



**Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas**

**INTERNET POR LA RED ELÉCTRICA, DISEÑO APLICADO A  
LA FACULTAD DE INGENIERÍA**

**Dario Abel Son Soyoy**

**Asesorado por el Ing. Manuel F. López Fernández**

**Guatemala, agosto de 2006**



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA



### NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Lic. Amahán Sánchez Álvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

### TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Ricardo Morales Prado
EXAMINADORA	Inga. Elizabeth Dominguez Alvarado
EXAMINADOR	Ing. Alvaro Díaz Ardavin
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

**HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**INTERNET POR LA RED ELÉCTRICA, DISEÑO APLICADO A  
LA FACULTAD DE INGENIERÍA,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas, en julio de 2004.

Dario Abel Son Soyoy

## DEDICATORIA A:

### **Dios**

Por iluminarme el camino y darme fuerzas para seguir adelante sin importar los obstáculos que encontrara, también por brindarme tantas bendiciones y enriquecer mi vida de felicidad.

### **Mi padre**

Por su ejemplo, disciplina y el tiempo que siempre me dedicó para salir adelante.

### **Mi madre**

Por su amor y apoyo incondicional, gracias por ayudar a lograr mis metas.

### **Mi hermana**

Por el cariño y ayuda que me brinda cuando más la necesito.

### **Mi mejor amiga**

Por la amistad y cariño por motivarme siempre a seguir adelante.

### **Mis amigos**

Quienes ayudaron a transformar los momentos de tensión en tiempos llevaderos.



# ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b>	<b>V</b>
<b>GLOSARIO</b>	<b>VIII</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>XV</b>
<b>OBJETIVOS</b>	<b>XIX</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>XXII</b>
<b>1 TECNOLOGÍA PLC</b>	<b>1</b>
1.1 Introducción al PLC	1
1.1.1 Evolución de la tecnología	1
1.1.2 Conceptos básicos	3
1.1.2.1 Internet	3
1.1.2.2 Red eléctrica	5
1.1.2.3 Banda ancha	5
1.1.3 Reseña histórica	6
1.1.4 Tecnologías asociadas	9
1.1.5 Qué es PLC	10
1.1.6 ¿Por qué PLC?	13
1.2 Ámbito del PLC	16
1.3 Redes Involucradas	18
1.3.1 Descripción de las redes involucradas en el PLC	18
1.3.1.1 Red de Transporte	18
1.3.1.2 Red de Distribución	19

1.3.1.3	Red de Acceso	19
1.4	Equipos	20
1.4.1	MODEM PLC	20
1.4.2	Repetidor	21
1.4.3	<i>Head End</i>	21
1.4.3.1	Funcionamiento	21
1.4.3.2	Capacidad	23
1.4.3.3	Interconexión	24
1.4.4	Nodo de media tensión	24
1.5	Arquitectura de la red	25
1.6	Servicios	26
1.6.1	Telefonía (VoIP)	27
1.6.2	Internet de alta velocidad	28
1.6.3	Video bajo demanda	28
1.6.4	Servicios para pymes	29
1.7	Problemas de la implementación	29
1.8	Ventajas y Desventajas	32
1.9	Enlace con redes de siguiente generación ( <i>NGN's</i> )	34
<b>2.</b>	<b>DISEÑO DE ESTRUCTURA PARA LA FACULTAD DE INGENIERÍA</b>	<b>37</b>
2.1	Planteamiento del problema	38
2.2	Requerimientos de la red.	38
2.2.1	Tamaño de las instalaciones	39
2.2.2	El número de usuarios	40
2.2.3	Tamaño de la LAN	40
2.2.4	El entorno	41
2.2.5	Los conocimientos técnicos de los usuarios	42

2.2.6	El nivel de tráfico de la red	42
2.2.7	El nivel de seguridad	43
2.2.8	Necesidades de los usuarios de la red	43
2.3	Factibilidad	44
2.3.1	Factibilidad técnica	44
2.3.2	Factibilidad económica	44
2.3.3	Factibilidad operacional	45
2.4	Infraestructura actual de la facultad	45
2.5	Diseño de la red	51
2.5.1	Equipo a utilizar	51
2.5.2	Diseño	53
2.6	Análisis de costos y comparaciones	57
2.7	Aplicaciones exitosas	65
<b>CONCLUSIONES</b>		<b>73</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>		<b>75</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>		<b>77</b>
<b>ANEXOS</b>		<b>79</b>



# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1. Ámbito del PLC .....	17
2. Densidad de la señal y ruido del ambiente .....	22
3. Mejor onda para la señal PLC .....	23
4. Acoplamiento Red PLC con Next Generation Networks (NGN's).....	36
5. Con la posición de los tomacorrientes .....	47
6. Con el diagrama del alambrado por nivel .....	47
7. Distribución de Tomacorrientes. Tercer Nivel, Edificio T3 (izquierda).....	49
8. Distribución de Tomacorrientes. Tercer Nivel, Edificio T3 (derecha) .....	50
9. MODEM PLC .....	51
10. Repetidor de señal PLC .....	52
11. <i>Head End</i> .....	52
12. Arquitectura del PLC .....	53
13. Diseño de la estructura de red para la facultad de ingeniería .....	55
14. Esquema de interconexión de la red en la facultad de ingeniería por nivel del edificio.....	56
15. Esquema de red caso 1 .....	68
16. Esquema de red caso 2 .....	70

## TABLAS

I. Costo de equipo PLC .....	57
II. Costos por alambrado UTP .....	58
III. Análisis de características .....	60
IV. Comparación de costos entre ambas tecnologías. ....	63

## GLOSARIO

- ADSL** Abreviación de *Asymmetric Digital Subscriber Line*. ADSL es un método de transmisión de datos a alta velocidad a través de las líneas telefónicas de cobre tradicionales. Es asincrónica, ya que el ancho de banda asignado para *downstream* es mayor que el ancho de banda de *upstream*. Esta tecnología es adecuada para el *web*, ya que es mayor a la cantidad de datos que se envían desde el servidor a un computador personal que desde un computador personal a un servidor.
- Ancho de banda** Es la capacidad para transportar datos que posee un medio en particular. Normalmente se mide en Megabites por segundo (Mb/s) o en Gigabites por segundo (Gb/s). Un ejemplo de esto sería una manguera de jardín que transporta una cantidad determinada de litros de agua por segundo, pero cuanto mayor sea el diámetro de la manguera, más agua transportará. El ancho de banda se mide en Hertz ("ciclos por segundo") o en bits por segundo (bps), por eso es uno de los factores más importantes que determinan la velocidad de la conexión a Internet.

<b>BIT</b>	Abreviación de <i>binary digit</i> , un bit es la unidad más pequeña de datos que un ordenador puede manejar. Los bits se utilizan en distintas combinaciones para representar distintos tipos de datos. Cada bit tiene un valor de 0 ó 1.
<b>BYTE</b>	Serie de 8 bits. Un Byte puede representar una letra, un número, un símbolo.
<b>Dirección IP</b>	La dirección del protocolo de Internet (IP) es la dirección numérica de una computadora en Internet. Cada dirección electrónica se asigna a una computadora conectada a Internet, por lo tanto, es única. La dirección IP está compuesta de cuatro octetos de bits. Un octeto se refiere a ocho bits que conforman un byte.
<b>Ethernet</b>	Tipo de red de área local desarrollada en forma conjunta por Xerox, Intel y Digital Equipment. Se apoya en la topología de bus, anillo, estrella. La red ethernet ofrece un ancho de banda de 10 y 100 Mbps siendo éstas las velocidades más populares.
<b>Gateway</b>	Puente. Sistema de información que transfiere información entre sistemas o redes incompatibles.
<b>GIGA</b>	Prefijo que indica un múltiplo de 1,000 millones, o sea 10 <sup>9</sup> . Cuando se emplea el sistema binario, como ocurre en informática, significa un múltiplo de 2 <sup>30</sup> , es decir 1.073.741.824.

**HERTZ** Hercio, unidad de frecuencia electromagnética. Equivale a un ciclo por segundo.

**INTERNET** Internet fue un proyecto del Ministerio de Defensa estadounidense conocido como A.R.P.A.N.E.T. Tras haber transcurrido algunos años, el Reino Unido se integró a la red que cubría gran parte de las universidades y centros científicos de Estados Unidos. Con el paso del tiempo se conectarían los demás países de Europa y algunos países de Asia. En los noventa ya se hablaba de una red internacional. Pero fue hasta la aparición de WWW que se logró conectar a millones de personas desde sus hogares y lugares de trabajo para unificar los recursos, esto trajo consigo el comercio, los negocios financieros, y el entretenimiento. Internet es una colección de miles de redes de ordenadores, es por ello que constituye un fenómeno sociocultural y comunicacional de gran escala, una nueva forma de realizar comunicaciones. Millones de personas acceden a la mayor fuente de información, la cual permite que ésta fluya en ambos sentidos.

**ISDN/RDSI** Siglas de *Integrated Services Digital Network*. Las líneas ISDN son conexiones realizadas por medio de líneas telefónicas ordinarias para transmitir señales digitales en lugar de analógicas, permitiendo que los datos sean transmitidos más rápidamente que con un módem tradicional.

<b>ISP</b>	Siglas de <i>Internet Service Provider</i> . Hace referencia al sistema informático remoto, al cual se conecta un computador personal y a través del cual se accede a Internet.
<b>LAN</b>	<i>Local Area Network</i> . Red de área local. Conjunto de computadores interconectados a través de un medio físico a través de cable UTP o cable coaxial, los cuales se encuentran en una misma área geográfica. Una LAN, permite compartir recursos, archivos, información, optimizando el uso de ellos.
<b>MODEM PLC</b>	Su función es introducir la señal digital en el cable de electricidad, para que ésta viaje a través de él. También debe separar las señales de información de la señal eléctrica para que éstas ingresen al computador.
<b>NSFNET</b>	<i>National Science Foundation's Network</i> . La NSFNET comenzó con una serie de redes dedicadas a la comunicación de la investigación y de la educación. Fue creada por el gobierno de los Estados Unidos, y fue reemplazada por A.R.P.A.N.E.T., como backbone de Internet. Desde entonces ha sido reemplazada por las redes comerciales.
<b>P2P</b>	<i>Peer to Peer</i> . Programas de intercambio de archivos entre usuarios de Internet.

<b>PC</b>	Personal Computer. Se refiere a todos los computadores personales basados en la arquitectura del Personal Computer IBM presentado en 1981. El PC fue una máquina basada en un microprocesador Intel 8088.
<b>PLC</b>	Véase Powerline Communications.
<i>Power Line Communications</i>	PLC es una tecnología que utiliza los tendidos eléctricos de media y baja tensión de una ciudad como: canales de comunicación para transmitir señales digitales de voz y datos. Las velocidades que se pueden lograr pueden variar, entre 1 y 12 Mbps. La gran ventaja de un red PLC es la capacidad de convertir el cableado eléctrico de un hogar en una red de alta velocidad, convirtiendo cada enchufe disponible en un potencial punto de conexión a Internet.
<i>Powernet</i>	Nombre con el cual es comercializado en Alemania la tecnología Powerline Comunnications.
<b>PPP</b>	Siglas de Point-to-Point Protocol. Es un protocolo de comunicaciones utilizado para transmitir datos de la red, a través de las líneas telefónicas. PPP permite comunicación directamente entre computadores de la red por medio de conexiones TCP/IP.
<i>Protocolo</i>	Un protocolo es una serie de reglas que utilizan dos computadores para comunicarse entre sí.

**Protocolo de comunicación**

Conjunto de normas que definen cómo se realiza el intercambio de datos entre computadores o programas computacionales, organizando el desplazamiento de la información a través de la red e indicando cuál es el origen de los datos, el camino que deben recorrer y el destino final, es decir, es como un lenguaje adoptado convencionalmente entre los usuarios de una red para que puedan comunicarse y entenderse entre ellos.

**PSTN**

Servicio de Red de Telefonía Pública.

**Red**

Es un conjunto de computadores, dos o más que están unidos entre sí a través de elementos de comunicaciones, que pueden ser permanentes como cables o bien temporales, como enlaces telefónicos u otros. Dependiendo de su tamaño, las redes se clasifican en L.A.N. (Local Area Network), M.A.N. (Metropolitan Area Network) y W.A.N. (Wide Area Network).

**RJ45**

Conector de ocho contactos utilizado para interconectar redes de computadores basados en cable UTP.

**T1**

Servicio de transporte digital usado para transmitir una señal a 1.544 Mbps. Una trama T1 tiene 24 ranuras de tiempo o canales.

**TCP/IP**

TCP/IP son las siglas de *Transmission Control Protocol/Internet Protocol*, el lenguaje que rige todas las comunicaciones entre todos los ordenadores en Internet. TCP/IP es un conjunto de instrucciones que dictan cómo se han de enviar paquetes de información por distintas redes. También tiene una función de verificación de errores para asegurarse que los paquetes llegan a su destino final en el orden apropiado. IP, Internet Protocol, es la especificación que determina hacia dónde son encaminados los paquetes, en función de su dirección de destino. TCP, o Transmission Control Protocol, se asegura de que los paquetes lleguen correctamente a su destino. Si TCP determina que un paquete no ha sido recibido, intentará volver a enviarlo hasta que sea recibido correctamente.

**Topología**

Arreglo lógico o físico de nodos o estaciones en una red. Existen diferentes topologías de red bus, anillo, estrella, malla.

**USB**

Universal Serial Bus. Tecnología plug-and-play que interconecta un computador con otros dispositivos como teclado, ratón e impresora sin la necesidad de apagar el computador. La tecnología USB fue desarrollada por Compaq, IBM, DEC, Intel, Microsoft, NEC, y Northern Telecom. Un puerto USB soporta velocidades de conexión de 12 Mbps.

**VOIP**

Voz sobre IP. Se refiere a tecnologías usadas por las

empresas de telecomunicaciones para prestar servicios de telefonía utilizando la red Internet.

- WAN** Siglas de Wide Area Network. Red que conecta computadores distantes por medio de línea telefónicas o por otro tipo de enlace.
- WLL** Wireless Local Loop. Tecnología de acceso a Internet y telefonía, mediante enlaces de radiofrecuencia por sobre los 3.400 Mhz. Permite velocidades desde los 128 Kbps.
- X10** Lenguaje de comunicación que utilizan los productos compatibles X10 para hablar entre ellos. Lo que permite controlar luces, electrodomésticos de un hogar, aprovechando para ello la instalación eléctrica existente del hogar u oficina.

## RESUMEN

Tras más de un siglo de uso, parece que los famosos cables de la luz van a proporcionarnos nuevos servicios, nada menos que Internet, telefonía, videoconferencia y vídeo bajo demanda. La pregunta que nos viene a la mente es ¿Cómo estos cables podrán servir de conductores para tanta información y además sin alterar el flujo eléctrico a manera de no interferir con la energía eléctrica?, pues para responder esto hace unos años nació una nueva tecnología en Europa, la cual promete transformar y facilitar la forma de propagación de la Internet de manera fácil y aún con mayor ancho de banda que por otro medio de comunicación que exista, esta nueva tecnología es PLC *Power Line Communication* y ha sido implementada a gran escala principalmente en España en donde varias empresas están incursionando en el mercado, a fin de obtener gran parte del mercado informático.

La tecnología *Power Line Communication* o comunicación por la red eléctrica (PLC), consiste en conectar Internet a la electricidad, de modo que, cualquier tomacorriente se puede convertir en una fuente para acceder a la Red con solamente utilizar un MODEM específico, el cual se define como “*dispositivo intermedio entre el ordenador y la red eléctrica*”(Antonio Caravantes), y que facilita la decodificación de la señal eléctrica a datos comprendidos por la PC de manera que es el único intermediario entre el tomacorriente y la PC. El cliente que desee usar el servicio en el inmueble no tiene que modificar absolutamente nada en la configuración de su ordenador, sino únicamente enchufarlo a la red eléctrica. La forma de codificación de la

señal de datos a la corriente eléctrica se basa por un paso complejo de mensajes entre nodos principales de distribución de Internet, los cuales le brindan el servicio a la telefonía que los preste , luego la telefonía hace llegar ese servicio hasta los dispositivos codificadores o HEAD END, los cuales se encargan de inyectar a la corriente eléctrica los datos que vienen para que luego el cliente con el MODEM puedan obtenerlos y de esta forma evitarse engorrosas instalaciones físicas.

Tras varios años de investigación, esta tecnología salta al mercado real de las telecomunicaciones, donde deberá competir con ADSL, fibra óptica y cable, además, esto implica una total revolución del acceso a Internet, ya que desaparecen los cables para navegar por la Red, convirtiéndose cada acceso eléctrico del inmueble en un puerto de comunicaciones para mantener así disponibles las líneas telefónicas.

Asimismo, la red PLC está diseñada con una tecnología adecuada a los usos reales de Internet en la actualidad, consistentes en la navegación y el uso de aplicaciones que requieren altas velocidades con conexiones simétricas. El despliegue de esta tecnología puede ser muy rápido, dado que se basa en la red eléctrica de baja y media tensión, sin necesidad de obras en la infraestructura del cliente ni en la vía pública, además *“la señal inducida, en ningún caso es perjudicial para la salud de las familias residentes en comunidades o pisos inyectados y por supuesto, tampoco trae ningún riesgo para los aparatos conectados en las viviendas ni por sobre tensiones ni interferencias”* (Artículo publicado por TecnoCom).

Aunque esta nueva tecnología nos trae muchos beneficios en lo que aplicaciones reales se refiere, existen muchos otros, los cuales dudan de la tecnología y esto se ve expresado por el siguiente comentario de la

ARRL(American Radio Relay League): “PLC significa la contaminación del espectro radioeléctrico” (Artículo Noticias 3D ARRL), y es que el problema reside en que la implantación a gran escala del PLC eliminará la operatividad de la onda corta para establecer comunicaciones internacionales. Un artículo de un diario en Madrid dice “La contaminación se produce debido a que los cables eléctricos no están debidamente aislados para transportar una señal de telecomunicaciones, y éstos actúan como antenas” [4], esto se ha demostrado por medio de estudios hechos por el mismo presidente de la ARRL.

Pese a las ventajas y desventajas de esta tecnología, la competencia es feroz, según un artículo publicado en una página de Internet nos dice que básicamente se basará en tres factores que determinan el mercado:” calidad, prestaciones y precio. Colocándose adecuadamente en esos tres campos, el PLC puede convivir con las otras tecnologías y tener cabida en el mercado de las telecomunicaciones” (IBERDROLA).

### **Diseño orientado a la Facultad de Ingeniería**

En el edificio T3 de la Facultad solamente existe un punto de conexión para que los estudiantes puedan llevar su máquina y de esta manera obtener acceso a Internet, pero cuando el número de estudiantes necesitados de información se aglomera este punto se vuelve insuficiente y se pierde la función del Internet en la Universidad, es aquí en donde entra a ayudar esta nueva tecnología brindándonos Internet en cualquier parte en donde exista acceso a la corriente eléctrica.

El diseño en la facultad para poder implantar esta nueva tecnología debe de ser bien analizado; esto depende de los concentradores de energía eléctrica que se encuentren, también incluye la división de las partes del edificio con respecto a los *switch* de control que unen la entrada externa de la corriente y la

subdividen a sectores de la facultad. ¿Por qué es importante conocer esto? Porque esta nueva tecnología trabaja directamente con la entrada de la luz eléctrica por medio de aparatos, los cuales decodifican la señal de datos y la unen a la corriente, para que luego cualquier estudiante con un MODEM específico pueda obtener esta información, pero si el número de estudiantes es grande debe tomarse en cuenta el número de accesos a corriente que exista por cada *switch* de paso de energía y de esta manera poder definir el número exacto de aparatos codificadores, para que el ancho de banda se mantenga estable y que no se pierda la señal con facilidad.

La idea principal de este diseño está basada en aumentar la productividad de los estudiantes y eliminar los costos altos del cableado, una vez elaborado el esquema de la arquitectura se podrán observar las diferentes ventajas que esta nueva tecnología nos brindaría y de una manera muy óptima, ya que no sería necesario buscar un punto de acceso específico sino que únicamente una toma de corriente eléctrica.

En Guatemala una de las telefonías que está incursionando en este ámbito es Comcel, la cual ya ha implantado esta tecnología en algunos edificios comerciales, para poder estudiar sus ventajas y desventajas, para que con estos estudios puedan lanzar una campaña de mercado estando ellos seguros sobre el beneficio del usuario. Con base en estos estudios, en el futuro diversas telefonías de Guatemala incursionarán con estos servicios, ya que nos ayudará en gran manera para poder bajar los costos y aumentar la propagación del Internet y demás servicios a lugares remotos en donde no exista acceso telefónico, ya que únicamente necesita del servicio de energía eléctrica.

# OBJETIVOS

- **General**

Analizar detalladamente la tecnología PLC(Power Line Communication) para la transmisión de la señal de Internet; diseñar una arquitectura para la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos.

- **Específicos**

1. Elaborar un informe en donde se especifiquen los detalles de la Internet por la red eléctrica.
2. Detallar ventajas y desventajas de la nueva tecnología
3. Enumerar el equipo necesario para la implementación de la red.
4. Elaborar un informe con los costos que esta red tendría.
5. Detallar las ventajas y desventajas que esta nueva tecnología proporcionaría dentro de la Facultad.
6. Mostrar las limitaciones y restricciones, tanto en infraestructura, como en el alcance de la tecnología para la Facultad de Ingeniería utilizando el Internet en la red eléctrica.



# INTRODUCCIÓN

Este trabajo de graduación trata sobre una de las tecnologías que levantan más expectación hoy en día: Internet sobre red eléctrica (PLC). Esto no es de extrañar, ya que muchas personas tienen sus esperanzas puestas en esta tecnología de cara a la llegada de altas velocidades de acceso a Internet, además de alcanzar los rincones donde no llegan ni el cable y el ADSL, pero sí la electricidad.

Esta tecnología ha tenido su auge en España, en donde se ha propagado en varias ciudades del mismo, alcanzando record en cuanto al ancho de banda que ésta presta, ya que es una de las más cotizadas y se ha puesto a precios competitivos para el alcance de la mayoría de los usuarios.

En este trabajo de graduación se expone una estructura de la red en la Facultad de Ingeniería, ya que sería necesaria de parte de la Facultad de ingeniería la implementación de esta en la misma, detallando así, los beneficios que ésta traería, tanto en costos, como en el funcionamiento.

# 1 TECNOLOGÍA PLC

## 1.1 Introducción al PLC

### 1.1.1 Evolución de la tecnología

La desregularización de los mercados de telecomunicaciones en la mayor parte de los países, la tendencia hacia los servicios de banda ancha y la presión sobre el uso de las actuales redes, son sin lugar a dudas, elementos de mercado de por sí importantes para incentivar el desarrollo de comunicaciones mejores y más rápidas.

Cada día que pasa las compañías que prestan servicios de acceso a Internet advierten con desazón que los usuarios a quienes prestan servicios demandan velocidades de acceso y servicios telefónicos más rápidos y de mejor calidad. Salvo las líneas RDSI residenciales, las empresas son las únicas quienes, a un coste bastante elevado, pueden satisfacer sus necesidades de acceso comprando anchos de banda dedicados. Frente a ello, han sido las propias compañías de telecomunicaciones las que han reemplazado las líneas telefónicas convencionales por líneas de mayor ancho de banda, por supuesto, con el coste y el tiempo que ello conlleva. Muchas de ellas no serán operativas hasta pasados unos años. Lo mismo ocurre con el acceso por cable. Sí, es cierto que su velocidad es superior a cualquier línea RDSI o ADSL convencional (1500 k), pero es unidireccional, sólo permite el envío de información hacia el espectador, pero no la retroalimentación derivada de la interactividad del

usuario, la cual debe ser efectuada con una conexión básica a la línea telefónica.

Las soluciones de comunicación inalámbrica están también ahí, a pesar de sus múltiples problemas y el coste global de la inversión que se requiere en equipamiento, esperando a que se generalice su uso más allá de la moda.

El tiempo es un factor crucial para los servicios de Internet, y es por esto que la evolución de la tecnología nos ha llevado a las famosas Redes de siguiente generación (*Next Generation Network*) que conforman la evolución de tecnologías que nos permitan más ancho de banda para poder obtener múltiples servicios en una sola línea de transmisión, véase el Anexo.

Las redes de nueva generación no pueden concebirse sin una columna vertebral eficiente que las soporte. Aun si hay porciones inalámbricas, el cableado estructurado es la base de la productividad de los equipos activos más recientes y de mejor desempeño para las redes de comunicaciones en negocios de todo tipo.

Sin embargo, el cableado estructurado tiene un problema en las categorías estandarizadas que, hoy por hoy, conviven en un mercado como el mexicano: los integradores y usuarios deben elegir entre tres estándares (las categorías 5, 5e y 6).

El primero debe descartarse para cualquier proyecto nuevo. La disyuntiva está entre las dos últimas. Por ello, la elección, debe recaer entre otras cosas, en el tiempo que el usuario estima para su funcionalidad. Si el objetivo es a largo plazo, la categoría 6 es la opción, porque permite anchos de banda de

350 MHz, suficientes para todas las comunicaciones que brindan las tecnologías Ethernet de 10Gbps.

Es por esto que la tecnología PLC entra de lleno a poder facilitar muchos de estos problemas de cableado, ya que la estructura principal de esta tecnología ya se encuentra instalada y no bastaría mas que inyectar la señal de servicios por medio de un aparato a la corriente eléctrica para que en un inmueble ya exista acceso a la información.

### **1.1.2 Conceptos básicos**

Antes de poder adentrarse en el amplio terreno de la Internet por la red eléctrica, debemos conocer algunos conceptos, los cuales nos serán de mucha ayuda para comenzar.

#### **1.1.2.1 Internet**

Internet se inició en los Estados Unidos, a finales de los años 60. La ARPA (Agencia de Proyectos de Investigación Avanzados) del Departamento de Defensa definió el protocolo TCP/IP con intención de facilitar la conexión de diversos tipos de ordenadores, principalmente para temas de investigación.

Internet es un conjunto de redes: redes de ordenadores y equipos físicamente unidos, mediante cables que conectan puntos de todo el mundo. Estos cables se presentan en muchas formas, desde cables de red local (varias máquinas conectadas en una oficina) a cables telefónicos convencionales, digitales y canales de fibra óptica que forman las "carreteras" principales. Esta gigantesca Red se difumina en ocasiones, porque los datos pueden transmitirse vía satélite, o a través de servicios, como la telefonía celular, o porque a veces no se sabe muy bien a dónde está conectada.

En cierto modo, no hay mucha diferencia entre Internet y la red telefónica que todos conocemos, dado que sus fundamentos son parecidos. Basta saber que cualquier cosa a la que se pueda acceder a través de algún tipo de conexión, como un ordenador personal, una base de datos en una universidad, un fax o un número de teléfono, pueden ser, y de hecho forman, parte de Internet.

En Internet, las comunicaciones concretas se establecen entre dos puntos: uno es el ordenador personal desde el que usted accede y el otro es cualquiera de los servidores que hay en la Red y facilitan información.

Uno de los fundamentos de Internet es el TCP/IP, un protocolo de transmisión que asigna a cada máquina que se conecta un número específico, llamado número IP. Este protocolo TCP/IP sirve para establecer una comunicación entre dos puntos remotos mediante el envío de información en paquetes.

### **1.1.2.2 Red eléctrica**

La energía eléctrica no se puede almacenar. Por eso, en todo momento, su producción debe igualarse a su consumo de forma precisa e instantánea. Para llevar la energía eléctrica desde las zonas de producción a sus áreas de consumo, es necesario en todo momento la disponibilidad de un elemento de unión: el transporte. Aquí es en donde actúa la red eléctrica, que está compuesta de miles de millones de alambrados en toda una ciudad, esta red cubre la mayor parte de las ciudades y en algunos casos necesita estar aislada y en otros no, como el caso del alto voltaje, esta red se encarga de transportar la energía eléctrica de un punto de generación a diversos usuarios de la energía.

### **1.1.2.3 Banda ancha**

Muchas personas asocian a la banda ancha con determinada velocidad de transmisión o un conjunto específico de servicios, tales como el bucle de abonado digital (DSL) o las redes inalámbricas de área local (WLAN). Sin embargo, puesto que las tecnologías de banda ancha cambian continuamente, su definición va evolucionando con ella.

Hoy en día el término banda ancha normalmente describe a las conexiones Internet recientes que funcionan entre 5 y 2 000 veces más rápido que las anteriores tecnologías de marcación por Internet. Sin embargo, el término banda ancha no se refiere a una velocidad determinada ni a un servicio específico. El concepto de banda ancha combina la capacidad de conexión (anchura de banda) y la velocidad. Es por esto que se define la banda ancha

como una capacidad de transmisión más rápida que la velocidad primaria de la red digital de servicios integrados (RDSI) 2 Mbits.

Las velocidades de la banda ancha son apreciablemente más rápidas que las de tecnologías anteriores, por lo cual resulta más rápido y cómodo acceder a la información o efectuar transacciones en línea utilizando Internet. La velocidad del servicio de banda ancha también ha permitido perfeccionar algunos servicios existentes tales como el de juegos en línea, y ha dado lugar a nuevas aplicaciones como la telecarga de música y vídeos.

En función del tipo de tecnología utilizada, la banda ancha puede aportar beneficios económicos. Esto les permite navegar por Internet y efectuar una llamada simultáneamente utilizando la misma línea telefónica.

La banda ancha permite perfeccionar las actuales aplicaciones de Internet, al tiempo que abona el terreno para nuevas soluciones que antes resultaban demasiado ineficaces o lentas.

### **1.1.3 Reseña histórica**

Se podría pensar que esta tecnología es nueva, pero ya ha sido utilizada pero sin tener pensado este tipo de expansión en comunicación de datos y prestación de servicios, originalmente en los años '50 se había creado un sistema que permitía a las empresas de energía controlar el consumo, el encendido del alumbrado público y el valor de las tarifas eléctricas por medio de una señal de baja frecuencia (100 hz) que viajaba a través de los cables de la red en un solo sentido.

A mediados de los '80 se iniciaron investigaciones sobre el empleo de los cables eléctricos, como medio de transmisión de datos, pero a fines de esa década ya se conseguía transmitir información en ambas direcciones.

A finales de los '90 se consiguió que esta transmisión se realizaría a velocidades suficientemente elevadas. Esto permitió dar cabida a una aplicación que llegaría a ser un fenómeno explosivo en el campo de las telecomunicaciones y este es el caso del acceso a Internet, que no solamente revolucionó la tecnología sino que también el comercio ampliando así el área de expansión del mercado.

Una vez con estas nuevas facilidades y velocidades propuestas, varios fabricantes y empresas de energía y telecomunicaciones comenzaron a realizar infinidad de investigaciones que permitieran ofrecer transmisiones de banda ancha a través de la red eléctrica. Esto era solo el inicio para luego comenzar con el estudio de la factibilidad económica del proyecto, porque una cosa es que sea técnicamente posible y otra que se consiga dinero con ello, y además ofrecer un servicio de calidad y que sobrepasara los límites ya establecidos en cuanto a velocidad y ancho de banda se refiere.

Tras varias pruebas e intentos por parte de empresas que esperaban liderar el mercado con esta tecnología, se fueron obteniendo los primeros éxitos comprobados de la tecnología.

Algunas de las empresas líderes en esta tecnología son de España, las cuales han invertido en pruebas para demostrar que la tecnología es fiable, y es por esto que las tres (Endesa, Iberdrola y Unión FENOSA) han iniciado en los últimos años pruebas piloto con tecnologías PLC en distintas ciudades españolas.

Finalmente, se dieron a conocer los resultados y para admiración de varios fueron sumamente exitosos y sorprendentes. Se dio a conocer que los usuarios habían podido disfrutar de acceso a Internet a velocidades superiores a las establecidas, además de otros servicios adicionales que debido a la arquitectura del PLC era posible su implementación.

En Barcelona, la velocidad de transmisión alcanzó los 3 Mbps y además del Internet los usuarios pudieron también comunicarse telefónicamente, a través de la red eléctrica por medio de la red IP que se trataría de implementar para la reducción de costos de este servicio. En la ciudad que más se esperó en tener gran ancho de banda fue en Sevilla, que si bien se aseguró que su velocidad estaría en promedio en 10 Mbps en algunas partes la velocidad alcanzó los 25 Mbps y, además, los usuarios pudieron acceder a servicios multimedia (música, televisión y radio digital) y de videoconferencia.

Pero la viabilidad técnica no indica necesariamente que el proyecto resulte rentable. Para apoyar a los estudios es necesario realizar las llamadas pruebas de carga, que no son más que pruebas realizadas sobre una muestra de usuarios más extensa que permita visualizar las distintas condiciones del servicio en situaciones más cercanas a las reales (velocidad de transmisión con numerosos usuarios conectados a Internet simultáneamente), esto permitirá observar si los costos se elevan dependiendo de la cantidad de usuarios y si la tecnología puede ser viable.

De demostrarse la viabilidad tanto técnica, como económica de este tipo de tecnología es posible que las empresas proveedoras de energía eléctrica logren competir codo a codo con las telefónicas en el amplio y difícil mercado de las telecomunicaciones. En esas condiciones posibilitaría no sólo el acceso a

Internet de calidad a velocidades similares o superiores a las facilitadas por la tecnología ADSL y en lugares comúnmente inaccesibles, sino que permitiría la oferta de nuevos servicios multimedia, aprovechando los beneficios de su gran ancho de banda.

#### **1.1.4 Tecnologías asociadas**

En torno al desarrollo del PLC se han ido creando nuevas tecnologías, las cuales han sido desarrolladas para el mismo fin, pero de diferente forma, varias empresas españolas utilizan diferentes tecnologías como es el caso de Endesa que es la única empresa que está desarrollando pruebas de carga en la ciudad de Zaragoza y para ello ha decidido utilizar dos tipos de tecnologías (Ascom y DS2).

Pero estas no son las únicas tecnologías utilizadas, ya que también se ha empleado tecnología de la empresa israelí NAMS (Nisko Advanced Metering Solutions). Y en las pruebas (Niscom 1 y Niscom2) se han alcanzado velocidades de transmisión de datos de 2 Mbps hasta 10 Mbps a fin de poder ampliar su oferta de servicios a voz, videoconferencia y multimedia.

Son muchas las empresas y las tecnologías implicadas en el proceso de la transmisión de datos a través de la red eléctrica. Sin embargo, el motor de este sistema puede ser la empresa DS2. Esta compañía fue fundada en 1998 por Jorge Blasco con fondos procedentes del capital riesgo castellanense, y, tras apenas tres años de funcionamiento, ha conseguido diseñar y fabricar un microchip que puede elevar la capacidad de transmisión de las redes eléctricas a niveles verdaderamente altos.

El crecimiento de DS2 ha ido paralelo al aumento del interés del mercado por Power Line. Desde el verano de 2000 la empresa ha creado 45 nuevos puestos de trabajo, formando un equipo que en la actualidad está compuesto por 60 personas. Japoneses, coreanos, alemanes, suizos, estadounidenses, e incluso israelíes, están cortejando a esta joven empresa para poder incluir el microchip en sus propios diseños.

El éxito del microchip de la empresa DS2, quien ya está experimentando con modelos que permitirán velocidades de hasta 45 Mbps, está reflejado en el interés de diferentes empresas en invertir en ella o en comprar sus productos. Endesa ha comprado el 15 % de sus acciones en alrededor de 80 millones de dólares y Cisco Systems ya ha firmado con ella un convenio orientado a desarrollar conjuntamente soluciones PLC en distintos ámbitos.

En este momento se está realizando una batalla por lograr el poderío y estandarización de una tecnología para el PLC, esto se debe en gran parte a que las empresas conocen la demanda que esta tecnología acarrearía, debido a sus características y ventajas.

### **1.1.5 ¿Qué es PLC?**

Tuvo sus inicios en España en donde su avance ha sido considerable, varias empresas han incursionado en esta área logrando gran cantidad de beneficios, aunque aún no ha sido probada en su totalidad es una tecnología que ofrece mucho, pero según algunos investigadores también tiene sus consecuencias.

PLC (*PowerLine Communications*) consiste en la transmisión de voz, datos, imágenes, música, texto, vídeo entre otros servicios a través de la red eléctrica, como si fuera una conexión asdl o cable, no hace falta realizar ninguna acción para conectar, puesto que el ordenador está conectado permanentemente. También permite hablar por teléfono al mismo tiempo, debido a que no hay interferencia entre la conexión de datos y la telefonía ya que se permiten diferentes tipos de señal por un mismo cable.

Una de las mayores ventajas que presenta PLC es que utiliza el soporte más extendido del mundo. En donde ni siquiera se conoce Internet o donde jamás en su vida han visto un teléfono, en muchos casos disponen de energía eléctrica. Esta luz por regla general se alimenta mediante electricidad procedente de tendidos de largo recorrido, más que de generadores propios.

Mientras el número de usuarios de tecnologías telefónicas se puede cifrar en apenas 800 millones de personas, más de 3.000 millones de personas tienen a su alcance la electricidad. La gran ventaja de PLC no reside pues en nuestro afán por tener un Internet más rápido. Estamos hablando de una tecnología capaz de transmitir datos, y punto. El universo de posibilidades que se abre es enorme. Gracias al PLC no se va a poder llevar Internet a aldeas perdidas en donde la mayoría de los habitantes ni siquiera saben lo que es Internet. Lo realmente importante es que por primera vez en su historia van a poder tener acceso a un teléfono. Y, lo que es aún más importante, van a poder disfrutar de canales de radio y de televisión, que pueden ser utilizados por organizaciones internacionales y de ayuda humanitaria a favor de la población.

Resulta casi imposible cablear algunos barrios periféricos de las grandes ciudades, ni siquiera se plantea el proporcionar infraestructuras a los países en vías de desarrollo. Sin embargo, en la mayor parte de ellos hace años ya que se tendieron redes eléctricas. De este modo, PLC, como tecnología barata que usa redes preexistentes para la transmisión de datos, se convierte en un magnífico motor de desarrollo capaz de romper la brecha tecnológica entre países proporcionando herramientas para el desarrollo del mismo.

El PLC es una alternativa fiable al resto de tecnologías de acceso a Internet, permite ofrecer servicios de telecomunicaciones de banda ancha. Con una velocidad de transmisión de hasta 100 Mbps y la misma capacidad de subida que de bajada (acceso simétrico), el PLC no necesita línea telefónica ni instalación, pero para poder ofrecer estos servicios es preciso añadirle a la red eléctrica determinados dispositivos de transmisión que la convertirán en una auténtica red de telecomunicación.

El PLC por ser un medio de transmisión inmediata convierte de forma automática cada tomacorriente del establecimiento en un punto de acceso a los servicios, todo sucede de manera simple, la central de energía eléctrica manda por medio de alta tensión la energía a los transformadores del inmueble y aquí se convierte a baja tensión, lo cual es propicio para la introducción de la señal de información por medio de aparatos especiales, los cuales se detallarán más adelante, y de esta forma con los datos por la corriente eléctrica del edificio no hace falta más que un dispositivo que sirva de intermediario entre el tomacorriente y la COMPUTADORA.

La señal inducida, en ningún caso es perjudicial para la salud de las familias residentes en comunidades o pisos inyectados, y por supuesto tampoco trae ningún riesgo para los aparatos conectados en las viviendas ni por sobre tensiones ni interferencias, más adelante se describen las complicaciones de esta tecnología y según estudios es bastante grave para los usuarios de onda corta. Cualquier tomacorriente puede ser válido aunque depende mucho de la calidad del cable, de los empalmes o incluso de la sección del cable. A mayor sección, mayor inducción y transmisión de la señal.

#### **1.1.6 ¿Por qué PLC?**

El atractivo de las Comunicaciones a través de la red eléctrica (PLC, Power Line Communications), yace principalmente en el uso de las actuales líneas eléctricas para la transmisión de voz y datos, ofreciendo a los clientes finales de la energía eléctrica un nuevo abanico de servicios alternativos a las tradicionales compañías de telecomunicaciones.

Las redes de energía eléctrica se encuentran desarrolladas en la totalidad de países, nadie duda de que su impacto, tanto por el lado de la utilidad, como el impacto de mercado, será tremendo. Una de las claves de este éxito, es la capacidad que tienen las compañías eléctricas de llegar, directamente y a menor coste, al usuario final, al abonado del servicio. Esto, que en materia de telecomunicaciones ha sido muy complicado de resolver, esencialmente porque el coste de infraestructura del llamado bucle local no es soportable por todos los actores del mercado, ha derivado en elevados costes de los servicios, y en una enmascarada preeminencia de unos sobre otros.

Por un lado, las PLC capacitan a las compañías que aprovechan el uso de la energía a encontrar nuevas líneas de negocio basadas en el acceso a Internet de banda ancha, servicios de telefonía y servicios basados en la domótica, todos ellos a precios muy atractivos.

Por otro lado, son estas compañías las mejor capacitadas para optimizar sus actuales líneas de negocio con la agregación de nuevos servicios de valor añadido. PLC es el elemento clave en la reforma potencial de la provisión energética, principalmente por el cambio de rol de la utilidad de la energía.

El director de la división de programas estratégicos en Conexant Systems, una de las empresas implicadas en la HomePlug Powerline Alliance, asegura que la principal ventaja de la tecnología basada en las redes de hogares conectados a las líneas eléctricas, reside en su ubicuidad: mientras existe una media de 2 ó 3 teléfonos en un hogar, existe al menos 2 ó 3 enchufes en cada habitación de ese mismo hogar.

Aunque tuvieron su origen en investigaciones llevadas a cabo en los Estados Unidos, el paradigma de la historia ha terminado por otorgar mayores posibilidades de éxito a todos y cada uno de los proyectos llevados a cabo en Europa; la clave de ello reside en la naturaleza de las redes eléctricas europeas frente a las estadounidenses, esencialmente en el último tramo de la red.

La Comunicación a través de la Red Eléctrica es directamente proporcional al voltaje usado en el último tramo de las redes (230 Voltios en Europa y 110 Voltios en Norte América). En los Estados Unidos, el voltaje permite sólo cortas distancias entre el transformador que hace de intermediario entre el segmento de la red de larga distancia y la casa del abonado. Debido a la estructura de la red, en USA sólo es posible conectar entre cuatro y seis casas a un bucle local, frente a las 300 ó 400 que son conectadas en Europa a las redes de bajo voltaje (220V). Por eso, cuando al otro lado del Atlántico se habla de las posibilidades extraordinarias del acceso a través de las PLC, surgen inmediatamente dos temas que impiden pensar rápidamente en su despegue: el número de hogares conectados a los transformadores, y el auge que experimentaron en su momento tecnologías como el DSL o el cable MODEM. En los Estados Unidos los hogares poseen entre tres y cuatro conectores telefónicos (8 y 9 en las casas más avanzadas), en contraste con los hogares europeos que sólo disponen de una media de uno o dos. Esto ha llevado a numerosos operadores de servicios a realizar investigaciones basándose en los estándares definidos por las organizaciones internacionales.

Uno de los principales problemas con el que se encuentran empresas y usuarios de Internet y comunicaciones en general es el del bucle o acceso local, y una de las soluciones en las que más se ha centrado la tecnología es en su aplicación a las redes de baja tensión, que permite obtener unos resultados más que notables.

Sin embargo, el medio es hostil, no es un medio tan fácil como el de unos cables de cobre de una empresa de telecomunicaciones, pero, a pesar de todo, la tecnología permite que una señal en ese medio hostil se pueda recuperar en el otro extremo y realmente se pueda llegar a estas capacidades que son sorprendentes.

## 1.2 Ámbito del PLC

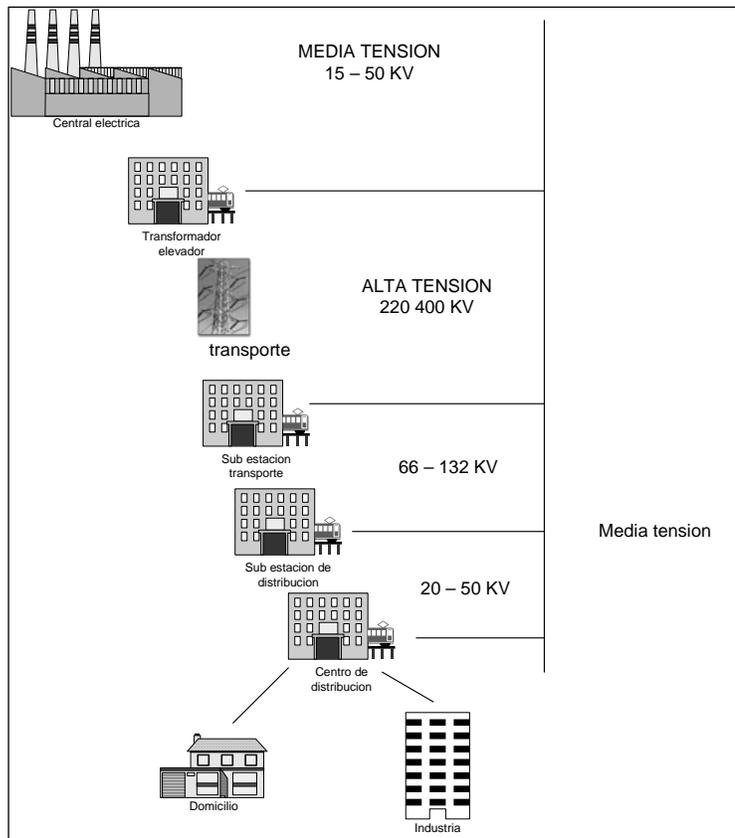
El ámbito que alcanza PLC depende de la red eléctrica ya instalada. La red eléctrica consiste de tres niveles: alta, media y baja tensión. A continuación se comentan, por encima, los distintos tipos de tramos:

- Tramo de Media Tensión (entre 15 y 50 Kilovoltios) que abarca desde la central generadora de energía eléctrica y todo lo que esta comprende 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 220 y 380 Voltios) que distribuye la energía dentro de los centros urbanos para uso doméstico, comercial e industrial.

El bucle de abonado (red de acceso), algunas veces llamado última milla, utiliza la red de baja tensión, y en ocasiones incluso de media tensión, para transportar datos y brindar acceso de alta velocidad a Internet. La red de baja tensión se compone de los transformadores, las líneas, y los medidores de cada hogar. En general, un sistema PLC debería consistir en dos elementos básicos que envían y reciben datos, uno en el transformador y el otro en las instalaciones del usuario.

Como se puede observar en la figura 1, el ámbito del PLC empieza a tomar el control a partir de la media tensión, de la subestación de distribución en adelante, esta parte constituye la parte primordial de la prestación del servicio y el desenvolvimiento pleno de la tecnología, nótese que la tensión en este punto para el centro de distribución es media (va de 20 a 50 Kv) pero para la distribución a los hogares e industrias es baja (va de 220 380v), ya en esta última tensión es en donde el servicio es propagado a los usuarios.

**Figura 1. Ámbito del PLC**



## **1.3 Redes Involucradas**

Dentro de la estructura básica del PLC se deben definir algunas redes, las cuales conforman el funcionamiento completo del mismo, las redes que involucra esta tecnología están claramente definidas, como se pudo observar en la figura 1, en donde se hace referencia desde la media tensión en adelante para identificar el ámbito del PLC.

### **1.3.1 Descripción de las redes involucradas en el PLC**

#### **1.3.1.1 Red de Transporte**

La conforma una red IP. Esta red sustenta nuevos servicios de conmutación de paquetes IP que permiten servicios como VPN, Mensajería Unificada, Acceso a Internet, Voz por IP, entre otros. Una red IP es una red de comunicación basada en la transmisión bidireccional de paquetes. Este se refiere a que la comunicación entre dos puntos de la red (entre dos ordenadores conectados a la red) no es continua, sino que la información se parte en origen en pequeños trozos que se envían por la red hasta el destino. Una vez allí, se vuelven a poner cada uno de los paquetes en su sitio para volver a formar el bloque de información que teníamos al origen. Esta técnica permite compartir al mismo tiempo los recursos de la red por muchos usuarios.

El hecho de que la información original se divida en paquetes que se envían a la red, implica poner una dirección de destino a cada uno de esos paquetes (para saber a quién van dirigidos) y la dirección del origen, (para saber quién lo envía). De esta forma, la red sabe a quién debe entregar el paquete y el destino sabe de quién procede.

### **1.3.1.2 Red de distribución**

Es la que se encuentra situada en la media tensión y es la encargada de interconectar las cabeceras PLC dispersas por la ciudad transportando la información de los usuarios al centro de servicios y viceversa.

### **1.3.1.3 Red de acceso**

Suministra el acceso de los datos y voz de los usuarios finales a la red de distribución que permite el acceso a los servicios. Consta de los siguientes elementos:

#### **1.3.1.3.1 Equipo de acceso de usuario**

Éste dispone de un puerto de datos (ethernet / USB) en donde se conecta el equipo de datos del usuario (por ejemplo, una computadora) y un puerto para la conexión de un teléfono convencional. Así mismo, el equipo contiene el módem PLC necesario para la inyección de la información digital (voz y datos) en los cables eléctricos para su transmisión.

#### **1.3.1.3.2 Cables de la red eléctrica**

Aportan el soporte físico para la transmisión de la información digital entre los equipos de acceso de los usuarios hasta la cabecera PLC.

#### **1.3.1.3.3 Repetidores PLC**

No siempre presentes, se sitúan en los cuartos de contadores de un edificio concentrando la voz y los datos de los usuarios residentes en el edificio.

Así mismo regeneran la señal para aumentar su alcance y eliminar errores de transmisión.

#### **1.3.1.3.4 Cabeceras PLC**

Concentran la información de todos los usuarios correspondientes al mismo centro de transformación de media a baja tensión.

### **1.4 Equipos**

Los equipos necesarios para el funcionamiento completo de la estructura se detallan a continuación:

#### **1.4.1 MÓDEM PLC**

Es el equipo que se le proporciona al cliente para que tenga interconexión con la computadora y demás dispositivos que utilicen esta tecnología, realiza una conexión punto a punto con la pasarela PLC (*Gateway*), dependiendo de los modelos pueden contar con salidas para computadora y teléfono. Este aparato es el encargado de aislar la señal de datos de la corriente eléctrica del tomacorriente para brindarle a los dispositivos los datos necesarios para trabajar.

## **1.4.2 Repetidor**

Como su nombre lo indica tiene la función de regenerar la señal del PLC y así brindar la señal a muchos más usuarios. Dependiendo del modelo un repetidor es capaz de controlar hasta 256 MODEMS PLC. Transmite los datos entre el Head End y el equipo del usuario. Se instala en el cuarto de contadores. Su instalación es sencilla y es resistente a las condiciones climáticas adversas.

## **1.4.3 Head End**

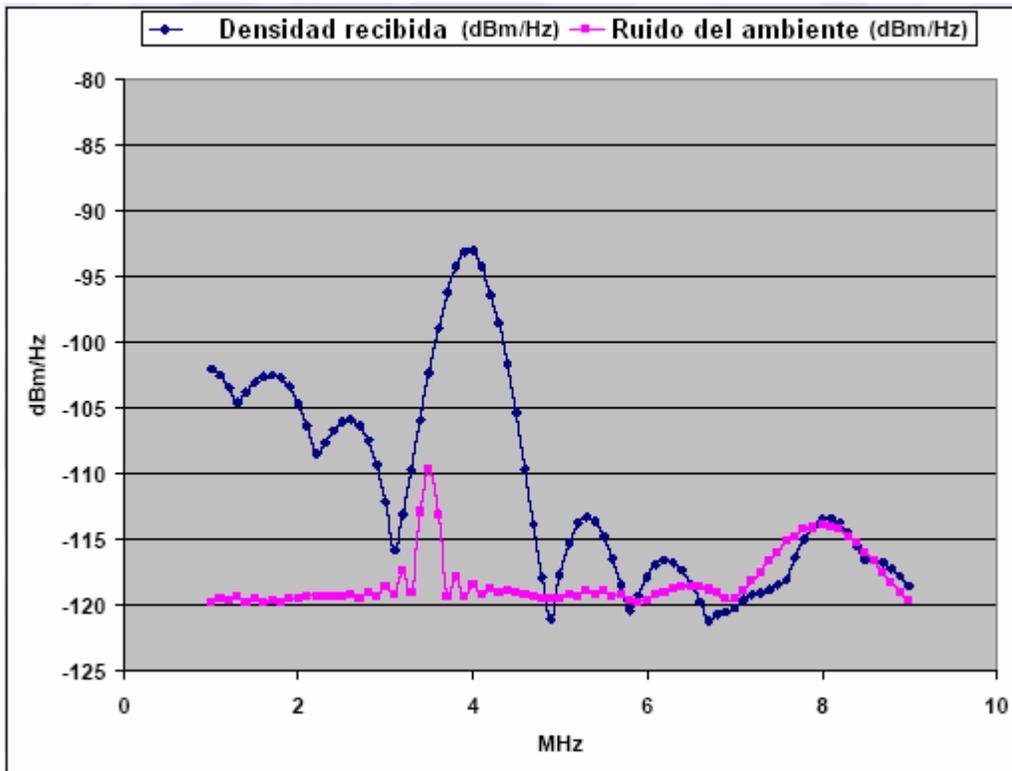
### **1.4.3.1 Funcionamiento**

Convertor de datos instalado en las subestaciones transformadoras de media y baja tensión. Convierte los datos entre la red PLC de baja tensión y el estándar de Internet (Ethernet, USB).

La función de este dispositivo es muy importante, como se puede ver en las siguientes gráficas el “*Head End*” no sólo entrelaza las señales provenientes de Internet y la energía eléctrica, sino que también la optimiza a manera de encontrar el punto intermedio de frecuencia, para el mejor aprovechamiento de la señal.

La potencia de la señal recibida (negro) y el nivel de ruido que interfiere (gris) es diferente para cada frecuencia y cambia en el tiempo lo que disminuye el ancho de banda, como se puede observar en la figura 2.

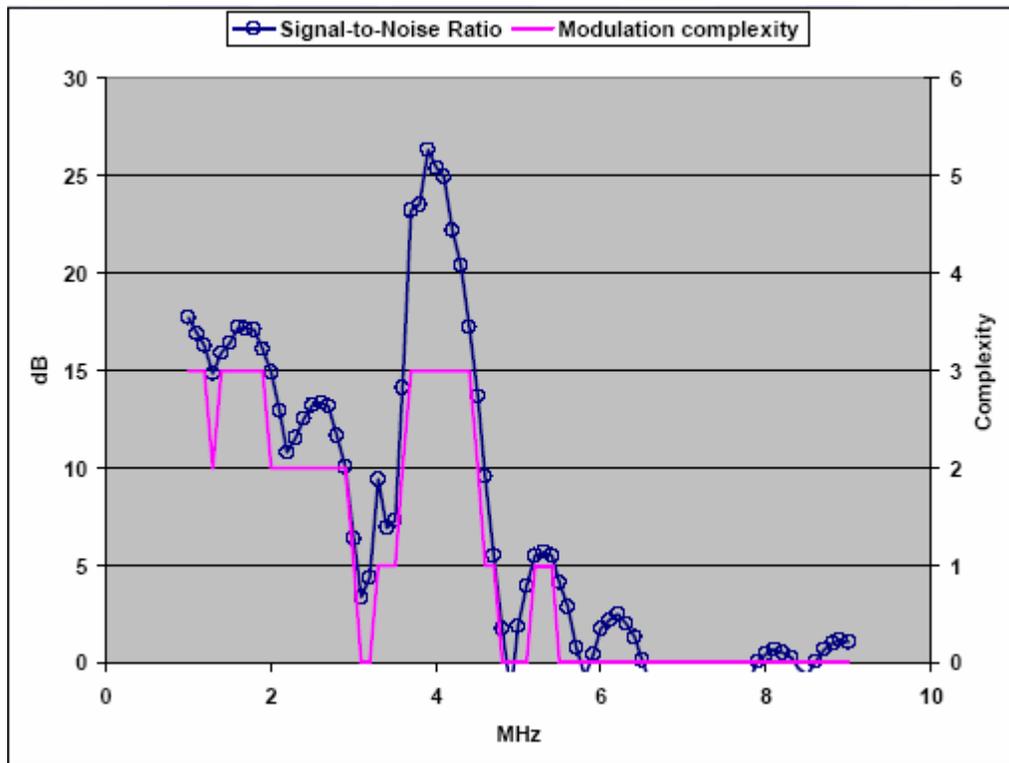
**Figura 2. Densidad de la señal y ruido del ambiente**



SNR (Signal-to-Noise Ratio, en negro): ratio entre la señal y el nivel de ruido .En cualquier sistema de comunicación, la SNR limita la capacidad de transmisión (Mbps).

El sistema PLC selecciona la modulación más adecuada (gris) para cada frecuencia, optimizando la capacidad de transmisión.(Vea la figura 3).

**Figura3. Mejor onda para la señal PLC**



### 1.4.3.2 Capacidad

Existen dos tipos de equipos Head End, de Media Tensión (MT) y Baja Tensión (BT) teniendo un alcance de 600 m. MT y 300 m. BT.

En cuanto al número de máquinas por *Head End* que se pueden conectar estará dado por el ancho de banda mínimo que se requiera por cliente pero el máximo soportado lo componen 250 máquinas.

### **1.4.3.3 Interconexión**

Este dispositivo situado en los centros de las compañías eléctricas se conecta con los repetidores. Estos equipos están preparados para conectarse con redes IP (Ethernet), pero en la arquitectura también existen variaciones en cuanto a la conexión de los mismos con el usuario final.

La diferencia entre las dos arquitecturas radica principalmente en el número de máquinas que la red posea, ya que si este número sobrepasa las 250 máquinas será necesario colocar repetidores de señal PLC para no debilitar la señal, por lo que una vez conectado un repetidor al *Head End* será posible suministrar señal a 250 máquinas más de las que solamente se podían al inicio.

Los *Head End* pueden también interconectarse entre si para diferentes estructuras en una red alcanzando los 135Mbps de velocidad entre ellos, esta estructura se forma cuando se desea que de la misma señal origen sea propagada a muchas mas redes sin degradar la señal y sin interconectar todo a un mismo centro de alimentación de energía.

### **1.4.4 Nodo de Media Tensión**

Se instala en las subestaciones transformadores de media y baja tensión. Convierte los datos entre la red PLC de medio voltaje y el estándar de Internet (Gigabit Ethernet). Transmite datos entre redes PLC de medio voltaje, o entre redes PLC de medio voltaje a redes PLC de bajo voltaje.

Los dispositivos anteriormente mencionados constituyen por completo las partes necesarias en la configuración básica de una red PLC, todos estos dispositivos varían dependiendo del modelo pero su funcionamiento sigue siendo el mismo.

La mayoría de estos componentes maneja diferentes tipos de tecnología, cada tecnología tiene sus mejoras en cuanto a velocidad se refiere, ya que la verdadera competencia no consiste en proporcionar los servicios sino en la especificación de una tecnología estándar para el PLC por los frutos que ésta traería.

### **1.5 Arquitectura de la red**

La arquitectura de esta red consta de dos sistemas:

El primer sistema denominado externo, cubre el tramo de lo que en telecomunicaciones se conoce como última milla, y que para el caso de la red PLC comprende la red eléctrica que va desde el lado de baja tensión del transformador de distribución hasta el medidor de la energía eléctrica.

Este primer sistema es administrado por un equipo *head end* que conecta a esta red con la red de transporte de telecomunicaciones. De esta manera este equipo introduce a la red eléctrica la señal de datos que proviene de la red de transporte.

El segundo sistema se denomina interno, y cubre el tramo que va desde el medidor del usuario hasta todos los toma corrientes o enchufes ubicados en el interior de los hogares. Para ello, este sistema utiliza como medio de transmisión el cableado eléctrico interno.

Para comunicar estos dos sistemas, se utiliza un equipo repetidor. Este equipo, que normalmente se instala en el entorno del medidor de energía eléctrica, está compuesto de un MÓDEM Terminal y equipo head end. El primer componente de este repetidor recoge la señal proveniente del equipo cabecera del sistema externo y el segundo componente se comunica con la parte Terminal del repetidor e introduce la señal en el tramo interno.

El último elemento de la red PLC lo constituye el MÓDEM Terminal o MÓDEM cliente, que recoge la señal directamente de la red eléctrica a través del enchufe.

De esta manera tanto la energía eléctrica como las señales de datos que permiten la transmisión de información, comparten el mismo medio de transmisión, es decir la corriente eléctrica.

## **1.6 Servicios**

Los servicios relacionados con esta nueva tecnología son numerosos y es aquí en donde se puede observar la revolución que traerá. La mayoría de los servicios que se pueden prestar por este medio utilizan un ancho de banda considerable y utilizan la tecnología IP.

A continuación se detallarán algunos servicios que se podrán brindar con esta nueva tecnología; se escogieron los más importantes debido a que el campo que abarca ésta es ilimitado y día con día van surgiendo nuevas aplicaciones para la utilización de este medio.

### **1.6.1 Telefonía (VoIP)**

Este servicio consiste en transportar la voz, previamente convertida a datos, entre dos puntos distantes. El cambio fundamental se produce en la red de transporte, ahora esta tarea es llevada a cabo por una red basada en el protocolo IP, de conmutación de paquetes. Esta convergencia de servicios de voz, datos y vídeo en una sola red implica ventajas como un menor coste de capital, procedimientos simplificados de soporte y configuración, y una mayor integración de las ubicaciones remotas y oficinas sucursales en las instalaciones de la red corporativa.

Los elementos necesarios para que se puedan realizar llamadas vocales a través de una red IP dependen en gran medida de qué terminal se utiliza en ambos extremos de la conversación. Estos pueden ser terminales IP o no IP. La diferencia se centra en que los terminales IP no necesitan ningún intermediario que convierta la señal para ellos, en cambio las terminales que no son IP necesitan de un intermediario que convierta a una señal entendible para los dispositivos.

Este servicio es aplicable dentro de la tecnología del PLC, ya que lo que busca es una red en donde se puedan acceder diferentes puntos IP, para poder entrelazarlos con información y de esta manera poder comunicarse sin elevados costes, todo esto dentro del ámbito interno de la empresa, ya que si se desean realizar llamadas fuera de éste, entonces se necesitará un

proveedor de servicios telefónicos que realice el enlace de la red IP con la red telefónica, lo cual implica un costo.

### **1.6.2 Internet de alta velocidad**

Debido al crecimiento explosivo de usuarios en los últimos años, así como a la necesidad creciente de transmitir información de audio y video, la necesidad de un Internet de alta velocidad es mayor. El Internet de alta velocidad utiliza un tipo de transmisión de gran ancho de banda llamado *Broadband* y es capaz de combinar voz, datos y video. Algunas tecnologías que permiten la conexión a Internet de alta velocidad son: la conexión por sistema de cable, el servicio DSL, conexión por fibra óptica, vía satélite y ahora con PLC ya que las velocidades de transmisión en estas tecnologías anteriores van desde 2 hasta más de 27 veces la velocidad actual de Internet, colocando así a la tecnología del PLC siempre en primera posición en cuanto al ancho de banda se refiere, ya que esta nueva tecnología dependiendo de un número de máquinas mayor puede distribuir un ancho de banda de 4Mbps, el cual ya es bastante elevado en comparación con las soluciones actuales.

### **1.6.3 Video bajo demanda**

Es el servicio en el cual la imagen es entregada en tiempo real sin retrasos en la red, este servicio sería de gran ayuda para diferentes centros educativos y con la tecnología del PLC es posible.

El PLC por proporcionar la plataforma IP permite que el video bajo demanda sea posible dentro de la red de propagación de datos y por el ancho de banda que posee permitirá transmisiones excelentes. De esta manera se

minimizan costos por contratación de servicios y se aumenta el aprovechamiento de la red.

#### **1.6.4 Servicios para Pymes**

Como se sabe los mayores gastos en los que incurre una empresa es en la comunicación y envío de datos, dependiendo de las políticas del negocio en la mayoría de los casos, el uso de servicios como por ejemplo la telefonía, se ve afectado por el mal uso que se le proporciona por parte de los empleados, que abusan del mismo; con la tecnología PLC esto puede cambiar, con esta nueva tecnología solamente será necesaria una inversión en dispositivos con interfase IP y de esta manera poder utilizar los servicios de transmisión de siempre pero, con la diferencia de que el costo ya no sería aparte al de Internet sino aprovecharían el mismo del PLC, ya que el servicio de envío de datos estará siempre disponible.

El ancho de banda en estas empresas es muy valioso y esto se debe a la gran cantidad de usuarios que interactúan en la red, basta con un análisis detallado de los usuarios y las PCs conectadas

#### **1.7 Problemas de la implementación**

Como todas las demás tecnologías de vanguardia siempre existen efectos secundarios, y esta no es la excepción, la tecnología del PLC cuenta con un gran problema, éste deriva de la instalación física de los cables de corriente eléctrica que no tienen su debido aislante porque en principio no fueron pensados para este uso.

La línea de la corriente eléctrica es un sistema muy ruidoso por lo que la conexión PLC se debe de adaptar a los cambios en dicho medio de transmisión realizando ajustes. Como la aplicación necesita una velocidad binaria alta es necesario utilizar señales de un gran ancho de banda y utilizar potencias de transmisión elevadas.

La señal PLC va modulada entre 1,6 y 40Mhz dependiendo del sistema, actualmente no hay un estándar si no un grupo de sistemas diferentes e incompatibles entre si, básicamente se usan 3 tipos de modulación: DSSSM (Direct Sequence Spread Spectrum Modulation), OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplex) y GMSK (Gaussian Minimum Shift Keying). Todos estos sistemas ocupan el espectro de HF (onda corta).

El sistema PLC utiliza señales moduladas que al propagarse por la línea de transmisión, que se pensó era para transmitir energía eléctrica (50Hz), por lo tanto ni está apantallada ni son simétricos respecto a masa es por esto que radian. Lo impredecible del tendido eléctrico junto con dispositivos no lineales hace que se generen gran cantidad de armónicos que también son radiados. Para mantener una buena relación señal/ruido (S/N) el sistema necesita transmitir con potencias altas del orden de 40W, además la tecnología PLC utiliza aproximadamente 40MHz de ancho de banda mediante el consumo aproximado de 28.8 Kwh/mes, entonces la mayor parte de esta energía se radia al espectro de HF (onda corta) generándose interferencias.

Y es debido a estas interferencias que en varios países como Finlandia y en Japón se ha prohibido esta tecnología sin mencionar a Alemania en donde la

explotación comercial del sistema PLC se ha parado en seco debido a las denuncias por interferencias.

Los principales afectados por este hecho han sido principalmente las Organizaciones no Gubernamentales, que sin ánimos de lucro, han logrado subsistir con la utilización de medios antiguos de transmisión de onda corta.

Algunos otros servicios que se pueden ver afectados pueden ser:

- emisiones meteorológicas para servicios navales.
- redes de transmisión de datos.
- servicios de información de aeropuertos
- redes de emergencia de radioaficionados.
- banda ciudadana usada por miles de transportistas.

Por ende la tecnología ha tenido sus tropiezos al nivel de catalogarla como una tecnología de desarrollo insostenible, *"el desarrollo que asegura las necesidades del presente comprometiendo la capacidad de las futuras generaciones para enfrentarse a sus propias necesidades"*[1]. Ya que para su funcionamiento interfiere con varios servicios que aún son utilizados por la población y que tienen un grado de importancia significativa.

1 Comisión Mundial sobre Ambiente y Desarrollo (Comisión Brundtland)

## **1.8 Ventajas y desventajas**

Esta tecnología como cualquier otra cuenta con altas y bajas por lo que continuación se describen algunas de las ventajas y desventajas de la misma, quedando a discreción del lector su apreciación.

Ventajas que ofrece la tecnología

### **Instalación**

- No requiere cableado ni obras nuevas.
- Cada instalación en un transformador da acceso entre 150-200 hogares
- Posibilidad de crear redes de datos domesticas utilizando el cableado existente.

### **Ancho de banda**

- El límite de velocidad para ADSL es 2Mb en cambio el PLC puede llegar a ofrecer velocidades superiores a los 10Mb.

### **Facilidad de acceso**

- Cualquier tomacorriente en el inmueble es suficiente para estar conectado, incluso se permite la posibilidad de conectar dos módems y tener dos conexiones independientes.

### **Servicios**

- Disponibilidad de múltiples servicios a través de una misma plataforma.

- Facilidad de implementación de servicios como Internet a altas velocidades, telefonía VoIP (Voz sobre IP), videoconferencias, VPN's, redes LAN, juegos en línea, teletrabajo y comercio electrónico.

Así como cuenta con estas maravillosas opciones, también tiene sus efectos secundarios y estas son algunas de sus desventajas:

- Tiene poca competencia tecnológica por lo que los costos pueden llegar a crecer.
- La producción de los equipos necesarios es todavía escasa y podrían tardar en suplir la demanda.
- La interferencia en HF (onda corta) es demasiado, y puede dejar inhabilitados varios servicios que se basan en estas tecnologías.
- Se le considera una tecnología de "Desarrollo Insostenible".
- Dependen de las redes eléctricas, si éstas están deterioradas y los cables se encuentran en mal estado o tienen empalmes mal hechos no es posible utilizar esta tecnología.
- Falta de estandarización, ya que en el mundo existen alrededor de 40 empresas desarrollando dicha tecnología.

Estas son algunas de las desventajas recientes, pero hay que tener en cuenta que la tecnología es nueva y que día con día irán aumentando dependiendo de los resultados de las pruebas y estudios que se realicen.

## **1.9 Enlace con Redes de Siguiete Generación (NGN's)**

Para lograr una transformación es indispensable la convergencia de las diversas redes actuales, en una red unificada, multiservicio, de datos centralizados, que ofrezca los servicios a diferentes calidades y costos, en plataformas de servicio abiertos.

El ambiente actual de las telecomunicaciones está conformado por una amplia variedad de redes. La mayoría de estas redes son altamente especializadas y diseñadas para proveer un servicio específico. Podemos referirnos a éstas como “redes integradas verticalmente”. Esta situación multired (“integración vertical”) es el resultado de un proceso de evolución a través de la historia, dificulta la creación de mecanismos que reduzcan costos de operación, portabilidad del servicio, etc.

Estas deficiencias pueden ser remediadas al diseñar la plataforma para el futuro sistema de comunicación por red eléctrica, en donde las líneas divisoras entre la transmisión de voz, datos y multimedia desaparecerán. Esta tendencia tiene implicaciones importantes para el desarrollo de redes de próxima generación y para transportar servicios de comunicación, información y entretenimiento.

La ventaja que esta tecnología de la red eléctrica se base principalmente en la gran cantidad de información que puede manejar mejorando así el ancho de banda para los usuarios y de esta manera darle entrada directamente al proyecto del Internet 2 en donde las velocidades alcanzadas pueden ser manejadas sin mayor problema.

Algunos requisitos de la interacción de la red eléctrica con las redes próxima generación (NGN) serán:

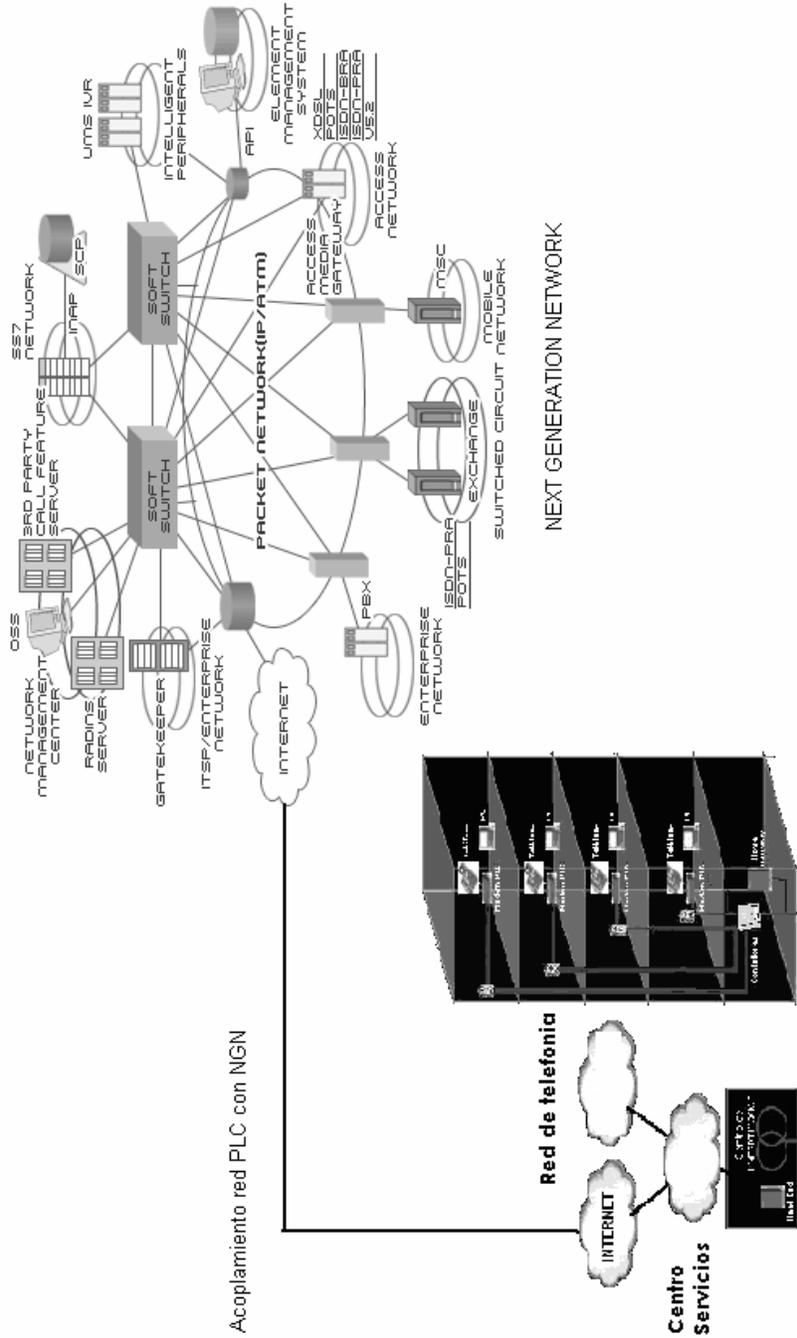
Las redes tendrán que ser capaces de manejar una variedad de tráfico, desde transferencia de archivos sencillos hasta servicios de multimedia.

Soportar acceso por cable e inalámbrico con mucho más ancho de banda del disponible actualmente.

Entregar voz, datos y los servicios de multimedia en tiempo real a gran número de usuarios residenciales y corporativos.

Para poder observar de manera más clara la interacción de la red eléctrica como medio de comunicación de datos con las NGN's, debemos de entender primero que en esta nueva red lo único que cambia es la forma en como se traslada la información y no así los protocolos ya definidos para la misma. En el siguiente diagrama se puede observar más claramente los detalles que tendrían al momento de interrelacionarse.

Figura 4. Acoplamiento Red PLC con Next Generation Networks (NGN's)



EDIFICIO T3. FACULTAD DE INGENIERIA

## **2. DISEÑO DE ESTRUCTURA PARA LA FACULTAD DE INGENIERÍA**

Antes de llevar a cabo el diseño de una red específica es necesario tomar en cuenta varios aspectos que nos pueden afectar en el desarrollo de la misma.

El análisis para el diseño de la estructura que conformara la red debe ser muy específico dependiendo de las necesidades que vayan a satisfacer, debemos de tener en mente que, la red que se va a diseñar debe ser un poco diferente a la que estamos acostumbrados a escuchar, esta red no conformará una LAN específicamente ya que la señal de datos será proporcionada desde un ente externo.

Una vez que hemos quedado en que la red no será una LAN como cualquier otra, podemos definir que la seguridad para nuestras aplicaciones debe de ser más estricta, ya que donde sea que exista un tomacorriente existirá el paso de información.

Además de definir la seguridad debemos de definir los protocolos de comunicación para nuestra red, así como la forma de controlar los paquetes a manera de establecer un firewall que permita brindarnos la seguridad que buscamos.

A continuación se han creado divisiones que nos ayudarán a comprender de mejor manera la situación, llevando paso a paso la elaboración de la estructura de la red, describiendo las actividades y requerimientos necesarios.

## **2.1 Planteamiento del problema**

En la Facultad de Ingeniería la necesidad de comunicación y de información es bastante elevada. Al no contar con la infraestructura necesaria se ve limitada a pocos puntos de acceso, en donde debido a la infraestructura física, es casi imposible obtener conexión a Internet.

Lo que se busca es brindar un diseño apropiado, que con las instalaciones actuales de la facultad, logre cumplir con brindar acceso a Internet a todo el estudiantado que así lo desee.

También definir políticas de distribución de los módems para uso exclusivo de los estudiantes; de esta forma únicamente con su equipo portátil de cómputo y su conexión por vía MODEM PLC será suficiente para que el estudiante logre navegar por la Internet a velocidades que sobrepasan en gran manera la velocidad actual del Internet en la facultad.

Debido a la falta de recursos disponibles en la Facultad de Ingeniería esta estructura de red se basará en utilizar al máximo la infraestructura actual para que si en un futuro se deseara implementar esta tecnología no tuviera ningún tropiezo en comenzar, sino que se utilizara este diseño como una estructura óptima y funcional que cumpliera con el funcionamiento establecido.

## **2.2 Requerimientos de la red**

Tras examinar los recursos e instalaciones existentes, necesitamos definir los requerimientos de la red. Luego adaptaremos estos requerimientos al hardware y software existente y a los dispositivos de telecomunicaciones disponibles, y determinaremos los pasos para llevar a cabo el desarrollo de la red.

Como mínimo, necesitaremos considerar lo siguiente:

- El tamaño de las instalaciones.
- El número de usuarios.
- Tamaño de la LAN.
- El entorno (oficinas, fabricación, exteriores).
- Los conocimientos técnicos de los usuarios.
- El nivel de tráfico de la red.
- El nivel de seguridad.
- Nivel de soporte administrativo disponible.
- Necesidades de los usuarios de la red.

### **2.2.1 Tamaño de las instalaciones**

El diseño está orientado en su totalidad a la Facultad de Ingeniería en específico al edificio T-3 que cuenta con 5 niveles en los cuales se pretende proporcionar la señal de Internet.

Los tomacorrientes se dividen de la siguiente manera:

Nivel inferior	=	43 tomacorrientes
Primer nivel	=	43 tomacorrientes
Segundo Nivel	=	55 tomacorrientes
Tercer Nivel	=	51 tomacorrientes
Cuarto nivel	=	42 tomacorrientes

Datos obtenidos de planos proporcionados por el Jefe del Departamento de Diseño, Urbanización y Construcciones de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

La posición de los tomacorrientes en cada nivel de la facultad demuestran un patrón de seguimiento horizontal el cual brinda un mejor entendimiento de la red, además como se puede observar en los planos no existen demasiados empalmes lo que significa que la pérdida de señal será mínima y no tomará demasiada fuerza del aparato distribuidor el mandar la señal por todo el edificio.

### **2.2.2 El número de usuarios**

Como esta red está pensada para proveer Internet a la mayoría de los estudiantes en la Facultad de Ingeniería, debemos de pensar en aparatos de distribución de gran capacidad para que no importando el número de usuarios conectados, el ancho de banda no varíe demasiado.

La cantidad de usuarios en la facultad que pueden utilizar este servicio se ve incrementada día a día dependiendo de la accesibilidad del servicio. Hay que tomar en cuenta que en toda la facultad existen 234 tomacorrientes que no necesariamente implican solo ese número de usuarios, ya que con una simple extensión por cada una de ellas se puede extender en gran manera.

Debido a la gran cantidad de personas accediendo a la red se deberán de asignar direcciones para cada dispositivo a conectar a manera de mantener el control y propagación de la señal.

### **2.2.3 Tamaño de la LAN**

El tamaño de la LAN está dado por la cantidad de edificios que este diseño abarcará, así como también el número de aulas a cubrir.

En este caso, debido al tipo de tecnología y la infraestructura que se posee, se podría abastecer de la señal a todos los edificios interconectados de la universidad pero como el diseño es orientado específicamente al edificio T-3 de la Facultad de Ingeniería podemos decir que el tamaño de nuestra red LAN no es de mayor tamaño ya que cubriría únicamente un edificio con señal en 5 niveles.

Esto nos facilita las cosas porque la infraestructura actual de la facultad en cuanto al sistema eléctrico ya está realizada y no es necesario re-cablear para la instalación de la red, así que teniendo definida una red pequeña y con el cableado ya listo para la propagación de la señal de datos seguimos con los pasos del diseño.

#### **2.2.4 El entorno**

El entorno es de mucha importancia para el diseño de cualquier red, ya que de éste depende la claridad de la señal y de los posibles problemas que pueda ocurrir con el servicio.

En nuestro caso el entorno de nuestra red es bastante aceptable ya que no cuenta con demasiadas interferencias, y esto se debe a que la propagación de señal no se hará por varios edificios sino que solamente en uno, lo que nos quita la posibilidad de perder señal.

Otro punto a tomar en cuenta serían las extensiones que se han hecho en el edificio, que no cuentan con un asilamiento adecuado, lo cual podría provocar ciertas interferencias en aparatos que utilicen la radio de onda corta.

Como se ha explicado en el primer capítulo de esta tesis, esta tecnología cuenta con problemas de ruido a nivel de onda corta lo que al momento de implementarla en la facultad generaría interferencia. Esto deberá de tomarse en cuenta como un costo para la propagación de la señal.

Al estar nuestro entorno alejado de posibles generadores de ruido debemos de preocuparnos más por la calidad del cableado, y esto solamente con pruebas podremos llegar a la conclusión de que el sistema estará funcionando al 100 por ciento.

### **2.2.5 Los conocimientos técnicos de los usuarios**

Como se planteo la tecnología en el primer capítulo, ésta no presenta mayor complejidad para su conexión por lo que de parte de los usuarios bastaría únicamente con brindar cierta información específica de la conexión del MODEM a su equipo y la configuración del mismo.

Se da por sentado que el usuario que desee acceder a esta red tendrá conocimientos básicos de Internet por lo que únicamente nos preocuparemos por la conexión y establecimiento de direcciones IP para la propagación de la señal.

### **2.2.6 El nivel de tráfico de la red**

Este nivel está dado por la cantidad de módems existentes para conexión en la facultad.

Debido a la tecnología IP sobre la cual está basada esta tecnología podemos verificar la carga de red por medio de un programa especializado en el tráfico de red (sniffer) el cual nos brindaría información importante de usuarios conectados así como del ancho de banda disponible.

Esta tecnología tiene la ventaja de proveer un ancho de banda permanente, sin fluctuaciones por la cantidad de usuarios que se conectan así que el ancho de banda está garantizado para un rango de usuarios que se detallarán más adelante junto a las especificaciones.

### **2.2.7 El nivel de seguridad**

La seguridad es un tema que preocupa a los usuarios de manera muy notable cuando se habla de PLC ya que la red eléctrica es un medio compartido. Quizá tranquilice saber que el control de seguridad de las conexiones se realiza en hardware por los chips de DS2. Hay que señalar que para romper esto hay que conocer el diseño interno y el funcionamiento de los chips de DS2, información que no es pública.

Además, y esto es de una importancia tremenda, se puede utilizar tecnología de encriptación IPSec sobre VPNs o redes privadas virtuales. Las VPNs están teniendo un enorme éxito en la actualidad. Ya que permiten conectar dos redes de manera segura a través de Internet. Imaginemos que la empresa 'A' tiene una sede en la capital y otra en Peten y las quiere conectar de manera segura. Esto se puede hacer mediante una red privada virtual o VPN. Una VPN es básicamente un túnel seguro a través de Internet, gracias a tecnologías como IPSec.

### **2.2.8 Necesidades de los usuarios de la red**

Como es ya conocido, en la Facultad de Ingeniería la necesidad del Internet ha pasado de ser un lujo y se ha convertido en una necesidad para el estudiantado, ya que esta gran red de información les provee datos necesarios a los estudiantes para su desenvolvimiento educativo.

Así como los estudiantes se verán beneficiados por esta tecnología, así también se verán beneficiados los puestos administrativos en donde la cantidad de ancho de banda que necesitan para diversos procesos, como por ejemplo para la asignación de estudiantes por Internet.

La seguridad en estos casos es muy importante porque como se describió anteriormente, estos procesos son de gran delicadeza por los datos que se manejan por lo que una red segura con las características anteriormente mencionadas aumentaría en gran manera la agilidad de estos procesos.

## **2.3 Factibilidad**

El estudio de factibilidad requerido para efectos de nuestro diseño de red, se basa en 3 aspectos o niveles: técnico, económico y operativo.

### **2.3.1 Factibilidad técnica**

El proyecto es, desde el punto de vista técnico, realizable ya que están a la disposición en el mercado los diferentes equipos y dispositivos de comunicación que darán soporte a la implementación del diseño de la red.

Además existe en la actualidad el personal técnico capacitado para manejar los equipos que requerirá la red; este personal que se ocuparía de la instalación de los equipos estaría conformado por gente especializada de la empresa proveedora del servicio.

### **2.3.2 Factibilidad económica**

El costo que genera el diseño de red que proponemos es bajo, ya que la tecnología que emplea, como se describió anteriormente en el capítulo 1, la infraestructura ya está disponible en el edificio y no requiere incurrir en mayores gastos sino que solamente serían el de los equipos de conexión y propagación de señal así como los módems que convertirían la señal para las computadoras; esto se verá más adelante a detalle en los costos por equipo.

### **2.3.3 Factibilidad operacional**

El levantamiento de información realizado determinó que, en el edificio de la Facultad de Ingeniería T3, una red de comunicaciones solucionaría múltiples inconvenientes que en la actualidad se presentan con el manejo de la información de las dependencias que allí funcionan, por lo que se puede aseverar que el personal que labora en éstas, está de acuerdo con el diseño de la Red y harán uso permanente de ésta una vez que sea implementada.

### **2.4 Infraestructura actual de la facultad**

Actualmente la facultad cuenta con una red eléctrica cuya configuración es la misma en cada nivel del edificio. En las siguientes figuras se puede observar el plano del tercer nivel en donde cada tomacorriente se encuentra indicado, es en base a esta configuración que se debe de diseñar un diagrama de componentes adecuado a estas instalaciones.

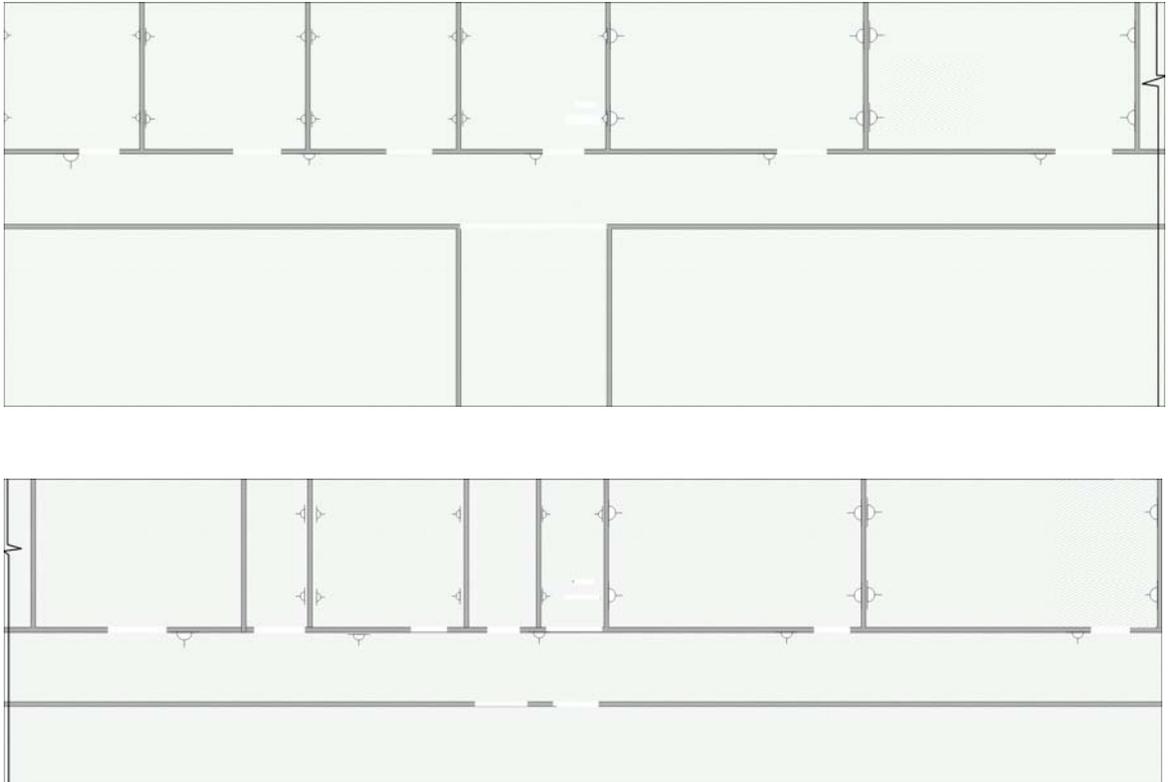
Por el momento, el énfasis no debe ponerse solamente en los aspectos puramente económicos de cada sistema en sí, sino en los beneficios adicionales, tales como la contribución al mejoramiento de la capacidad de distribución y transmisión de la red eléctrica actual, la reducción del impacto ambiental debido a la generación eléctrica mediante fuentes no contaminantes y cuidadosas con el medio ambiente.

El obstáculo que podemos ver con respecto a la nueva red global de energía es que, la red eléctrica fue diseñada para garantizar el flujo energético unidireccional, desde la fuente central hasta los usuarios finales. O sea que la actual infraestructura es incompatible para algunos servicios de radio por onda corta que más adelante se detallan. La idea es complementar a esta nueva red con la red de redes (Internet) y poder controlar la cantidad justa y necesaria de energía para cada una de las necesidades, que en este caso gracias a la infraestructura actual se puede acondicionar de mejor manera para mantener un alto rendimiento en toda la red.

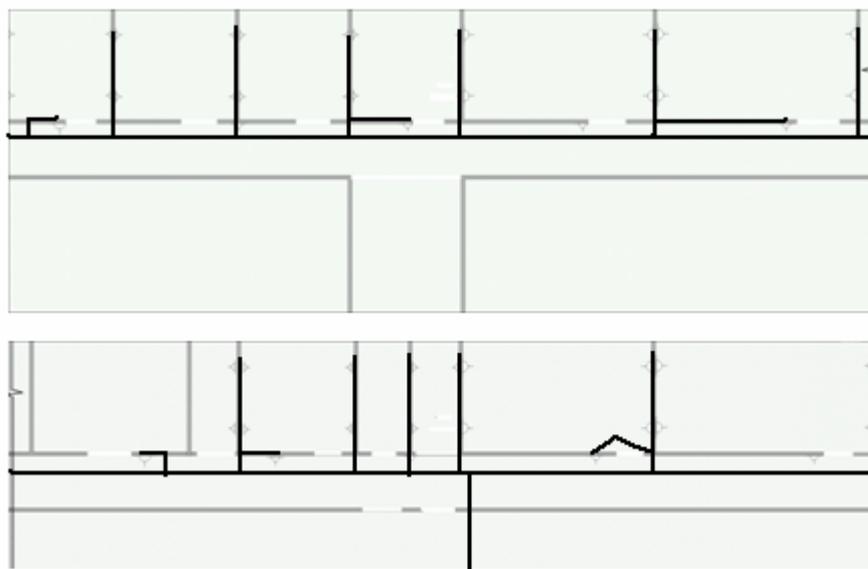
Para que esta tecnología sea implementada en la facultad no es necesario cablear de nuevo, pero si el cableado estuviera en mal estado entonces experimentaríamos caídas de señal, que para evitar esto si sería necesario ver en dónde está el problema o si existieran demasiados empalmes en cada una de las distribuciones. Por el flujo de máquinas que se pretende manejar no es necesario por el momento contemplar el cambio de cableado, ya que el número es relativamente pequeño.

En la siguiente imagen se puede observar la posición de cada uno de los tomacorrientes en un nivel de la facultad y en la siguiente se puede observar el cableado que pasa por cada uno de ellos. Esta imagen está basada en los planos que se hicieron de la facultad.

**Figura 5. Con la posición de los tomacorrientes**



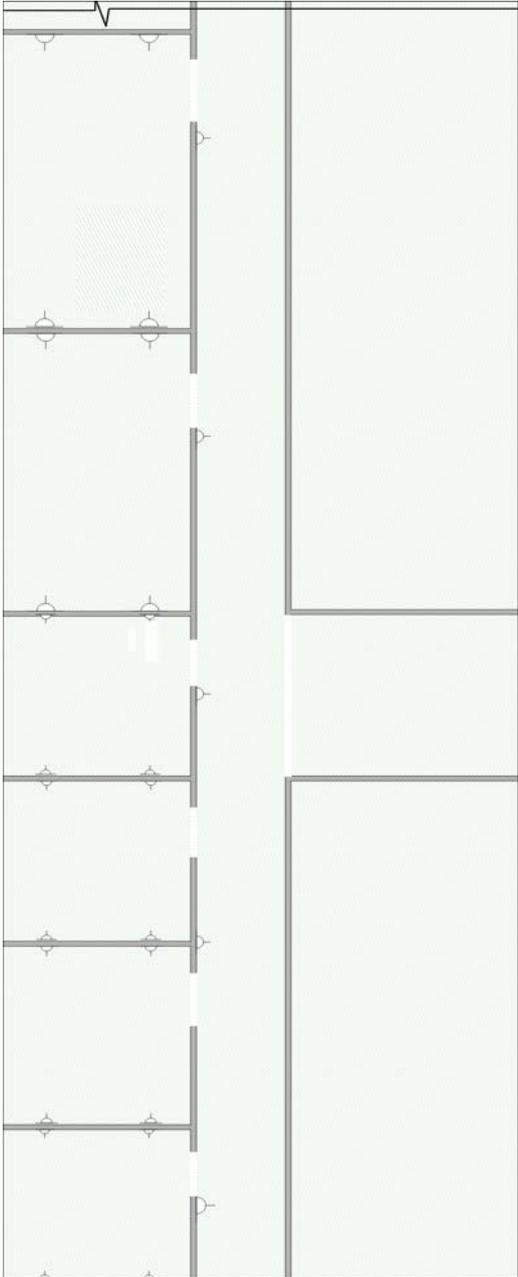
**Figura 6. Con el diagrama del alambrado por nivel**



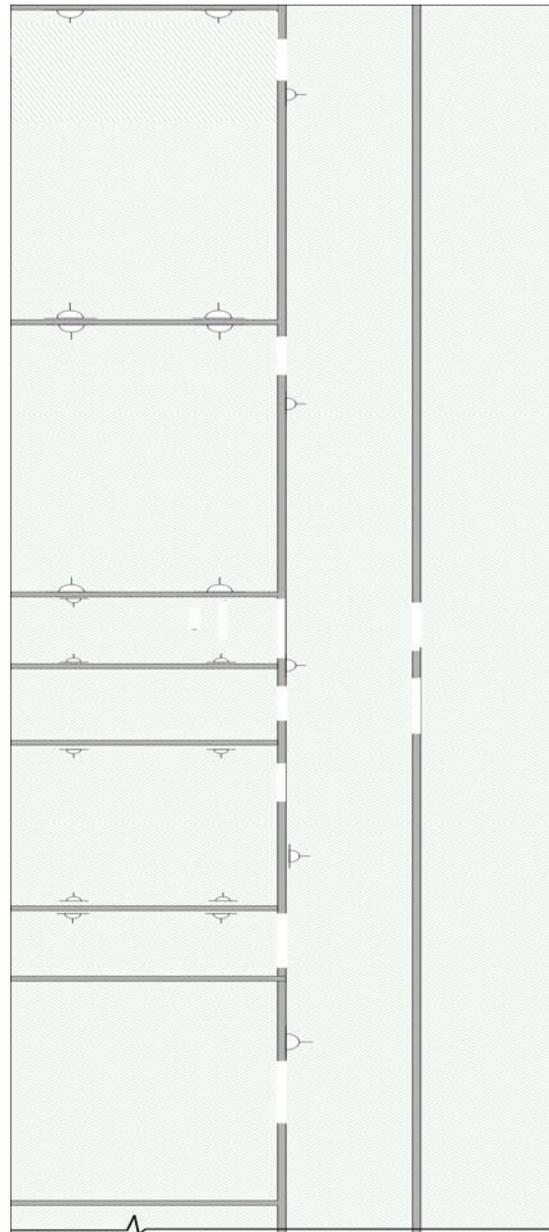
Actualmente la facultad de ingeniería cuenta con cinco niveles contando un nivel inferior y en cada nivel los tomacorrientes están distribuidos de forma similar, las distribuciones de los tomacorrientes en el edificio se detallan en la sección 2.2.1.

Aquí se observa que la diferencia no es mayor por cada nivel, a continuación se muestran dos figuras, las cuales nos brindan una idea de la distribución de los tomacorrientes en un nivel de la facultad que en este caso sería el tercer nivel.

**Figura 7. Distribución de Tomacorrientes. Tercer Nivel, Edificio T3(izquierda)**



**Figura 8. Distribución de Tomacorrientes. Tercer Nivel, Edificio T3 (derecha)**



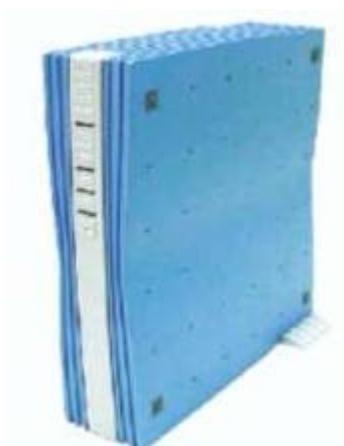
## 2.5 Diseño de la Red

### 2.5.1 Equipo a utilizar

Los aparatos que se utilizarían para la red de la facultad, se detallan a continuación con base a productos actuales del mercado que con el tiempo pueden llegar a cambiarse por otros de mejores prestaciones, los que se muestran a continuación son los que actualmente ocupan el puesto más alto en cuanto a tecnología se refiere.

Comenzaremos con el módem PLC que necesita un usuario de la red en la facultad. Este equipo no sólo proporciona acceso a Internet, sino también servicio telefónico de voz.

**Figura 9. MÓDEM PLC**



El módem de usuario se conecta con un equipo denominado “Repetidor”. Este equipo puede atender hasta 256 módems y se situará en el cuarto de contadores del edificio o manzana, pero en nuestro caso no sería necesario porque el *Head End* nos proporcionará señal potente para todos los usuarios necesarios en la facultad, ahora si el número de usuarios pasara de los 256, entonces sería necesario un Repetidor que se muestra en la figura siguiente:

**Figura 10. Repetidor de señal PLC**



A su vez, el “Repetidor” se conecta con equipo *Head End*. Estos equipos se encuentran en los centros de transformación de la compañía energética. Pero en nuestro caso, como la telefonía de Guatemala lo maneja, sería necesario uno para la facultad en específico en donde se concentrarían los servicios que se quisieran como por ejemplo la telefonía, el Internet y por supuesto la energía eléctrica para que de aquí en nuestro caso saliera la señal directa para los módems PLC o para los repetidores si existieran.

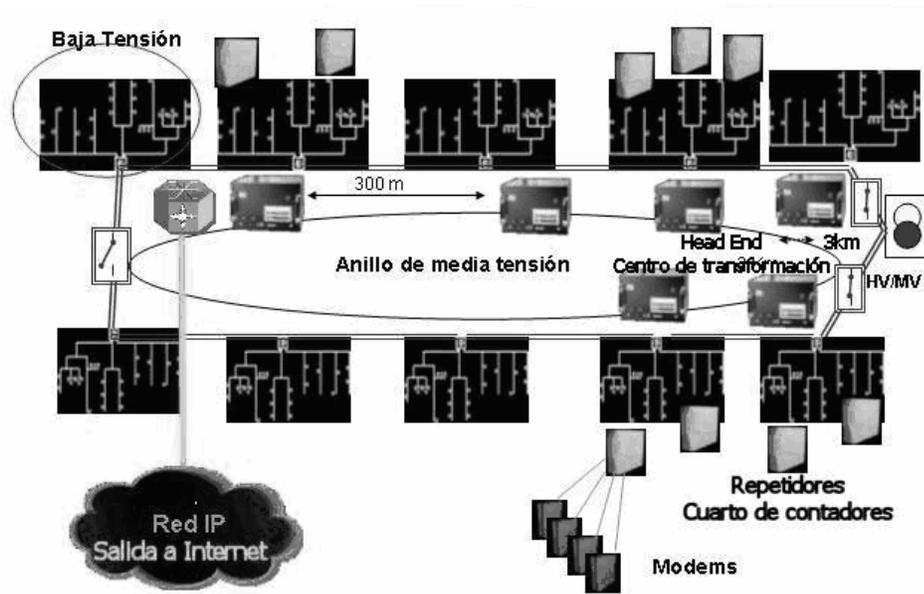
**Figura 11. *Head End***



## 2.5.2 Diseño

El diseño de esta red para la facultad está delimitada por ciertos parámetros que tienden a ser semejantes en las arquitecturas de la red PLC, ya que son casi todas de la misma forma. En la siguiente figura se puede observar una arquitectura básica de la red PLC:

Figura 12. Arquitectura del PLC



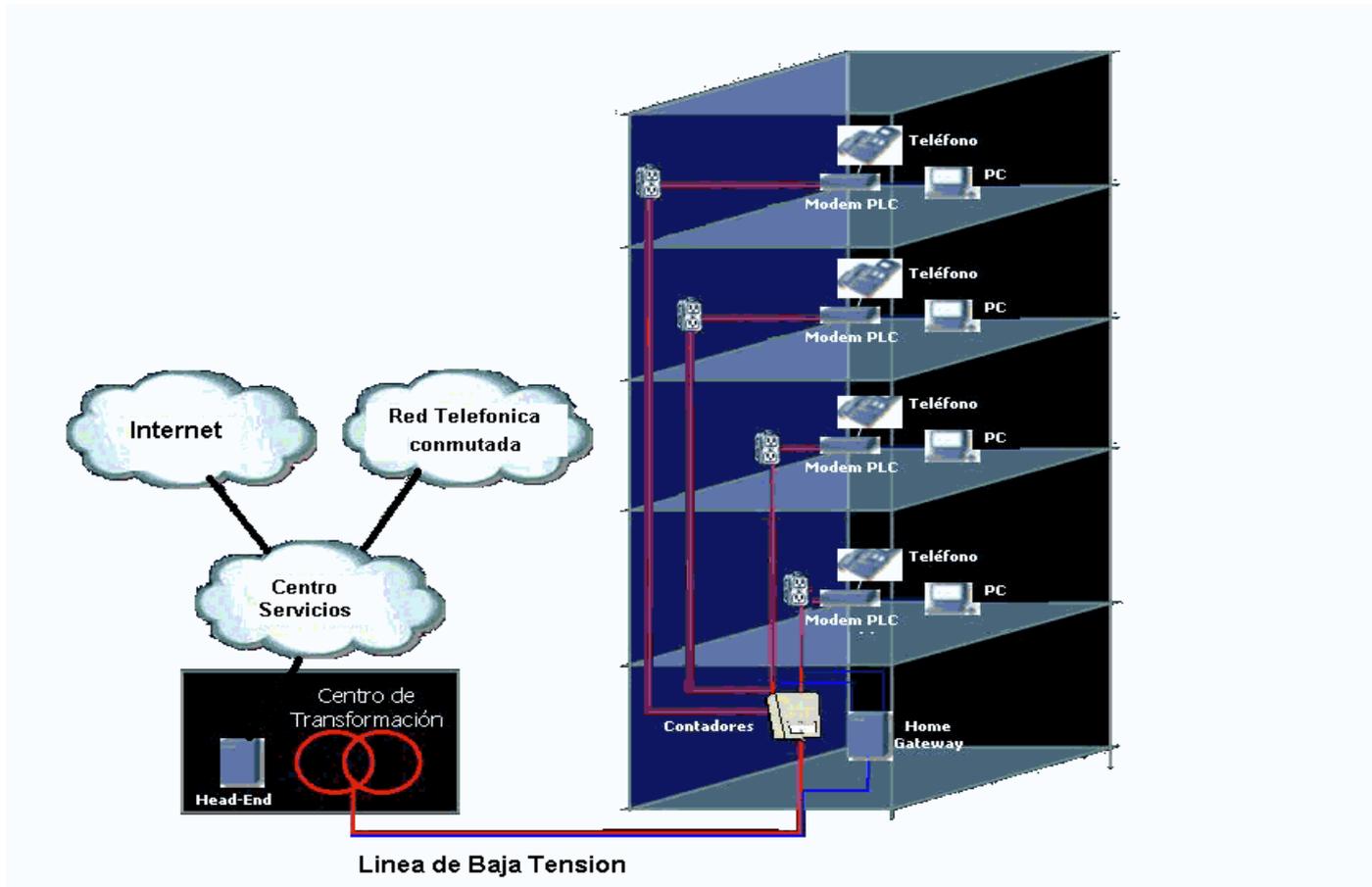
Para los fines de transmisión final la parte que más nos interesa está dada por el tramo de la red que está entre el repetidor y su *Head End* correspondiente. Después, tal y como se puede ver en la figura, pasamos a un nivel en el que los equipos *Head End* se comunican entre sí. Este nivel corresponde a la red de Media Tensión. Aquí, las velocidades actuales son de 135 Mbps.

Para dar salida a Internet uno o varios de los *Head End* se conectan a una red de transporte clásica. Esta red de transporte suele ser SDH/Sonet o Gigabit Ethernet. Esta red de transporte proporciona la salida a Internet.

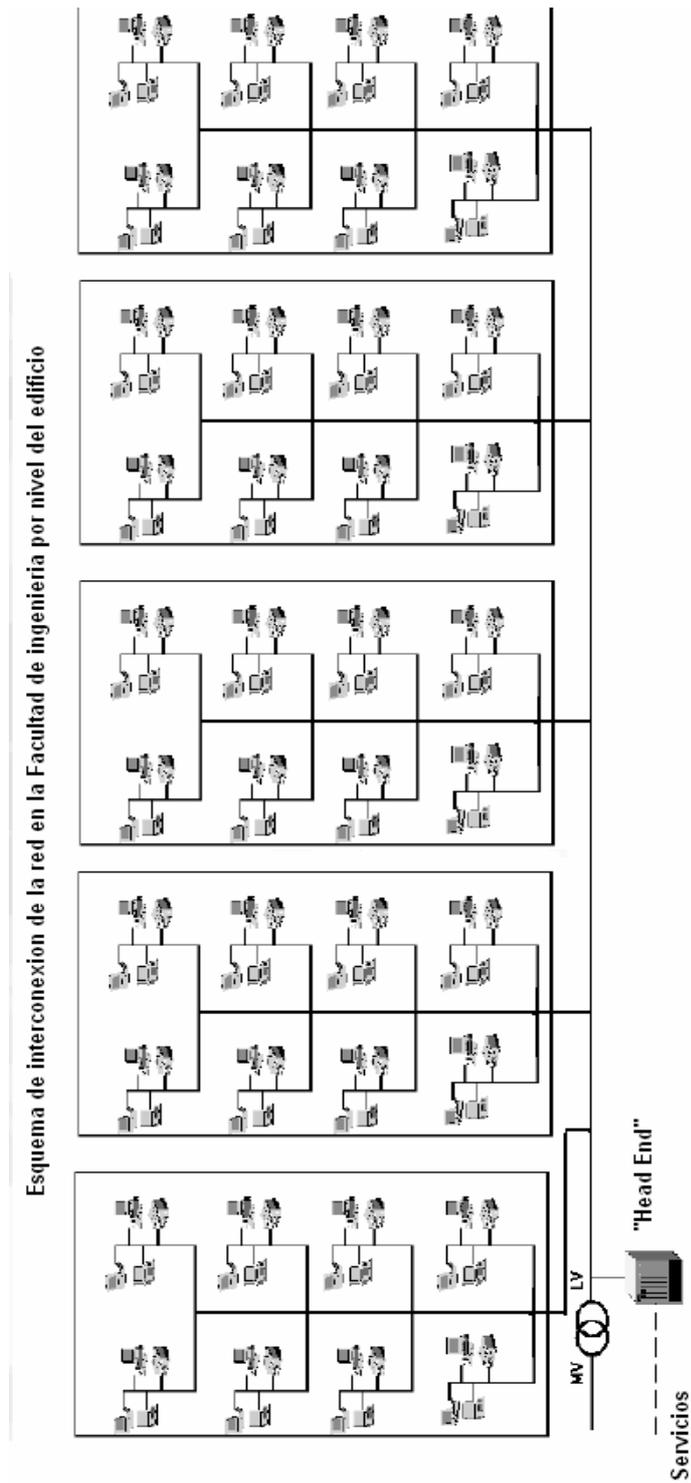
Por lo que un diseño para la facultad, estaría dado por los mismos componentes que en dado caso se podría dar por medio de 2 diseños, esto dependería de la empresa telefónica que nos prestara el servicio ya que estos diseños se registrarán por el lugar en donde la concentración de datos se realiza y si estuviera cerca de la facultad se podría usar esa minimizando costos de lo contrario será necesario un *Head End* en la facultad para que directamente le provea a la facultad.

A continuación se muestra el diseño de la estructura que debería de tener la red PLC, para que fuera aprovechada al máximo en la facultad.

Figura 13. Diseño de la estructura de red para la facultad de ingeniería



**Figura 14. Esquema de interconexión de la red en la facultad de ingeniería por nivel del edificio**



Como se puede observar en la figura no es necesario el uso de repetidores sino que solamente el uso de un inyector de señal a la energía eléctrica, “Head End”, y cada uno de los módems PLC por computador necesarios para la conexión de datos entre la PC y el tomacorriente.

## 2.6 Análisis de costos y comparaciones

Como se pudo observar en el diagrama de la estructura para la facultad, el único gasto se realizaría por la compra de equipos y no en si del alambrado ya que la forma de transporte de datos de esta nueva tecnología ya está instalada en la facultad y la constituyen el alambrado eléctrico.

A continuación se detallan los aparatos necesarios para la implementación de la red en la facultad sin tomar en cuenta el precio de la empresa que realizaría la instalación, costo que no es calculable por estar esta tecnología en pruebas.

Costos de equipo:

**Tabla I. Costo de equipo PLC**

		Valor Unitario	Total
1	HEAD END	\$9,000.00	\$9,000.00
100	MODEM PLC	\$37.00	\$3,700.00
	TOTAL		\$12,700.00

Los precios anteriormente mencionados tienen como fuente la telefónica Comcel de Guatemala, y la empresa Iberdrola en España.

Los costos por la instalación y configuración del *Head End* no se especifican debido a lo nuevo de la tecnología, ya que por esto mismo la empresa de la telefonía que proporciona actualmente el servicio no quiso dar información acerca de los costos del mismo, así también como los costos del servicio de Internet aún están de manera confidencial.

Sería imposible tomar una decisión en cuanto a si esta red es la apropiada sin antes tener otras posibilidades a tomar en cuenta. Para su comparación dentro de este trabajo se ha tomado otra posibilidad de propagación de Internet por la facultad, la que sería por cable utp.

A continuación se muestra un breve desarrollo de los costos de esta tecnología:

Tecnología de alambrado con cable utp:

Aproximado de 5175 metros de cableado por el edificio

Costos:

**Tabla II. Costos por alambrado UTP**

		VALOR UNITARIO	TOTAL
6000	Mts. De cable UTP	\$0.50	\$3,000.00
7	Switch de 7 puertos	\$30.00	\$210.00
	Instalacion y material		\$10,000.00
	TOTAL		\$13,210.00

## **Comparación:**

### **Costos**

La tecnología PLC logra obtener menor cantidad de costo a pesar del alto precio del equipo en cambio el alambrado convencional con cable UTP es más costoso y esto se debe a la mano de obra que implica para poder alambrar todo el edificio.

### **Tiempo**

El PLC no necesita el tiempo de instalación del alambrado por lo que su instalación es inmediata y no necesita de mucho tiempo para estar en funcionamiento óptimo, no así la tecnología de alambrado por UTP ya que ésta necesita el tiempo de colocar el cableado y de obras civiles relacionadas al mismo.

### **Utilidad**

La tecnología PLC nos ofrece un ancho de banda para cada conexión de 4mbps que en cambio la otra tecnología no nos provee y aún con la máxima conexión o a T1 lograría alcanzarle y así incrementaría el costo monetario por encima de lo establecido.

A continuación se presentan dos tablas, en las cuales se realizan comparaciones tanto de las características de la tecnología como de las ventajas y desventajas de la tecnología suponiendo para estos casos extremos.

En cuanto a las características, podemos definir un listado en el cual se puede observar que cuenta con la mayoría de éstas, pero que a la vez ésta se adapta a las necesidades de las empresas. En la tabla siguiente podemos observar estas características:

**Tabla III. Análisis de características**

Características	INTERNET	
	CABLEADO UTP	PLC
TELEFONIA IP	NO	SI
VIDEOCONFERENCIAS	SI	SI
INTERFERENCIAS DE RADIO	NO	SI
SEGURIDAD VOLTAJE (UPS)	SI	NO
COSTO MENSUAL APROX	Q 8,000 - Q 10,000 ---1.5MB	Q 8,000 - Q 10,000 ---1.5MB
COSTO INSTALACION APROX	Q101,244	Q97,204
FLEXIBILIDAD PARA ESTACIONES DE TRABAJO	NO	SI
CONTRATO DE PERMANENCIA	NO	SI

Por la parte de telefonía IP es casi imposible por medio del cableado UTP, ya que no se recomienda porque que esto implicaría un consumo de ancho de banda que dejaría a los demás servicios sin nada del mismo, en cambio en la tecnología PLC el ancho de banda de la red interna de la empresa es más grande, que incluso el ancho de banda que necesitan los demás servicios; no ocupan ni la mitad del ancho de banda total , en cuanto a las videoconferencias , éstas utilizan menos ancho de banda.

En la tabla, las 2 tecnologías tienen SI, en cuanto a la característica, pero no tienen el mismo rendimiento, ya que lo que limita al cableado es el ancho de banda que maneja. Lo que es muy importante dentro de las características es la interferencia por radio. Esto se debe al ruido que genera la tecnología PLC y que afecta a los radios de onda corta que se utilizan como comunicación.

Por el lado de la seguridad de los equipos la tecnología PLC no cuenta con la misma y esto lo vemos en los UPS o reguladores de voltaje, ya que estos al estar entre el MÓDEM PLC y la corriente eléctrica causan pérdida de datos y la señal de Internet ya no llega al equipo destino.

- En cuanto a costos podemos notar que las dos tecnologías no tienen una diferencia muy grande, esto se debe a que estos costos son solamente de instalación, pero más adelante veremos que, si se presentan varios casos extremos o inconvenientes la inversión por recableado y de hardware incrementa más el costo en el cableado normal que en PLC.
- En cuanto a la flexibilidad que tiene cada una de las mismas, simplemente en la tecnología PLC cualquier cambio estructural , físicamente hablando, no requiere de una inversión de hardware y por el lado contrario el cableado tradicional si requiere de una inversión mucho más alta. Esto se puede ver más a detalle en la tabla IV que se presenta en la siguiente parte.
- Por el lado de la infraestructura y no del servicio de Internet, podemos ver que el cableado ya no cuenta con un servicio mensual de suscripción a la empresa que lo instale, en cambio del lado del PLC esto si es casi obligatorio, ya que el hardware que inserta la señal en la corriente eléctrica es bastante delicado y siempre requiere de mantenimientos especializados.

Los costos son aproximados, el ancho de banda que se utiliza es de 1.5 MB y éste es provisto por una empresa que no es necesariamente la que brinda la infraestructura, los costos de instalación están basados en los costos que se describen en la sección previa en donde se hace un estudio de los posibles componentes necesarios para la infraestructura diseñada.

En la tabla IV contamos con un panorama inicial que es con 100 maquinas conectadas en las localidades que se presentaron en la sección anterior.

- En cuanto a usuarios por máquina, para el evento inicial, se tienen en el sistema de módems la compra de 100 módems que estarán en la escuela de sistemas y que se entregarán de la misma manera como se hace la entrega de proyectores.
- Para cuando se agregan 50 usuarios más se toma el cableado extra de cable UTP y la compra de más módems en el PLC.
- Para la reorganización se hace un supuesto de que el cambio implica los mismos 50 usuarios colocarlos en otro lugar no muy apartado del anterior.

**Tabla IV. Comparación de costos entre ambas tecnologías**

	COSTO DE MANTENIMIENTO MENSUAL		COSTO MENSUAL SERVICIO INTERNET		ANCHO DE BANDA		HARDWARE		SEGURIDAD DE EQUIPO	
	UTP	PLC	UTP	PLC	UTP	PLC	UTP	PLC	UTP	PLC
<b>INICIAL</b>	Q. 0.00	Q. 400.00 + Hardware a cambiar	Q. 8,000 - Q. 10,000	Q. 8,000 - Q. 10,000	15.36 KB aprox. c/u	1.5 MB aprox. c/u	Q101,244.00	Q97,204.00	UPS para equipos	No se puede proteger.
<b>AGREGAR 50 USUARIOS</b>	Q. 0.00	Q. 400.00 + Hardware a cambiar	Q. 8,000 - Q. 10,000	Q. 8,000 - Q. 10,000	10.24 KB aprox. c/u	1.5 MB aprox. c/u	Q21,505.00 + Q14,189.00 + Q101,244.00	Q97,204.00	UPS para equipos	No se puede proteger.
<b>REORGANIZACION Y CAMBIO DE PUNTOS DE ACCESO</b>	Q. 0.00	Q. 400.00 + Hardware a cambiar	Q. 8,000 - Q. 10,000	Q. 8,000 - Q. 10,000	10.24 KB aprox. c/u	1.5 MB aprox. c/u	Q43,010.00 + Q14,189.00 + Q101,244.00	Q97,204.00	UPS para equipos	No se puede proteger.
<b>IMPLEMENTACION TELEFONIA IP</b>	No Aplica	Q. 400.00 + Hardware a cambiar	No Aplica	Q. 8,000 - Q. 10,000	NO APLICABLE	1.5 MB aprox. c/u	No Aplica	Solamente gastos de los telefonos	UPS para equipos	No se puede proteger.
<b>NUEVAS MAS ALEJADAS FISICAMENTE</b>	Q. 0.00	Q. 400.00 + Hardware a cambiar	Q. 8,000 - Q. 10,000	Q. 8,000 - Q. 10,000	Depende de la distancia por perdida de datos	1.5 MB aprox. c/u	seria como recablear de nuevo o se agasta 21,505.00	existe deho o se agasta	UPS para equipos	No se puede proteger.

Como podemos observar en la tabla IV se puede notar que en cuanto a costos la tecnología PLC es mucho mejor a largo plazo , esto quiere decir que al inicio las diferencias son mínimas pero conforme van surgiendo nuevos cambios o demandas la tecnología actual se vuelve demasiado costosa, incluso como se puede ver en la tabla que para sucursales demasiado alejadas se debe tomar en cuenta la distancia para no perder datos. Otra desventaja que sale a relucir en la tabla de la tecnología convencional, es que el ancho de banda disminuye dependiendo del número de máquinas que estén conectadas, esto se debe a que comparte la misma entrada en todos los usuarios. En cambio con PLC el ancho de banda es fijo por cada MODEM PLC que se conecte al cableado y que para nuestro caso, que ya se cuentan con los MODEMS en la escuela, el ancho de banda no se vería afectado por cada terminal que accede a Internet. Podemos ver que la única parte en donde el PLC se ve afectado es por la seguridad de los equipos en cuanto al voltaje ya que como se vio en las características no es posible colocarles un regulador de voltaje porque con esto se perdería la señal de Internet.

Estas tablas nos ayudan a poder ver las ventajas y desventajas de cada una de estas tecnologías y que depende de la necesidad o de lo escalable que uno quiera tener su infraestructura para que en base a las tablas podamos tomar una decisión de la que nos convendría más.

## 2.7 Aplicaciones exitosas

En Guatemala esta tecnología está comenzando; incluso en países como España aún no se ha comercializado por completo debido a la fase de pruebas que esta tecnología debe de pasar para comprobar a plenitud si no interfiere con los demás servicios, es por esto que las empresas que accedieron a realizar pruebas con la nueva tecnología son empresas que tienen la necesidad de manejar altos anchos de banda debido a la cantidad de transacciones que manejan sus negocios.

La mayor ventaja que esta tecnología le brinda a empresas guatemaltecas principalmente radica en lo siguiente:

- Se emplea la infraestructura ya existente, evitando así obras y cableado adicional, ya que todos los edificios están cableados por la red eléctrica
- Tecnología de banda ancha: Velocidades de transmisión de hasta 45 Mbps en el tramo de la Baja Tensión (Domicilios) y de hasta 135 Mbps en el tramo de la Media Tensión.
- Proceso de instalación sencillo y rápido para el cliente final. Toma única de alimentación, voz y datos (Enchufe eléctrico).
- Equipo de conexión Módem PLC.
- Transmisión simultánea de voz y datos.
- Conexión de datos permanente (activa las 24 horas del día).
- Permite seguir prestando el suministro eléctrico sin ningún problema.

El costo de esta tecnología aún no ha salido al mercado así como tampoco su uso legal bajo normas de protección por lo que por algunos años esto permanecerá de forma secreta.

Por el momento, en Guatemala ya existen algunas empresas que cuentan con este servicio, aquí se ha manejado de la siguiente manera, existe una empresa que brinda el servicio de la tecnología, es decir, brinda toda la infraestructura para hacer posible la conectividad de las terminales por medio del sistema eléctrico dejando listo todo solamente para proveer los servicios que se deseen por este medio, además existe otra empresa que es la que se encarga de brindar el servicio del Internet. Esta parte es más fácil ya que contando con toda la infraestructura solamente es trabajo del administrador del sistema definir su propia red con permisos, seguridades y demás aspectos que comprende cualquier red de sistemas y con la señal de Internet en la entrada basta solamente con generar políticas para los usuarios.

Esto no quiere decir que ya exista un esquema generalizado para la implementación de este servicio, cada empresa dependiendo de sus necesidades adapta la tecnología a su propia conveniencia.

Algunas de las empresas que ya cuentan con esta tecnología son:

Colegio Capouillez, Ingenio Madre Tierra, Edificios como El Triangulo, Géminis 10, Multimédica, María del Alma, Clínicas Médicas, Condominios como Santa Sofía, Palos Verdes.

Para demostrar que cada empresa adapta esta tecnología a sus necesidades se mostrarán dos casos que corresponden a dos de las empresas anteriormente mencionadas.

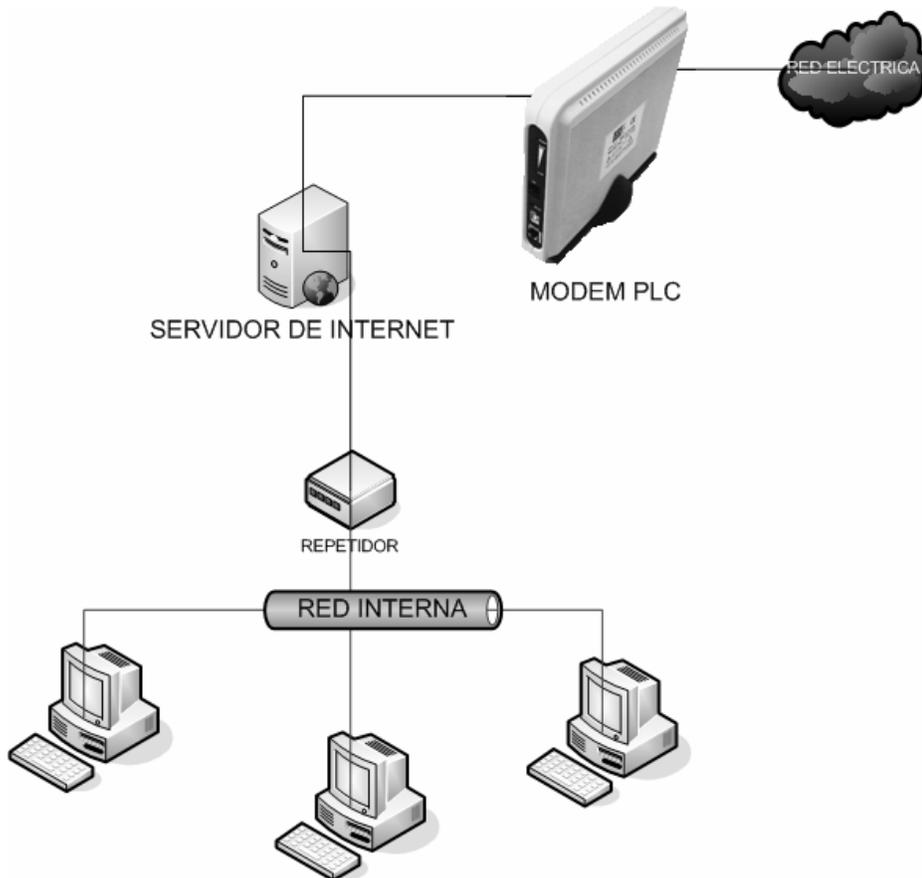
**Caso uno:**

La empresa uno utiliza esta tecnología en sus oficinas administrativas, que no son de gran tamaño. Esta es la razón por la cual ha orientado de diferente manera su solución con esta nueva tecnología.

Como lo hemos visto hasta el momento hemos propuesto soluciones en las cuales la Internet es propagada por todo el sistema eléctrico y únicamente con un MÓDEM PLC podemos obtener esta señal del tomacorriente directamente a la PC, pues esta idea no es equivocada pero en este caso la empresa no lo vio de esta manera porque no cuentan con muchas terminales ni con el presupuesto para comprar varios aparatos para obtener la señal directamente por lo que se optó por la solución de contar con un servidor que provee Internet a las demás terminales por los medios comunes(entiéndase cable UTP).

Su esquema de red está conformado de la siguiente manera como se puede observar en la siguiente gráfica:

Figura 15. Esquema de red caso uno



La idea se basó principalmente en que las oficinas administrativas se encuentran en un edificio en donde ellos son solamente un local entre muchos. Este edificio ya cuenta con el sistema eléctrico y con el servicio de Internet de 512KB para cada una de las terminales que se deseen conectar; de allí que la solución fue obtener el servicio para una máquina y de aquí proveer a las demás terminales por lo que la empresa únicamente cuenta con un MODEM PLC que obtiene la señal del tomacorriente y lo envía directo al servidor de donde las demás pueden obtener la señal. Obviamente en este tipo de configuración se tienen 512KB de ancho de banda que se dividen dentro del número de terminales con los que cuentan. Esta limitación no estaría dada si cada una de las terminales tuviera su propio MODEM PLC ya que de esta manera cada terminal tendría el mismo ancho de banda inicial.

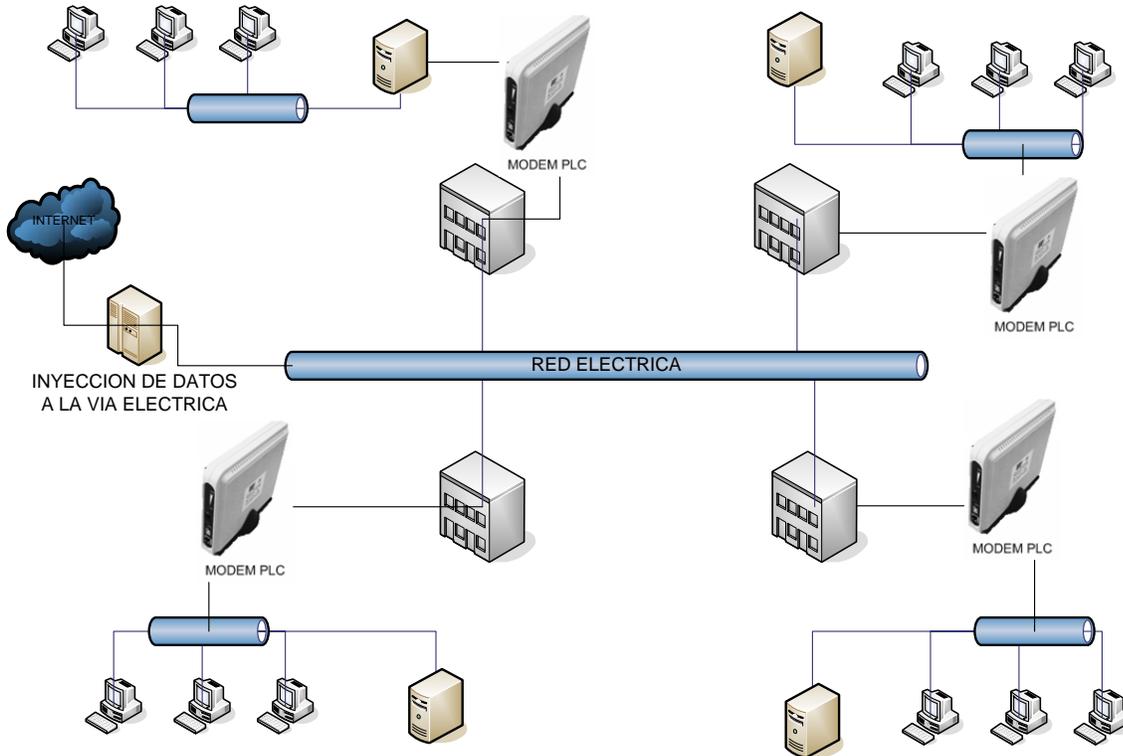
Con este ejemplo podemos ver como un sin fin de circunstancias afectan la toma de decisión en cuanto al esquema que se desee implementar ya que aquí lo que influyo para la toma de esta decisión fue que el servicio no requería de mucho ancho de banda para las terminales y bastaba con un servidor que proporcionara el ancho de banda compartido.

### **Caso dos:**

Como se ha visto la opción a elegir depende de muchos aspectos. En este segundo caso es una institución que cuenta con numerosas terminales y las tiene distribuidas en departamentos en toda la empresa; el inmueble de esta empresa es bastante grande, ya que cuenta con dos cuadras que están divididas por una calle, y es aquí en donde nace la necesidad de esta tecnología para la minimización de costos.

Se ha optado por una configuración similar al caso anterior solo que en mayor escala, y esto se ejemplifica mejor en la siguiente gráfica:

**Figura 16. Esquema de red caso dos**



Tal y como lo muestra la figura 16 estos edificios se encuentran físicamente retirados por lo que los costos de los enlaces que deberían de tener para mantener la infraestructura actual serían muy elevados. Este esquema es básicamente una ampliación de la estructura del caso uno.

Aquí han elegido la opción de mejor servicio aprovechando al máximo esta nueva tecnología, ya que en esta empresa prestan varios servicios de banda ancha que bajo otras circunstancias implicaría mayores gastos. Esto ha colocado a esta empresa en un nivel competitivo muy alto en el mercado guatemalteco, ya que le permite contar con una infraestructura escalable.

Estos dos casos reprecian la forma en que las empresas en Guatemala han utilizado esta tecnología y la han adecuado a sus necesidades colocándolas así entre las pocas empresas que pueden llegar a brindar un sin fin de servicios que las demás empresas a nivel nacional no pueden.



## CONCLUSIONES

1. La tecnología del PLC nos brinda mucha facilidad de instalación y velocidades superiores a las proporcionadas actualmente permitiéndonos no sólo Internet, sino una infinidad de servicios por el mismo medio de transporte.
2. Esta tecnología como cualquier otra emergente, actualmente cuenta con efectos secundarios que pueden llegar a afectar su distribución a nivel nacional, ya que esta produce demasiado ruido y afecta en gran manera la transmisión de radio de onda corta, por lo que se debe de analizar este coste contra los beneficios de la tecnología.
3. El diseño para una instalación cualquiera se desarrolla de manera fácil debido a que la instalación mayor (cableado) ya existe, por lo que solamente es necesario ubicar los concentradores de energía e instalar el dispositivo que convierte la señal, para unir todos los servicios necesarios en la energía eléctrica.
4. Con respecto a la seguridad, no se debe de tener mucha preocupación más allá de la que se ha tenido con las demás tecnologías, ya que con una VPN podremos seguir cuidando nuestra información de intrusos a la red.

5. Por el nivel de inmadurez con que cuenta esta tecnología en nuestro país, no es posible conseguir todos los datos específicos de los dispositivos por temor de las compañías a perder su mercado.
  
6. Para la implementación de un diseño en la Facultad de Ingeniería es necesario crear nuevos enlaces en el sistema eléctrico que aisle las líneas para que el ruido no afecte esta señal. Así como también realizar un estudio de los empalmes en todo el edificio y determinar si no pueden incurrir en pérdida de señal.

## RECOMENDACIONES

1. Realizar un estudio más específico de las señales, las cuales se verán afectadas por esta tecnología antes de empezar a instalarla.
2. Realizar un estudio más profundo de las condiciones actuales del alambrado en donde se desee propagar la señal, para verificar que no existan desgastes y deterioros.
3. Al momento de querer implementar una red como ésta, debe tenerse en cuenta la disponibilidad del equipo, ya que en nuestro país por no tener una distribución completa del servicio puede que algunos no se encuentren disponibles.



## BIBLIOGRAFÍA

1. Comentario en <http://www.caravantes.com/arti03/electric.htm> 25/05/2003
2. 26-04-2003. Asociación de Internautas: PLC, Internet por el cable de la luz <http://www.internautas.org/article.php?sid=461>
3. ARRL la principal asociación de radioaficionados del mundo
4. Comentario a la prensa de Madrid (España) Jim Haynie presidente de la ARRL el 6 de agosto del 2003
5. <http://usuarios.lycos.es/urde/bpl/bpl.htm> Febrero 2002
6. Universidad Politécnica de Madrid: Aspectos electrónicos en la transmisión de datos vía la red de distribución eléctrica. <http://laurel.datsi.fi.upm.es/~avega/domotica/main.html> Marzo 2003
7. David Moreno Rus (Responsable de Prensa AUI) en febrero 2005 <http://www.aui.es/biblio/articu/Articulos/010701enchufadosainternet.htm>

## REFERENCIA ELECTRÓNICA

8. <http://barrapunto.com/article.pl?sid=03/10/07/0910227> Mayo 2005
9. <http://www.aclantis.com/Imprimir-Noticia-3283.html> Mayo 2005
10. Telefonía comcel, conferencia impartida en el congreso de estudiantes de ciencias y sistemas de la universidad de san Carlos. Guatemala septiembre del 2004.
11. <http://www.hispazone.com/conttuto.asp?IdTutorial=95> Junio 2005



## ANEXO

### **Banda ultra ancha: la conexión inalámbrica de la siguiente generación**

Generalidades: La transición al mundo real

En el hogar digitalizado de un futuro no muy lejano, la gente compartirá fotografías, música, video, datos y voz entre los aparatos electrónicos, PC y dispositivos móviles conectados en red en toda la casa y aun de manera remota. Por ejemplo, los usuarios podrán enviar secuencias de contenido de video de su PC o aparato electrónico doméstico (CE) —como una videocámara, reproductor de DVD o grabadora de video personal— a una pantalla plana de HDTV (televisión de alta definición) sin utilizar cables.

Un candidato principal para hacer realidad esta posibilidad es la banda ultra ancha (UWB\*), una tecnología inalámbrica diseñada para las redes de área personales (PAN) de corto alcance. Este año, la UWB realiza la transición de los laboratorios a la estandarización, un paso importante hacia el desarrollo de productos del mundo real.

Los recientes logros del sector en el campo de la UWB van desde los investigadores que presentan demostraciones para probar el concepto, hasta la formación de grupos de trabajo en el sector que definirán las capas físicas (PHY) y MAC de UWB, así como las aplicaciones que funcionarán sobre la plataforma de radio. En los EE.UU., la Comisión Federal de Comunicaciones (FCC) ha emitido un mandato para que la transmisión de radio de UWB pueda operar de manera legal en el rango de 3,1 GHz a 10,6 GHz, a una potencia de transmisión de  $-41$  dBm/MHz. Los organismos reguladores japoneses han emitido la primera licencia experimental de UQWB que permite la operación de un transmisor de UWB en Japón.