

**PREFACTIBILIDAD DE LA IMPLEMENTACION DE LA TECNOLOGIA PLC EN  
TELEMETRIA PARA REDES DE DISTRIBUCION**

**MILSON ERNESTO GROSSO GALINDO  
JUANSEBASTIAN URREGO RIVEROS**

**UNIVERSIDAD DE LA SALLE  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA  
BOGOTÁ  
2007**

**PREFACTIBILIDAD DE LA IMPLEMENTACION DE LA TECNOLOGIA PLC EN  
TELEMETRIA PARA REDES DE DISTRIBUCION**

**MILSON ERNESTO GROSSO GALINDO  
JUANSEBASTIAN URREGO RIVEROS**

**Proyecto de grado para optar por el título de Ingeniero Electricista**

**Director, Ing. Oscar David Florez Cediel  
Profesor Asociado Universidad de La Salle**

**UNIVERSIDAD DE LA SALLE  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA  
BOGOTÁ**

**2007**

Nota de aceptación:

---

---

---

---

---

---

---

Firma del presidente del jurado

---

Firma del jurado

---

Firma del jurado

Bogotá Febrero 13 de 2007



## **AGRADECIMIENTOS**

Queremos dar gracias a Dios, por concedernos y darnos la capacidad de asumir este nuevo reto en nuestras vidas, a nuestros padres, amigos y compañeros Diana Sandoval, Felipe Leal, Daniel Urrego y Angelica Chapeta quienes han compartido y colaborado en el transcurso de nuestros estudios y que nunca escatimaron una voz de aliento para que todo esto fuese posible.

Igualmente queremos agradecer a nuestro director de proyecto, Ingeniero Oscar David Florez Cediell, quien estuvo constantemente involucrado en el desarrollo del proyecto brindándonos su asesoría y supervisión.

.



## CONTENIDO

CONTENIDO .....	4
INDICE DE FIGURAS .....	6
INDICE DE TABLAS .....	8
INTRODUCCION .....	9
1. ANALISIS DE LA TOPOLOGIA DE REDES DE DISTRIBUCION.....	11
1.1 CONSIDERACIONES GENERALES: .....	11
1.2 REDES DE DISTRIBUCIÓN DE POTENCIA .....	11
1.3 CARACTERÍSTICAS DE LAS LINEAS DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA.....	14
1.4 INFRAESTRUCTURA DEL SISTEMA .....	16
1.5 EL CANAL ELECTRICO .....	19
1.6 EL CANAL PLC .....	20
2. TECNOLOGÍA PLC .....	21
2.1 DESCRIPCIÓN GENERAL .....	21
2.2 METODOS DE MODULACION.....	23
2.3 PRINCIPIOS DE LA MODULACIÓN.....	26
2.4 TELEMETRIA AUTOMATICA .....	27
2.5 FABRICANTES DE EQUIPOS PARA TELEMETRIA EN REDES DE DISTRIBUCION .....	29
2.6 EXPERIENCIAS EN MARCHA EN EL MUNDO .....	39
3. DESARROLLO DE UNA RED INTELIGENTE .....	40
3.1 LOS OBJETIVOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE PLC SON:.....	40



3.2 Aplicaciones de la red inteligente:.....	40
3.2.1 Características y beneficios de la red inteligente: .....	41
3.3 Componentes de la red inteligente .....	42
3.4 Descripción de la conformación de la red. ....	43
3.5 Dispositivos del sistema de telemetría automática remota .....	44
3.5.1 Unidad de acoplamiento de media tensión (MT).....	44
3.5.2 MODEM PLC .....	45
3.5.3 Medidor o analizador de red .....	46
3.5.4 Computador Central.....	47
3.6 Parámetros de diseño de la red inteligente.....	49
4. ANALISIS COMPARATIVO .....	50
4.1 ANÁLISIS DE COSTOS.....	50
4.2 ANÁLISIS DE LA MATRIZ DOFA PARA EL PROYECTO PLC .....	59
4.3 ANÁLISIS ESTRATEGICO .....	60
5. CONCLUSIONES .....	61
BIBLIOGRAFIA.....	63



## INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Sistema de Transmisión y distribución de potencia .....	12
Figura 1.2 Línea convencional de media tensión.....	14
Figura 1.3 Línea de red trenzada.....	15
Figura 1.4 Red de distribución europea .....	17
Figura 1.5 Red de distribución norteamericana .....	18
Figura 1.6 Red de distribución colombiana, tensión de suministro .....	19
Figura 1.7 Análisis de la función de transferencia de una línea de transmisión para diversas longitudes y frecuencias .....	20
Figura 1.8 MODELAMIENTO DE UN CANAL PLC.....	20
Figura 2.1 Unidad de Acoplamiento.....	22
Figura 2.2 Modulación BFSK .....	24
Figura 2.3 Modulación BPSK.....	24
Figura 2.4 Modulación ASK .....	25
Figura 2.5 Modulación OFDM .....	26
Figura 2.6 Componentes de un sistema AMR .....	27
Figura 2.7 Configuración Tipica .....	30
Figura 2.8 Frecuencias típicas de operacion ASCOM .....	30
Figura 2.9 Configuración de DS2.....	32
Figura 2.10 Configuración de equipos de Mainnet.....	35
Figura 2.11 Arquitectura de Amperion Connect TM.....	37
Figura 2.12 Equipos PLC Amperion.....	37
Figura 3.1 ARQUITECTURA AMR.....	42
Figura 3.2 CANAL PLC ESPECÍFICO .....	43
Figura 3.3 Unidad de acoplamiento instalada en una subestación de media tensión .....	44
Figura 3.4 MODEM PLC .....	45
Figura 3.5 Arquitectura de la red con MODEM PLC .....	46



Figura 3.6 Equipos de medición.....	47
Figura 3.7 Software de análisis de la red por medio de PLC .....	48
Figura 4.1 Análisis Vertical Proyecto A materiales .....	48
Figura 4.2 Análisis Vertical Proyecto A mano de obra .....	48
Figura 4.3 Análisis Vertical Proyecto B materiales.....	48
Figura 4.4 Análisis Vertical Proyecto B mano de obra .....	48
Figura 4.5 Cuadro comparativo de costos .....	48





## INDICE DE TABLAS

Tabla 4.1 Costo del proyecto A.....	51
Tabla 4.2 Análisis vertical del proyecto A. ....	52
Tabla 4.3 Costo del proyecto B.....	54
Tabla 4.4 Análisis Vertical Proyecto B .....	55
Tabla 4.5 Comparación entre los dos Proyectos .....	57



## INTRODUCCION

La idea de utilizar el cable eléctrico como medio de transmisión de datos no es nueva, aunque inicialmente su uso se limitaba al control de líneas eléctricas y a la transmisión a baja velocidad de datos de medida procedentes de las lecturas de los contadores. Posteriormente las compañías eléctricas empezaron a utilizar sus propias redes eléctricas para la transmisión interna de datos. Hasta llegar a una serie de pruebas realizadas durante los años 90 en distintos países europeos que no alcanzaron los resultados esperados.

Sin embargo, desde que los avances tecnológicos hacia el final de la pasada década permitieron alcanzar velocidades de transmisión del orden de los Mbit/s, se empezó a considerar la tecnología PLC (sigla en inglés de POWERLINE COMMUNICATIONS, COMUNICACIONES POR LA LINEA DE POTENCIA) como solución de acceso alternativa a las redes de telecomunicación tradicionales. A partir de entonces el mundo PLC centra su atención en el tramo de baja tensión de la red eléctrica (el equivalente a la última milla. o bucle de abonado en las redes telefónicas) por un motivo claro: las redes de acceso son el componente más costoso de las redes de telecomunicaciones, estimándose que tanto las inversiones como los gastos operativos en red de acceso suponen más del 80% de los totales asociados a la red. Por consiguiente, la transformación de las redes eléctricas de baja tensión en redes de acceso para prestar servicios de telecomunicaciones abre nuevas oportunidades de negocio.

La línea eléctrica es un medio muy ruidoso, cambiante y utilizado habitualmente para transmitir energía. La señal PLC comparte la línea eléctrica, si bien utiliza un rango de frecuencias que normalmente no se emplea o tiene un uso muy restringido. Este rango espectral se encuentra comprendido entre los 1,6 y los 30 MHz, hallándose por tanto en la banda de HF (high frequency), también llamada onda corta.

La capacidad de transmisión del PLC también varía en función del fabricante, pero el máximo suele establecerse en los 45 Mbit/s (27 Mbit/s en el sentido red-usuario, y 18 Mbit/s en el sentido usuario red). Sin embargo chipsets de segunda generación de desarrollo reciente han elevado el límite por encima de los 130 Mbit/s, lo que permite al PLC competir con ventaja con otros sistemas de comunicación de banda ancha.

Al ser la infraestructura eléctrica un medio ruidoso, no sólo hay que afrontar la atenuación de la señal, sino eventos tales como el arranque y parada de equipos, interruptores de distinto tipo, algunos con emisión de radiaciones atenuadas a los pocos metros, pero otros, como aquellos que ponen en marcha ascensores y aparatos de aire acondicionado, con señales emitidas de mucha mayor intensidad. Todas estas interferencias deben superarse utilizando diversos mecanismos,



siendo el primero de ellos el recurso a las ya mencionadas posibilidades de ajuste espectral que la capacidad multiportadora del PLC ofrece. Por otra parte pueden utilizarse filtros que eliminen ruidos parásitos por toda la red y que aíslen equipos problemáticos y protejan servicios que puedan ser interferidos. El precio a pagar por colocar estos filtros consiste en una disminución del ancho de banda disponible y por tanto de la velocidad alcanzable por el sistema.



## 1. ANALISIS DE LA TOPOLOGIA DE REDES DE DISTRIBUCION

### 1.1 CONSIDERACIONES GENERALES:

La topología general del sistema de distribución de Bogotá está conformada por circuitos primarios trifásicos trifilares, con neutro solidamente puesto a tierra en la subestación y con tensión nominal de 11,4kV, 60Hz y circuitos rurales aledaños a la ciudad de 13,2kV, 60Hz, existen también circuitos primarios a 34,5kV, 60Hz utilizados en las zonas industriales provenientes de una subestación o uniendo dos subestaciones para derivar acometidas a los diferentes usuarios industriales

Las redes eléctricas nunca fueron diseñadas para prestar servicios de telecomunicaciones, ya que pueden generar ruido y dificultad de acoplamiento, esto hace que el medio eléctrico sea un reto para implantar tecnologías de comunicación en una topología local existente. Recientemente con la creciente demanda de servicios de telecomunicaciones a alta velocidad, las redes de energía eléctrica han sido utilizadas como medio alternativo de transmisión rápida de grandes paquetes de información, que implica obligatoriamente la utilización de canales de transmisión por medio de señales portadoras a frecuencias más altas.<sup>1</sup>

### 1.2 REDES DE DISTRIBUCIÓN DE POTENCIA

Un sistema de potencia de energía eléctrica tiene cuatro componentes principales: generación, líneas de transmisión, las subestaciones o estaciones transformadoras y el sistema de distribución

Los adelantos en las comunicaciones por la línea de potencia (Power Line Communications-PLC-BPL) usan actualmente las redes de distribución secundaria que operan en baja tensión (BT) y media tensión (MT) usando como canal el circuito primario, el cual será el objeto de estudio de este proyecto.

Por lo general las pérdidas por corriente en un sistema de potencia están dadas por las distancias que lo componen, para que dichas pérdidas sean mínimas, es esencial hacer que la corriente sea muy pequeña en distancias grandes a muy altos niveles de tensión, así que a medida que la distancia va disminuyendo el nivel de tensión será menor de una manera proporcional hasta que llegue al usuario final. Por este motivo se han clasificado los niveles de tensión en los sistemas de potencia, según el reglamento técnico de instalaciones eléctricas RETIE<sup>2</sup>:

---

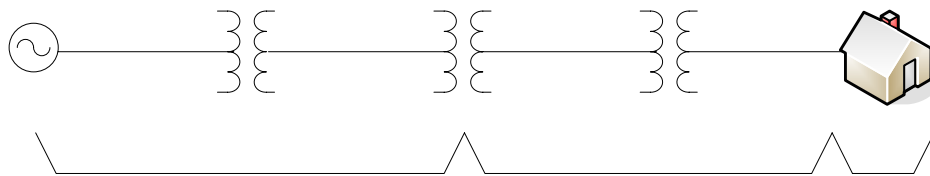
<sup>1</sup> Aptel powerline communications, Brasil 2003

<sup>2</sup> Reglamento técnico de instalaciones eléctricas RETIE-Bogotá 2004

- Extra alta tensión (EAT): Los de tensión nominal entre fases superior a 220 kV.
- Alta tensión (AT): Los de tensión nominal superior a 57,5 kV e inferior a 220 kV.
- Media tensión (MT): Los de tensión nominal superior a 1000 V e inferior a 57,5 kV.
- Baja tensión (BT): Los de tensión nominal mayor o igual a 25 V y menor o igual a 1000 V.

La figura 1 muestra un sistema de potencia con su respectiva clasificación de nivel de tensión.

**Figura 1.1 Sistema de Transmisión y distribución de potencia<sup>3</sup>**



Una línea de transmisión tiene cuatro parámetros que afectan su capacidad para cumplir su función como parte de un sistema de potencia: resistencia, inductancia, capacitancia y conductancia. Estos mismos parámetros son de suma importancia para la determinación de las propiedades del canal de PLC usado para transportar señales de telecomunicaciones.

Adicional a los anteriores, llamados también parámetros primarios de las líneas, se definen otros dos parámetros de la línea de transmisión: su impedancia característica  $Z$ , velocidad de onda, frecuencia y longitud de onda, etc. Algunos de estos parámetros son números complejos y son funciones de la frecuencia  $f$  y de los parámetros primarios.

**1.2.1 IMPEDANCIA CARACTERISTICA UNIFORME:** esta condición garantiza que una vez realizada la adaptación de impedancia de línea con los equipos de comunicaciones en sus dos extremos, no ocurran reflexiones u ondas estacionarias perjudiciales a la calidad de información a ser transmitida o recibida. Las reflexiones son ocasionadas por discontinuidades en los valores de la impedancia característica a lo largo de la línea, por ejemplo variaciones en los parámetros dimensionales

<sup>3</sup> Bastidas, H Modelando algunas características de las redes eléctricas para comunicaciones 2005

(distancia entre conductores) o una carga no adaptada (interposición de líneas con una carga no aceptada). Cuanto más precisa, estable y uniforme se represente una línea en relación a sus propiedades dimensionales, eléctricas y de construcción, mejor será su desempeño.

- 1.2.2 BAJA ATENUACION PARA LA BANDA DE FRECUENCIAS DE LAS SEÑALES PARA SER TRANSMITIDAS A UNA DISTANCIA DEFINITIVA: esta característica válida para líneas tomadas en varios extremos, es propicia para la recepción de señales transmitidas con amplitud suficiente para que pueda ser detectada en presencia de ruido sin que sea necesaria la transmisión con amplitudes exageradas que económicamente es muy costoso realizarlo.
- 1.2.3 VELOCIDAD DE ONDA: las ondas viajan a distintas velocidades dependiendo del tipo de onda y de las características del medio de propagación.<sup>4</sup>
- 1.2.4 FRECUENCIA Y LONGITUD DE ONDA: las oscilaciones de una onda electromagnética son periódicas y repetitivas, por lo tanto se caracterizan por medio de una frecuencia. La distancia de un ciclo ocurriendo en el espacio se llama longitud de onda ( $\lambda$ ) y se determina de la siguiente manera<sup>4</sup>:

$$\text{Distancia} = \text{velocidad} \times \text{tiempo}$$

$$\lambda = \text{velocidad} \times \text{periodo}$$

$$\lambda = V \times T$$

$$T = 1 / f$$

$$\lambda = \frac{V}{f} = \frac{c}{f} = \frac{300.000 \text{ km} / \text{s}}{\text{ciclos} / \text{s}}$$

Siendo c la velocidad de la luz.

---

<sup>4</sup> Tomasi, W. Sistemas de comunicaciones electrónicos 2000

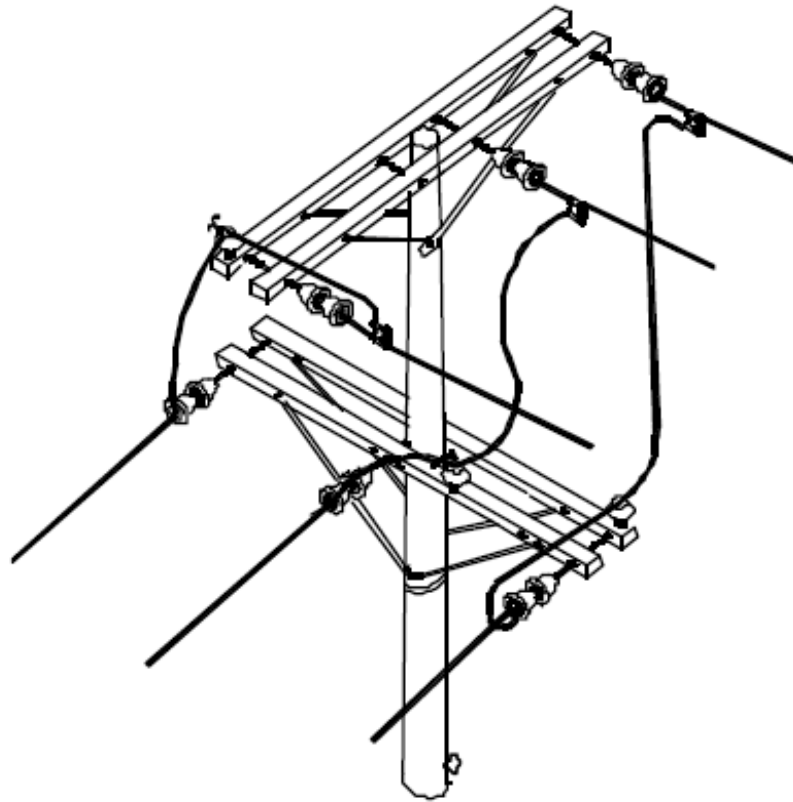
### 1.3 CARACTERÍSTICAS DE LAS LINEAS DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA

#### 1.3.1 Líneas aéreas de distribución en media tensión:

Estas líneas son representadas por dos tipos de construcción:

- 1.3.1.1 Línea convencional de media tensión: utiliza conductores no aislados de cobre o aluminio soportado por aisladores transversales montados en la parte superior de un poste, pueden estar ubicados en un mismo plano o en planos diferentes con distancias entre conductores que varían de 30 a 100 cm. aproximadamente.

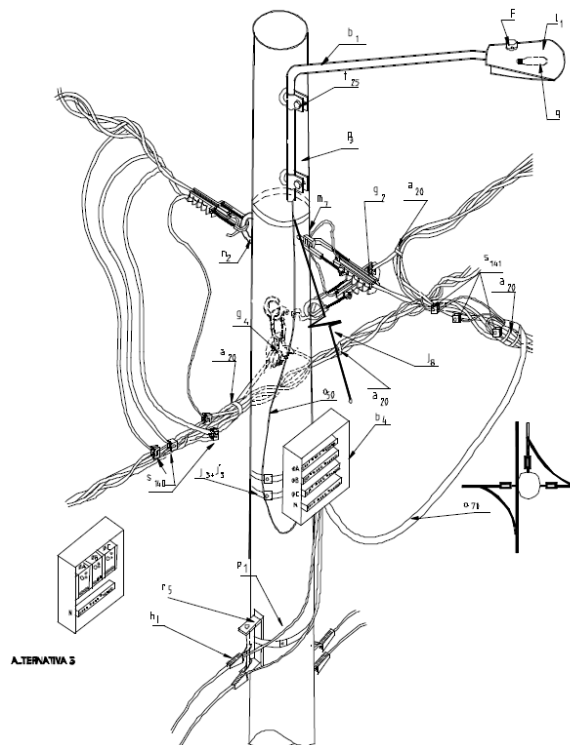
Figura 1.2 Línea convencional de media tensión<sup>5</sup>



<sup>5</sup> Codensa norma LA 206, LA322 2003

- 1.3.1.2 Línea de red trenzada: estas son redes que están constituidas por 3 conductores aislados que son entrelazados y son fijados en la parte superior de los postes

Figura 1.3 Línea de red trenzada<sup>5</sup>



- 1.3.2 Comportamiento de las líneas de distribución de energía eléctrica como medio de transmisión:

- 1.3.2.1 Línea convencional de media tensión: estas líneas son muy semejantes desde el punto de vista constructivo a las líneas de comunicaciones, sus características constructivas permiten cierta libertad de movimiento entre conductores. Consecuentemente el valor de la impedancia característica sufre variaciones en los diferentes tramos de la red. Por otra parte las líneas de comunicaciones presentan eventuales cargas a lo largo de su trayecto que son compensadas por acoplamiento de impedancia, de forma de mantenerla constante en todos sus puntos de



alimentación. A lo largo de las líneas de media tensión (MT) existen cargas no acopladas que son los circuitos primarios de los transformadores MT/BT. Entre tanto este cargamento representa casi siempre una impedancia elevada para altas frecuencias. A pesar de las variaciones de impedancia se espera una transmisión aceptable de la señal por algunos kilómetros de distancia, en general los obstáculos para la transmisión de señal son los siguientes:

- Ruido generado por aisladores defectuosos (aproximadamente 1 MHz) dado por la vibración mecánica de los mismos.
- Interconexión de tramos con otras redes con impedancia características menores, presentando discontinuidades que pueden ocasionar reflexiones de señales.
- Líneas que actúan como antenas de radio para equipos comerciales cercanos a los 30 MHz
- Eventual presencia de capacitores para corrección de factor de potencia.

1.3.2.2 Línea de red trenzada: estas líneas utilizan cables blindados de construcción geométrica semejante a las utilizadas en las telecomunicaciones. De esta forma presentan un comportamiento a los cables coaxiales diseñados para tal fin, y poseen características de impedancia característica uniforme, inmune a captar señales y radiaciones externas. Estas semejanzas sugieren que para la transmisión de frecuencias elevadas tendrán un mejor desempeño en comparación con otros tipos de líneas, sus limitaciones se deben al uso de material dieléctrico el cual es inadecuado para altas frecuencias y presentan una mayor atenuación que las líneas aéreas convencionales.

## 1.4 INFRAESTRUCTURA DEL SISTEMA

Las subestaciones de transmisión y subestaciones receptoras de energía eléctrica están interconectadas por líneas de transmisión. En la parte superior de cada una de las torres llevan un cable de guarda, cuya función es proteger a las líneas contra descargas. Esta protección consiste en interceptar las descargas atmosféricas y conducir las a tierra por medio de un conductor conectado a tierra. El cable de guarda se instala en la parte más elevada de la torre de transmisión y subestación, estos cables de guarda llevan en su interior fibras ópticas que le permiten a la empresa prestadora de servicios tener una red de telecomunicación confiable, rápida y económica, a través de cualquier línea aérea de alta tensión para realizar consultas del estado del sistema interconectado, telemetría en alta tensión, entre otros.

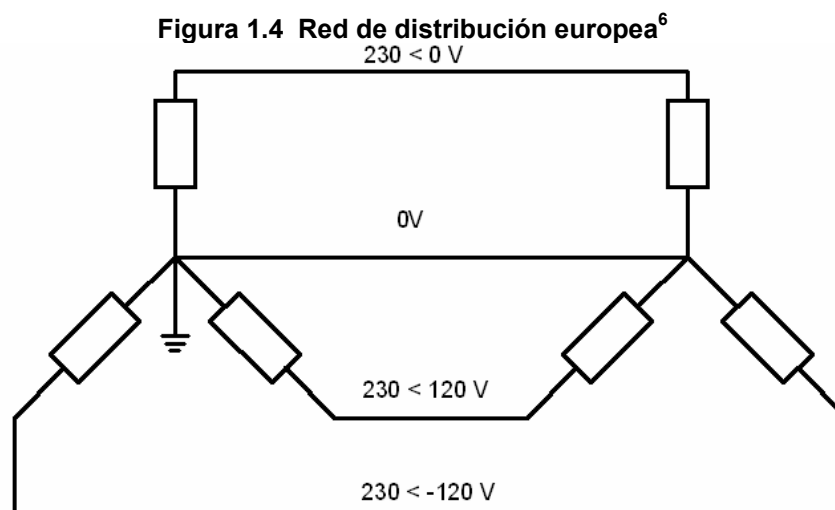
En cambio los circuitos de media y baja tensión son de mayor objeto de interés para soluciones PLC-BPL ya que no existe la necesidad de implementar una fibra óptica en el sistema de distribución por que el canal de comunicaciones es la misma línea de potencia, es una alternativa para desarrollar comunicaciones de todo tipo (Internet, voz, datos, telemetría) con mínima inversión y poco tiempo de instalación.

El desarrollo de las redes eléctricas están basadas en dos modelos principales, el europeo y el norteamericano, sin embargo se incluirá también el modelo colombiano de topología de red.

#### 1.4.1 El modelo europeo de redes eléctricas

Para la distribución en media tensión, se usan tensiones de 10 kV o 20 kV y se utilizan cables aéreos o subterráneos. En áreas urbanas el sistema es típicamente subterráneo, trifásico, con transformadores de hasta 630 kVA que pueden atender el orden de 300 hogares. La conversión de MT/BT normalmente se hace con configuración en estrella y neutro aterrizado, resultando una tensión de fase de 400 V y un tensión de fase a neutro de 230 V. En el interior las señales de PLC pueden ser inyectadas entre fase y neutro.

La figura 4 muestra un diagrama representativo de un sistema de distribución europeo, mostrando el nivel de tensión y el desfase de las líneas, como se puede apreciar es un sistema equilibrado.

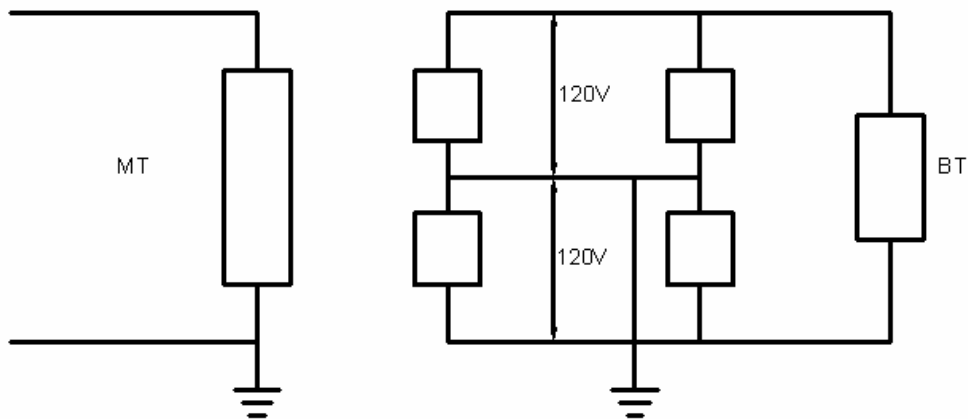


#### 1.4.2 Modelo norteamericano de redes eléctricas

<sup>6</sup> Arzberguer, M Fundamental properties of the low voltage power distribution grid, Germany, 1997

La distribución de MV se hace con tensiones entre 4 y 34 kV y con longitudes entre 15 y 50 kilómetros aproximadamente. La conversión MV/LV se hace a través de un transformador con TAP central que suministran tensiones de 120 V o 220 V dependiendo del tipo de carga. Los 120 V alimentan las cargas normales en tomas y alumbrado y los 240 V suplen requerimientos de aire acondicionado o calor. Las longitudes típicas de redes secundarias es de 300 metros con un promedio de 10 usuarios por transformador. PLC puede ser inyectado entre fase y neutro a 120 V.

Figura 1.5 Red de distribución norteamericana<sup>6</sup>



#### 1.4.3 Modelo colombiano de redes eléctricas

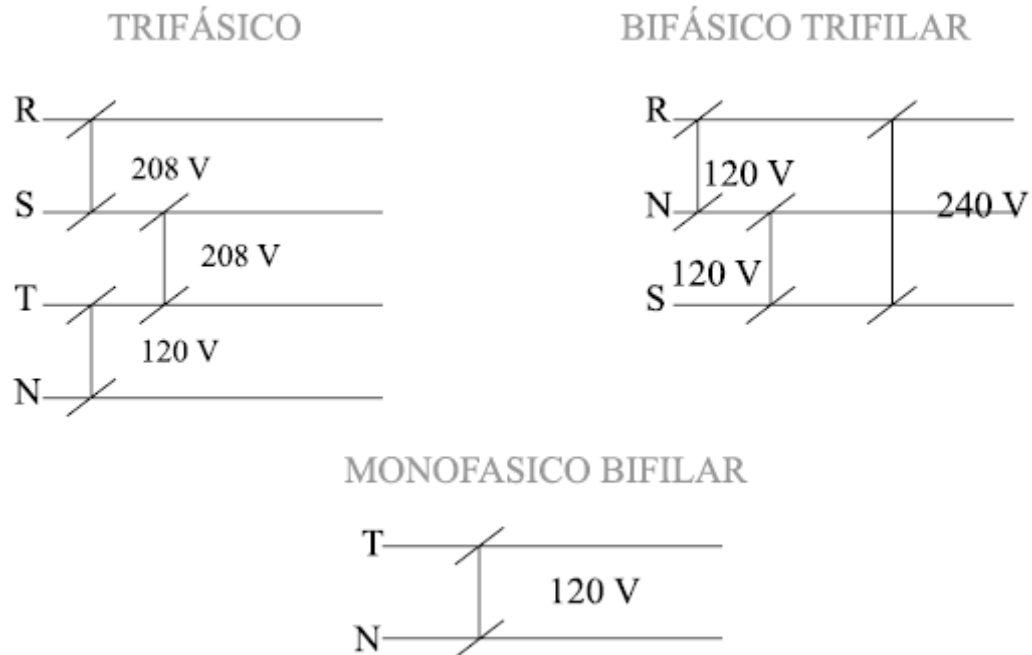
Los circuitos primarios (MT) de distribución urbana son trifásicos trifilares, con neutro sólidamente puesto a tierra en la subestación, y con una tensión nominal para Bogotá de 11,4 kV, 60 Hz. Para otras zonas del país y para circuitos rurales, la tensión nominal es de 13,2 kV, 60 Hz. También existen circuitos primarios a 34,5 kV que se utilizan en zonas industriales dentro del área urbana, radiando de unas o uniendo en algunas ocasiones dos subestaciones por medio de circuitos dobles desde los cuales se derivan las acometidas a los diferentes usuarios industriales. Los circuitos secundarios o de BT son trifásicos tetrafilares, conectados en estrella con neutro puesto a tierra en los transformadores cada tercer poste y en los terminales de circuito. Las tensiones de suministro son las siguientes<sup>7</sup>:

- Monofásicos bifilar a 120 Voltios 5% mediante acometida de dos conductores conectados a fase y neutro.

<sup>7</sup> Norma NTC 1340

- Monofásicos trifilar a 110/120 Voltios 5% o 120/240 Voltios 5% o tomado de un sistema trifásico a 208/120 Voltios 5%.
- Trifásico a 120/208 Voltios 5% mediante acometida de cuatro conductores conectados a las tres fases y el neutro.

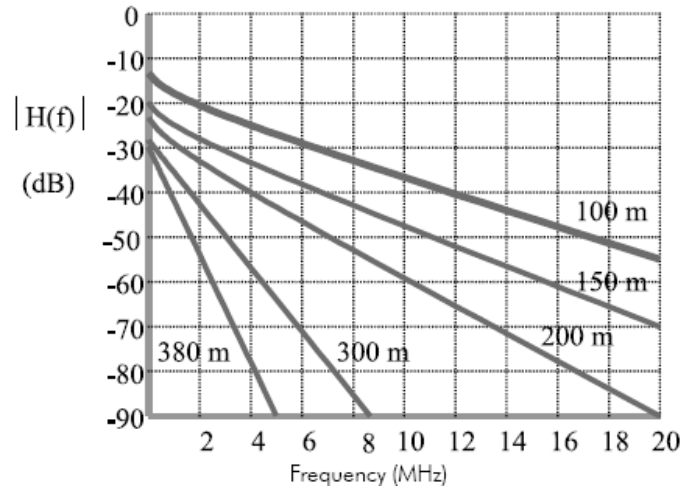
Figura 1.6 Red de distribución colombiana, tensión de suministro<sup>3</sup>



## 1.5 EL CANAL ELECTRICO

El análisis de la magnitud de la función de transferencia que entre dos puntos de una línea de potencia está básicamente determinada por tres parámetros: la longitud del cable, el tipo del cable y la configuración de los alimentadores. Las líneas tienen una resistencia  $R'$ , inductancia  $L'$ , capacitancia  $C'$ , conductancia  $G'$  por unidad de longitud, y todas aumentan con la longitud de la línea.  $G'$  tiene una fuerte dependencia por tipo de aislamiento del cable. En países europeos se ha efectuado un significativo número de medidas para cables con aislamiento de PVC con diferentes longitudes y para diferentes frecuencias, en estas medidas se tuvo en cuenta las diferentes características del conductor, distancias, y frecuencias de operación, en el grafico se puede observar que uno de los mayores retos en la implementación de PLC es la distancia ya que con la variación de ésta, la atenuación no es la misma.

**Figura 1.7 Análisis de la función de transferencia de una línea de transmisión para diversas longitudes y frecuencias<sup>8</sup>**

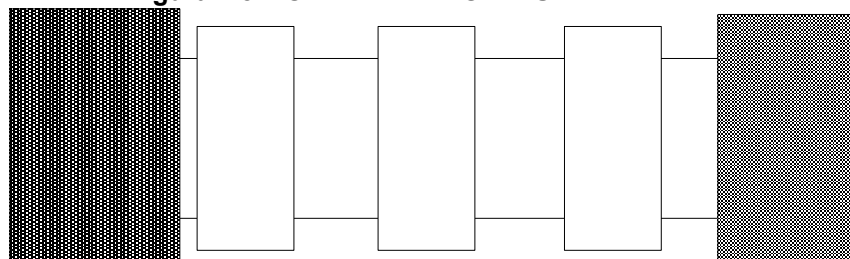


Se observa que las pérdidas en dB aumentan a medida que la distancia aumenta y también la frecuencia.

## 1.6 EL CANAL PLC

Una forma muy simple de representar la estructura del canal de comunicaciones PLC es por medio de una modelación por bloques donde se representará un transmisor con su respectiva impedancia de salida, un receptor con su correspondiente impedancia de entrada, la línea de potencia (el canal) y los circuitos de acople, un circuito de acople es el que permite el ingreso y la salida de las señales de comunicaciones e impiden la llegada de señales con frecuencia característica (60Hz). En realidad son filtros pasa bajas y filtros pasa altas que separan las señales eléctricas con las de comunicaciones., en el siguiente capítulo se hará un énfasis en los dispositivos de acoplamiento.

**Figura 1.8 MODELAMIENTO DE UN CANAL PLC<sup>9</sup>**



<sup>8</sup> T.C. Banwell, A novel approach to accurate modeling of the indoor power channel ,2003

<sup>9</sup> H. Philips, Modeling of Powerline communications Channel, U.K 1999



## 2. TECNOLOGÍA PLC

### 2.1 DESCRIPCIÓN GENERAL

El uso de las redes de distribución como medio de transmisión de señales ha sido de vital importancia para la prestación y mantenimiento del servicio de energía, que a lo largo de décadas ha venido evolucionando brindando nuevas alternativas para el control y monitoreo de las mismas.

El desarrollo de estos sistemas ha dado lugar a tecnologías que posteriormente se utilizaron con el mismo objetivo de reaprovechar los cables eléctricos de media y baja tensión para transportar señales de comunicaciones en entornos industriales y que a su vez ha dado paso a la implementación de PLC.

La operación avanzada de centrales eléctricas, su control, así como la transmisión, distribución y suministros de la energía eléctrica, exigen el desarrollo de comunicaciones modernas de gran habilidad, incluyendo la posibilidad de emplear los mismos sistemas de transmisión y distribución eléctrica como medios de transporte para su señal.

En un sistema eléctrico la frecuencia fundamental de funcionamiento comprende los 60 Hz o 50 Hz dependiendo de la regulación en cada país, en Colombia 60 Hz, ahora, si una señal es inyectada a altas frecuencias se podrían presentar interferencias mínimas en la red eléctrica, algo que ocurre usando DSL (Digital Subscriber Line) que usa diferentes frecuencias para la transmisión de voz y datos sobre el mismo cable.

Anteriormente algunas empresas implementaron la transmisión de señales de comunicación para propósitos de control y telemetría, estas señales operaban en el rango de los kHz y ofrecían una capacidad modesta de transmisión en algunos casos de menos de un 1 kbps, luego surgió la idea de transmitir señales a mayor velocidad en banda ancha para propósitos de comunicación superiores a los 128 kbps y se denominó BPL (Broadband Power Line) esto fue posible debido al avance de las comunicaciones y circuitos electrónicos que pueden fácilmente modular y demodular información de una señal portadora operando en altos rangos de frecuencia. Muchos sistemas PLC funcionan con un rango de frecuencia sobre la onda portadora aproximadamente de 1 a 30 MHz. De los principios del teorema de Shannon se puede indicar que este ancho de banda

puede teóricamente entregar cientos de Mbps dependiendo de la relación señal a ruido (SNR)<sup>10</sup>

La red de distribución no está diseñada ni optimizada para el envío de información pues contiene ramificaciones, puentes, y otros equipamientos como bancos de condensadores y transformadores que hacen de esta un sistema totalmente heterogéneo.

### 2.1.1 Unidad de acoplamiento

Las unidades de acoplamiento son los accesorios necesarios para inyectar y adaptar las señales de comunicaciones desde el equipamiento PLC a la línea de potencia. Uno de los componentes más críticos de cualquier sistema PLC es el circuito de interfase o circuito de acoplamiento con la red de distribución, pues no se considera una unidad simple debido a las características del canal PLC que involucra altas tensiones, impedancias variables, altas amplitudes y disturbancias en el tiempo, los circuitos de acoplamiento deben ser cuidadosamente diseñados para así entregar la señal específica de transmisión con el apropiado ancho de banda y el nivel de seguridad requerido.

**Figura 2.1 Unidad de Acoplamiento<sup>11</sup>**



<sup>10</sup> SNR, Signal to Noise Ratio: Magnitud que representa la relación entre la señal y el ruido que recibe una estación de radio (dB)

<sup>11</sup> Macenka, Mike Interfacing BPL Equipment with the Electrical Distribution System 2004



## 2.2 METODOS DE MODULACION

El canal de PLC es un ambiente muy hostil. Las características de un canal PLC tienden a variar en tiempo, situación y con los cambios de carga, lo que justifica técnicas de modulación robustas. El PLC usado para el propósito de comunicación requiere esquemas de modulación sofisticados. Las técnicas de modulación convencionales como modulación por desplazamiento de amplitud (ASK), fase (PSK) o frecuencia (FSK) normalmente son excluidos por la conducta hostil del canal de PLC.

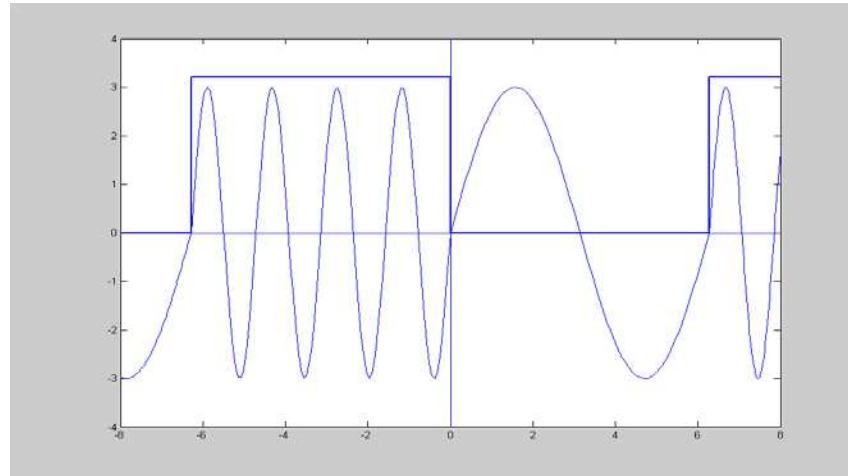
Una posible solución para superar los problemas en un canal de comunicaciones de este tipo, es usar un método de modulación robusta. Si el método de modulación puede ocuparse de la atenuación desconocida, así como de los cambios de fase desconocidos, entonces el receptor puede simplificarse. El problema es combinar estos requisitos con una alta tasa de bits, necesaria en las comunicaciones de las computadoras actuales y las limitaciones del ancho de banda en el canal PLC.

Una señal digital puede ser transmitida sobre la línea de potencia, con la ayuda de la modulación, usando esquemas similares a estas señales análogas dadas las características de atenuación del canal PLC, las mejores opciones de modulación son BPSK (Binary phase shift keying) y BFSK (Binary frequency shift keying) ambas opciones son simples y robustas.

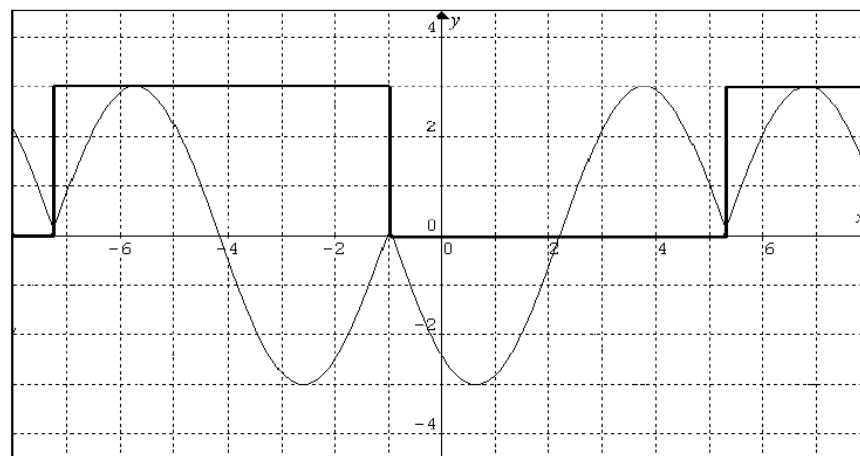
Las formas básicas de la modulación binaria mediante portadora modulada son:

2.2.1 Modulación BFSK: esta modulación es una forma de modulación en FM (frecuencia modulada) donde la frecuencia de la onda portadora es variada por un flujo de entradas binarias, como esta señal cambia de 0 a 1 y viceversa, la salida BFSK intercambia las frecuencias fundamental y de datos entre si.



**Figura 2.2 Modulación BFSK<sup>12</sup>**

2.2.2 Modulación BPSK: el esquema de modulación BPSK es una forma de modulación de fase, donde la fase de la onda portadora es variada por el flujo de entrada binaria, con BPSK dos fases de salida son posibles y la frecuencia de la señal portadora permanece constante, una fase de salida representa un 1 lógico y la otra un 0 lógico. Como la entrada de señal digital cambia de estado la fase de la portadora de salida intercambia entre dos ángulos que están 180 grados desfasados.

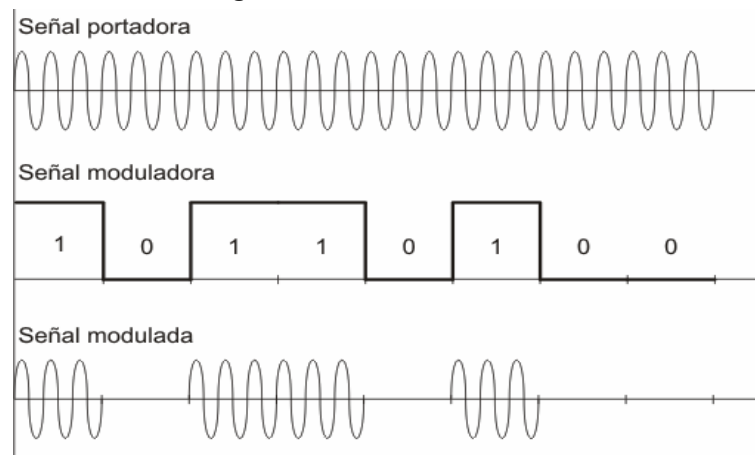
**Figura 2.3 Modulación BPSK<sup>2</sup>**

<sup>12</sup> XU, Dan Optimal Topology Discovery for Automatic Meter Reading Using Powerline Carrier 2003

La elección de que modulación más apropiada es asumida de acuerdo a los propósitos de modelamiento se considera BFSK, como la modulación más usada y aceptada, también el hardware que envuelve este tipo de modulación es relativamente económico y fácil de implementar.

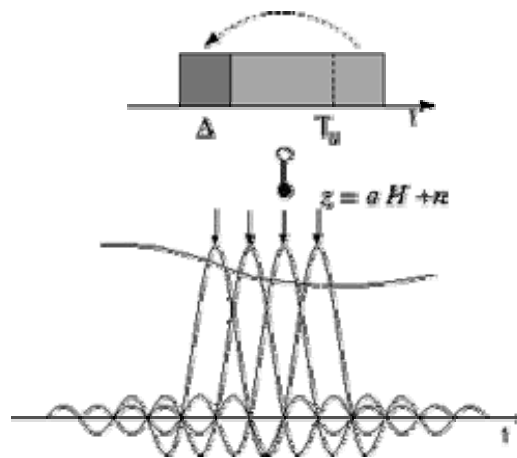
2.2.3 Modulación ASK: es una forma de modulación de amplitud, donde cambia con el tiempo la amplitud de la señal portadora, de acuerdo con la señal de información donde un 0 lógico desactiva la señal portadora y un 1 lógico la activa. ASK fue la modulación que históricamente se utilizó para la transmisión de datos sobre la línea de potencia.

**Figura 2.4 Modulación ASK<sup>13</sup>**



2.2.4 Modulación OFDM (Orthogonal frequency division multiplexing): esta técnica consiste en modular un gran número de portadoras de banda estrecha distribuidas de lado y lado que son separadas en precisas frecuencias, este espacio proporciona la ortogonalidad y evita que los demoduladores vean frecuencias distintas que las propias.

<sup>13</sup> [www.textoscientificos.com/redes/modulacion/ask](http://www.textoscientificos.com/redes/modulacion/ask) (20/11/06//23:45)

**Figura 2.5 Modulación OFDM<sup>14</sup>**

## 2.3 PRINCIPIOS DE LA MODULACIÓN

### 2.3.1 Modulador:

Luego de que el registro de control entrega los díbits (dos bits), estos son ingresados al codificador diferencial y luego al modulador OFDM. Para realizar la modulación y la demodulación se emplea un dispositivo LM1596/LM1496, el cual es un doble modulador/demodulador balanceado que produce una señal de salida proporcional al producto de una tensión de entrada con la señal portadora. Luego de obtener la señal modulada en fase, ingresa en la etapa de amplificación para luego ser filtrada por un filtro pasabanda y finalmente ser enviada al acoplador capacitivo.

### 2.3.2 Demodulador:

Cuando ingresa una señal OFDM a través del Acoplador Capacitivo, esta es dirigida hacia un filtro pasa bajos que realiza la función de eliminar las señales indeseadas. Luego es amplificada a través de un control automático de ganancia para que luego ingrese a un circuito de recuperación de la portadora.

La señal OFDM es demodulada mediante el dispositivo ya mencionado anteriormente para ser enviada al decodificador diferencial y luego al registro de control.

<sup>14</sup> Mollenkopf Jim Presentation to Cincinnati IEEE Meeting Current Technologies 2004

### 2.3.3 Decodificador diferencial:

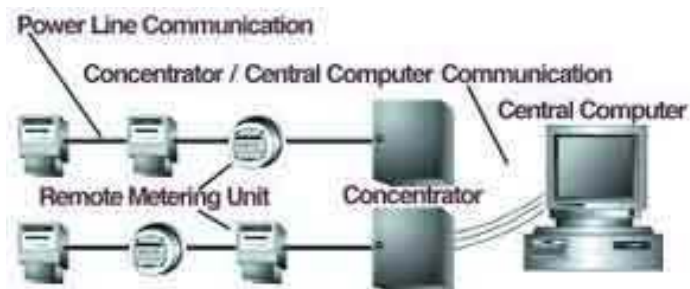
El flujo de datos unipolar se decodifica diferencialmente de manera de asegurar recuperar la información de estados de fase relativa. De esta forma la entrada de la información se correlaciona con la fase relativa y por consiguiente del retardo de fase que introduce el medio de transmisión.

## 2.4 TELEMETRIA AUTOMATICA

Para sobrevivir en el ambiente de los negocios las compañías del sector eléctrico tienen que innovar, cuando existe la necesidad de incrementar la competitividad en las utilidades eléctricas o incrementar la demanda de usuarios finales, Existe una solución potencial para todas estas características la cual es el desarrollo de telemetría automática (AMR).

Como su nombre lo sugiere AMR se refiere a recolección de datos de medidores electrónicos u otros dispositivos que automáticamente transmiten los datos recolectados por medio de comunicaciones sin ninguna intervención humana. Un sistema AMR general principalmente consiste de tres partes, el modulo de interfase de medida, el concentrador del sistema y un computador central.

**Figura 2.6 Componentes de un sistema AMR<sup>2</sup>**



La interfase de medida consiste en una fuente de poder de reserva con sensores, controladores electrónicos, memoria para almacenar información y la interfase de comunicación, Que permite a los datos ser transmitidos desde este dispositivo remoto a una central. Esta interfase de comunicación es normalmente bidireccional y permite recibir información desde la central hasta la unidad remota. El concentrador de datos es usado para la transmisión de información y controla el envío de señales entre la interfaz de medida y la central, en este sistema particular el vínculo de comunicación toma la forma de la tecnología de comunicaciones por la línea de potencia.



El sistema de cómputo de la central generalmente se compone de el computador administrador y dispositivos de comunicación usadas para enviar y recibir información a los concentradores que existen en el sistema.

Los sistemas AMR ofrecen muchas ventajas sobre los convencionales métodos de medida, como la eliminación de los costos de lectura manual de los medidores reduciendo la pérdida de información, también reduce los costos asociados con las lecturas de medidores de difícil acceso. Todo esto puede ser detectado por que la gran mayoría de de los sistemas AMR ofrecen comunicación bidireccionles lo cual permite que los datos obtenidos por el medidor actual sean de alta exactitud para así evitar discrepancias o errores en la medición.

La protección de estos equipos de telemetría automática en condiciones donde se presenten descargas eléctricas, sobretensiones se realiza por medio de dispositivos supresores de picos y transitorios, cada equipo trabaja con ciertos requerimientos diseñados por el fabricante donde se especifica el rango de operación y funcionabilidad del mismo. Como se decía anteriormente las redes eléctricas no están diseñadas para ser canales de comunicación, sin embargo las protecciones propias de las redes de distribución como los seccionadores, cortacircuitos con fusible actúan para proteger la línea y directamente al sistema PLC acoplado a la misma

#### 2.4.1 Desarrollo de los equipos de telemetría automática

Las formas más sencillas de los sistemas AMR fueron desarrolladas con unas señales portadoras adaptadas estos sistemas análogos puestos a prueba en los años 50 fueron sistemas utilizados para control de cargo y manejo de tarifas a nivel residencial y comercial, al igual que sistemas en transformadores de alta tensión para acoplar las señales de comunicación que oscilaban entre los 30 y 50 kHz.

Los nuevos sistemas de AMR no fueron aplicados sino hasta la década de los 80, estos sistemas ofrecían un rango de transmisión de datos ligeramente alto, luego investigaciones realizadas a mitad de los años para analizar las características de la red eléctrica como medio de comunicación donde se encontraron muestreos de señales en el rango de los 5 a 500 kHz. Las principales áreas de investigación fueron los niveles de señal ruido afectados en el canal de potencia, así como la atenuación de la señal por la malla de transmisión.

Como resultado de estas investigaciones se desarrolló la comunicación bidireccional hacia principio de los 90, la diferencia principal en el nuevo sistema fue el uso de altas frecuencias (rango de Mhz) y una reducción sustancial de los niveles de señal. A través de este desarrollo la comunicación bidireccional fue una realidad.



Hoy en día los protocolos de enrutamiento de la señal están siendo implementados en los sistemas AMR haciéndolos flexibles a los cambios de la red y logrando una mejor administración en la transmisión de datos. El desarrollo anticipado futuro quiere visualizar el uso de frecuencias en el rango de los GHz entregando un mejor ancho de banda y una mejor salida de información que posiblemente esté en el orden de los Mbps.

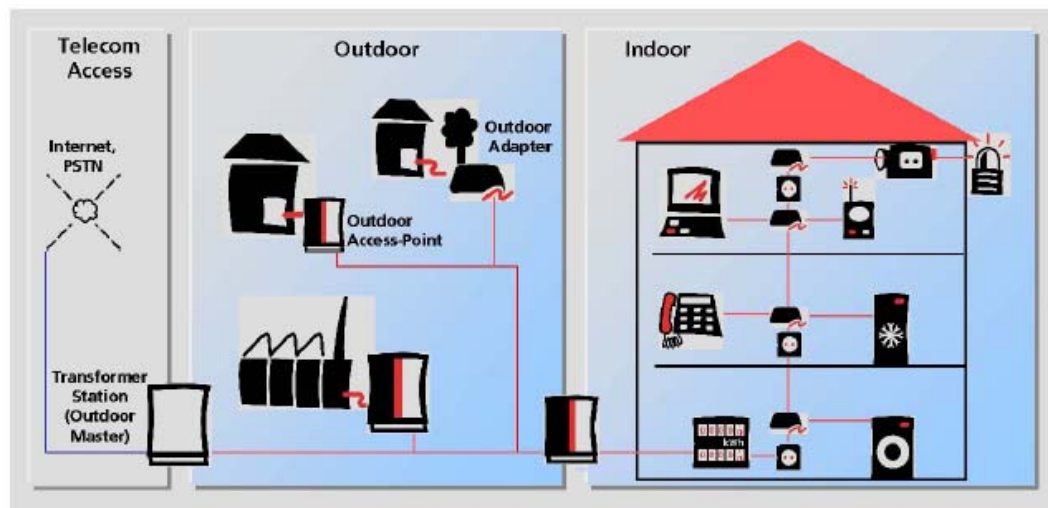
## 2.5 FABRICANTES DE EQUIPOS PARA TELEMETRIA EN REDES DE DISTRIBUCION.

### 2.5.1 ASCOM POWERLINE

El sistema PLC ASCOM esta constituido por tres tipos de unidades:

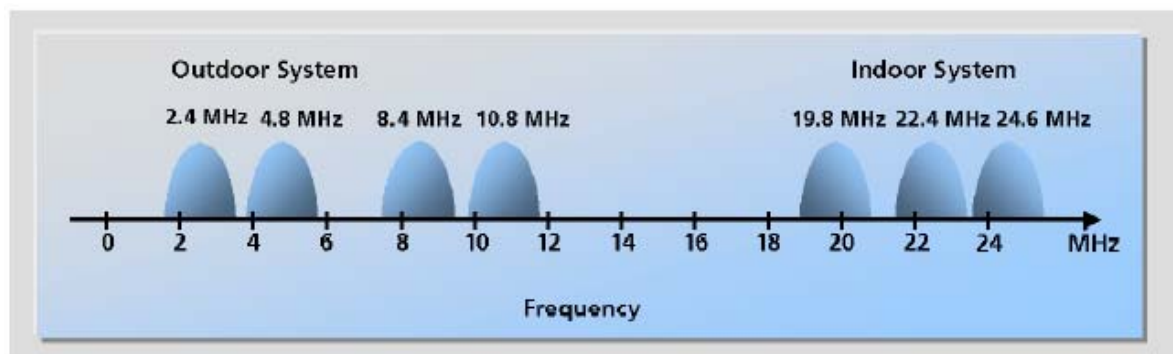
- Unidad OM (Outdoor Master) que recibe los datos en una entrada RJ-45, 10 base T, esta se acopla a la red de energía, modulando portadoras en fase de 2 a 10 Mhz.<sup>2</sup>
- Unidad OAP/IC (**Outdoor Access Point / Indoor Controller**) constituida por dos módulos, normalmente instalada en el cuadro de entrada de energía a las residencias que recibe las señales de la unidad OM (Outdoor Master) y los transfiere, por medio de un Jumper fisico y la unidad IC (Indoor Controller). La seccion Indoor Controller remodula la señal de datos en fase de 18 a 20 Mhz, inyectándola en la red eléctrica interna.<sup>2</sup>
- Unidad IA (Indoor Adapter), que es el modem del usuario y se encarga de capturar la señal de datos en una toma de energía cualquiera.

La figura 2.7 muestra una configuración típica de los equipos ASCOM:

Figura 2.7 Configuración Típica<sup>15</sup>

El sistema ASCOM PLC opera bajo frecuencias entre 1.6 y 30 Mhz, para obtener el máximo de portadoras operadas simultáneamente.

A continuación se muestran las frecuencias típicas de operación de este sistema:

Figura 2.8 Frecuencias típicas de operación ASCOM<sup>5</sup>

Cada sistema PLC opera simultáneamente en tres frecuencias, cada una de ellas proviniendo al usuario una tasa entre 750 y 1500 Kbps, lo que resulta en una capacidad de 2.25 a 4.5 Mbps, tanto para el sistema interno como externo.

<sup>15</sup> Ascom powerline brochure 2003

### 2.5.1.1 Irradiación.

El sistema minimiza automáticamente la radiación, todos los servidores PLC OAP, IA usan niveles variables de potencia de transmisión hasta un valor máximo parametrizado. Unidades próximas al control pueden obtener una excelente conexión con niveles muy bajos, así mismo se ajustan automáticamente a su potencia de transmisión para un mínimo necesario en manutención de un enlace de alta calidad. Esta característica minimiza a irradiación global del sistema<sup>5</sup>.

### 2.5.1.2 Capacidad

El sistema PLC funciona sobre un medio compartido, transportando entre todos los usuarios conectados. El acceso al canal es comandado por la unidad maestra PLC (OM con las respectivas OAP/IC, con las respectivas IA), la cual distribuye capacidades a los usuarios de acuerdo con la demanda actual, con el fin proporcionar la máxima demanda posible. Esto es por tratarse de transmisión de datos orientada a paquetes.<sup>16</sup>

## 2.5.2 EBA/DS2 POWERLINE

El Sistema PLC DS2 esta constituido por tres unidades:

- Unidad Master, también denominada HE (*Head End*), proyectada para comunicaciones de datos orientados a paquetes, puede tratar paquetes de hasta 8 Kb de transferencia en tiempo real, típico de aplicaciones Voz IP. Ofrece tasas de hasta 45 Mbps, *full duplex*, punto – multipunto, utilizando menos de 10 Mhz de espectro. Cada unidad puede tratar hasta 254 PLC, siendo ejecutado a través del protocolo SNMP.<sup>16</sup>
- Unidad Repetidora, también denominada HG (Home Gateway), que retransmite la señal originada de un HE hacia el restante de los equipos de la red, ampliando su cobertura. Por otro lado, solamente es transferido por la red Powerline creando otro segmento aislado del anterior con capacidad adicional de 45 Mbps. A este pueden ser conectados hasta 254 equipos PLC, ampliando la capacidad de la red. Ofreciendo tasas de hasta 45 Mbps, *full duplex*, punto – multipunto, utilizando menos de 10 Mhz de espectro, siendo ejecutado a través del protocolo SNMP. Posee firewall interno que permite aislar las redes Powerline de la red Ethernet, permitiendo que su movimiento autorizado circule entre las interfaces.<sup>16</sup>

---

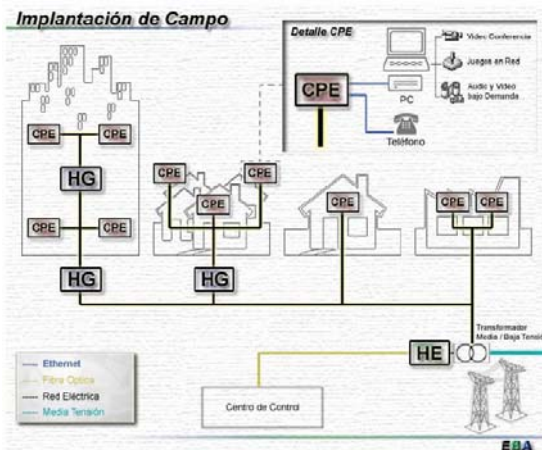
<sup>16</sup> Aptel Powerline Communications Whitepaper 2003



- Equipos de Usuario Final, también denominados CPE (Customer Premises Equipment), que esta en el *Modem* del cliente, que captura la señal de datos en una tomada de energía cualquiera y la disponibiliza a los usuarios.<sup>16</sup>

La figura a siguiente presenta un esquema de configuración típica de los equipos DS2.

Figura 2.9 Configuración de DS2<sup>16</sup>





### 2.5.3 MAIN.NET COMMUNICATIONS

La concepción del Sistema PLC de Main.net (*Power Line Ultimate System -PLUS*), que utiliza la tecnología de modulación *Spread Spectrum*, difiere del Sistema tradicional, en el que se procura enviar la señal más potente posible para alcanzar al usuario final. En su implementación cada unidad envía la señal con la menor potencia que permita llegar el próximo punto. El Sistema emplea repetición inteligente y usa la atenuación de las líneas eléctricas para crear células similares utilizadas en Sistemas celulares, permitiendo que diferentes unidades utilicen eficientemente las mismas frecuencias, sin la ocurrencia de colisiones; las unidades se interconectan utilizando un protocolo multipunto propio.

Para el usuario final, el Sistema es totalmente transparente al protocolo IP, viabilizando cualquier aplicación a través de este protocolo.

El Sistema esta basado en tecnología que permite la combinación de las aplicaciones de acceso *in-house* en una misma aplicación, sin la necesidad de *hardware* intermediario (*home gateway*). Posee, también, el *Plus Network Management (NmPlus)* que posibilita manejo remoto y control de todas las unidades disponibles a los usuarios.

#### 2.5.3.1 Arquitectura del Sistema PLUS

El Sistema PLUS puede ser fácilmente integrado a cualquier infraestructura de comunicaciones (SDH/ATM/IP, por ejemplo), constituyéndose por tres tipos de equipos<sup>17</sup>:

Unidades *Indoor (Indoor units)* – instaladas por los usuarios finales en sus residencias o escritorios (*plug and play*), y presenta las siguientes configuraciones:

- *NtPlus* – La unidad *NtPlus (Network Termination)* y la unidad básica para acceso a Internet, conectando el computador (o cualquier otro periférico) a la toma eléctrica. Es equipada con conector para el computador y, opcionalmente, otra entrada para conexión de teléfono análogo.
- *TelPlus* – La unidad *TelPlus* disponibiliza aplicaciones de telefonía sobre IP, teniendo conector telefónico (RJ11) para ligación de teléfono análogo.

Unidades de Acceso (*PLUS Backbone*) - instaladas a lo largo de las líneas de distribución forman el *backbone* del sistema.

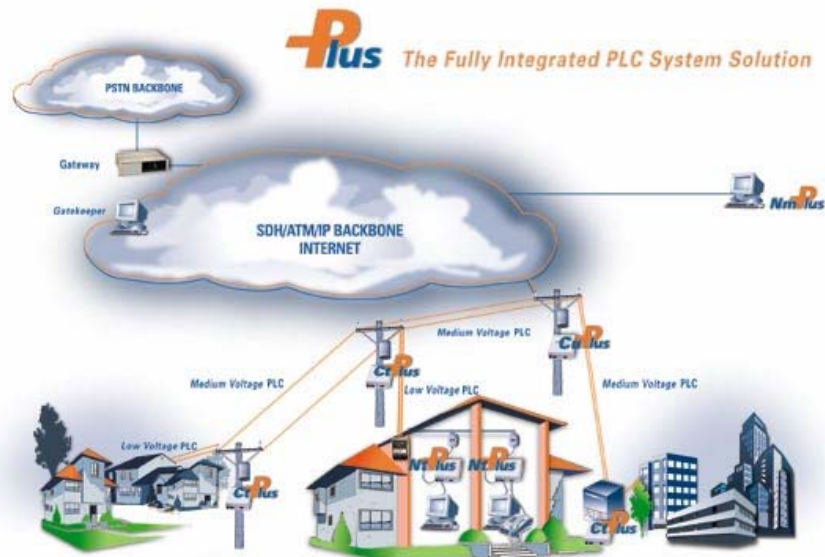
---

<sup>17</sup> Mainnet Brochure 2004



- *CuPlus* – La unidad *CuPlus (Concentrating Unit)* es instalada sobre una ruta en las proximidades del transformador de baja tensión. Esta unidad transfiere la información venida del *backbone* para la red eléctrica y viceversa, comunicándose con el manejo de la red de un lado y con las unidades de acceso del otro lado. Un sistema comercial consiste en diversas unidades *CuPlus*, creando diversas células PLC.
- *RpPlus* – La unidad *RpPlus (Repeater Unit)* es un repetidor que conecta las unidades *indoor* a la red *Plus*, posibilitando la cobertura de largas distancias en ambientes ruidosos. La unidad puede ser instalada en cualquier armario de ruta y aumenta la calidad de la conexión.
- *CtPlus* – La unidad *CtPlus (Communications Transformer)* es una solución para el mercado americano, caracterizado por baja cantidad de consumidores por transformador de baja tensión. Esta posibilita la transmisión de señales PLC en líneas de media tensión en redes con esa topología.
- *AmrPlus* – La unidad *Automatic Meter Reading* viabiliza una eficiente integración con Sistemas de Lectura Automática de Medidores, teniendo una interfase adicional para conexión a concentradores de lectura.
- Unidades de Control/Manejo (*Network Management and Control*) Instaladas en el Centro Regional de Control de las empresas, se comunican vía *backbone* IP con todas las unidades del sistema, manejando y controlando todos los componentes de la red *Plus*. Ofrecen las siguientes facilidades:
  - Activación/desactivación de componentes del sistema
  - Control de fallas
  - Datos para costos y estadísticas
  - *Download* remoto de *softwares*
  - Detección de falla para todas las unidades del sistema.

La figura a seguir presenta un esquema de configuración típica de los equipos Main.net.

**Figura 2.10 Configuración de equipos de Mainnet<sup>18</sup>**

#### 2.5.4 AMPERION

El sistema “Amperion Connect” ofrece un conjunto de productos de hardware y software que permite servicios de acceso a banda para usuario residencial y corporativo, backbone y servicios propios para las empresas. Los equipamientos Amperion suministran de 15 a 20 Mbps a lo largo de la red de media tensión. La versión actual de Amperion Connect™ utiliza un patrón de 802.11b en los puntos de acceso del cliente (Repetidor/Extractor o Extractores), lo cual tiene una cobertura con rango de aproximadamente 182 metros (600 ft). Si se utilizan antenas unidireccionales en el CPE (Customer Premises Equipment) el rango puede ser extendido hasta 305 metros (1000 ft). El Throughput por Repetidor/Extractor es de 11Mbps nominal. Este valor es consistente con la máxima tasa de datos de 802.11b.<sup>16</sup>

Amperion aprovecha la infraestructura existente de media tensión y utiliza tecnología standard en PowerWiFi consiguiendo, de esta forma, minimizar los costos de instalación por usuario (sin instalaciones adicionales, los clientes pueden adquirir equipamientos en una tienda de electrónica y visitar inmediatamente la red Amperion Broadband). Incorporando el PowerWiFi, Amperion ha sido capaz de aprovechar los avances de la industria WiFi, la cual

<sup>18</sup> MainNet's PLUS System Architecture 2004



está enfocada en crear mejoras en la seguridad y performance del actual standard 802.11b. Esta tendencia de evolución puede ser verificada en la migración para 802.11g y otras arquitecturas aún más seguras. Las nuevas tecnologías wireless son fácilmente incorporadas a los productos Amperion.

Los usuarios finales reciben enormes ventajas de costo debido a la escala y, también, la posibilidad de que sean beneficiados con el futuro desarrollo de la tecnología. La solución Amperion Connect permite que toda la red de la empresa de energía eléctrica se comporte como un WiFi Hotspot, permitiendo servicios nómadas y o/de valor añadido, y aplicaciones innovadoras.

Los equipamientos de la Amperion permiten un gran número de aplicaciones internas a las empresas de energía eléctrica (y otras proveedoras de servicios públicos), pudiendo hacer las operaciones internas más eficientes. Por ejemplo, los dispositivos Amperion tienen la capacidad de detectar formas de señales que ocurren en anticipación a las fallas de los elementos del sistema eléctrico, tales como conductores, transformadores y capacitores. Esta información puede permitir que equipos de mantenimiento sean despachados proactivamente para sustituir los elementos defectuosos antes de la falla y el consecuente desligamiento, mejorando la performance y la confianza de la red. El BPL de acceso también puede ser utilizado para extender las funciones del SCADA tradicional en toda la red eléctrica. Esta implantación mejora el customer service, la confianza del sistema y minimiza la dependencia de las empresas distribuidoras de energía eléctrica a los llamados y reclamaciones de los clientes. Estas capacidades no son disponibles con Power Line de banda angosta. Por lo tanto, el análisis predictivo de fallas y los alcances del BPL son beneficios adicionales, que podrán llevar a la mejoría de servicios a los clientes.

El manejo de aplicaciones internas requiere sólo un pequeño porcentual de la franja disponible. Esto permite al proveedor de servicio de telecomunicaciones el uso de la mayor parte de la franja para servicios de banda ancha al cliente y así obtener éxito en el negocio. La utilización integrada parece ser la mejor solución tanto para los clientes de las empresas de energía eléctrica como para los emprendedores de estos nuevos servicios. BPL es la única de las tecnologías disponibles que es capaz de mejorar las instalaciones de distribución de energía eléctrica y proveer un enorme potencial para conexión económica de usuarios. Existen decenas de aplicaciones potenciales para empresas de energía eléctrica que podrían ser facilitadas por instalaciones de Amperion.<sup>19</sup>

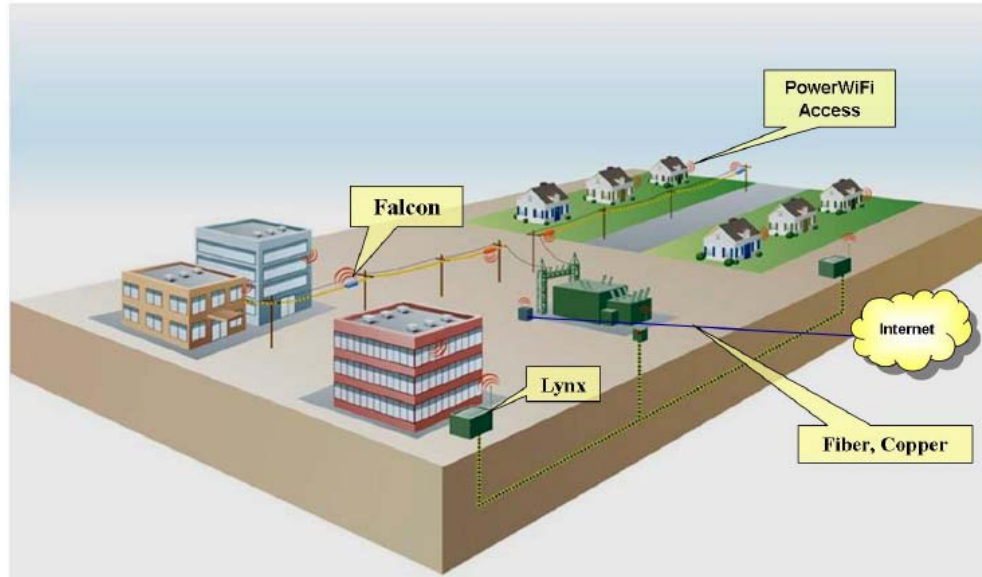
En perspectiva operacional la capacidad de alta velocidad del BPL permitirá a las empresas a expandir la seguridad de su infraestructura, además de mejorar la red

---

<sup>19</sup> Amperion Brochure 2004

de telecomunicaciones, permitiendo aplicaciones tales como, vídeo de seguridad y otras.

**Figura 2.11 Arquitectura de Amperion Connect TM<sup>20</sup>**



**Figura 2.12 Equipos PLC Amperion<sup>9</sup>**



<sup>20</sup> Amperion Brochure 2005

#### 2.5.4.1 Parámetros de Calidad

Calidad de Servicio a partir de configuraciones definidas por la red eléctrica, debe ser realizado un análisis de desempeño contemplando la variación de por lo menos los siguientes parámetros:

- Cantidad de usuarios conectados simultáneos
- Tipos de aplicación
- Protocolo de transporte
- Tamaño del paquete IP(Internet Protocol)
- Dirección del tráfico (“upload” y “download”).

Los parámetros de desempeño analizados, llevando en consideración los parámetros de configuración arriba mencionados, deberán ser basados en normas que buscan garantizar la calidad de los servicios prestados.

Los parámetros mínimos recomendables son:

- Tasa de pérdidas de paquetes
- Prueba de latencia (pertinente para aplicaciones “real equipo”)
- Jitter (variación del atraso) verificación de la priorización del tráfico de servicios
- Análisis de priorización de tráfico.

#### 2.5.4.2 Servicio de Voz

La inclusión del servicio de voz en la oferta de conectividad veía PLC es un gran atractivo para la implantación del PLC en la red, debido a la inclusión del servicio a un bajo coste, principalmente en la expansión de la red. Sin embargo el servicio de voz en redes de datos (no determinísticas) sufre con la calidad ofertada por la red y por equipamientos que la constituyen. La voz en el sistema PLC será transmitida sobre un protocolo de red, en el caso el IP, por lo tanto es recomendable la comprobación de la calidad de voz que tanto los equipamientos cuanto a la solución proporcionan al referido servicio. Esto para asegurar la oferta de una calidad mínima al servicio de voz. Además de la calidad, es necesario también realizar pruebas de protocolos para la verificación de la implementación y sus limitaciones, como, por ejemplo, la disponibilidad de servicios suplementarios (llamada en espera, transferencia, etc.).<sup>20</sup>

Un sistema de supervisión basado en la tecnología PLC puede, por ejemplo, auxiliar en el despeje de fallas al nivel del consumidor, agilizando el mantenimiento y minimizando los tiempos de indisponibilidad. Aplicaciones típicas de control de la Red de Distribución tales como lectura automática de medidores (AMR), gerencia





de carga, monitoreo de la calidad de la energía suministrada, control de fallas (Red Automática) son sólo algunos ejemplos de actividades operacionales hechas más eficientes y menos costosas por el empleo de la tecnología PLC.

## **2.6 EXPERIENCIAS EN MARCHA EN EL MUNDO**

En Brasil empresas como Copel, Eletropaulo, Cemig, Escelsa, Celg y Light realizaron pruebas con PLC de banda ancha, empleando equipos de diversos fabricantes. Por lo menos tres fabricantes fueron probados: EBA, Mainnet y Ascom. En el mundo las pruebas se iniciaron en Europa y este año (2003) existen múltiples esfuerzos para implantación de PLC en Estados Unidos. Otro hecho relevante es que en septiembre de 2003 España autorizó la explotación comercial de sistemas de acceso con tecnología PLC y la Iberdrola y Endesa, dos de las mayores empresas eléctricas españolas entraron en este mercado.



### 3. DESARROLLO DE UNA RED INTELIGENTE

Las comunicaciones por la línea de potencia (PLC) permiten el desarrollo de un canal de comunicaciones en las líneas eléctricas de media tensión de alto nivel, instalar esta tecnología ofrece ventajas como la automatización de las redes eléctricas, ofrecer servicios rápidos de reacción frente a un apagón o una caída considerable de tensión, predicciones, etc., En resumen un sistema (SCADA-supervisión, control y adquisición de datos), las redes eléctricas como tal no se afectan simplemente se instalan una serie de dispositivos que trabajando en conjunto hacen posible la comunicación de las redes eléctricas y por supuesto los equipos de teled medida para lograr la adquisición de datos eléctricos desde un centro de recopilación de información en la subestación.

#### 3.1 LOS OBJETIVOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE PLC SON:

- Un sistema de distribución seguro, confiable y de fácil mantenimiento, mejorando el actual sin necesidad de realizar inversiones nuevas en infraestructura eléctrica (postes, cables, transformadores, etc.)
- Rápidamente y con seguridad reestablecer el servicio de energía a los clientes en el momento de una emergencia.
- Realizar predicciones de niveles de carga en el sistema, esto facilitará la acción del operador de red en el consumo energético en un sector.
- Una adquisición de datos eléctricos más precisa, puesto que el sistema es automatizado, no se requieren hacer medidas en forma manual.
- Tener un mejor control de la red prácticamente en tiempo real de este modo se puede hacer una supervisión de la red 24 horas

#### 3.2 Aplicaciones de la red inteligente:

La demanda de monitorear, controlar, realizar balanceos de carga lleva a las redes eléctricas convencionales a potenciar sus sistemas con tecnología PLC. Usando la transferencia de datos sobre una red eléctrica convencional permite al operador de red migrar de operaciones manuales a automáticas. Esto da como resultado bajos costos eléctricos, menos polución, confiabilidad y seguridad para cualquier tipo de servicio ya sea gas, acueducto, etc.<sup>21</sup>

---

<sup>21</sup> [http://www.mainnet-plc.com/pro\\_applications.htm](http://www.mainnet-plc.com/pro_applications.htm) (28/12/06//19:30)

- Monitoreo de subestaciones: medición de temperatura y estado del transformador, estudios de calidad de potencia, lecturas básicas como lo es corriente y tensión.
- medición avanzada: perfil de carga, recolección remota de datos, tiempo de conexión al servidor central.
- Detección de irregularidades en el sistema como el robo de líneas o de energía.
- En la red inteligente: detección rápida de interrupciones en el sistema, automatización del sistema de distribución, monitoreo de réles, monitoreo de seguridad

### 3.2.1 Características y beneficios de la red inteligente:

- Incremento de la satisfacción del cliente: el monitoreo remoto permite reducir el tiempo en la detección de problemas, esto significa rapidez en la restauración del servicio, en lugar de realizar numerosas llamadas reportando un mismo problema.
- Predicción mejorada de uso: los datos adquiridos de carga son de alta definición, así mismo la calidad de la tensión medida.
- Mejor utilización del servicio: con este sistema se pueden detectar cualquier malfuncionamiento en el servicio de distribución; un transformador dañado, o la temperatura del mismo, aumentos considerables de carga, etc.

El ahorro por usar las redes inteligentes como plataforma de comunicación para un sistema de transmisión, el cual es automatizado, adaptable, consciente del consumo, predictivo y auto recuperable conlleva beneficios para cualquier empresa del sector, llegando al punto de ser altamente competitivo, y la economía de respuesta de la demanda es visible y fuerte. Un factor crítico a nivel de negocios para PLC es que ofrece al operador de red una red de comunicaciones de gran valor que potencia la red eléctrica a otro nivel, funciones como las descritas anteriormente, dan grandes beneficios en términos de reducir costos de operación, y confiabilidad en general, en esencia estas aplicaciones pueden ser cada día valiosas para las necesidades del cliente final.

Por medio de la red inteligente la medición tomada por el equipo analizador de red, o en su defecto medidor de energía de varias cuentas, es transmitida sobre las mismas líneas que han sido medidas, y las modificaciones que se le hagan a la red son mas simples y mas económicas. Usando PLC permite a la red mayor flexibilidad para realizar operaciones de abrir y cerrar interruptores vía remota, minimizando riesgos en los operadores de la red a nivel humano, técnico y económico, esta tecnología permite realizar diagnósticos y solucionar problemas con rapidez. Algunas compañías ofrecen paquetes completos de medida y

maniobra que remotamente pueden desconectar al cliente que por ejemplo, no haya cancelado su factura.

El equipamiento de PLC consiste en un grupo de inyectores (concentradores), repetidores y extractores. Los inyectores son dispuestos sobre las líneas para habilitar la red de comunicaciones ya sea interna o de Internet sobre las líneas de media tensión, poniendo en funcionamiento el servicio de BPL-PLC.

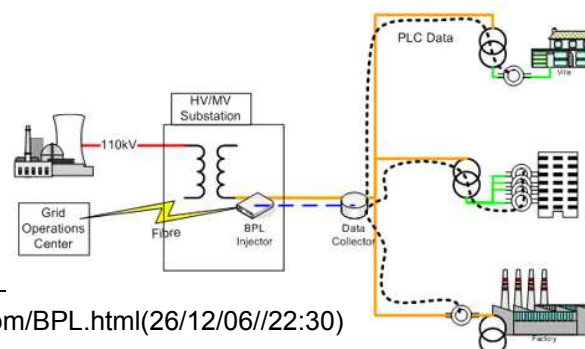
La altura general para las líneas de MT son de 10 metros sobre la tierra en postes y el cableado trifásico corresponde a un circuito propio que va desde la subestación, estos cables van físicamente orientados sobre los postes con una configuración típica de cableado (horizontal, vertical, triangular) esta configuración puede cambiar de un poste a otro y una o mas fases puede ser circuitos ramales para alimentar a un número determinado de clientes, en resumen las señales de PLC pueden ser inyectadas sobre las líneas de MT entre dos fases, (fase-fase ó neutro-fase).

### 3.3 Componentes de la red inteligente

- Dispositivos físicos inteligentes que son parte de la red (como capacitores o medidores de lectura automática-AMR), o conectados a la red como sistemas de vigilancia por medio de cámaras remotas.
- Una red de comunicación a 2 vías que conectan los dispositivos físicos al centro de control donde los datos tomados son almacenados.
- Un grupo de aplicaciones y algoritmos de alto nivel que procesan la información recopilada de alto valor que es capaz de controlar el dispositivo físicamente, es decir un pequeño sistema SCADA.

La figura 3.1 (arquitectura AMR) muestra cómo las lecturas de distintos consumidores son recolectadas por el colector de datos o concentrador, y que a su vez son transmitidas al centro de operaciones vía PLC-BPL, los dispositivos de maniobra tales como los réles, interruptores y seccionadores que están conectados a la red pueden ser manipulados por este mismo sistema.

Figura 3.1 ARQUITECTURA AMR<sup>22</sup>



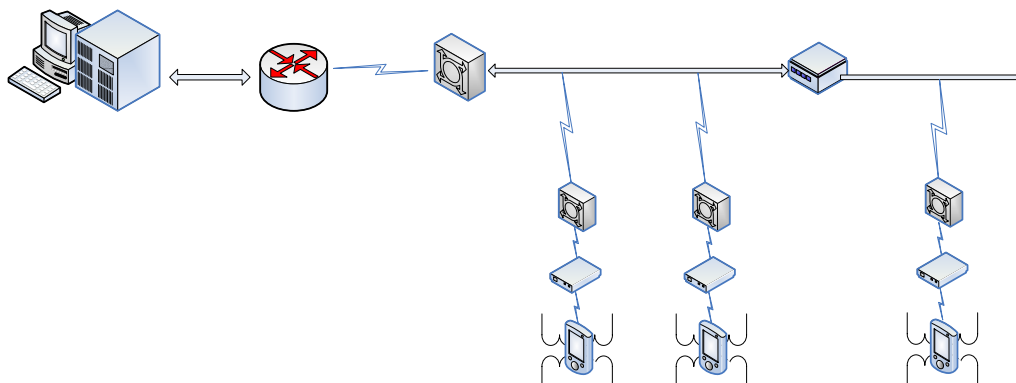
<sup>22</sup> [http://www.electrononline.com/BPL.html\(26/12/06//22:30\)](http://www.electrononline.com/BPL.html(26/12/06//22:30))

El modelo muestra que bajo el mismo principio se puede aplicar a diferentes recintos, como la lectura de medidores baja tensión, proveer servicios de Internet a hogares, edificios, etc. Basta con la instalación del equipo a la salida del transformador o a la entrada del mismo en su defecto.

### 3.4 Descripción de la conformación de la red.

Por medio de PLC se intercambian datos a través de la red eléctrica, con el propósito de automatizar la red mejorando la calidad del servicio notablemente sin intervención humana en el punto final es decir en la subestación a medir. En el modelo siguiente las URT (unidades remotas de telemetría) son supervisadas por un computador que recibe la información tomada por el medidor o analizador, para que la información recopilada llegue al computador de la subcentral debe haber un canal PLC el cual fue descrito en el capítulo anterior, aquí se muestra cada equipo que participa en el canal para que la comunicación medidor – subcentral sea posible.

Figura 3.2 CANAL PLC ESPECÍFICO<sup>23</sup>



El computador de la subcentral recibe y controla al sistema en general, el MODEM PLC recibe las señales de la URT y las procesa e inyecta las señales procesadas a la red por medio de la UC (unidad de acoplamiento) y la red en lo que respecta a telemetría ha quedado automatizada.

<sup>23</sup> Grosso, Urrego, Prefactibilidad de la implementación de la tecnología PLC en telemetría para redes de distribución.

### 3.5 Dispositivos del sistema de telemetría automática remota

Para implantar PLC en lo concerniente a telemetría, en un sistema de potencia en este caso es necesario utilizar dispositivos especiales que son capaces de utilizar la red eléctrica como canal de comunicación entre la subestación de MT/BT y la subestación de AT/MT para efectos de telemetría automática, maniobra, etc.

#### 3.5.1 Unidad de acoplamiento de media tensión (MT)

Las tecnologías de acoplamiento para líneas de media tensión son un factor decisivo para el diseño de una red PLC. Las características principales son: el costo que debe ser razonable para la aplicación dada y las dimensiones que deben ser pequeñas de manera que puedan ser instalados en las subestaciones transformadoras, donde el espacio permitido es reducido.

Hay dos tipos básicos de acoplamientos de señales a líneas de media tensión:

- Inductivo: acoplado a la línea por corriente
- Capacitivo: acoplado a la línea por tensión

Este dispositivo actúa como puente entre la red eléctrica de frecuencia fundamental de 60Hz y el equipamiento PLC, por medio de una inyección de señal proveniente del MODEM que puede ser los datos eléctricos del transformador tomados por el medidor, esta señal inyectada es previamente modulada y procesada por cualquier tipo de modulación ya sea OFDM, BPSK, ASK, etc. El acoplamiento es instalado sobre la línea viva de media tensión adyacente al aislador de la línea sobre el poste, la instalación de este equipo debe ser bajo las normas de seguridad respectivas, las unidades de acoplamiento son de dos clases inductivas y capacitivas, así como hay redes aéreas y subterráneas.

**Figura 3.3 Unidad de acoplamiento instalada en una subestación de media tensión<sup>24</sup>**



<sup>24</sup>Macenka, Mike, Interfacing BPL Equipment with the Electrical Distribution System

### 3.5.2 MODEM PLC

La palabra MODEM viene de la función que cumple este dispositivo Modular-Demodular, es decir que este dispositivo transforma las señales digitales en señal analógica y viceversa, con lo que permite a computadores transmitir y recibir información por la línea telefónica. Generalmente es usado para comunicar vía telefónica, fibra óptica y PLC.<sup>25</sup>

El MODEM proporciona una comunicación confiable sobre las líneas de media tensión, este dispositivo mantiene el suficiente ancho de banda para aplicaciones que requieren comunicaciones en tiempo real tal como lo es la telemetría automática y es prácticamente rentable para las aplicaciones que requieren robustas comunicaciones que tengan amplia cobertura sobre una zona determinada (radio de 10 km o más), cubiertas por las líneas de media tensión, un MODEM de media tensión puede ser utilizado para entregar un vínculo entre múltiples nodos de una red, teniendo la capacidad de soportar diferentes protocolos industriales(ethernet, profibus, etc.) con velocidades de transferencia de 100 kbps al usuario final, esta opción es adecuada para control, automatización, monitoreo de aplicaciones, entre otros, donde se requiera conectividad sobre la red de media tensión. La señal que transmite o recibe el MODEM es inyectada a través del acoplador de línea el cual no solo sirve de puente de comunicación sino también como dispositivo de protección del sistema de sobre tensiones en la red.

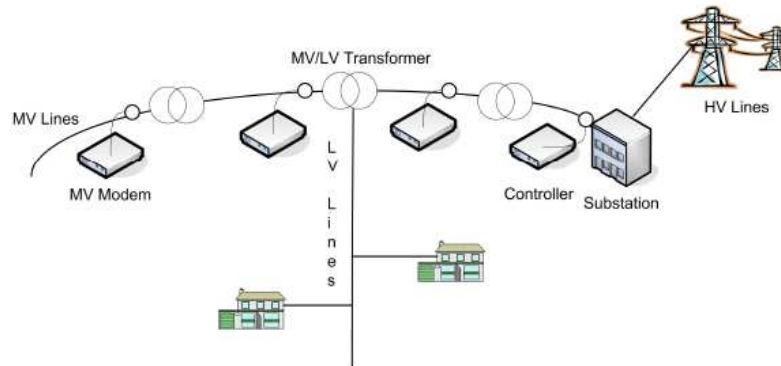
Figura 3.4 MODEM PLC<sup>3</sup>



<sup>25</sup> Gómez, A. Carlos, Sistemas PLC a través de los sistemas de media y baja tensión

El esquema siguiente muestra la configuración y arquitectura de los módems y su importancia en el canal PLC, ya que por este medio se enviará información de vital importancia para la red eléctrica

**Figura 3.5 Arquitectura de la red con MODEM PLC<sup>26</sup>**



### 3.5.3 Medidor o analizador de red

Los medidores son instrumentos de carácter análogo o digital utilizados para realizar mediciones constantes de valores eléctricos, son capaces de medir el consumo de energía en kWh como función principal pero también pueden ser capaces según su arquitectura de medir tensión, corriente, factor de potencia, etc. es decir los valores requeridos por una empresa para realizar diagnósticos de la red y por medio de estos datos analizar el comportamiento de la red, existen equipos que miden la calidad de la potencia o suministro de la red eléctrica, a onda de tensión de suministro a cada usuario, con el avance tecnológico los equipos de carácter análogo han ido desapareciendo ya que la demanda de características y valores de electricidad es cada vez mayor no sólo se necesita medir energía, sino también factor de potencia, calidad de suministro, monitoreo de fases, etc.

Los medidores actuales tienen una memoria donde se almacenan los datos de la medición de un día entero y generan una abundante información del consumo que es esencial para una administración en tiempo real de la red eléctrica, la instalación de estos equipos mejora la eficiencia en el servicio y reduce el costo de enviar a un técnico a realizar mediciones que en algunos casos son erróneas o son imposibles de realizar ya sea por difícil acceso al transformador, cuestiones climáticas, o falta de información de la ubicación del mismo.

<sup>26</sup> Adaptive networks, Power Connect MV Powerline MODEM Brochure 2005



Muchas ventajas han sido atribuidas a la medición automática, incluyendo bajo costo en la medición, mayor confiabilidad, aumenta la capacidad de detectar fraudes en las líneas que es uno de los factores donde las empresas prestadoras de servicios pierden millones cada año.<sup>27</sup>

**Figura 3.6 Equipos de medición<sup>28</sup>**



La comunicación de estos equipos a la red inteligente pueden ser por protocolos simples como el RS485, RS232 o por ethernet, la información por medio estos protocolos de comunicación conocidos es directamente enviada por medio del MODEM hacia la subcentral principal para procesar la información recopilada. Con la gran ventaja de tener un historial de datos históricos y se puede realizar un análisis de consumos de los últimos días o meses.

#### 3.5.4 Computador Central

En este punto la información recopilada de toda la red ha sido procesada por el concentrador y lista para ser analizada, el computador cumple ésta función por medio de un programa especializado, que es muy similar a un supervisor de red donde puede activar o desactivar cualquier punto o detectar fallas en el sistema interconectado de la red inteligente (red PLC), en el programa se toman las medidas de los analizadores conectados y por medio de graficas y boletines estadísticos donde se muestra el comportamiento de la red, las características principales son:

- Interrupción en tiempo real de transformadores
- Administración activa de la red

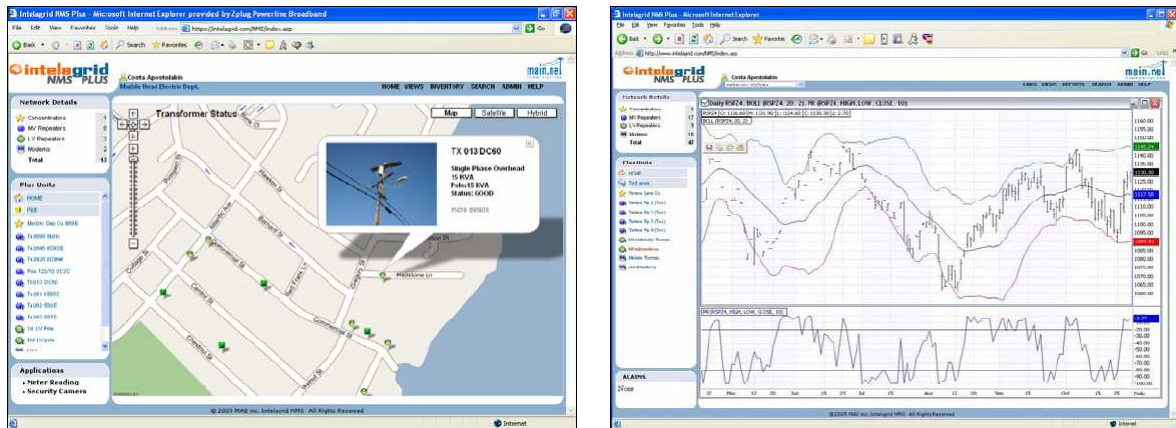
<sup>27</sup> Germen, Rob van, Smart Metering, The Netherlands, July 2006

<sup>28</sup> Artech, Circutor brochures 2004



- Mapeo de la red
- Monitoreo de la red
- medición y administración de cargas para diferentes parámetros (tensión, corriente, factor de potencia) según la configuración y tipo de medidor o analizador.

Figura 3.7 Software de análisis de la red por medio de PLC<sup>29</sup>



El sistema de telemetría ofrece muchas ventajas sobre el sistema de medición convencional realizado manualmente. La mayor ventaja, es que se esta relevando periódicamente el estado de las variables de los dispositivos que constituyen el sistema, algo que manualmente seria casi imposible de realizar, debido al costo económico que esto requeriría por la cantidad de dispositivos presentes en la Red eléctrica.

Otra ventaja es la identificación de algún inconveniente de manera casi instantánea, pudiendo tomar decisiones a distancia logrando que el problema se resuelva mucho más rápido. Se puede citar como dato relevante, la conveniencia de mantener un canal propio PLC de baja capacidad, no compartido con otros usuarios.

<sup>29</sup> Mainnet Brochure 2,4 – 2006 Mainnet Communications



### 3.6 Parámetros de diseño de la red inteligente

Este análisis debe ser realizado en conjunto con la empresa prestadora de servicios ya que se debe tener conocimiento de las características de las líneas de media tensión y su topología, entre las características de la línea de media tensión se encuentran:

- Segmentos de las líneas aéreas o subterráneas (topología- mapa de la red)
- Longitud de cada segmento de línea
- Tipo de cable con corte transversal
- Nivel de tensión
- Disposición o ubicación de los transformadores de distribución.

Después de haber adquirido los datos anteriores se procede a realizar el cálculo de perdidas por la instalación de los equipos adjuntos al sistema y perdidas en el envío de información lo cual facilitará la ubicación de repetidores de línea si es necesario para que la red esté completamente interconectada. Las pérdidas principales son:

- Pérdidas en los conductores principalmente por calor  $I^2R$
- Pérdidas en el aislamiento o dieléctrico
- Pérdidas por radiación
- Pérdidas por acoplamiento

Los elementos fundamentales de cálculo son:

- Impedancia característica
- Atenuación
- Relación señal a ruido – S/N
- BER – Bit-Error-Rate

Se debe tener en cuenta la instalación de las unidades de acoplamiento donde la empresa requiera realizar mediciones o en su defecto en cada transformador de distribución.

Por lo general el acoplamiento que se escoge es el capacitivo por la diversidad de redes aéreas que algunas veces supera en cantidad a las redes subterráneas, además por su buen rendimiento y respuesta sin importar el tipo de cable y configuración de la red es útil para los pequeños espacios que se presentan en un nodo de transformación de distribución

## 4. ANALISIS COMPARATIVO

Este estudio esta basado en la definición de una red inteligente, puesto que el sistema existente de transmisión y distribución usan tecnologías de muchos años atrás que limitan el uso de comunicaciones digitales y tecnologías de control, de este modo surge la necesidad de modernizar las redes creando una red inteligente que posea características avanzadas de comunicación y control para generar y distribuir electricidad de una manera más eficiente, económica y segura, las redes inteligentes integran herramientas avanzadas para generación, transmisión y distribución, con el compromiso de que el cliente final reciba una mejor calidad de energía y servicio.

### 4.1 ANÁLISIS DE COSTOS

A continuación se elaborará una observación de costos entre un proyecto de telemetría convencional y el proyecto propuesto con tecnología PLC. A cada proyecto se le va a realizar un análisis vertical y horizontal para determinar en forma detallada cada costo causado. Esta comparación permitirá evaluar la viabilidad del proyecto PLC para su inserción en el mercado nacional.

Para establecer el costo de cada uno de los proyectos, se elaboró un presupuesto en el que se tuvo en cuenta variables como el precio de los insumos necesario para cada uno de los casos y la mano de obra de instalación.

Cabe aclarar que los proyectos aquí denotados son ejemplos de implementación puesto que la designación y requerimientos de cada empresa prestadora de servicios son distintos para cada cliente y sector.

*El proyecto A* hace referencia al proyecto de telemetría convencional y *el proyecto B* hace referencia al proyecto que propone la implementación de PLC.

Tabla 4.1 Costo del proyecto A<sup>30</sup>

PROYECTO TELEMETRÍA CONVENCIONAL								
ITEM	DESCRIPCION	UNID.	CANT.	VALOR UNITARIO MATERIAL (COL \$)	VALOR TOTAL MATERIAL (COL \$)	VALOR UNITARIO MANO DE OBRA (COL \$)	VALOR TOTAL MANO DE OBRA (COL \$)	VALOR TOTAL POR ITEM (COL \$)
1	CELDA PARA ALOJAR MEDIDOR DE ENERGIA NORMA AE325	UND	1	270.000	270.000	40.000	40.000	310.000
2	CABLEADO PARA TRANSFORMADORES DE CORRIENTE EN CABLE No. 10 x 12 THHN	ML	2	19.200	38.400	7.500	15.000	53.400
3	CABLE DE COBRE No. 2	ML	6	14.200	85.200	7.500	45.000	130.200
4	TRANSFORMADORES DE CORRIENTE TIPO BARRA DE 100/5A CON SUS RESPECTIVOS PROTOCOLOS DE CALIBRACION	UND	3	220.000	660.000	25.000	75.000	735.000
5	COSTOS DE DESPLAZAMIENTO	GLB	1	N/A	N/A	40.000	40.000	40.000
6	MEDIDOR LANDIS	UND	1	3.000.000	3.000.000	60.000	60.000	3.060.000
7	MODEM ENFORA	UND	1	320.000	320.000	40.000	40.000	360.000
<b>SUBTOTAL</b>								<b>4.688.600</b>
<b>IVA</b>								<b>750176</b>
<b>TOTAL</b>								<b>5.438.776</b>

El costo para la compra e instalación del sistema de telemetría convencional es de aproximadamente \$ 5.438.776 pesos incluido el IVA.

Para profundizar más sobre cada una de las variables y su relevancia dentro del costo total del proyecto, se realizó un análisis vertical, en donde cada uno de los ítems se expresa como un porcentaje del total del costo; el análisis vertical permite identificar cuál de los ítems está generando mayor costo, de modo tal que se puede evaluar si es posible reducirlo.

<sup>30</sup> Fuente: UNIELEC

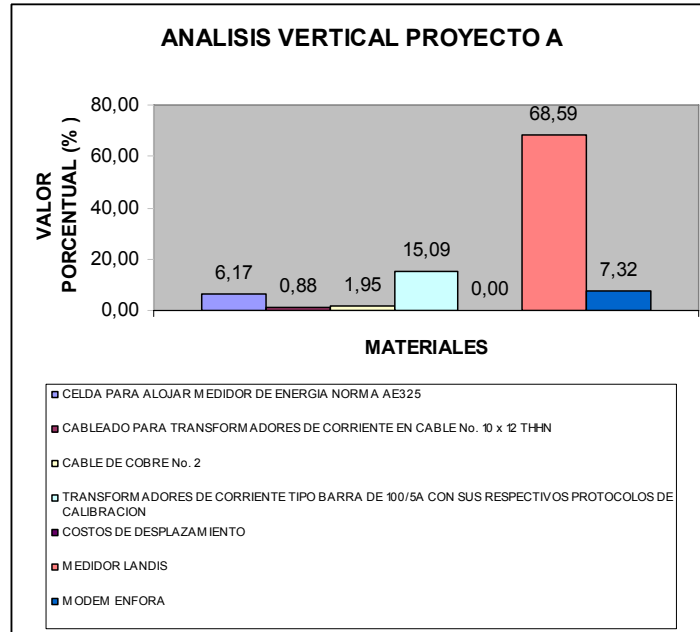


Tabla 4.2 Análisis vertical del proyecto A.

ANÁLISIS VERTICAL PROYECTO A							
ITEM	DESCRIPCION	UNID.	CANT.	VALOR TOTAL MATERIAL (COL \$)	%	VALOR TOTAL MANO DE OBRA (COL \$)	%
1	CELDA PARA ALOJAR MEDIDOR DE ENERGIA NORMA AE325	UND	1	270.000	6,17	40.000	12,70
2	CABLEADO PARA TRANSFORMADORES DE CORRIENTE EN CABLE No. 10 x 12 THHN	ML	2	38.400	0,88	15.000	4,76
3	CABLE DE COBRE No. 2	ML	6	85.200	1,95	45.000	14,29
4	TRANSFORMADORES DE CORRIENTE TIPO BARRA DE 100/5A CON SUS RESPECTIVOS PROTOCOLOS DE CALIBRACION	UND	3	66.0000	15,09	75.000	23,81
5	COSTOS DE DESPLAZAMIENTO	GLB	1	N/A	N/A	40.000	12,70
6	MEDIDOR LANDIS	UND	1	300.0000	68,59	60.000	19,05
7	MODEM ENFORA	UND	1	32.0000	7,32	40.000	12,70
<b>VALOR TOTAL</b>				<b>4.373.600</b>	<b>100,00</b>	<b>31.5000</b>	<b>100,00</b>

Como se puede observar, en la columna del valor total del material, el Medidor LANDIS está causando el mayor costo con un 68,59% del total, sin embargo su precio es estándar. En la columna del valor total de la mano de obra la participación porcentual es proporcional entre los ítems, el más alto es el del transformador de corriente con un 23,81% por tratarse de la mano de obra, puede cotizarse una más baja.

**Figura 4.1 Análisis Vertical Proyecto A materiales**



**Figura 4.2 Análisis Vertical Proyecto A Mano de obra**

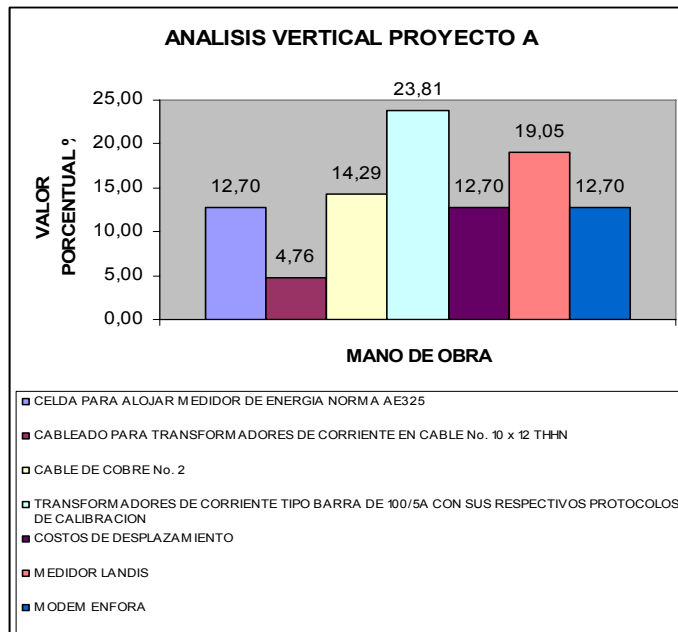


Tabla 4.3 Costo del proyecto B<sup>31</sup>

PROYECTO TELEMETRIA PLC								
ITEM	DESCRIPCION	UNID.	CANT.	VALOR UNITARIO MATERIAL (COL \$)	VALOR TOTAL MATERIAL (COL \$)	VALOR UNITARIO MANO DE OBRA (COL \$)	VALOR TOTAL MANO DE OBRA (COL \$)	VALOR TOTAL POR ITEM (COL \$)
1	CELDA PARA ALOJAR MEDIDOR DE ENERGIA NORMA AE325	UND	1	270.000	270.000	40.000	40.000	310.000
2	CABLEADO PARA TRANSFORMADORES DE CORRIENTE EN CABLE No. 10 x 12 THHN	ML	2	19.200	38.400	7.500	15.000	53.400
3	CABLE DE COBRE No. 2	ML	6	12.292	73.752	7.500	45.000	118.752
4	TRANSFORMADORES DE CORRIENTE TIPO BARRA DE 100/5A CON SUS RESPECTIVOS PROTOCOLOS DE CALIBRACION	UND	3	220.000	660.000	42.200	126.600	786.600
5	COSTOS DE DESPLAZAMIENTO	GLB	1	N/A	N/A	46.000	46.000	46.000
6	MEDIDOR ELECTRONICO MULTIFUNCIONAL CON MODEM	UND	1	3.950.000	3.950.000	65.000	65.000	4.015.000
7	MODEM PLC AT L60140	UND	2	218.000	436.000	47.500	95.000	531.000
8	ACOPLADORES	UND	2	345.000	690.000	101.250	202.500	892.500
							SUBTOTAL	6.753.252
							IVA	1080520,32
							TOTAL	7.833.772

El costo para la compra e instalación del sistema de telemetría PLC es aproximadamente \$7.833.772 pesos incluido el IVA.

<sup>31</sup> Fuente: ASCOM



Tabla 4.4 Análisis Vertical Proyecto B

ANALISIS VERTICAL PROYECTO B							
ITEM	DESCRIPCION	UNID.	CANT.	VALOR TOTAL MATERIAL (COL \$)	%	VALOR TOTAL MANO DE OBRA (COL \$)	%
1	CELDA PARA ALOJAR MEDIDOR DE ENERGIA NORMA AE325	UND	1	270.000	4,41	40.000	6,30
2	CABLEADO PARA TRANSFORMADORES DE CORRIENTE EN CABLE No. 10 x 12 THHN	ML	2	38.400	0,63	15.000	2,36
3	CABLE DE COBRE No. 2	ML	6	73.752	1,21	45.000	7,09
4	TRANSFORMADORES DE CORRIENTE TIPO BARRA DE 100/5A CON SUS RESPECTIVOS PROTOCOLOS DE CALIBRACION	UND	3	660.000	10,79	126.600	19,93
5	COSTOS DE DESPLAZAMIENTO	GLB	1	0	0,00	46.000	7,24
6	MEDIDOR ELECTRONICO MULTIFUNCIONAL CON MODEM	UND	1	3.950.000	64,56	65.000	10,23
7	MODEM PLC ATL60140	UND	2	436.000	7,13	95.000	14,96
8	ACOPLADORES	UND	2	690.000	11,28	202.500	31,88
VALOR TOTAL				6.118.152,00	100,00	6.351.00,00	100,00

Como se puede observar en la columna correspondiente al valor total de material, el porcentaje más alto se encuentra representado en el ítem 6 con un 64,56%, sin embargo el valor del medidor \$3.950.000 es el más bajo del mercado. Los acopladores representan el 31,88% del valor total de la mano de obra, pero al igual que en el proyecto A, por tratarse de la mano de obra puede cotizarse una más baja.



Figura 4.3 Análisis Vertical Proyecto B

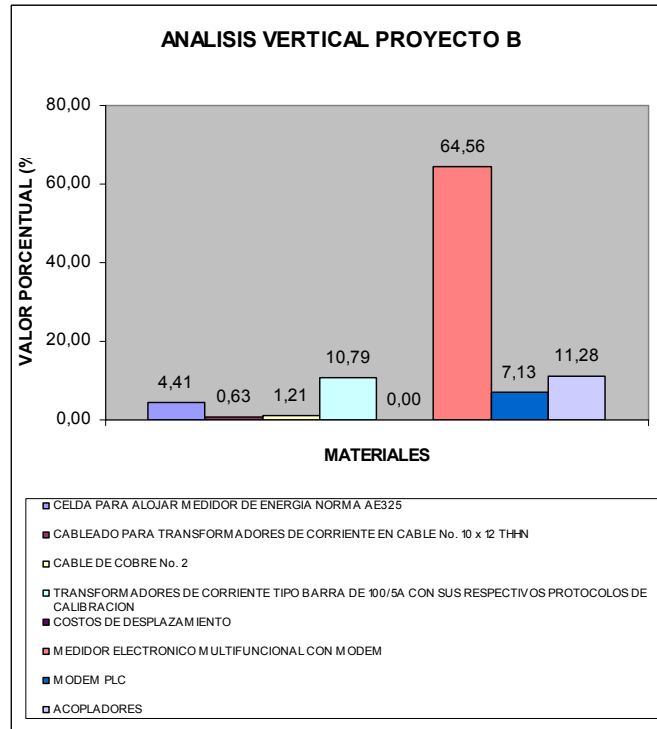


Figura 4.4 Análisis Vertical Proyecto B

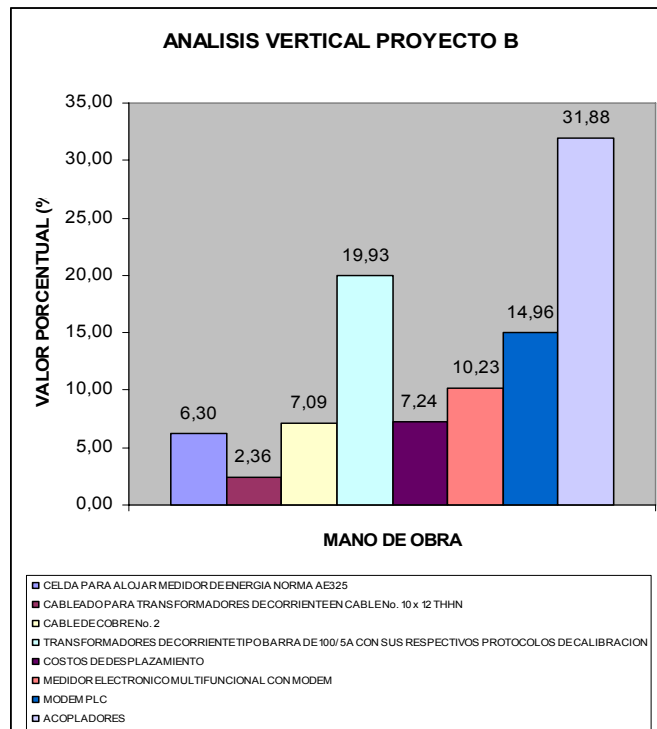


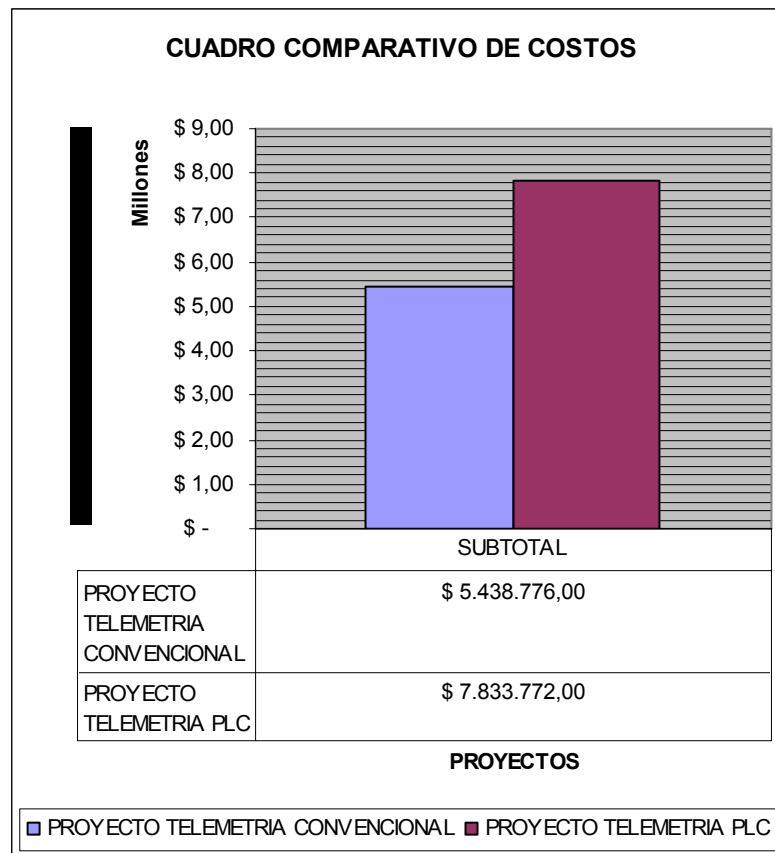


Tabla 4.5 Comparación entre los dos Proyectos

DETALLE	PRESUPUESTO N° 1	
	PROYECTO A	PROYECTO B
SUBTOTAL MATERIALES	\$ 4.373.600,00	\$ 6.118.152,00
SUBTOTAL MANO DE OBRA	\$ 315.000,00	\$ 635.100,00
IVA	\$ 750.176,00	\$ 1.080.520,32
TOTAL INCLUIDO IVA	\$ 5.438.776,00	\$ 7.833.772,32

A continuación se presenta un gráfico comparativo de costos entre los dos proyectos de telemetría.

Figura 4.5 Cuadro comparativo de costos





La tabla 4.5 compara los subtotales del proyecto A respecto al Proyecto B. El proyecto de PLC que se quiere implementar tiene un costo mayor que el proyecto de telemetría convencional, la diferencia es de \$ 2.394.996,00 por unidad del sistema de telemetría instalado, que en términos porcentuales representa un **30.57%** (porcentaje obtenido de un análisis horizontal entre los proyectos A y B), esto puede resultar menos atractivo para los inversionistas, no es suficiente para descartarlo como viable, ya que se trata de una tecnología más avanzada y que a largo plazo resultará más rentable que la convencional dado su valor agregado en las telecomunicaciones.

El interés de las compañías del sector eléctrico por entrar en el mercado de las telecomunicaciones, ha quedado demostrado en los últimos años. Por eso, se ha avanzado en el campo de la transmisión de datos a través de la línea eléctrica. Si al principio la red eléctrica se usaba únicamente en el entorno doméstico para determinadas labores de domótica sencilla, ahora mismo en países como Alemania, Austria y Suiza, se está comercializando "Internet eléctrico", así como servicios de Telemetría.

Por esta razón se considera que PLC es un medio viable para acercarse a países como los mencionados anteriormente. En el entorno colombiano se podría incursionar inicialmente en telemetría de redes de distribución y control de las líneas de media tensión, además se generarían nuevas oportunidades de negocio en el mercado de las telecomunicaciones (Internet, Video conferencia, TV, Telefonía y Diversión en línea).



## 4.2 ANÁLISIS DE LA MATRIZ DOFA PARA EL PROYECTO PLC

Con el objeto de evaluar la viabilidad de ofrecer un sistema PLC en Colombia, es preciso analizar los componentes de la Matriz DOFA.

<b>EVALUACIÓN INTERNA</b>	<b>EVALUACIÓN EXTERNA</b>
<b>DEBILIDADES:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• No se han realizado pruebas piloto en Colombia dónde se muestre la viabilidad técnica en telemetría.</li><li>• El costo de instalación es alto ya que es una tecnología nueva, sin embargo ofrece servicios y nuevas oportunidades de negocio, como lo es el Internet Eléctrico.</li></ul>	<b>OPORTUNIDADES:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Cobertura total a zonas urbanas y rurales por el alto nivel de penetración de redes en el país. Acceso universal.</li><li>• No hay productores de PLC en Colombia.</li><li>• Para las empresas distribuidoras de energía eléctrica se pueden prestar servicios agregados, como telemedición y gestión de carga entre otros.</li><li>• Globalización en todo el territorio nacional.</li></ul>
<b>FORTALEZAS:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Alto potencial en el nivel de acceso, cualquier toma eléctrica es punto de conexión.</li><li>• Bajo nivel de inversión en la infraestructura, ya que es adaptable a la red eléctrica existente.</li><li>• Cobertura total.</li><li>• Ancho de banda simétrico, velocidades desde 150 kbps-40 Mb</li></ul>	<b>AMENAZAS:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Interferencia de radio.</li><li>• Tecnologías sustitutas como DSL y cable.</li><li>• No existe la mentalidad de conexión con el mundo exterior a alta velocidad. (38% de población rural en total).</li></ul>

**4.3 ANÁLISIS ESTRATEGICO**

<p><b>ESTRATEGIA DE LA TECNOLOGIA.</b></p> <p>Acción estratégica:</p> <p>Difundir estratégicamente información acerca de la tecnología PLC, en sectores de mayor interés como el industrial, dando a conocer los beneficios y servicios que brinda PLC, tales como:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Monitoreo (red eléctrica).</li> <li>• Redes de computadores por redes eléctricas.</li> <li>• Telemetría en redes de distribución.</li> <li>• Comunicaciones internas.</li> <li>• Gestión de manejo de carga.</li> <li>• Monitoreo de bancos de condensadores.</li> <li>• Internet Electrico.</li> <li>• Automatización de procesos en el manejo de redes eléctricas.</li> </ul>	<p><b>CONTEXTO ORGANIZACIONAL</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Implementación de PLC a la red eléctrica existente a empresas prestadoras de servicios.</li> <li>• Mercadeo de los servicios PLC, así como la promoción de servicios adicionales o de valor agregado de la tecnología PLC.</li> </ul> <p>(Telemedicina, Internet, Video conferencia, TV, Telefonía y Diversión en línea)</p>
<p><b>EVOLUCION DE LA TECNOLOGIA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilización de la red eléctrica como medio de transmisión y recepción de datos.</li> <li>• Altas tasas de transmisión hasta 40 Mbps.</li> <li>• Permitir el acceso universal.</li> <li>• Adecuación y optimización de la red eléctrica.</li> <li>• Interferencias de Radio superada por métodos sofisticados de modulación (OFDM)</li> </ul>	<p><b>CONTEXTO DE LA INDUSTRIA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Existencia de otras tecnologías.</li> <li>• Ahorro en desplazamiento por parte de operarios para verificación, medida y monitoreo manual de la red.</li> <li>• Hacer de la red electrica una red inteligente donde todo se pueda monitorear desde el servidor principal de la empresa por medios de fibra optica, telefonía, GPRS, etc.</li> </ul>



## 5. CONCLUSIONES

- Las comunicaciones por la línea de potencia (PLC) es una área de investigación que ha sido estudiada por muchos años, las investigaciones actuales se han enfocado en resolver muchos de los problemas relacionados con telecomunicaciones con dispositivos de alta velocidad, para muchos provistos; telemetría automática (AMR), supervisión y adquisición de datos (SCADA), INTERNET, entre otros.
- Las líneas de transmisión poseen varios parámetros por los cuales es posible desarrollar su modelamiento matemático de un sistema de potencia, estas características o parámetros son utilizados para el cálculo y desarrollo de un canal PLC a lo largo de una red o malla para que la comunicación entre dispositivos como los de telemetría remota sea posible.
- En el mundo existen diversas topologías y configuraciones en este documento se hizo énfasis en las principales (topología europea, topología norteamericana, topología colombiana) donde se analizaron sus características como la distribución de la tensión y sus diagramas respectivos.
- Las señales enviadas por la línea de potencia están en rangos de frecuencia superiores al de la frecuencia fundamental (60 ó 50 Hz) por lo tanto existen métodos de modulación donde la señal de comunicación de alta frecuencia se superpone sobre la fundamental, en este documento se hizo discusión sobre los comúnmente utilizados en el desarrollo de esta tecnología, concluyendo que el frecuentemente utilizado en la actualidad para la comunicación por medio de PLC es el de OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) por su gran número de frecuencias subportadoras superpuestas sobre la fundamental.
- La telemetría automática no es una definición nueva, siempre se ha usado pero por medios de otras tecnologías ya sea por medio de un par telefónico o por medio de una red GPRS (General Packet Radio Service) muy utilizado en las comunicaciones celulares, precisamente la Terminal de los equipos de telemedición tienen conectado un MODEM que por medio de un teléfono celular es posible obtener los datos de la medición; ahora lo que se pretende con esta investigación es que es posible realizar telemetría por medio del canal eléctrico las 24 horas del día.



- Existen numerosas compañías dedicadas a la investigación y comercialización de productos PLC para hogares y empresas, estas compañías ofrecen asesorías y soluciones para cada cliente, están empezado a desarrollar soluciones para crear las llamadas redes inteligentes (Smart Grids) para sistemas de distribución, es una situación nueva en el campo de las comunicaciones por PLC, antes solo se pensaba en Internet por medio de las líneas eléctricas con altas velocidades pero ahora por medio de investigación es posible automatizar las redes eléctricas de distribución en MT y BT para controlar consumos, detectar fraudes o realizar cortes por falta de pago desde la subestación de distribución.
- La información del sitio donde se realice la medición se puede consultar por medio de Internet con aplicaciones Web que muestran el estado de la red, basta con la contraseña y usuario suministrado por la compañía prestadora del servicio, por motivos de seguridad de la red.
- La economía no es el único factor para determinar el éxito de PLC, satisfacción, lealtad y competitividad son factores importantes, principales retos en la ejecución de un proyecto de automatización de redes eléctricas.
- El sistema de teledatificación convencional se presta para adaptar PLC, basta con adaptar el MODEM por medio de un conversor análogo digital, una unidad de acoplamiento para que sea parte de la red inteligente.
- Haciendo una inversión superior a la de telemetría convencional es posible sacar mejor provecho de las redes eléctricas por medio de PLC, es viable técnica y económicamente.



## BIBLIOGRAFIA

- Aptel powerline communications, Brasil 2003
- Reglamento técnico de instalaciones eléctricas RETIE-Bogota 2004
- Bastidas, H Modelando algunas características de las redes eléctricas para comunicaciones 2005
- Tomasi, W. Sistemas de comunicaciones electrónicos 2000
- Codensa norma LA 206, LA322 2003
- Arzberguer, M Fundamental properties of the low voltage power distribution grid, Germany, 1997
- Norma NTC 1340
- T.C. Banwell, A novel approach to accurate modeling of the indoor power channel ,2003
- H. Philips, Modeling of Powerline communications Channel, U.K 1999
- Macenka, Mike Interfacing BPL Equipment with the Electrical Distribution System 2004
- XU, Dan Optimal Topology Discovery for Automatic Meter Reading Using Powerline Carrier 2003
- Modulación ASK disponible en:  
[www.textoscientificos.com/redes/modulacion/ask](http://www.textoscientificos.com/redes/modulacion/ask)
- Mollenkopf Jim Presentation to Cincinnati IEEE Meeting Current Technologies 2004
- Ascom powerline brochure 2003
- Aptel Powerline Communications Whitepaper 2003





- MainNet's PLUS System Architecture 2004
- Amperion Brochure 2005
- PLC APPLICATIONS disponible en:  
[http://www.mainnet-plc.com/pro\\_applications.htm](http://www.mainnet-plc.com/pro_applications.htm)
- Broadband Powerline disponible en:  
<http://www.electronetonline.com/BPL.html>
- Grosso, Urrego, Prefactibilidad de la implementación de la tecnología PLC en telemetría para redes de distribución.
- Macenka, Mike, Interfacing BPL Equipment with the Electrical Distribution System
- Gómez, A. Carlos, Sistemas PLC a través de los sistemas de media y baja tensión
- Adaptive networks, Power Connect MV Powerline MODEM Brochure 2005
- Germen, Rob van, Smart Metering, The Netherlands, July 2006
- Artech, Circutor brochures 2004
- Mainnet Brochure 2,4 – 2006 Mainnet Communications

## OVERVIEW

The AN MV Network Modem and Coupler provides reliable communications over MV powerlines.

This solution maintains sufficient network bandwidth for applications requiring real-time communications and is a cost-effective approach to applications requiring robust, reliable communications coverage over the wide area (up to 10 km distance) covered by MV powerlines.

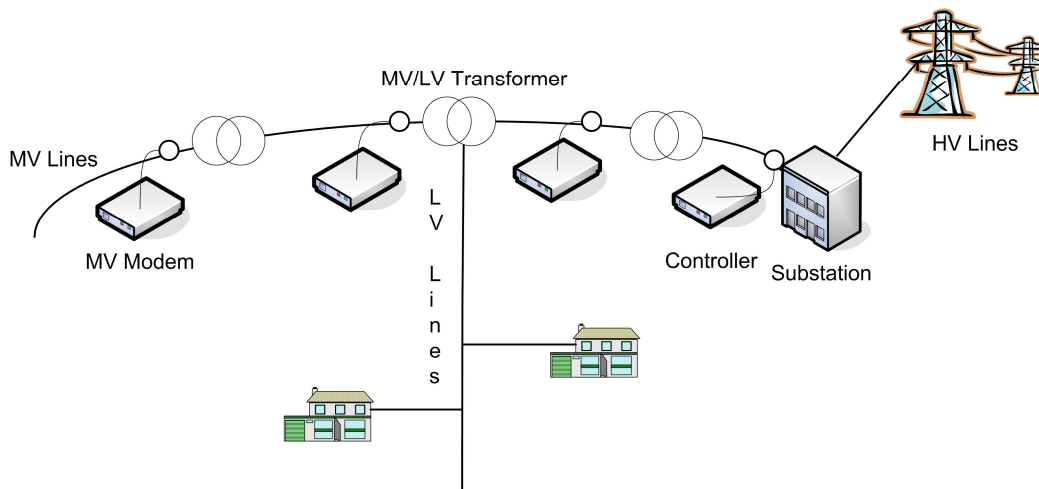
Adaptive Networks' unique approach utilizes powerline-optimized wideband modulation, adaptive equalization, rapid synchronization, error-control coding and powerline optimized token passing protocols. The foundation of this approach is adaptive equalization permitting dynamic adaptation to the inconsistencies of the powerline.

The AN MV Network Modem can be used to provide an error-free transparent link between multiple nodes on a MV network supporting various industrial protocols.

Delivering 100 kbps throughput to end-user applications, this solution is suitable for demanding control, automation and monitoring applications that require connectivity over the MV powerline network.

## FEATURES

- 100 kbps application-usable throughput
- Wide area MV communications up to 10 km
- Powerline-optimized wideband modulation.
- Rapid synchronization
- Adaptive equalization for adaptation to rapidly changing powerline conditions
- Reliable low latency communication
- QoS support inherent in SAR and MAC
- Powerline-optimized Forward Error Correction (FEC) and ARQ
- Support for short frames
- Noise-immune token passing
- Support for large node populations
- Field-proven technology
- Robust performance in demanding real-world operating environments





## PowerConnect™ MV Powerline Modem

### SPECIFICATIONS

#### Network Throughput

- 100 kbps

#### Raw Data Rate

- 268.8 kbps

#### Modulation

- Wideband

#### Frequency Band

- Below 535 kHz
- Country-specific frequency band option

#### Data Interface

- RS-232, RS-485
- DB-9 female

#### BER

- $< 10^{-9}$

#### Error Detection

- Two level 16-bit CRC

#### Error Recovery

- FEC and ARQ

#### Number of Nodes

- 16-bit address space

#### Operating Distance

- On the MV power grid, up to 10 km

#### Operating Environment

- Up to 15 kV
- Up to 30 kV extended option

#### Line Coupling

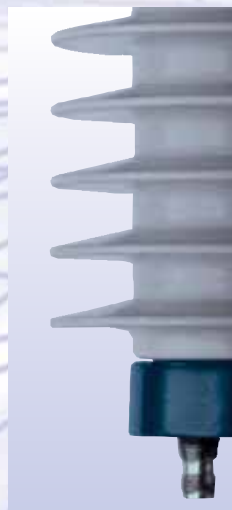
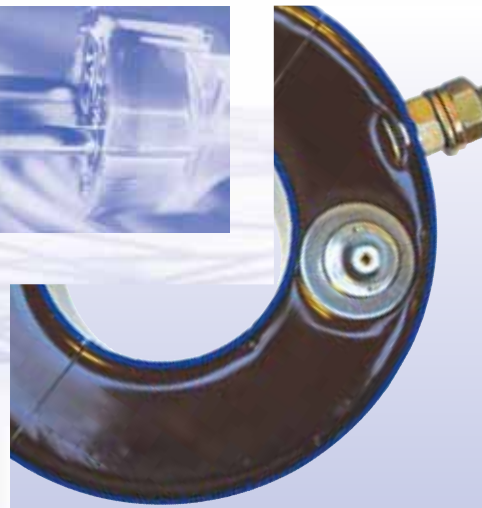
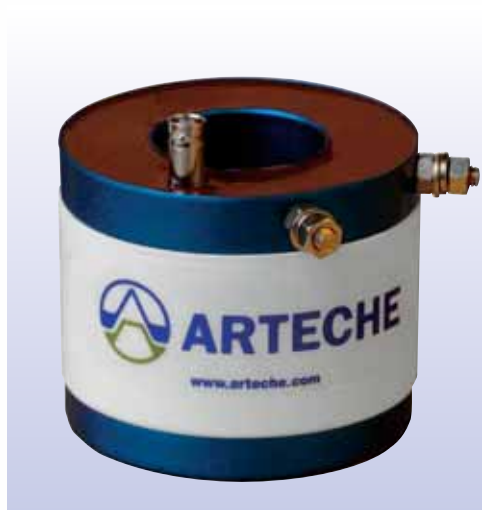
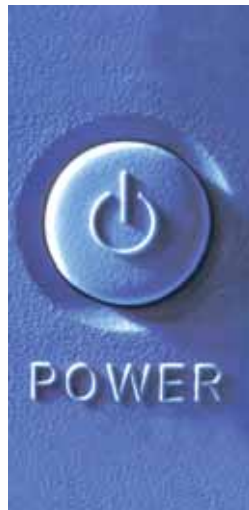
- Inductive
- Capacitive

#### Status Indicators

- MSR - Master
- NTS - Network Sense
- ERR - Error
- PWR - Power

#### Operating Temperature Range

- -40°C to 70°C
- -40°C to 85°C extended temperature range option



*Soluciones de Acoplamientos*  
**PLC**



# Símbolo de confianza

ARTECHE es una referencia internacional en el desarrollo de soluciones y equipos eléctricos en las áreas de la GENERACION, TRANSMISION, DISTRIBUCION E INDUSTRIA..

Su independencia tecnológica y financiera, la experiencia de más **60 años** e inversiones constantes en **I+ D+ i, tecnología, calidad y formación** hace que sus productos alcancen los mayores niveles de fiabilidad en los campos de la medida, protección, control y comunicación.

Además, la presencia mundial del Grupo ARTECHE asegura un servicio óptimo. Como sólo lo puede hacer un **Grupo Experto**.



# En todo el mundo



Sede Central • España



España (EAHSA)



España (Team Artech)



Venezuela (CACEI)



Argentina (AIT)



México (TyT)



México (AMyT)



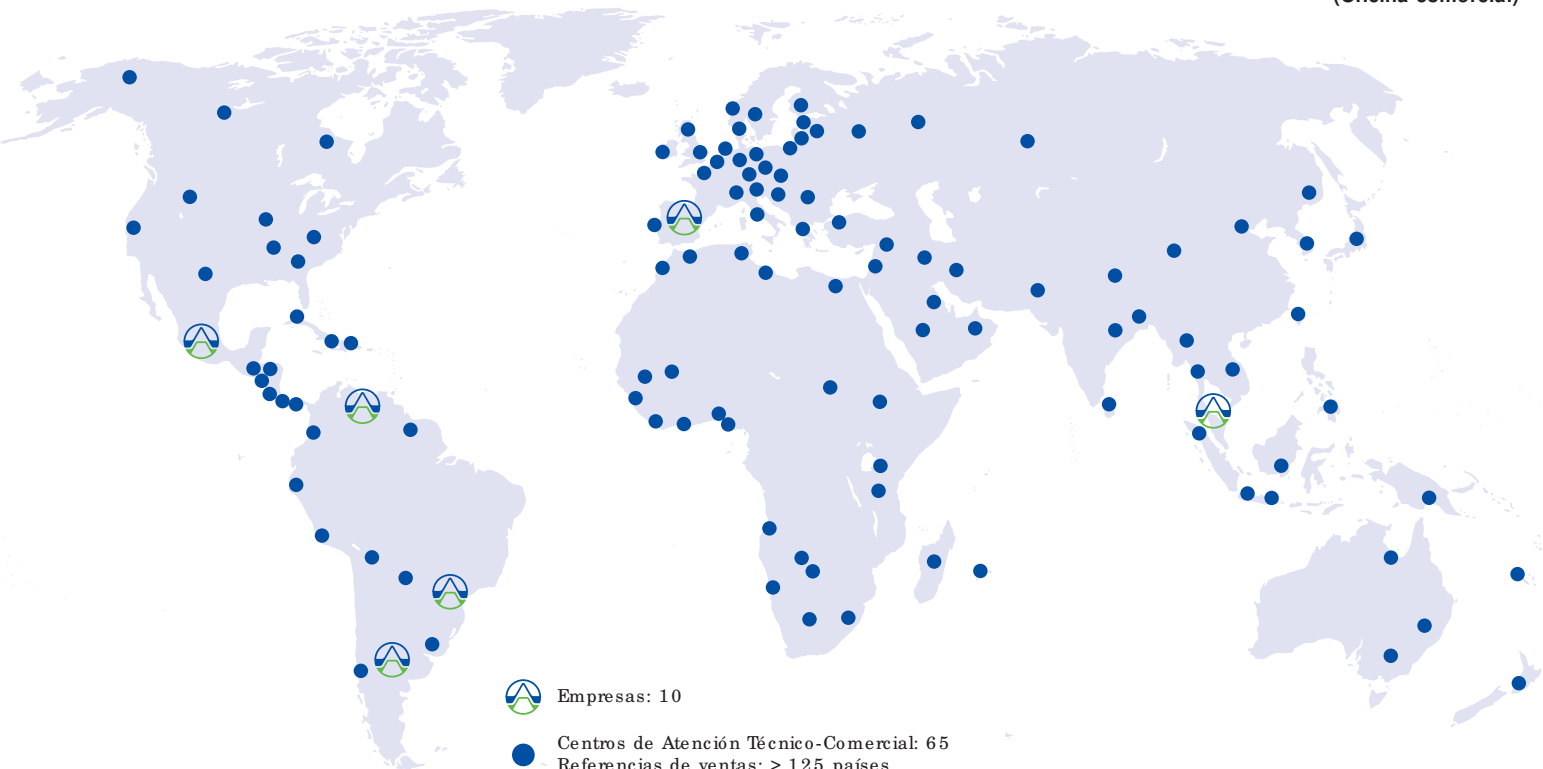
México (INELAP)



Brasil (AEDC)



Tailandia (Oficina comercial)





# Soluciones de acoplamiento PLC para MT

Gracias a la tecnología "Power Line Communications" las redes eléctricas de media y baja tensión pueden convertirse en redes de telecomunicaciones de banda ancha.

Para realizar esta adaptación con éxito deben tenerse en cuenta las principales características de la red eléctrica, tales como; niveles de tensión, topología de redes aéreas y subterráneas, impedancias, cumplimiento de la normativa de seguridad eléctrica vigente, etc.

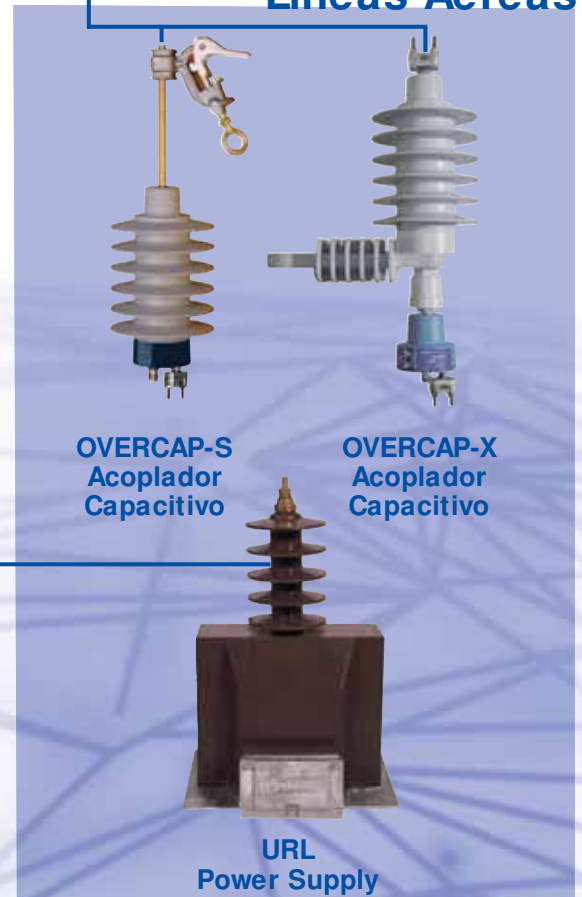
ARTECHE, como reputado fabricante de equipamiento eléctrico, certificado por compañías eléctricas en todo el mundo y con más de 60 años de experiencia, ha desarrollado las soluciones de acoplamiento necesarias para facilitar esta labor; haciendo de interfaz entre la red eléctrica de MT y los equipos PLC de telecomunicaciones.



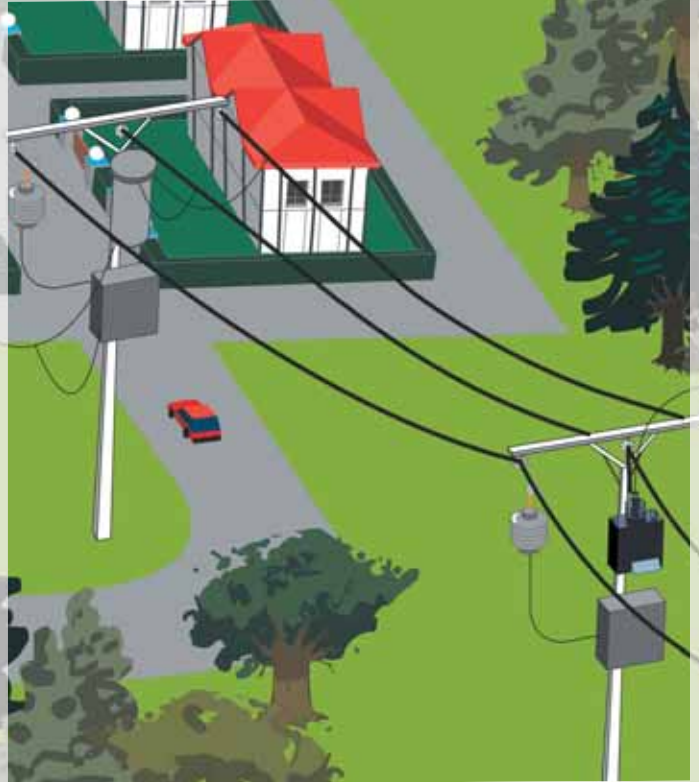
## Líneas Subterráneas



## Líneas Aéreas



# Líneas Aéreas



La distribución eléctrica de Media Tensión por medio de líneas aéreas presenta una serie de topologías muy distintas, pero además una metodología de trabajo particular a la hora de instalar equipos. ARTECHE ha desarrollado una gama de soluciones de acoplamiento específica para este tipo de líneas basadas en las soluciones de acoplamiento capacitivas.

ARTECHE propone para este tipo de líneas una gama de soluciones preparadas para trabajar en condiciones de intemperie, que incluye acopladores capacitivos y unidades de alimentación para los equipos de comunicaciones. Estas soluciones están orientadas a abordar cualquier situación en este tipo de líneas.

Las soluciones desarrolladas por ARTECHE están diseñadas para ser instaladas teniendo en cuenta los métodos de trabajo en el entorno de las líneas aéreas, tratando de facilitar los despliegues de PLC en este tipo de líneas.



## Acopladores Capacitivos

### Solución de acoplamiento capacitivo para líneas aéreas de MT. Hasta 24 kV.

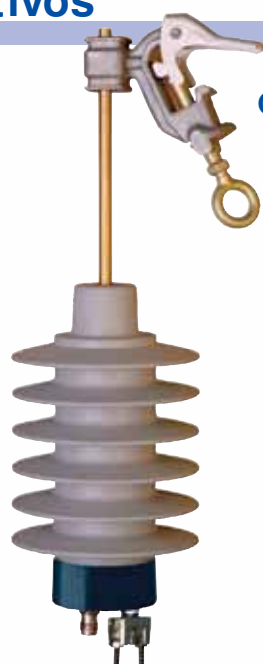
- Instalación fácil, rápida y segura sin necesidad de descargar la línea.
- Dimensiones y peso reducidas.
- Bajas pérdidas de inserción < 2dB en todo el rango de frecuencias (2-40 MHz).
- Tensiones de aislamiento hasta 36 kV, bajo petición.

#### Nueva generación.

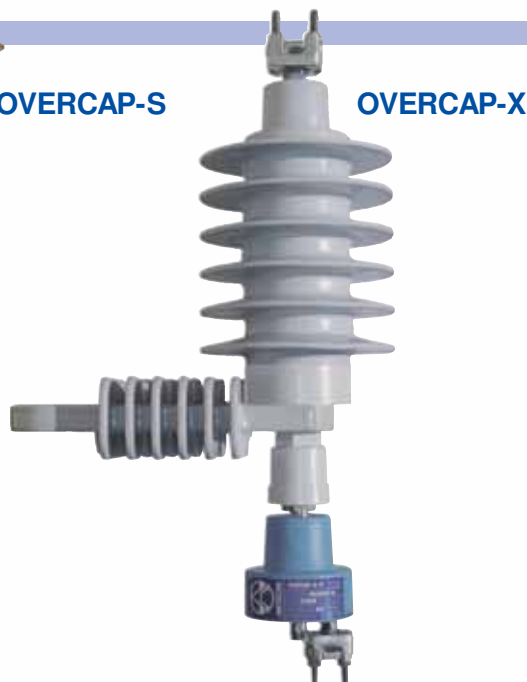
- Nuevo diseño:
  - Más ligero y versátil.
  - Nuevas posibilidades de instalación:
    - Hot clamp.
    - Sobre poste.
- Nuevo aislamiento en silicona:
  - Más seguridad.
  - Mayor fiabilidad.
  - Diseñado para condiciones de intemperie.
- Máxima seguridad eléctrica garantizada con una completa gama de ensayos en Laboratorios certificados.

#### Nuevo modelo. OVERCAP X.

- Incorpora:
  - Un desconectador de tierra para desconectar la conexión de tierra del acoplador en caso de fallo del equipo.
  - Un bracket para facilitar la fijación del acoplador al poste.



OVERCAP-S

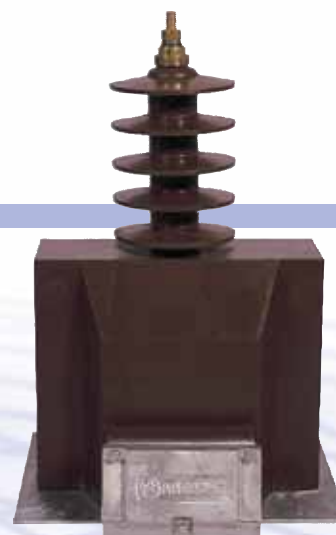


OVERCAP-X

## Power Supply

### Sistema de alimentación para equipos PLC

- Sistema de alimentación para equipos repetidores de PLC instalados en redes aéreas de Media Tensión (un polo aislado).
- Tipo soporte.
- Diseñado para servicio de intemperie.
- Encapsulado en resina con envoltorio exterior de resina cicloalifática.
- Fabricado conforme a Normas UNE, IEC, VDE, IEEE.



URL

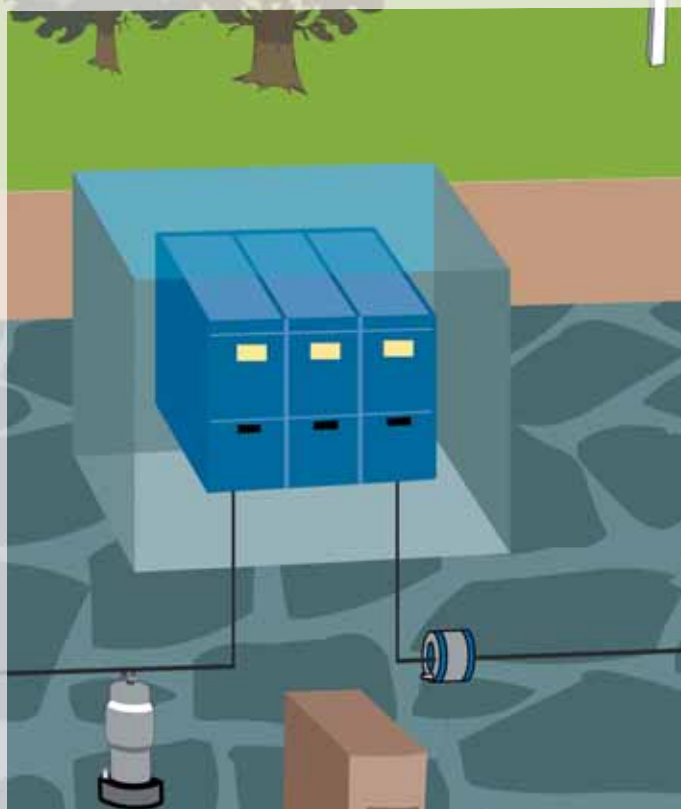


# Líneas Subterráneas

Las líneas subterráneas de distribución eléctrica de Media Tensión pueden tener distintas topologías, dependiendo de los elementos y filosofías utilizados en su construcción. Por ello se hace necesaria la disponibilidad de una gama de soluciones de acoplamiento capaz de abordar cada situación con éxito.

ARTECHE propone para este tipo de líneas una gama de soluciones, que incluyen acopladores inductivos y capacitivos, orientadas a abordar cualquier situación en este tipo de líneas.

Las soluciones propuestas por ARTECHE están además diseñadas para ser instaladas de manera rápida y sencilla, tratando de facilitar en lo posible dicha labor en los despliegues de PLC.



# Líneas Subterráneas

## Acoplador Inductivo

### Solución de acoplamiento inductivo para cables subterráneos aislados de MT.

- Fácil y sencilla instalación.
- Bajas pérdidas de inserción < 3 dB en todo el rango de frecuencias (2-40 MHz).
- Equipo compacto. Conector incorporado al propio acoplador.
- Máxima calidad, fiabilidad y eficiencia garantizadas.

#### Nueva generación.

- Mayor seguridad eléctrica: aislamiento 5 kV.
- Mayor facilidad de instalación. El nuevo aislamiento de la carcasa exterior permite que la orientación de acopladores sea indiferente durante su instalación.



UNIC

## Acoplador Capacitivo

### Solución de acoplamiento capacitivo para líneas subterráneas de MT. Hasta 24 kV.

- Dimensiones reducidas.
- Instalación rápida, sencilla y segura.
- Una solución que asegura la calidad, fiabilidad y seguridad en el trabajo.
- Bajas pérdidas de inserción < 2 dB en todo el rango de frecuencias (2-40 MHz).

#### Nueva generación.

- Nuevo diseño.
- Nuevo aislamiento en silicona.
- Gama completa de ensayos para garantizar la máxima seguridad.



UNDERCAP  
S-24





# Fiabilidad y tecnología

## Laboratorios propios con las mayores prestaciones

Homologados para cualquier Ensayo de Rutina o Tipo tanto para nuevos desarrollos como para necesidades específicas entre las más importantes compañías eléctricas del mundo en Generación, Transmisión y Distribución.

Homologados en laboratorios pertenecientes al Comité Internacional de Metrología: PTB (Alemania), L.C.O.E (España), GOST (Rusia), BEV (Austria), GUM (Polonia),...

## I+ D+ i

El Grupo ARTECHE cuenta con un departamento de diseño propio orientado a la fabricación de equipos de media tensión. Un elenco de profesionales que aporta toda su reconocida experiencia en este campo al diseño de acopladores de PLC.

## Suministrador de soluciones

El Grupo ARTECHE no solo es un proveedor de equipos; su trayectoria en el diseño, fabricación y trabajo de campo, le permite desarrollar soluciones completas en el área de media tensión aunando la capacidad técnica de cada una de sus divisiones en el campo de la MT



# Garantía y calidad

El Grupo ARTECHE se encuentra inmerso en la filosofía de la **Calidad Total**. Una decisión que implica importantes inversiones y esfuerzos en gestión, producción y formación para asegurar los máximos niveles de excelencia en productos, servicios y respeto medioambiental.

## Gestión:

- Certificado del Sistema de Calidad conforme a la norma **ISO 9001:2000** e **ISO 14001**.
- Acuerdos de Calidad Concertada con Compañías Eléctricas.

## Control:

- Laboratorios físico-químicos y eléctricos para ensayos de aprobación bajo cualquier Norma Internacional.
- Protocolos de **ensayos tipo** emitidos por **KEMA, CESI, LABEIN, LAPEM, RENARDIÈRES...**
- Niveles de homologación: A solicitud del Cliente.



Todos los centros productivos de ARTECHE cuentan con laboratorios eléctricos y físico-químicos propios.



[www.arteche.com](http://www.arteche.com)

### **OFICINA CENTRAL**

---

Derio bidea, 28 • 48100 Mungia (Vizcaya) • ESPAÑA  
T + 34 946 011 200 • F: + 34 946 740 958  
[info@arteche.es](mailto:info@arteche.es)

### **SPAIN**

---

EAHSA • [info@arteche.es](mailto:info@arteche.es)  
TEAM ARTECHE • [teamarteche@teamarteche.com](mailto:teamarteche@teamarteche.com)

### **MÉXICO**

---

TyT • [arteche@arteche.com.mx](mailto:arteche@arteche.com.mx)  
INELAP • [ventas@inelap.com.mx](mailto:ventas@inelap.com.mx)  
AMyT • [amyt@artechemyt.com.mx](mailto:amyt@artechemyt.com.mx)

### **VENEZUELA**

---

[cacei@arteche.com.ve](mailto:cacei@arteche.com.ve)

### **ARGENTINA**

---

[comercial@ait-sa.com.ar](mailto:comercial@ait-sa.com.ar)

### **BRASIL**

---

[comercial@arteche.com.br](mailto:comercial@arteche.com.br)

### **TAILANDIA**

---

[arteche@arteche.in.th](mailto:arteche@arteche.in.th)

Documento sometido a posibles cambios.  
© Mungia 2005. EAHSA ARTECHE

Su servicio más próximo

**División PLC**  
Derio Bidea, 28  
48100 Mungia (Vizcaya) ESPAÑA  
[plc@arteche.es](mailto:plc@arteche.es)

D1

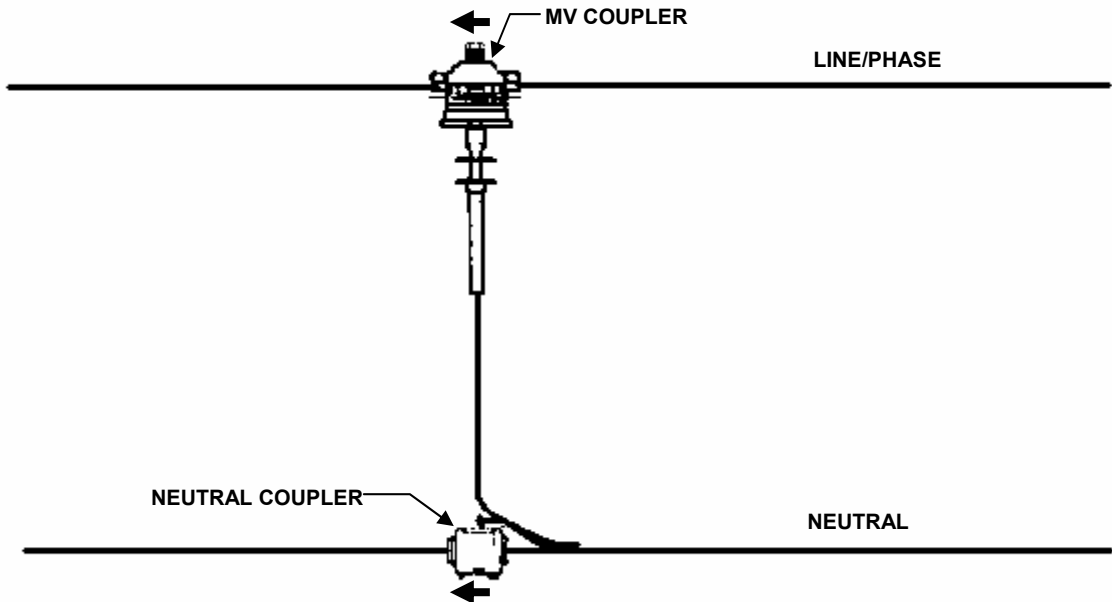
ISO 9001:2000  
ISO 14 001



IEEE

Standards for BPL

June 7, 2004



1. The MV Coupler and Neutral Couplers are installed with the arrows pointing in the same direction.
2. The MV Coupler is the last element installed during initial installation and following any maintenance.
3. Close the MV Coupler with care. The split cores must come together but there is no need to over torque the screw.
4. In a maintenance situation the MV Coupler must installed prior to performing any work on the units.

