

## **La competitividad de PLC en México como alternativa de comunicación por internet a través de las líneas de la CFE**

ARQUÍMEDES ARCEGA PONCE1  
JESÚS MARTÍN SANTOS VIRGEN\*  
OSCAR MARES BAÑUELOS\*

### **Resumen.**

Este trabajo busca determinar el potencial de competitividad en telecomunicaciones e investigar factores que dificultan el uso comercial de la tecnología plc (power line communications) en México, analizando la factibilidad y el aprovechamiento que se le daría en el territorio nacional aumentando la competitividad en cuanto a servicios y ante otros países que ya lo implementan. Se analiza la situación actual, con una investigación exploratoria del proceso de toma de decisiones en telecomunicaciones y se presentan los resultados de cómo se encuentra la infraestructura para plc en México. En conclusión el plc no se ha comercializado debido a la falta de aprovechamiento de oportunidades de telecomunicaciones que presenta la cfe. La tecnología plc puede ofrecer grandes beneficios a los usuarios finales, tales como una gran velocidad de conexión a internet, tv y telefonía, así como la lectura de contadores a distancia con ahorro en tiempo y costo.

**Palabras clave:** power line communications (plc), competitividad en telecomunicaciones, México

### **Abstract.**

This paper seeks to determine the potential of telecommunications competition and investigate factors that make commercial use of the plc (power line communications) in Mexico, analyzing the feasibility and advantage that would give rise in the country in terms of competitiveness services and to other countries already implementing. This analyzes current situation, with an exploratory investigation of the decision-making process in telecommunications and presents results about plc infrastructure in Mexico. In conclusion, the plc has not been commercialized due to the lack of use of telecommunications opportunities presented by the cfe. Plc technology can offer great benefits to end users, such as high speed internet, tv and telephone, as well as remote meter reading with time and cost savings.

**Keywords:** power line communications (plc), telecommunications competitiveness, Mexico

---

1 Universidad de Colima-Facultad de Contabilidad y Administración de Tecomán

## **Introducción**

La idea de utilizar el cable eléctrico para la transmisión de información no es nueva, el uso de plc en sus orígenes se limitaba al control de las líneas eléctricas y a la transmisión a baja velocidad de las lecturas de contadores. Más adelante, las propias empresas eléctricas empezaron a utilizar sus propias redes eléctricas para la transmisión de datos a modo interno. En 1997, las compañías united utilities, de Canadá, y northern telecom, de Inglaterra, presentaron al mercado una tecnología que podía conseguir que internet fuera accesible desde la red eléctrica: power line communications (plc). Desde entonces, las compañías eléctricas comenzaron a pensar que podían sacar un mayor rendimiento a sus redes y han sido numerosas las iniciativas en el sector para llevar a cabo un despliegue masivo de este servicio de comunicaciones en diversos países. Actualmente las redes eléctricas de todo México pertenecen a la Comisión Federal de Electricidad (cfe), empresa mexicana de propiedad pública que controla, genera, transmite y comercializa la energía eléctrica, la cual podría ser la principal proveedora de internet y servicios anexos vía eléctrica plc para el país, compitiendo con teléfonos de México (telmex) como el principal proveedor de servicios de telecomunicaciones (internet, teléfono, televisión digital). Con base en lo mencionado surgen los siguientes cuestionamientos para la presente investigación ¿existe alguna iniciativa interna o externa por parte de algún organismo público o privado para la implementación de plc de forma comercial en México? ¿la infraestructura eléctrica actual de la cfe es la adecuada para implementar plc en el territorio mexicano? Como objetivo general se pretende explorar las vías de telecomunicación y como estas sirven de apoyo actualmente al país, señalar la factibilidad de plc ante otros medios de telecomunicaciones como un nuevo medio versátil e innovador, alternativo a las usadas actualmente (adsl) y analizar los requerimientos mínimos para la aplicación de plc en México. Como hipótesis se plantea que la actual infraestructura eléctrica del país es la red idónea para implementar la tecnología plc en territorio nacional llevando así una nueva vía de telecomunicación y un servicio acorde a las necesidades en todo México, logrando así ser un contendiente ante otros países y medios de telecomunicaciones.

## **Telecomunicaciones**

Telecomunicaciones, es toda transmisión, emisión o recepción de signos, señales, datos, imágenes, voz, sonidos o información de cualquier naturaleza que se efectúa a través de cables, radioelectricidad, medios ópticos, físicos u otros sistemas electromagnéticos. (Huidobro, 2003). Las diversas tecnologías tanto alámbricas como inalámbricas permiten el acceso a la transmisión de banda ancha sobre redes de transporte y redes de acceso al bucle local disponibles actualmente. La mayoría de las tecnologías pueden ser utilizadas para ambas, pero el énfasis comercial se hace en las últimas que básicamente conectan a suscriptores. Banda

ancha se consideran las tecnologías que permiten velocidades de transmisión de datos del usuario a la red mayores de 100 kbps y desde la red al usuario mayores de 1mbps.

### **Tecnologías alámbricas**

Este tipo de vías son las más comunes ya que la mayoría de los proveedores de este tipo de servicio tienen una gran cobertura. Se comunica a través de cables de datos, generalmente basada en ethernet con hilos conductores cat5 que, conectan las computadoras y otros dispositivos cuando se necesita mover grandes cantidades de datos a altas velocidades, tales como medios multimedia de calidad profesional (cadena, 2007). El inconveniente es que la infinidad de cables no proporciona un buen aspecto y genera gastos elevados.

**Cable coaxial.** Sus características conductivas y funcionalidad siguen siendo factores favorables como método de transmisión. Construido bajo especificaciones de interfaz de datos sobre cable (docsis), permite la capacidad bidireccional al servicio de tv por cable, usualmente unidireccional; puede soportar velocidades de bajada de hasta 30 mbps y de subida de hasta 3mbps. El conducto de transmisión del cable coaxial es cobre, al igual que la red eléctrica de las viviendas y/o empresas, por lo que esta infraestructura ya montada puede funcionar como una red de área local haciendo uso de la tecnología plc. Se suele utilizar para televisión, telefonía a larga distancia, redes de área local, conexión de periféricos a corta distancia, etc. Se utiliza para transmitir señales analógicas o digitales. Sus inconvenientes principales son: atenuación, ruido térmico, ruido de intermodulación. Para señales analógicas se necesita un amplificador cada pocos kilómetros y para señales digitales un repetidor cada kilómetro.

**Fibra óptica.** Las fibras ópticas pueden ahora usarse como los alambres de cobre convencionales, tanto en pequeños ambientes autónomos, como en grandes redes geográficas, como los sistemas de largas líneas urbanas mantenidos por compañías telefónicas. La fibra óptica es una tecnología que consiste en un núcleo central muy delgado de vidrio pero con índice de refracción de la luz. La mayoría de las fibras ópticas se hacen de arena o sílice, materia prima abundante en comparación con el cobre. Con unos kilogramos de vidrio pueden fabricarse aproximadamente 43 kilómetros de fibra óptica. Alrededor de este hay un revestimiento también a base de vidrio pero con una refracción más baja y que provoca el fenómeno de reflexión interna es decir que cuando la información viaja en forma de rayo de luz esta no se disipa sino que mediante reflexiones sucesivas se propaga hacia el otro extremo del cable (herrera, 2002).

### **Tecnologías inalámbricas**

La tecnología inalámbrica incorporando esquemas de conectividad tales como wi-fi, gprs, bluetooth, etc., libera la movilidad de los usuarios permitiendo conectarse directamente con las

personas y la información relevante mediante una conexión a alta velocidad desde cualquier lugar con tecnologías inalámbricas como 4g y wi-fi.

**Bucle de abonado vía radio.** Basados en tecnologías de telefonía móvil (celular) las cuales, en sus versiones de cuarta generación (4g) soportan velocidades de hasta 72mbps. Constituyen un sustituto inalámbrico para el par de cobre telefónico convencional. Los dos estándares dominantes de tercera generación (3g), gsm y cdma (is-95a) diseñados para comunicación de voz disponen de vías de migración hacia banda ancha para transmisión de voz y datos.

**Microondas terrestres.** Implica sistemas de microondas conectados a la tierra, que transmiten señales de radio a alta velocidad en una trayectoria directa entre estaciones de repetición espaciadas por alrededor de unos 45-50 km. Las antenas se colocan por lo general, en lo alto de los edificios, torres, colinas y cumbres montañosas (roy, 2004).

**Satélites de comunicaciones.** Utilizan radio de microondas como su medio de telecomunicación. Los satélites de comunicación de órbita alta (heo), se colocan en órbitas estacionarias geo-síncronas aproximadamente a 22,000 millas por encima del ecuador. Estos son alimentados por paneles solares y pueden transmitir señales de microondas a una velocidad de varios de cientos millones de bits por segundo; se utilizan para la transmisión alta de velocidad de grandes volúmenes de datos. (halsall, 2006).

### **Comunicación por línea de corriente eléctrica (plc)**

Plc es un servicio por línea eléctrica, también conocida como línea de energía, línea de abonado digital, red de comunicación, telecomunicaciones de línea de alimentación, o la línea eléctrica de redes. Es un sistema para transportar datos sobre un conductor mediante el envío y recepción de señales portadoras de información sobre las líneas eléctricas para facilitar el acceso a internet (catoira, 2010). La utilización del cable eléctrico para la transmisión de información no es reciente. La primera técnica para transportar mensajes de control a través de la línea de alimentación se desarrolló en la década de 1950. Este método, llamado "ripple control", consistía en el uso de frecuencias bajas (100 a 900 hz), el sistema proveía comunicación, y su uso se limitaba en datos de control del alumbrado de ciudades, tarifas de conexión, control de cargas de voltaje. Posteriormente las mismas empresas eléctricas empezaron a utilizar sus propias redes eléctricas para la transmisión de datos a modo interno. Las comunicaciones sobre redes eléctricas han estado presentes desde hace tiempo, pero no habían tomado en cuenta seriamente como un medio de comunicación. Sin embargo, el avance de las tecnologías de modulación de la señal, procesamiento de señales digitales, y codificación de control de errores han permitido que este medio llegue a ser reconsiderado de forma realista y práctica e implementado en varios países. Hacia 1992 se puso en operación el primer sistema que utilizaba frecuencias de 15 a 1500 khz. Su primera aplicación fue en transmisión de voz. Usando las tecnologías de modulación digital y decodificación, como las empleadas en los servicios de

adsl para el acceso a internet, permitieron un uso más eficiente de los cables de alta tensión para el envío y recepción de datos, bajo este esquema que también se conoce como sistema de frecuencias en la portadora (cfs). En 1997, las compañías united utilities, de inglaterra, y northern telecom, de Canadá, con base en estos antecedentes crean digital power line, antecesor a plc/plt, una tecnología que permite acceso a internet desde la red eléctrica. Al año siguiente, las compañías siemens y enbw hacen madurar la tecnología usando la técnica de modulación de datos ofdm (orthogonal frequency division multiplexing), llegando a los 1,2 mbps, potenciando su aplicación comercial. Muchas compañías eléctricas alrededor de todo el planeta ya han realizado pruebas piloto masivas de plc, como paso previo a un lanzamiento comercial. Estas pruebas incluyen servicios de internet por banda ancha, tele vigilancia, telefonía ip, servicio multimedia, video streaming, música, televisión, radio digital y videoconferencia. En condiciones de buena calidad de las líneas, se han alcanzado actualmente velocidades de 1 gbps, muy superiores a cualquier conexión wi-fi, en algunos casos incluso superior al cableado de red normal. Hay que recordar que la tecnología wi-fi alcanza velocidades teóricas en su versión actual “4g” de 54 mbps y de hasta 300 mbps en su nueva versión “n”, pero se trata de un caudal compartido por todos los usuarios que transmitan en la misma frecuencia hacia el punto de acceso común, o incluso hacia otro punto de acceso ajeno que pueda estar en el mismo canal y con el que compartimos la frecuencia sin quererlo ni saberlo. En el caso del plc, la velocidad de transmisión, dependiendo del modelo instalado, llega hasta 1 gbps, y es una velocidad compartida sólo por los dispositivos conectados a cada plc. Además, se utiliza un sistema de qos (calidad de servicio) interno para optimizar el ancho de banda. La energía eléctrica se transmite a través de líneas de transmisión de alto voltaje, distribuidos en media tensión, y se utiliza dentro de los edificios de bajo voltaje usando líneas de transmisión de corriente con voltajes bajos y medios (120-240v, < 69kv) para transmitir voz y datos, pueden ofrecer conexiones a velocidades similares al adsl. La ventaja del plc es que utiliza infraestructura ya existente de la red eléctrica.

### **Plc en otros países**

En el continente americano varios países están empleando esta tecnología. Argentina, Brasil, Costa Rica y México se encuentran en una etapa experimental. Tanto en Canadá como en Estados Unidos se emplea para la lectura de contadores a distancia así como en departamentos gubernamentales y en algunos casos de forma comercial. Existen múltiples experiencias en distintos países de Europa, los cuales se muestran a continuación.

**Tabla 1.- países y proveedores que implementan plc en Europa. \* la tabla muestra las distintas empresas proveedoras de plc en los diferentes países europeos así como la condición actual de las mismas.**

País	Operador	Servicios	Cobertura	Tecnología
------	----------	-----------	-----------	------------

<b>Despliegue comercial</b>				
Alemania	Mw	Plc en acceso: servicios de internet para segmento residencial	2200 clientes en manheim	Mainnet
	Enbw	Plc en acceso e in-home: servicios minoristas de internet (hoteles y escuelas)	700 clientes en ellwagen	Ascom
	Rwe(1)	Plc en acceso e in-home: servicios de internet		Ascom
Austria	Linz strom ag	Plc en acceso e in-home: servicios minoristas de internet y telefonía	800 clientes en linz	Mainnet
	Tiwag	Plc en acceso e in-home: servicios minoristas de internet (residencial, hoteles y escuelas)	250 clientes en tirol	Ascom
Suiza	Eef	Plc en acceso: servicios mayoristas de internet (acuerdo con isp sunrise)	1,000 clientes en ginebra	Ascom
Suecia	Vatlenfall	Plc en acceso: servicios de internet para segmento residencial	500 clientes en i. Gotland	Mainnet
España	Endesa	Plc en acceso: servicios mayoristas de internet y telefonía (acuerdo con auna)	2,200 clientes en zaragoza	Ds2
	Ibedrota	Plc en acceso e in-home: servicios mayoristas de internet	200 clientes en madrid	Nams, ascom y ds2
<b>Pruebas piloto</b>				
España	Unión fenosa	Plc en acceso: servicios de internet y telefonía	50 usuarios guadalajara y madrid	Mainnet y ds2
Italia	Enel	Plc en acceso: servicios minoristas de internet y telefonía	2,000 usuarios en grosseto	Ascom, ds2 y mainnet
Portugal	Edp	Plc en acceso: servicios minoristas de internet y telefonía	1,000 clientes en ginebra	Ds2
Holanda	Noun	Plc en acceso: servicios mayoristas de internet (acuerdo con disgistrom)	250 usuarios en varias ciudades	Mainnet

Francia	Edf (2)	Plc en acceso: servicios minoristas de internet	40 usuarios en estrasburgo	Ascom, ds2 y mainnet
---------	---------	---	----------------------------	----------------------

(autel, 2007).

En europa desde 2007 se ha ido introduciendo el internet con la tecnología plc. No solo en algunos países se encuentra en testeo, sino que también se ha implementado desde hace más de 5 años de forma comercial a un precio competitivo. Para el 2007 en australia se informó que podían transmitir hasta 200mbs. Al parecer, netgear empresa proveedora de plc califica la calidad de servicio como configurable, accesible para los usuarios avanzados y de seguridad de cifrado para proteger la red de los hackers (nathan, 2007).

### Tipos de plc

Los servicios de comunicación de plc se pueden clasificar en dos tipos:

- Ploc (power line outdoors communications).este es el sistema que se utiliza para la comunicación entre la subestación eléctrica y la red de distribución doméstica, el rango comúnmente utilizado en ploc es de 1 a 10 mhz.
- Plic (power line indoors communications).este es el sistema que utilizaría el usuario final. En el cual se utiliza un rango de frecuencia que comprende de los 15 a los 30 mhz (sánchez, 2009).

Según el país y la compañía, las comunicaciones a través de la red eléctrica se agrupan bajo distintos nombres diferentes:

- **Plc** (power line communications).
- **Plt** (power line telecommunications).
- **Ppc** (power plus communications).
- **Bpl** (broadband over power lines).
- **Plb** (power line broadband).

La lista anterior se podría decir que son los sinónimos de plc en distintas partes del mundo.

### Aplicaciones de la tecnología plc

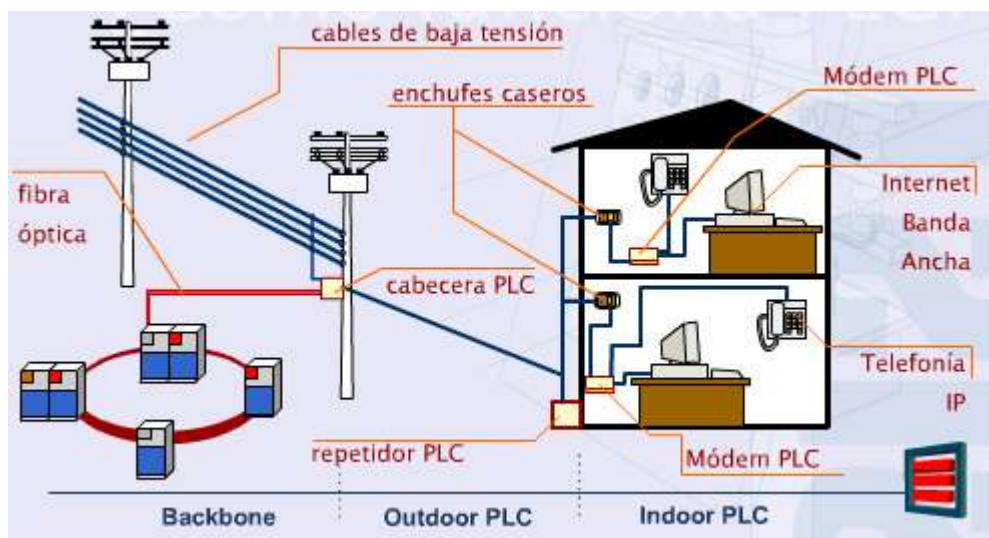
Power line communications se puede implementar en cualquier institución, empresa pública o privada y/o cualquier lugar que haga uso de la red eléctrica, ya que esta tecnología utiliza la infraestructura eléctrica existente como medio de trasmisión de datos. Es por ello que plc podría tener un gran auge si se implementara en méxico. Tomando en cuenta que la cfe dispone con una gran infraestructura. Esta empresa seria la proveedora del servicio plc. Esta tecnología ofrece internet de banda ancha, tv y servicio telefónico esto mejor conocido como el triple play. También puede ser utilizado para la lectura de contadores a distancia dando como resultado una gran cantidad de datos precisos en pocos minutos evitando errores humanos y disminuyendo los costos en las lecturas. La tecnología plc aprovecha el cableado eléctrico para la transmisión de

datos, por lo que el estado de dicho cableado es muy importante, así como su estructura. Tiene tres requerimientos importantes:

1. Disponer de una buena instalación eléctrica.
2. Conectar emisor y receptor en la misma fase.
3. Distancia máxima entre emisor y receptor de 200 metros. Esto varía según el dispositivo utilizado.

Plc funciona desde un nodo conectado a internet en la subestación eléctrica o centro de transformación, lugar en el cual se encuentra la cabecera plc que realiza la conversión entre la señal óptica del backbone de la red a la señal eléctrica utilizada en plc. Desde este punto de conversión hasta el hogar, el cable eléctrico transporta energía y datos, los cuales han de ser leídos por un chipset o electro módem el cual tendrá el usuario final. Dependiendo de la distancia entre la cabecera plc y el usuario, será necesaria la utilización de equipos de repetición. Esta distancia es de unos 400 metros; esto depende de las condiciones de la red eléctrica. Así pues bajo la tecnología plc cada enchufe del hogar/empresa se convierte en un punto de acceso universal de tal modo que con un enchufe se puede alimentar el ordenador, navegar por internet y hablar por teléfono al mismo tiempo. Se detalla su funcionamiento en la figura 1.

**Figura 1.- cómo funciona la tecnología plc. Muestra las tres fases de plc.**



Fuente: (ascom, 2004).

### Infraestructura plc

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 y autentica, coordina la frecuencia y actividad del resto de equipos que conforman la red plc de forma que se mantenga constante en todo momento el flujo de datos a través de la red eléctrica. Además permite conectar al sistema con la red externa (wan, internet, etc.) Por lo que es la interfaz entre la red de datos y la red eléctrica. La elección de su ubicación es un aspecto clave de la arquitectura de una red plc, ya que es esencial que la inyección de datos se produzca de forma ventajosa y permita proporcionar la máxima cobertura posible dentro de la red. El cpe (customer premises equipment), también conocido como adaptador o módem de usuario permite conectar un equipo a la red de datos establecida con el he (gonzález, 2004). Tanto el he como el cpe poseen una serie de elementos encargados de filtrar y separar la corriente alterna eléctrica (50.60 hz de frecuencia) de las señales de alta frecuencia, que son las que soportan los servicios de vídeo, datos, voz, etc. En función de la solución plc empleada, así como de la calidad y nivel de ruido de la instalación eléctrica de baja tensión, la distancia entre equipos oscila entre los 150 metros y los 400 metros sin necesidad de dispositivos intermedios regeneradores. Para los casos en los que el tendido eléctrico supera esas distancias se utilizan repetidores ir (intermediate repeater), extendiendo así el alcance de la red. Estos dispositivos regeneran la señal degradada por la atenuación provocada por los cables eléctricos, asegurando la calidad en el enlace plc. Por tanto, el repetidor aumenta la cobertura del servicio ofrecido y consigue unos elevados valores de throughput en lugares alejados del he.

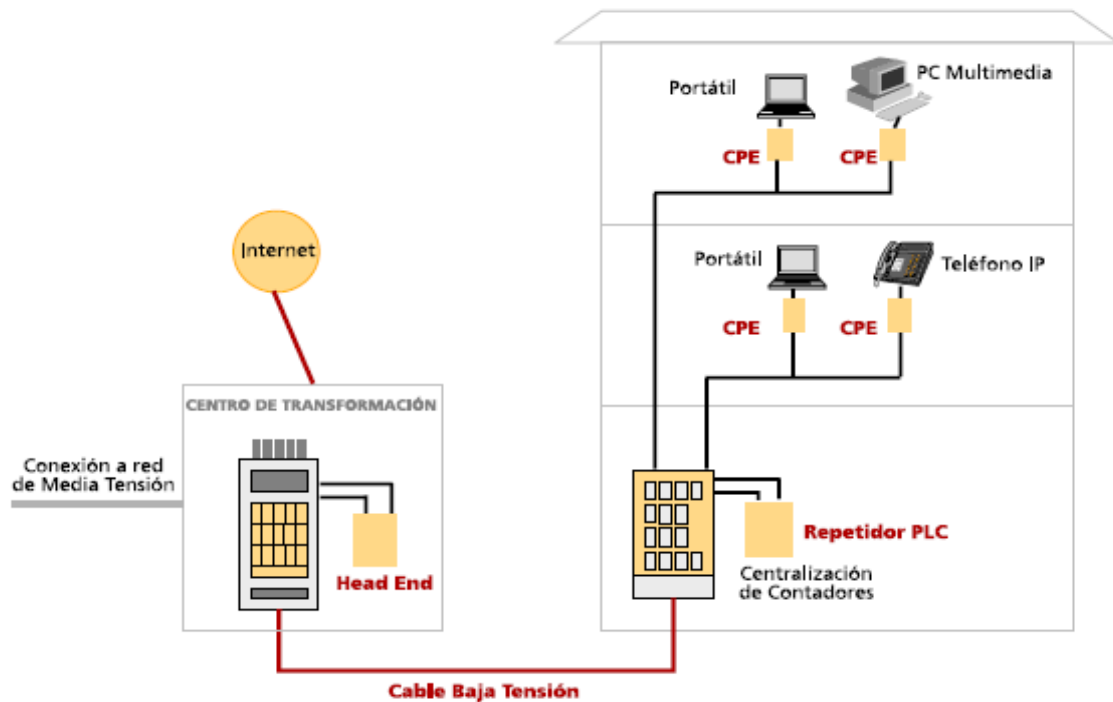
### **Acceso a internet**

El acceso a internet mediante plc es referido por algunos fabricantes como tramo de calle. Utiliza las frecuencias comprendidas dentro del espectro plc (entre 13 y 30 mhz). Para utilizar plc como acceso, en los centros de transformación de media a baja tensión de las compañías eléctricas deben instalarse los dispositivos he de plc, comunicados a su vez con el proveedor de servicios de internet generalmente a través de conexiones de fibra óptica. Estos terminales pueden ubicarse en la estación con una estructura típica de rack, y cada uno de ellos puede ofrecer servicio a unos 50 usuarios típicamente. Habitualmente la señal plc que llega a los domicilios ha de ser amplificada mediante repetidores, los cuales suelen ubicarse en los cuadros de distribución de los edificios, justo después de los contadores. En el caso de edificios de gran altura puede ocurrir que la señal llegue sin problemas hasta un cierto piso, pero que el nivel de degradación limite su empleo a partir de ahí. Circunstancias similares pueden tener lugar en edificios de topología complicada y que por tanto impongan amplias distancias eléctricas. En ambos casos se requiere la instalación de un repetidor adicional, o bien la configuración del módem de alguno de los clientes como repetidor para el resto de usuarios.

### **Plc como red de área local**

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 13mhz y 30 mhz (frecuencias con mejor respuesta frente al ruido) para transmitir datos, siendo transmitidas ambas simultáneamente a través del cable eléctrico. Típicas fuentes de ruido para la señal plc en aplicaciones indoor son motores, fluorescentes, lámparas halógenas, interruptores, etc. El plc en su vertiente indoor, convierte la línea eléctrica en una red de área local y saca partido por tanto del hecho de que la infraestructura de conectividad ya existe, y con una instalación muy sencilla puede convertirse cualquier toma eléctrica en un auténtico puerto de datos como se muestra en la figura 3.

**Figura 3.- plc como red de área local. \* una red plc puede funcionar como red de área local utilizando el tendido eléctrico existente.**



**Fuente:** (gonzález, 2004).

A través de la red eléctrica y con los dispositivos plc adecuados se pueden comunicar dos o más ordenadores entre sí sin necesidad de realizar nuevos cableados. El esquema es análogo al del plc outdoor y se ajusta a la configuración básica ya descrita, en la que un he se instala siempre en cabecera, con tantos módems cpe como usuarios. (gonzález, 2004). En este caso el he debe situarse en el cuadro 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. El resto de la instalación plc sigue los parámetros ya comentados al hablar de la aplicación outdoor, se disponen tantos módems plc de usuario como puntos de red se desean y se utilizan repetidores para mejorar la calidad de la señal en todos aquellos casos en que sean necesarios.

### **Requerimientos en el usuario final**

El usuario final requiere de sólo un dispositivo (del tamaño de un cargador de batería) para conectarse a la red eléctrica (mediante el contacto eléctrico común) de su casa, y así obtener la señal de internet en un puerto de red que va directo a su computadora o a cualquier otro dispositivo de servicio.

**Costos.** En cuanto a costo las vías transmitidas por microondas y radiofrecuencia no resultan ser muy costosas tanto para el proveedor como para el usuario ya que se requiere de poca inversión. En segundo lugar se encuentran las señales alámbricas como el plc e inalámbricas ya que actualmente se encuentra en un nivel aceptable para el usuario en cambio para el proveedor de este servicio requiere de una inversión más elevada, al final se encuentran las señales transmitidas por vía satélite, esta representa un gran costo tanto para el proveedor como para el usuario final.

**Seguridad de la información.** Uno de los factores más importantes para el usuario es el flujo de la información, todas las vías de comunicación son vulnerables pero una de las más seguras es la cableada ya que la mayoría de pérdidas de información se debe por descuidos de los usuarios. En cambio las señales transmitidas vía inalámbrica, microondas, radiofrecuencia y satelitales como se encuentran en el aire son mucho más vulnerables e incluso cualquier persona con un poco de ingenio podría decodificar la señal y ver la información tanto la que se envía como la que se recibe.

## **Resultados**

De la investigación se encontró la conveniencia del uso de plc, como infraestructura alternativa de acceso de banda ancha para competir con el acceso de telefonía fija y el acceso por cable. Además, se encontró que en el país existe una infraestructura de la red de distribución, con una penetración que representa el 98 % de la población con acceso al servicio de energía eléctrica. El resultado del estudio muestra que la infraestructura de la tecnología plc ya está desarrollada como tecnología emergente que se puede posicionar en el mercado para competir con el cableado telefónico y los servicios que utilizan tecnología de banda ancha, aunque el avance que ha tenido la tecnología inalámbrica en los últimos años es un indicador que el mercado se está inclinando hacia ese lado. Como resultado se obtuvo que en la actualidad es prioritario ofrecer nuevas tecnologías y avances en las telecomunicaciones, ya que los consumidores demandan calidad de servicio, precios accesibles y una buena cobertura del mismo. La cfe ha creado un departamento de telecomunicaciones llamado comenergy, que utilizará la tecnología plc para crear redes de comunicaciones de área local, utilizando las instalaciones eléctricas para proporcionar conexión a internet.

## **Plc y su implementación en México**

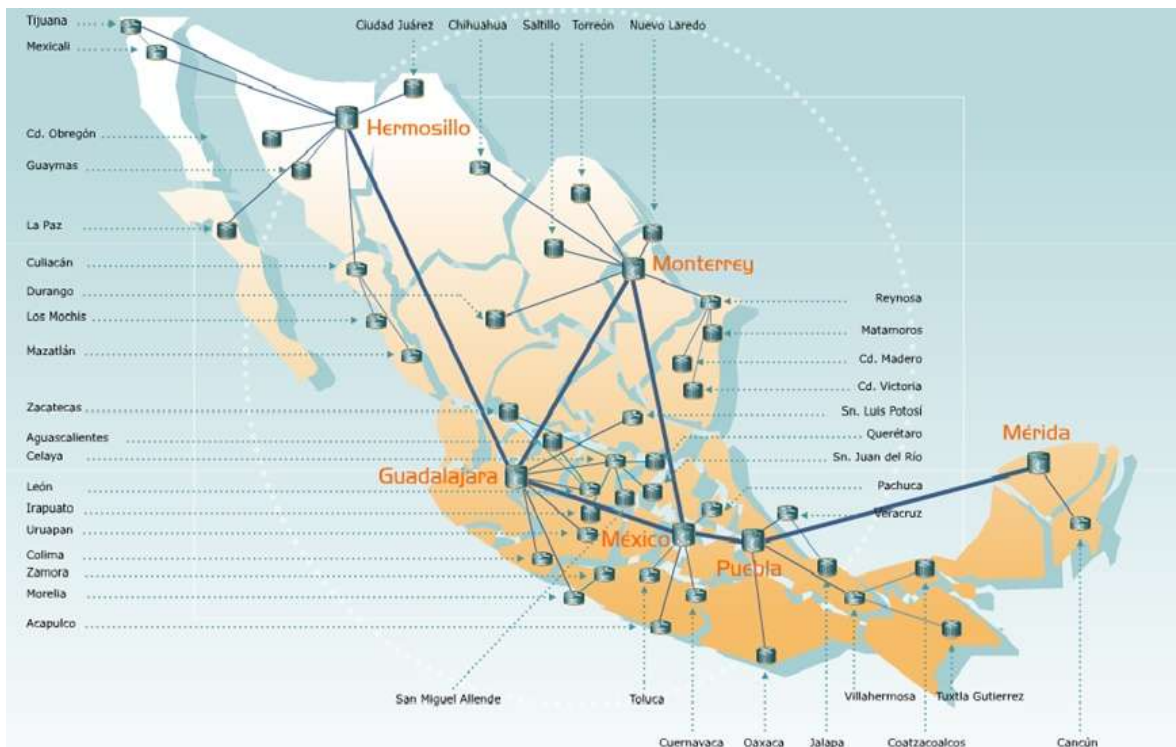
Como organización para proveer el servicio de internet por plc se plantean alternativas de suministro por la cfe como comenergy para proveer el equipo que proporcione un servicio de conexión de calidad a sus clientes. El objetivo de comenergy sería proveer de servicios de conexión a internet a un mercado más extenso y de recursos ilimitados a la mayoría de los territorios en México que cuente con una instalación eléctrica. De la investigación se encontró que la cfe, ha iniciado trabajos con las empresas ascompower line communications y endesa

para implementar el servicio en las ciudades de mérida y monterrey. En declaraciones en 2012, el director de la empresa, alfredo elías ayub, comentó que la cfe tiene capacidad no sólo para vender energía eléctrica, sino también ha empezado a desarrollar el sistema de comunicación para enviar y recibir información digital a alta velocidad. En este aspecto resultado que estudios desde 2005 mostraban que en la paraestatal puso en operación un proyecto piloto con tecnología de ascompower line communications ag, en las instalaciones del área de transmisión y transformación peninsular en la ciudad de mérida, yucatán. En esa ciudad se empezaron a ofrecer los servicios de telefonía, tele vigilancia, videoconferencias, vídeo en demanda, acceso a internet y medición de consumo eléctrico a distancia.

### Ventajas para México

La introducción de esta tecnología en México fomentaría y aumentaría en un importante porcentaje el uso de internet en el país. Cualquier toma de corriente en casa, oficina, taller, serían las conexiones ideales para el acceso de banda ancha a precios competitivos. A diferencia de las actuales tecnologías, el plc podría llegar a las comunidades rurales más apartadas del país.

**figura 5. Mapa de cobertura telmex, distribución de sus redes.**



Fuente: accesscom.

Los beneficios que se derivan de este gran esfuerzo de conectividad en el país, lo llevarían a ser el mejor conectado en latinoamérica: permitiría llevar tecnología a toda la estructura escolar, el poder atender a las más de 200 mil escuelas públicas; con acceso a internet.

### Proyecto de líneas de fibra óptica por parte de cfe

**figura 6. La ruta de la fibra óptica de la comisión federal de electricidad.**



**Fuente: cfe**

Hasta 2012 existía una problemática regulatoria y una estructura de competencia por resolver, ya que no existía un marco legal adecuado para la comisión federal de telecomunicaciones (cofetel) encargado de regular, promover y supervisar el desarrollo eficiente y la cobertura social amplia de las telecomunicaciones y la radiodifusión en México. Al implementar la tecnología plc funcionará adecuadamente tanto en grandes ciudades como en pequeñas regiones ya que como toda tecnología vanguardista plc tendrá un uso sencillo y de interés para el usuario final, ya que es muy fácil de usar, solo el usuario final tendrá que conectar un aparato plc ya sea alámbrico o inalámbrico y acceder a la red, por lo que el uso de esta tecnología tendrá los siguientes beneficios para el usuario:

- Internet a alta velocidad
- Trasmisión de tv
- Telefonía
- Pago de 4 s
- Servicios en un mismo recibo

**Mapa de cobertura electrica cfe**

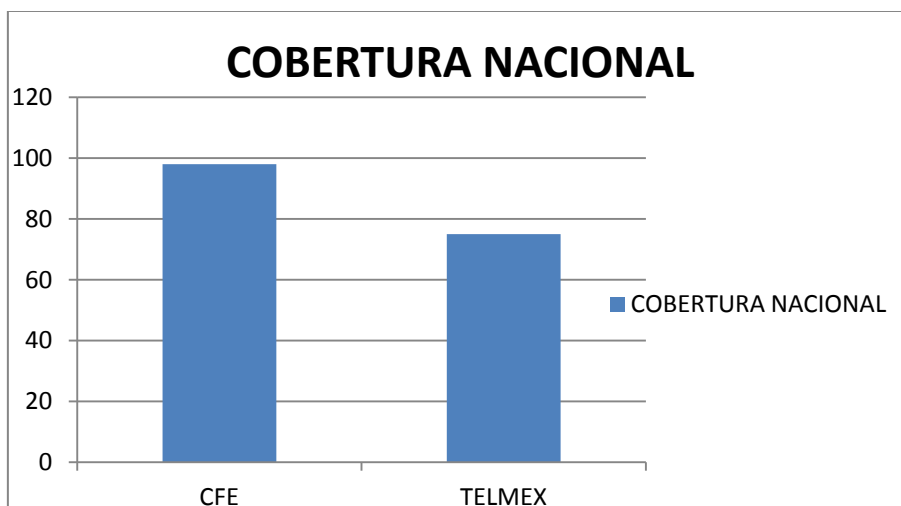
**Figura 7: diversas líneas y corrientes que la cfe tiene en el territorio mexicano.**



Fuente: cfe

Del análisis del mapa resulta que plc es una tecnología adecuada para las telecomunicaciones en México, puesto que la cfe cuenta con una red muy extensa que abarca un 98 % del territorio por tal motivo el despliegue sería importante.

Figura 8: diferencia de cobertura entre la red cfe y la de telmex en México.



Fuente: elaboración propia.

De la gráfica comparativa resulta que, la infraestructura actual eléctrica del país en manos de la cfe es la red idónea para extender plc en territorio nacional llevando así una nueva vía de



telecomunicación y un servicio acorde a las necesidades actuales en todo México, logrando así ser competitivo en conectividad a Internet ante otros países. Considerando lo anterior la implementación de PLC utilizando la infraestructura de la CFE cubriría casi el 100 % del territorio nacional, por lo tanto la implementación de esta tecnología sería muy factible en México.

### **Conclusiones**

El presente estudio se realizó con el objetivo de conocer los factores que impiden el uso comercial de la tecnología PLC en México, dado que ya se cuenta con la infraestructura y la tecnología idónea, mostrando la factibilidad y el aprovechamiento que se le daría a esta en el territorio nacional aumentando la competitividad en cuanto a servicios y ante otros países que ya lo implementan como Alemania y España. PLC es una tecnología que puede ofrecer grandes beneficios a la población de México, tales como conexión a Internet a alta velocidad, TV y telefonía. De igual forma se brindaría este servicio a instituciones públicas, además de permitir la lectura de contadores a distancia.

Analizando las diferentes vías de telecomunicaciones encontramos que PLC presenta beneficios en cuanto a los siguientes puntos:

**Velocidad:** PLC puede ofrecer hasta 1 Gbps mientras que los medios utilizados actualmente en México van desde los convencionales de 1 Mbps a 50 Mbps.

**Cobertura:** actualmente la CFE cuenta con un 98 % de cobertura nacional, lo cual da como resultado la red de datos más extensa del país.

**Simplificación de la red.** No es necesario montar una red cableada para el teléfono, Internet y TV, se utiliza el tendido eléctrico actual evitando un gasto innecesario dando como resultado un mejor aspecto y mayor seguridad.

**Costo:** PLC actualmente no precisa una tarifa específica pero se asegura que serán mucho más accesibles que la competencia. Y en cuanto a inversión para el despliegue de esta tecnología sería mínimo puesto que ya cuenta con una red muy amplia.

Actualmente la CFE cuenta con un departamento de telecomunicaciones denominado Comenergy la cual se encarga de crear redes PLC, tales redes se encuentran en fase experimental en conjunto con Alestra monitoreando esta tecnología para probar su viabilidad.

### **ventajas de PLC**

No hay necesidad de cableado adicional, se aprovecha el ya existente; lo cual la hace más económica que las conexiones ADSL o por cable coaxial. No necesita línea telefónica y la velocidad de transmisión va de 2.5 Mbps a 1 Gbps. Una de las dificultades para extenderse esta tecnología en otros países es la existencia de múltiples proveedores de servicio eléctrico; en México solo hay un proveedor; además le da relativa ventaja para influenciar sobre la regulación en caso de haber quejas respecto a interferencia sobre comunicación de radio de onda corta. Sus principales ventajas son:



- Gran ubicuidad, permite un despliegue masivo de la tecnología, ya que la red ya está implantada. Se emplea la infraestructura existente.
- Alternativa, válida a las conexiones adsl. Los servicios ofertados son competitivos en calidad y precio.
- Plc permite actualmente la transmisión de datos a velocidades de hasta 1gbs, lo que posibilita la transformación de la red eléctrica en una auténtica red de banda ancha.

### **Desventajas de plc**

La tecnología plc aún ha de enfrentarse a una serie de problemas que es necesario resolver. El primer escollo que debe superar es el propio estado de las líneas eléctricas. Si las redes están deterioradas, los cables se encuentran en mal estado o tienen empalmes mal hechos no es posible utilizar esta tecnología. La distancia también puede ser una limitación, la medida óptima de transmisión es de 400 metros por lo que, a mayores distancias será necesario instalar repetidores. Además, el cable eléctrico es una línea metálica recubierta de un aislante. Esto genera a su alrededor unas ondas electromagnéticas que pueden interferir en las frecuencias de ondas de radio. Así, existe un problema de radiación, bien por ruido hacía otras señales en la misma banda de frecuencias como de radiación de datos. No obstante, la radiación que produce es mínima, la potencia de emisión es de 1mw, muy por debajo de los 2w de telefonía móvil.

Los fabricantes de electrodomésticos tienen un especial cuidado en todo lo referente a su correcto funcionamiento, pero muy pocos se preocupan en que no generen interferencias en otros equipos. Así, taladros, motores, etc., provocan 'ruido' en las líneas que impide mantener la calidad de la comunicación. Para evitarlo, es necesario localizar los equipos que los causan y aislarlos mediante un filtro. Todo lo anterior se ha traducido en problemas regulatorios en distintos países, lo que lleva a pensar en una solución que permita la implementación sin problemas de esta tecnología. Otro problema es la estandarización de la tecnología plc, ya que en el mundo existen alrededor de 40 empresas desarrollando dicha tecnología. Para solventar este problema, la organización internacional plc fórum intenta conseguir un sistema estándar para lo cual está negociando una especificación para la coexistencia de distintos sistemas plc.

### **Plc comparado con otras tecnologías de transmisión de datos.**

A continuación se analiza la tecnología plc vs wi-fi en las siguientes modalidades, movilidad, potencia, distancia, seguridad y rendimiento. También se compara plc vs adsl analizando el medio de difusión y la velocidad de conectividad.

### **Plc vs wi-fi**

- Movilidad: a diferencia del wi-fi que permite movernos libremente, el plc requiere cerca una toma de corriente y además no podemos cambiar de sala mientras estamos

conectados. Actualmente ya existen dispositivos plc inalámbricos que resuelven este problema.

- **Potencia:** el plc presenta mayor potencia frente al wi-fi, pues los paquetes en vez de ser enviados por todo el lugar en forma de onda (wi-fi), estos son enviados por líneas eléctricas, con mayor velocidad, seguridad de paquetes, etc.
- **Distancia:** hasta el plc más común (85w) puede llegar más lejos que el wi-fi, debiéndose esto a que no importan las paredes sino las resistencias en el circuito, dando una gran ventaja para salas con paredes insonorizadas o que evitan el paso de las ondas.
- **Seguridad:** mientras que el wi-fi pueden recibirlo varios vecinos, estos requerirán contraseñas más o menos sofisticadas, en cambio el plc no requiere de contraseñas pero tiene el peligro de que tu vecino puede conectarse a tu línea con un simple aparato plc, si tu conexión es suficientemente potente.
- **Rendimiento:** el plc es como estar conectado al lan, si la distancia lo permite, por lo tanto sirve perfectamente para juegos u otros programas que consuman gran ancho de banda, mientras que el wi-fi requiere estar más cerca del router y vigilar los paquetes de envío y salida.

### **Plc vs adsl**

Adsl transmite datos por la línea telefónica de un modo asimétrico, ya que la velocidad de recepción de datos es diferente a la de envío .permite enviarlos desde 128 kbps hasta 612 kbps, y recibirlos desde 1,544 mbps hasta 6 mbps, en cambio plc posibilita actualmente la transmisión de información a velocidades de hasta 1 gbps. Plc es una tecnología que puede evolucionar las telecomunicaciones en México, mismos argumentos dan un éxito rotundo de esta tecnología a diferencia de otros países en los cuales el suministro eléctrico es brindado por diferentes proveedores, competencia que genera división de usuarios y por tal motivo provee un ingreso poco productivo. Finalmente una cuestión contra esta tecnología es que plc genera interferencias que supuestamente afecta a frecuencias de radio. En promedio la potencia de emisión de plc es de 1mw, muy por debajo de los 2w de telefonía móvil. Pero aún contra este problema potencial en la actualidad existen filtros los cuales eliminan casi por completo tales interferencias.

A mediados de la primera década del siglo xxi, ya se reportaban implementadas más de 100 iniciativas de esta tecnología en más de 40 países con el objetivo de asegurar el nivel de calidad del servicio y verificar la compatibilidad con otras tecnologías. China y Japón en un principio fueron los principales opositores ante la tecnología plc ya que generaba interferencia en estaciones de radio militares. En la actualidad ambos países utilizan esta tecnología en departamentos gubernamentales y a su vez China es uno de los principales fabricantes de equipo plc.

Una de las desventajas que conlleva no implementar plc en México es la baja competitividad y que una mayor población tenga dificultad para el acceso a internet de alta velocidad a precios bajos. Esta problemática es tan importante que ha tenido resonancia en la política mexicana de manera que ha llevado a plantear reformar la ley de telecomunicaciones.

## Referencias

- Afinidad eléctrica (2007). Transmisión de datos a través de líneas eléctricas. Argentina: afinidad eléctrica.
- Ascom (2004). Powerline communications. Usa: ascom.
- Autel (2007). Informe autel plc. España: autel.
- Breceda, m. (2005). Propuesta de cambio estructural de la industria eléctrica en México. México: ted-cec.
- Cadena, s. (2007). Redes inalámbricas en los países en desarrollo. España: lulu.
- Caballar, j. (2007). Wi-fi instalación, seguridad y aplicaciones. México: alfa omega.
- Catoira, f. (2010). Power line communications. Redes plc, historia. España: svn.
- Cfe (2004). Informe de labores 2002-2003. Recuperado el 4 de marzo de 2013 de <http://www.cfe.gob.mx/quienessomos/publicaciones/paginas/publicaciones.aspx>
- Cfe (2008). Informes de labores 2004-2007. Recuperado el 5 de marzo de 2013 de <http://www.cfe.gob.mx/quienessomos/publicaciones/paginas/publicaciones.aspx>
- Cuadros, a. (2009). Tecnología de alestra. España: alestra.
- García, a. (2007). De la educación a distancia a la educación virtual. México: ariel.
- González, p. (2004). Enfoque power line communications. España: rediris.
- Halsall, f. (2006). Redes de computadores e internet. España: pearson.
- Herrera, p. (2002). Introducción a las telecomunicaciones modernas. México: limusa.
- Huidobro, m. (2003). Manual de telecomunicaciones. México: ra-ma - alfa omega.
- Ingeniatic (2010). Power line communications. Recuperado el 4 junio de 2013 de <http://ingeniatic.euitt.upm.es/index.php/tecnologias/item/552-plc-power-line-communications>
- López, c. (2005). Internet por el cable eléctrico. Recuperado el 30 agosto de 2013 de <http://www.alambre.info/2003/11/03/internet-por-el-cable-de-la-luz/>
- Nathan, d. (2007). Powerline 200mb/s hits australia. Recuperado el 20 de marzo de 2012 de [http://apcmag.com/powerline\\_200mbs\\_hits\\_australia.htm](http://apcmag.com/powerline_200mbs_hits_australia.htm)
- Rodríguez, d. (2004). Perspectivas de las nuevas tecnologías en la educación. España: narcea.

Roy, b. (2004). Sistemas electrónicos de comunicaciones. México: cengage.

Sánchez, g. (2009). Power line communications plc. Recuperado el 5 de junio de 2013 de [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lem/salvador\\_s\\_g/capitulo2.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/salvador_s_g/capitulo2.pdf)

Weidmuller México (2007). Conectividad inalámbrica. Recuperado el 30 julio de 2013 de <http://www.weidmuller.com/node/43288>