=32 time=199ms TTL=49
Reply from 217.146.186.221: bytes=32 time=180ms TTL=49
Reply from 217.146.186.221: bytes=32 time=202ms TTL=49
Reply from 217.146.186.221: bytes=32 time=171ms TTL=49
Reply from 217.146.186.221: bytes=32 time=168ms TTL=49
Reply from 217.146.186.221: bytes=32 time=194ms TTL=49
Reply from 217.146.186.221: bytes=32 time=177ms TTL=49
Reply from 217.146.186.221: bytes=32 time=173ms TTL=49
Reply from 217.146.186.221: bytes=32 time=177ms TTL=49
Reply from 217.146.186.221: bytes=32 time=177ms TTL=49
Reply from 217.146.186.221: bytes=32 time=178ms TTL=49
Reply from 217.146.186.221: bytes=32 time=177ms TTL=49
Reply from 217.146.186.221: bytes=32 time=178ms TTL=49
Reply from 217.146.186.221: bytes=32 time=174ms TTL=49

Ping statistics for 217.146.186.221:
    Packets: Sent = 27, Received = 27, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 168ms, Maximum = 248ms, Average = 181ms

```

Figura 14. Tiempos de conexión de PC con cable CAT 5E a Internet internacional

```

C:\Documents and Settings\jbenitez>ping yahoo.es -t
Pinging yahoo.es [87.248.121.75] with 32 bytes of data:

Reply from 87.248.121.75: bytes=32 time=194ms TTL=46
Reply from 87.248.121.75: bytes=32 time=189ms TTL=46
Reply from 87.248.121.75: bytes=32 time=191ms TTL=46
Reply from 87.248.121.75: bytes=32 time=188ms TTL=46
Reply from 87.248.121.75: bytes=32 time=188ms TTL=46
Reply from 87.248.121.75: bytes=32 time=188ms TTL=46
Reply from 87.248.121.75: bytes=32 time=190ms TTL=46
Reply from 87.248.121.75: bytes=32 time=196ms TTL=46
Reply from 87.248.121.75: bytes=32 time=192ms TTL=46
Reply from 87.248.121.75: bytes=32 time=188ms TTL=46
Reply from 87.248.121.75: bytes=32 time=188ms TTL=46
Reply from 87.248.121.75: bytes=32 time=191ms TTL=46
Reply from 87.248.121.75: bytes=32 time=191ms TTL=46
Reply from 87.248.121.75: bytes=32 time=188ms TTL=46
Reply from 87.248.121.75: bytes=32 time=189ms TTL=46
Reply from 87.248.121.75: bytes=32 time=190ms TTL=46
Reply from 87.248.121.75: bytes=32 time=191ms TTL=46
Reply from 87.248.121.75: bytes=32 time=192ms TTL=46
Reply from 87.248.121.75: bytes=32 time=193ms TTL=46
Reply from 87.248.121.75: bytes=32 time=191ms TTL=46
Reply from 87.248.121.75: bytes=32 time=190ms TTL=46
Reply from 87.248.121.75: bytes=32 time=190ms TTL=46
Reply from 87.248.121.75: bytes=32 time=205ms TTL=46
Reply from 87.248.121.75: bytes=32 time=201ms TTL=46
Reply from 87.248.121.75: bytes=32 time=200ms TTL=46
Reply from 87.248.121.75: bytes=32 time=193ms TTL=46
Reply from 87.248.121.75: bytes=32 time=192ms TTL=46
Reply from 87.248.121.75: bytes=32 time=191ms TTL=46
Reply from 87.248.121.75: bytes=32 time=190ms TTL=46
Reply from 87.248.121.75: bytes=32 time=191ms TTL=46

Ping statistics for 87.248.121.75:
    Packets: Sent = 31, Received = 31, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 188ms, Maximum = 205ms, Average = 191ms

```

Figura 15. Tiempos de conexión de PC con PLC a internet internacional

```

C:\Documents and Settings\jbenitez>ping eltiempo.com -t
Pinging eltiempo.com [200.41.9.39] with 32 bytes of data:
Reply from 200.41.9.39: bytes=32 time=10ms TTL=246
Reply from 200.41.9.39: bytes=32 time=7ms TTL=246
Reply from 200.41.9.39: bytes=32 time=8ms TTL=246
Reply from 200.41.9.39: bytes=32 time=8ms TTL=246
Reply from 200.41.9.39: bytes=32 time=8ms TTL=246
Reply from 200.41.9.39: bytes=32 time=7ms TTL=246
Reply from 200.41.9.39: bytes=32 time=8ms TTL=246
Reply from 200.41.9.39: bytes=32 time=9ms TTL=246
Reply from 200.41.9.39: bytes=32 time=8ms TTL=246
Reply from 200.41.9.39: bytes=32 time=8ms TTL=246
Reply from 200.41.9.39: bytes=32 time=8ms TTL=246
Reply from 200.41.9.39: bytes=32 time=10ms TTL=246
Reply from 200.41.9.39: bytes=32 time=9ms TTL=246
Reply from 200.41.9.39: bytes=32 time=8ms TTL=246
Reply from 200.41.9.39: bytes=32 time=7ms TTL=246
Reply from 200.41.9.39: bytes=32 time=9ms TTL=246
Reply from 200.41.9.39: bytes=32 time=7ms TTL=246
Reply from 200.41.9.39: bytes=32 time=7ms TTL=246
Reply from 200.41.9.39: bytes=32 time=7ms TTL=246
Reply from 200.41.9.39: bytes=32 time=8ms TTL=246
Reply from 200.41.9.39: bytes=32 time=9ms TTL=246
Reply from 200.41.9.39: bytes=32 time=8ms TTL=246
Reply from 200.41.9.39: bytes=32 time=8ms TTL=246
Reply from 200.41.9.39: bytes=32 time=7ms TTL=246
Reply from 200.41.9.39: bytes=32 time=7ms TTL=246
Reply from 200.41.9.39: bytes=32 time=8ms TTL=246
Reply from 200.41.9.39: bytes=32 time=8ms TTL=246
Ping statistics for 200.41.9.39:
    Packets: Sent = 27, Received = 27, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 7ms, Maximum = 10ms, Average = 7ms

```

Figura 16. Tiempos de conexión de PC con cable CAT 5E a internet nacional

```

C:\Documents and Settings\jbenitez>ping eltiempo.com -t
Pinging eltiempo.com [200.41.9.39] with 32 bytes of data:
Reply from 200.41.9.39: bytes=32 time=11ms TTL=246
Reply from 200.41.9.39: bytes=32 time=12ms TTL=246
Reply from 200.41.9.39: bytes=32 time=8ms TTL=246
Reply from 200.41.9.39: bytes=32 time=9ms TTL=246
Reply from 200.41.9.39: bytes=32 time=12ms TTL=246
Reply from 200.41.9.39: bytes=32 time=10ms TTL=246
Reply from 200.41.9.39: bytes=32 time=9ms TTL=246
Reply from 200.41.9.39: bytes=32 time=9ms TTL=246
Reply from 200.41.9.39: bytes=32 time=9ms TTL=246
Reply from 200.41.9.39: bytes=32 time=10ms TTL=246
Reply from 200.41.9.39: bytes=32 time=10ms TTL=246
Reply from 200.41.9.39: bytes=32 time=9ms TTL=246
Reply from 200.41.9.39: bytes=32 time=9ms TTL=246
Reply from 200.41.9.39: bytes=32 time=10ms TTL=246
Reply from 200.41.9.39: bytes=32 time=9ms TTL=246
Reply from 200.41.9.39: bytes=32 time=9ms TTL=246
Reply from 200.41.9.39: bytes=32 time=8ms TTL=246
Reply from 200.41.9.39: bytes=32 time=8ms TTL=246
Reply from 200.41.9.39: bytes=32 time=9ms TTL=246
Reply from 200.41.9.39: bytes=32 time=11ms TTL=246
Reply from 200.41.9.39: bytes=32 time=8ms TTL=246
Reply from 200.41.9.39: bytes=32 time=10ms TTL=246
Reply from 200.41.9.39: bytes=32 time=9ms TTL=246
Reply from 200.41.9.39: bytes=32 time=9ms TTL=246
Reply from 200.41.9.39: bytes=32 time=8ms TTL=246
Reply from 200.41.9.39: bytes=32 time=9ms TTL=246
Reply from 200.41.9.39: bytes=32 time=10ms TTL=246
Reply from 200.41.9.39: bytes=32 time=8ms TTL=246
Reply from 200.41.9.39: bytes=32 time=10ms TTL=246
Reply from 200.41.9.39: bytes=32 time=10ms TTL=246
Reply from 200.41.9.39: bytes=32 time=9ms TTL=246
Reply from 200.41.9.39: bytes=32 time=9ms TTL=246
Ping statistics for 200.41.9.39:
    Packets: Sent = 30, Received = 30, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 8ms, Maximum = 12ms, Average = 9ms

```

Figura 17. Tiempos de conexión de PC con PLC a internet nacional

9.2.2 Resultados.

	Lat. CAT 5 (ms)	Lat. PLC (ms)	Paquetes perdidos
Nacional	7	9	0
Internacional	181	191	0
Interna	1	1	0

Tabla 2. Resultados obtenidos

Tal como se resume en esta tabla, el rendimiento del PLC es muy favorable, a pesar de que estas pruebas fueron realizadas en un ambiente considerado como ruidoso.

Consideraciones adicionales:

- Las pruebas se realizaron en una oficina con todos los equipos de cómputo encendidos.
- La transmisión de datos PLC fue soportada por una red de eléctrica regulada.
- La red convencional de datos esta soportada por cable UTP CAT 5E.
- La calidad del video y audio se demostraran en vivo al momento de la sustentación del proyecto.

10. CONCLUSIONES

Después de haber trabajado durante varios meses en el desarrollo de este proyecto, han surgido varias conclusiones de la tecnología estudiada. Las mismas se citan a continuación:

- Se puede considerar la tecnología PLC como una alternativa viable para comunicaciones a nivel LAN o indoor.
- La conformación grupos de investigación pueden conducir a la búsqueda de las mejores aplicaciones de la tecnología para nuestra región.
- La tecnología PLC evita el uso del cableado de datos tradicional, con lo que se logra reducir costos de implementación.
- Las velocidades y performance vistos durante la elaboración del laboratorio fueron muy superiores.
- La instalación y despliegue de una solución PLC, podría durar mucho menos que el despliegue y configuración de una solución de conectividad de tradicional.
- La falta de estándares y normatividad del PLC no ayuda a la masiva implementación de la tecnología en todo el mundo.
- PLC puede considerarse como una alternativa útil para integrarla con tecnologías existentes como WLAN.

11. RECOMENDACIONES

Con el ánimo de incentivar la investigación y adicionalmente incorporar en nuestras soluciones de trabajo la tecnología PLC. Se realizaran las siguientes recomendaciones:

- Es preciso incentivar la conformación de grupos de investigación de la tecnología.
- Interesarse por tecnología emergentes que puedan traer consigo beneficios de conectividad.
- Considerar la tecnología PLC como una alternativa al cableado de datos tradicional.
- Usar la tecnología PLC en aquellos lugares donde se tiene desplegada la red eléctrica y no se cuenta aun con una red de transmisión de datos.
- Implementar la tecnología como complemento a las conexiones WLAN para obtener beneficios de movilidad y conectividad.

12. BIBLIOGRAFIA

- **INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN MEDIA Y BAJA TENSIÓN.**
(Adaptado al nuevo RBT, R. D. 842/2002 de 2 de agosto de 2002).
Autor: José García Trasancos.
Año 2009 (6ª edición actualizada).
- **INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE ENLACE Y CENTROS DE TRANSFORMACIÓN.**
Autores: José Luis Sanz Serrano y José Carlos Toledano Gasca.
Año 2008(6ª edición actualizada).
- **DESARROLLO DE INSTALACIONES ELECTROTÉCNICAS EN LOS EDIFICIOS.**
Autor: Jesús Trashorras Montecelos.
Año 2006.
- **DESARROLLO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE DISTRIBUCIÓN.**
Autor: Jesús Trashorras Montecelos.
Año 2005 (4ª edición).
- **INSTALACIONES DE BAJA TENSIÓN EN EDIFICIOS DE VIVIENDAS.**
Autor: Ángel Lagunas Marqués.
Año 2007 (2ª edición, 2ª reimpresión).
- **INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE BAJA TENSIÓN.**
Autor: Narciso Moreno Alfonso y Ramón Cano González.
Año 2004.
- **SEGURIDAD EN LA INFORMÁTICA DE EMPRESA.**
Riesgos, amenazas, prevención y soluciones
Royer, Jean-Marc
Fecha de publicación: 08/2003.
- **DISEÑO DE SEGURIDAD DE REDES**
Cantidad de páginas: 448
ISBN
8420534641
Autor: Merike Kaeo, CCIE#1287
Fecha de publicación: 09/2003.
- **SEGURIDAD INFORMÁTICA PARA LA EMPRESA Y PARTICULARES**
DE ALVAREZ MARAÑÓN, GONZALO PEREZ GARCIA, PEDRO P.
MCGRAW-HILL / INTERAMERICANA DE ESPAÑA, S.A., 2004
Fecha de publicación: 10/2002.

- **SEGURIDAD DE REDES**

Autor: CHRIS MCNAB
Editorial: ANAYA MULTIMEDIA
Fecha de publicación: 09/2004.
Edición: 1ª.
páginas: 464.
ISBN: 8441517517.

- **REDES DE ORDENADORES E INTERNET. FUNCIONAMIENTO, SERVICIOS OFRECIDOS Y ALTERNATIVAS DE CONEXIÓN**

Álvaro Gómez Vieites, Manuel Veloso Espiñeira
Editorial: RA – MA
Páginas: 256
Fecha de publicación: 06/2003.

- **REDES**

Jesús Sánchez Allende, Joaquín López Lérica
EDITORIAL: McGraw-Hill
Páginas: 322
Fecha de publicación: 09/2004.