

**REVISIÓN DE LA TECNOLOGÍA PLC PARA BAJA TENSIÓN APLICADA A
LA TRANSMISIÓN DE DATOS DE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE
USUARIOS FINALES**

LILIBETH BRIÑEZ HERRERA

HECTOR RENEÉ IBAÑEZ GRANDAS

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS

**ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICAS, ELECTRÓNICA Y DE
TELECOMUNICACIONES**

ESPECIALIZACIÓN EN TELECOMUNICACIONES

BUCARAMANGA

2013

**REVISIÓN DE LA TECNOLOGÍA PLC PARA BAJA TENSIÓN APLICADA A
LA TRANSMISIÓN DE DATOS DE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE
USUARIOS FINALES**

LILIBETH BRIÑEZ HERRERA

HECTOR RENEÉ IBAÑEZ GRANDAS

Trabajo de investigación presentado como requisito para optar el título de
ESPECIALISTA EN TELECOMUNICACIONES

Director:

Mg. Jorge Hernando Ramón Suarez

Master Computer Information and Control Engineering

Grupo de Investigación:

CPS

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS

**ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICAS, ELECTRÓNICA Y DE
TELECOMUNICACIONES**

ESPECIALIZACIÓN EN TELECOMUNICACIONES

BUCARAMANGA

2013

*A Dios por permitirme iniciar y concluir de una manera satisfactoria este proyecto
de vida.*

*A mis padres y a hermano que siempre me han apoyado en todas las decisiones
importantes que he tomado.*

A él, que me ha apoyado tanto en cada paseo de este de mi especialización.

Lilibeth Briñez Herrera

*A Dios por permitirme dar este nuevo paso en mi vida, y por todas sus
bendiciones.*

A mi madre por su inagotable abnegación.

A Jennifer por su constante motivación y apoyo.

Héctor Reneé

Agradecimientos

Quiero expresar mi gratitud en la consecución de este logro a:

- El Magister Jorge Ramón nuestro director de proyecto que nos guió y nos brindó sus conocimientos en cada una de las etapas del trabajo.
- El Ingeniero Antonio mi jefe en la empresa Nippon Trade de Colombia, S.A., que me ayudo en cada una de las dudas que me surgieron en las materias cursadas y me brindó su apoyo durante todo el proceso de estudio de la especialización.
- A mis amigos de especialización con los que compartí momentos increíbles de estudio y diversión.

Lilibeth Briñez Herrera

Agradezco a todas las personas que de alguna manera apoyaron este proyecto.

Al profesor Jorge Ramón por su amabilidad y su guía en la elaboración de este trabajo.

Héctor Reneé

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	16
1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	17
2. OBJETIVOS.....	18
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	18
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	18
3. JUSTIFICACIÓN.....	19
4. MARCO REFERENCIAL.....	20
4.1 RESEÑA HISTÓRICA.....	20
4.2 GENERALIDADES DE LA TECNOLOGIA PLC.....	22
4.3 TOPOLOGÍA PLC[1][21][42].....	23
5. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA Y DE OFERTA TECNOLÓGICA.....	25
5.1 LECTURA CON REGISTRO MANUAL.....	28
5.2 WM METERS SERVER EN TELÉFONOS CELULARES [73][6].....	29
5.3 MACROMEDICIÓN REMOTA [6][45].....	30
5.4 MEDIDORES INTELIGENTES INDUSTRIALES.....	33
6. CASOS DE APLICACIONES DE LA TECNOLOGÍA PLC.....	36
7. ESTANDARIZACIÓN ACTUAL DE LA TECNOLOGÍA PLC Y EQUIPOS DISPONIBLES EN EL MERCADO.....	46
7.1 NORMAS Y ESTÁNDARES.....	46
7.2 EQUIPOS DISPONIBLES EN EL MERCADO.....	58
8. VENTAJAS, DESVENTAJAS Y OPORTUNIDADES DE LA TECNOLOGÍA PLC.....	77
8.1 MATRIZ COMPARATIVA DE LA TECNOLOGÍA PLC PARA LA TRANSMISIÓN DE DATOS EN BAJA TENSIÓN.....	83

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	86
9.1 CONCLUSIONES.....	86
9.2 RECOMENDACIONES	88
BIBLIOGRAFÍA.....	89
ANEXOS.....	101

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Proyecto en Europa en los que la tecnología PLC ha sido utilizada	42
Tabla 2. Otros países europeos en los que se adelantan proyectos de medición domiciliaria inteligente.....	42
Tabla 3. Ciudades en los que la tecnología TWACS ha sido implementada	44
Tabla 4. Estandarización tecnología PLC por ETSI	47
Tabla 5. Características del módem de usuario Dese Tech	72
Tabla 6. Características los Repetidores Dese Tech	73
Tabla 7. Compilación características técnicas equipos certificados HomePlug	75
Tabla 8. Relación promedio usuarios por concentrador	82

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Esquema de transmisión de información por el cableado eléctrico	23
Figura 2. Topología tecnología PLC.....	24
Figura 3. Estructura del sector eléctrico	25
Figura 4. Estructura de distribución energética	26
Figura 5. Terminal portátil Dolphin 7800[68]	28
Figura 6. Visualización del software VM Meters Server.....	30
Figura 7. Vista de la ubicación de un medidor y los TC	31
Figura 8. Medidor trifásico tetrafilar modelo DTS949 marca TECUN y su tarjeta interna de comunicaciones	32
Figura 9. Medidor de energía SquireD PM800	34
Figura 10. Acceso por navegador web al dispositivo PM800	34
Figura 11. Dispositivo túnel serial-ethernet.....	35
Figura 12. Países en los que la tecnología PLC ha sido utilizada para el monitoreo de medidores inteligentes (verde), en color amarillo proyectos de medición inteligente que hacen uso de otras tecnologías.	38
Figura 13. Fases del proyecto Jeju- Corea	39
<i>Figura 14.</i> Proyección de instalación de equipos PLC en Corea. Valores en miles	40
Figura 15. Ciudades en EEUU en los que la tecnología TWACS ha sido implementada (viñetas en color azul)	45
Figura 16. Paquete de 42 bytes Estándar IEC 61334	53
Figura 17. Funcionamiento de las capas estándar IEC 61334.....	53

Figura 18. Dispositivo iLon600 LonWorks/IP Server	59
Figura 19. Dispositivo Gateway Serial PSG/3	60
Figura 20. Dispositivo transceptor PL3150	61
Figura 21. Concentrador Mercury 225	63
Figura 22. Medidor inteligente ACE4000 PLC	64
Figura 23. Concentrador PLC MARK 3	65
Figura 24. Concentrador de datos E3METER	66
Figura 25. Concentrador Inteligente Current	67
Figura 26. Medidor E350 FOCUS AX-SD	68
Figura 27. Medidor Cashpower PLC de Landis+Gyr	69
Figura 28. Módem de usuario Dese Tech	72
Figura 29. Repetidor Dese Tech	73

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. Catalogo técnico iLon600 LonWorks/IP Server.....	102
ANEXO B. Catalogo técnico Gateway Serial PSG3.....	106
ANEXO C. Catalogo técnico Transceptor PL3150.....	109
ANEXO D. Catalogo técnico Medidor ACE4000 PLC.....	113
ANEXO E. Catalogo técnico Concentrador PLCC3G.....	116
ANEXO F. Catalogo técnico Concentrador E3Meter.....	119
ANEXO G. Catalogo técnico Concentrador inteligente Current.....	122
ANEXO H. Catalogo técnico Medidor E330 FOCUS AX.....	125

RESUMEN

TÍTULO

REVISIÓN DE LA TECNOLOGÍA PLC PARA BAJA TENSIÓN APLICADA A LA TRANSMISIÓN DE DATOS DE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE USUARIOS FINALES *

AUTORES

LILIBETH BRIÑEZ HERRERA **
HECTOR RENEÉ IBAÑEZ GRANDAS **

PALABRAS CLAVES

PLC, baja tensión, ETSI, líneas de distribución, Homeplug, concentradores y medidores.

CONTENIDO

La tecnología Power Line Communication (PLC) es aquella que permite la transmisión de datos utilizando las líneas de distribución eléctrica convencionales. El presente documento contiene un estudio de esta tecnología, enfocándose a las aplicaciones correspondientes a la recolección, transmisión y recepción de información del consumo de energía eléctrica del usuario final en las líneas de baja tensión.

En la primera parte se mencionan conceptos generales de esta tecnología, y es presentada la forma en la que actualmente es realizada a nivel nacional, la toma de datos de consumo de energía eléctrica. Posteriormente se realiza una recopilación de casos de aplicación a nivel mundial en países asiáticos, europeos y norteamericanos, en los que la tecnología PLC es utilizada para esta actividad. Seguidamente es revisada la estandarización actual sobre la tecnología PLC producidos o aprobados en su mayoría por entidades como el instituto europeo de normas de telecomunicaciones (ETSI), PLC Forum, la organización ANSI, la Red de Distribución de Electricidad de Francia (ERDF), Cenelec y la alianza Homeplug, y son presentados productos que actualmente están disponibles de esta tecnología. Conclusiones y recomendaciones para su implementación son presentadas al final del documento.

* Monografía

** Facultad de ingenierías físico-mecánicas. Escuela de ingenierías eléctrica, electrónica y de telecomunicaciones. Director: Jorge Hernando Ramón Suarez.

ABSTRACT

TITLE

PLC TECHNOLOGY ANALYSIS FOR LOW VOLTAGE APPLIED TO DATA TRANSMISSION OF ELECTRICITY END USERS *

AUTHOR(S)

LILIBETH BRIÑEZ HERRERA **
HECTOR RENEÉ IBAÑEZ GRANDAS **

KEY WORDS:

PLC, undervoltage, ETSI, distribution lines, Homeplug, hubs and meters

CONTENT

Power Line Communication (PLC) technology is that which allows the transmission of data using the conventional power distribution lines. This document contains a study of this technology, focusing on applications for the collection, transmission and reception of information from the electricity consumption of the end user in low-voltage lines.

In the first part general concepts of this technology are mentioned, and the way locally the energy consumption data is conducted nowadays. Later a compilation of application cases worldwide is done, including Asian, European and American countries where PLC technology is already used for this purpose. Next, current standardization on PLC technology is reviewed, produced or approved mostly by entities such as the European Institute Telecommunications Standards Institute (ETSI), PLC Forum, ANSI organization, the Electricity Distribution Network France (ERDF), CENELEC and HomePlug Alliance, and products currently available in this technology are presented. Conclusions and recommendations for implementation are presented at the end of the document.

* Monograph

** Physics and Mechanics Engineering Faculty. School of Electrical, Electronic and Telecommunication Engineering. Director: Jorge Hernando Ramón Suarez.

INTRODUCCIÓN

Las electrificadoras o compañías comercializadores de energía de Colombia cada día buscan la mejor forma de transmitir los datos de consumo de sus usuarios, controlar las mediciones, las interrupciones y los fraudes que se cometen en las instalaciones.

Hoy en día son varios los métodos que implementan para llevar a cabo esa función, la tecnología PLC puede ser una alternativa ya que ofrece que por las mismas líneas de distribución de energía se transmitan los datos de consumo y otras variables de interés y se podría decir que se ahorran costos al utilizar la misma infraestructura existente.

Con la lectura de cada uno de los apartes de esta investigación se conocerá los estándares, equipos y aplicaciones que se han realizado a nivel mundial y las ventajas, desventajas y oportunidades que puede ofrecer esta tecnología si se aplica por las compañías en Colombia para transmitir sus datos de consumo en baja tensión.

1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La constante y rápida evolución con la que el mundo de las comunicaciones avanza hoy en día, impide en muchas ocasiones que las sociedades asimilen tecnologías nuevas cuando estas hacen su aparición en el mercado, generando la necesidad de mayores conocimientos, competencias y destrezas por parte de comunidades de interés (ingenieros, personal técnico, vendedores, consumidores, empresas, universidades). Esto requiere de documentación con información actualizada, veraz y de fácil acceso, que permita familiarizarse con la tecnología, de manera tal que esta contribuya a una rápida comprensión de la misma.

Las comunicaciones a través de las líneas de energía eléctrica (Tecnología PLC) son un ejemplo de ello; en Colombia esta tecnología apenas empieza a comprenderse e implementarse y aún existe un gran desconocimiento de sus ventajas, desventajas y de las oportunidades que ofrece. Con el desarrollo del presente trabajo se propone realizar un análisis cualitativo de dicha tecnología, enfocado a las aplicaciones de medición en las redes de distribución eléctrica de baja tensión.

Al respecto, la documentación internacional es extensa, cada vez es más común encontrar en casas fabricantes y vendedores de tecnología, nuevos dispositivos y nuevas soluciones de comunicaciones basadas en tecnología PLC y esto se desea aprovechar para el desarrollo de este trabajo en la realización de este documento de investigación.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar la tecnología PLC para la recolección, transmisión y recepción de datos relacionados con el consumo de energía eléctrica de usuarios finales, utilizando las líneas de distribución de baja tensión de la red de energía.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Comprender la forma de recolección, transmisión y recepción de datos de consumo de energía eléctrica de usuarios finales en baja tensión o aplicaciones que utilizan hoy en día las distribuidoras de energía eléctrica en Colombia.
- Revisar el estado del arte y tecnológico de PLC a nivel global, nacional y local.
- Establecer las ventajas y desventajas que ofrece la tecnología PLC respecto a la recolección, transmisión y recepción de datos relacionados con el consumo de energía eléctrica de usuarios finales en baja tensión.

3. JUSTIFICACIÓN

La importancia de este problema radica en el obstáculo que plantea el desconocimiento de la tecnología PLC para el avance de la técnica en el campo de las telecomunicaciones y la electricidad. Por ello el tiempo y los recursos invertidos en buscar soluciones para este, se verán ampliamente recompensados en el mejoramiento que ello implique para estas áreas de la ingeniería. Son diversas las motivaciones sobre las cuales se sustenta la propuesta presentada en este documento, dentro de las cuales se pueden mencionar:

- El auge actual de las telecomunicaciones en las que rápidamente nacen nuevas alternativas, protocolos, plataformas, etc., que demandan análisis por parte de la comunidad de ingenieros que están involucrados con ellas de manera intelectual y/o laboral.
- La creciente oferta de productos de diferentes tecnologías por parte de las empresas fabricantes y comercializadoras, que demandan en los consumidores de tales tecnologías bases sólidas en sus criterios de selección.
- La necesidad de mejorar los mecanismos para la recopilación de información por parte de empresas del sector energético nacional, como parte del mejoramiento continuo de éstas.
- La oportunidad de aprovechar recursos existentes, debido a la alta demanda del mundo actual por la optimización de estos, lo cual además representa para las empresas reducción en sus costos al momento de adoptar alguna tecnología.

Por ello es importante y necesario identificar y comprender las alternativas que mejor contribuyen a la solución de las demandas planteadas anteriormente.

4. MARCO REFERENCIAL

4.1 RESEÑA HISTÓRICA

La tecnología PLC (Power Line Communication) o BPL (BroadPower Line), permite la transmisión de datos por las líneas de distribución eléctrica, de esta manera los tendidos de cableado tiene una doble funcionalidad (similar al desarrollo de tecnologías como xDSL o CableModem, en el que se reutiliza la infraestructura existente para adaptarla a nuevos desarrollos). El uso de esta tecnología es algo relativamente reciente, si se compara con otras desarrolladas en torno a las comunicaciones. Sus inicios se remontan cerca de los años cincuenta, en los que de forma experimental se transmitía información telemétrica de las líneas de aprovisionamiento de electricidad.[60]

La primera empresa dedicada casi exclusivamente a la investigación de la tecnología PLC fue la española Diseño de Sistemas en Silicio (DS2) fundada en 1988 y primera firma en realizar circuitos microelectrónicos para la tecnología PLC. Los chips con que trabajaba transmitían a velocidades de 45Mbps en el 2001 y 200Mbps en el 2004. La firma DS2 también adaptó sus chips para aplicaciones sobre infraestructuras eléctricas para la lectura remota de medidores (AMR, Automatic Meter Reading)[19]

DS2 inició sus pasos en el Centro Europeo de Empresas Innovadoras (CEEI) del Parque tecnológico de Paterna (Valencia) en 1998 y era el proveedor mundial más destacado de silicio en soluciones para la tecnología PLC. Las soluciones DS2 para aplicaciones multimedia utilizaban tecnología 200Mbps, permitiendo la integración en red y el acceso de banda ancha por la línea de energía, utilizando cable coaxial o telefónico*.[25]

* Por la fuerte competencia de otras tecnologías existentes en esa misma época como la ADSL, esta compañía no logró mantener su posición globalmente y en 2008 se declaró en bancarrota y

En varias partes del mundo hubo pruebas con esta tecnología, que parecía muy prometedora por no necesitar la instalación de nueva infraestructura para transmitir datos, aunque fuera en volúmenes muy bajos (para la época la transmisión de datos en formato digital no era una actividad tan masiva como lo es hoy en día, por lo que las tasas de transmisión de datos requeridas para las tareas más comunes de aquel entonces no eran muy altas, esto inspiró a muchos científicos y empresas a seguir tratando con ella a pesar de los múltiples fracasos e inconvenientes que las pruebas realizadas hacían entrever), no obstante, en 1990 los infructuosos esfuerzos pasados de múltiples investigadores dieron sus ganancias y fue posible usar esta tecnología en una aplicación residencial por primera vez. Comparada con las actuales, esta primera transmisión fue tremendamente rudimentaria, pues era unidireccional y de una velocidad de transmisión muy baja, por lo que solo pudo usarse para poco más que la automatización de casas inteligentes (una aplicación que requería en ese momento la transmisión de muy pocos datos en cada envío).

Pocos años después, en 1997 se evolucionó a la transmisión bidireccional, abriendo las puertas a la creación de redes dentro de los hogares que permitían reemplazar las tradicionales. Fue allí donde aparecieron empresas como UnitedUtilities de Canadá y Northern Telecom de Inglaterra, dando los primeros pasos para la masificación de estas tecnologías.

Estas primeras aplicaciones bidireccionales renovaron el entusiasmo de muchas compañías por producir dispositivos para la tecnología PLC, pero esto fue la solución de un problema (la falta de fabricantes) y el inicio de otro: la falta de interoperatividad. Con el fin de arreglar el inconveniente, surgieron varios estándares de comunicación, entre ellos el CENELEC, la ITU G.hn, UPA, IEEE, etc., pero con el tiempo, el estándar HomePlug logró expandirse con más aceptación, al punto de que hoy en día es el más utilizado.

fue comprada por Marvell TechnologyGroup Ltd. Hasta nuestros días, los circuitos integrados y CHiPs de la antigua DS2 se siguen usando para tecnologías PLC.

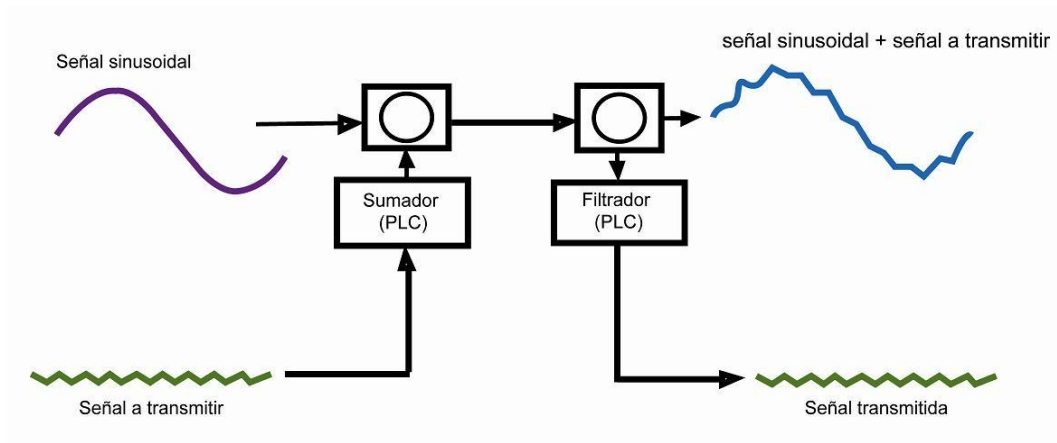
Desde entonces, la evolución de esta tecnología se ha centrado en conseguir dispositivos cada vez más económicos, confiables y capaces, pero esta proviene de fuentes muy diversas que han mejorado, más no cambiado la idea inicial de estos.

4.2 GENERALIDADES DE LA TECNOLOGIA PLC

Actualmente se conoce que la tecnología PLC puede lograr cosas como la transmisión de voz y datos a través de la red eléctrica existente, o conectarse a Internet desde cualquier tomacorriente, suministrar alta velocidad y servicios múltiples con la misma plataforma logrando conexión permanente, etc. Así se logra que la instalación eléctrica se comporte como red de datos en donde cada enchufe es un punto de conexión potencial al mundo del Internet. Pero todas estas posibilidades tienen sus orígenes en las primeras aplicaciones para el control de las líneas eléctricas y la transmisión a baja velocidad de la lectura de contadores.

Para transmitir datos por la red eléctrica sobre la señal sinusoidal existente de 220V a 60Hz o 50Hz se le adiciona la señal que se desea transmitir, cuando esta señal alterada llega a su destino se utiliza un dispositivo PLC remoto que aplica un filtro paso alto que aísla las señales bajas del suministro eléctrico y deja pasar las señales altas que llevan la información original que se transmitió. Generalmente las frecuencias altas están comprendidas entre 1.6MHz y 30Mhz [60] en baja tensión conocida como la banda HF (highfrequency). La implementación de distintos rangos de frecuencia es lo que permite que el servicio de transmisión de datos y la red eléctrica puedan compartir el mismo medio físico de transmisión sin interferirse entre ellos. En la Figura 1 se representa gráficamente el proceso de generación de una señal sinusoidal alterada para llevar información.

Figura 1. Esquema de transmisión de información por el cableado eléctrico



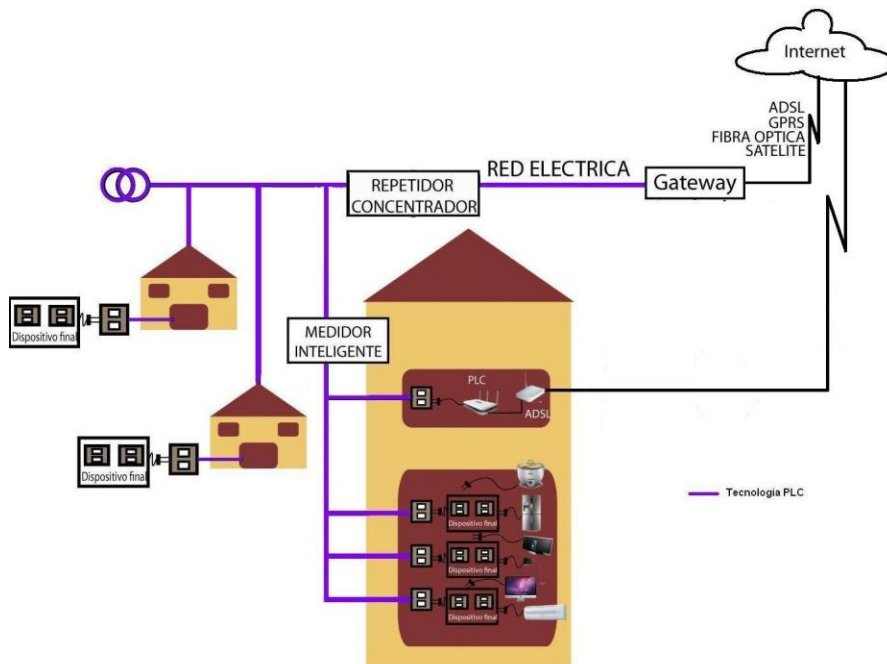
Fuente: Los Autores

4.3 TOPOLOGÍA PLC[1][21][42]

En la implementación de la tecnología PLC para transmisión de datos hacia y desde Internet se necesita distintos dispositivos electrónicos, en la Figura 2 se observan los equipos y a continuación se explica brevemente como funciona cada uno.

- **Router:** Es un dispositivo de alta velocidad ubicado en el transformador de media a baja tensión para inyectar la señal que proviene del “backbone” a la acometida eléctrica de camino al hogar del cliente. Se puede conectar a redes IP(Ethernet) y dependiendo de su uso logra distintos alcances 600m a media tensión y 300m en baja tensión. Emite señales de baja potencia (50mW) en frecuencias altas de 1.6Mhz hasta 35Mhz.
- **Gateway:** Es el repetidor que se coloca en la red dependiendo de la cantidad de usuarios o distancias a transmitir. Su función principal es generar la señal PLC y permite la conexión de 256 módems. Se encuentra instalado en la mayoría de ocasiones en el cuarto de contadores.
- **Dispositivo final:** Dispositivo de última milla instalado en algún tomacorriente en la vivienda de cada usuario final, permitiendo la transmisión de los datos.

Figura 2. Topología tecnología PLC.



Fuente: Los autores

La arquitectura de la red PLC se basa en sistemas Outdoor e Indoor, el primer sistema Outdoor o de acceso se implementa en el tramo “última milla”, comprende la distribución que va desde los transformadores de baja tensión hasta el medidor. Se administra este primer sistema con el primer elemento de la red PLC (Router). El sistema Indoor cubre todo el interior de la vivienda, es decir, desde el medidor de energía hasta cada uno de los toma corrientes, este sistema comprende el cableado interno del hogar. Para este sistema se implementa el tercer elemento (Dispositivo final). La comunicación entre estos dos sistemas se logra con el repetidor (Gateway).

5. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA Y DE OFERTA TECNOLÓGICA

El sector que se tomará de referencia para desarrollar esta investigación es el de las distribuidoras de energía eléctrica, que es el que principalmente requiere recolectar, transmitir y recibir los datos de consumo de energía eléctrica de usuarios finales, para ello se estudiará inicialmente cómo funciona el sector eléctrico nacional haciendo énfasis en el Sistema Interconectado Nacional SIN¹.

Según la Comisión de Regulación de Energía y Gas CREG, la estructura del sector eléctrico está compuesta por 4 divisiones: Política, Regulación, Mercado, Supervisión y Control. En la Figura 3, se aprecia un esquema de las distintas divisiones.[56][1]

Figura 3. Estructura del sector eléctrico



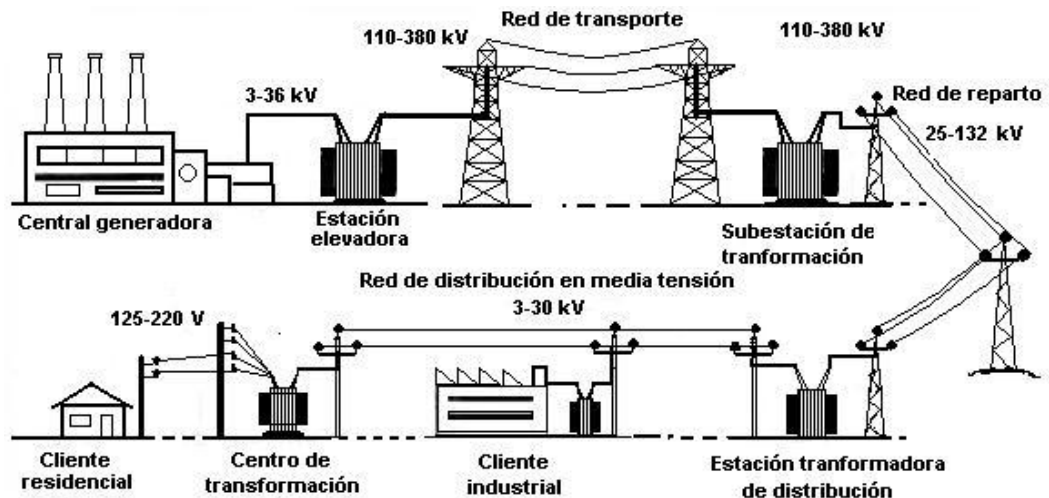
Fuente: COMISIÓN DE REGULACIÓN DE ENERGÍA Y GAS. Estructura del sector. [Online]. [Citado 19 de enero de 2013]. Disponible en internet: http://www.creg.gov.co/html/i_portals/index.php?p_origin=internal&p_name=content&p_id=MI-59&p_options=

El Mercado a su vez está compuesto de Usuarios y Agentes, estos últimos son las compañías o entidades que hacen posible físicamente la generación y el reparto de la energía eléctrica. Los agentes se clasifican por la labor que desempeñan

¹ Cualquier usuario de la red de distribución energética del país está en uno de los dos sectores que la conforman: el Sistema Interconectado Nacional (SIN) y las Zonas No Interconectadas (ZNI)

dentro de la cadena de alimentación que va desde la fuente de generación hasta el usuario final.

Figura 4. Estructura de distribución energética



Fuente: PROYECTOS E INSTALACIONES INDUSTRIALES. La Electricidad, apunte histórico. [Online]. [Citado 30 de enero de 2013]. Disponible en internet: <http://procan.es/2011/nueva-andadura>

En la Figura 4 se aprecia el esquema de distribución energética que presenta gráficamente la forma en la que se dividen los agentes: central generadora, red de transporte, red de reparto, red de distribución en media tensión y comercialización.

La energía eléctrica fluye por las líneas de distribución que nacen en las centrales eléctricas y llegan a cada hogar, pero esta red está compuesta de tres niveles de tensión: alta, media y baja. La tensión alta comprende entre 220kV y 440kV, su transporte va desde el primer transformador amplificador hasta la primera subestación. La media tensión comprende varios rangos uno está entre 15 y 50kV, el cual va desde la central eléctrica hasta un transformador amplificador, otro tramo parte de las subestaciones de transporte hasta las subestaciones de

distribución donde la tensión oscila entre 66kV y 132kV y el otro comprende desde las subestaciones de distribución a los centros de distribución, en este tramo el voltaje varía de 10kV a 50kV. La baja tensión se utiliza desde los centros de distribución hasta cada abonado (conocido también como cliente o usuario), su valor está entre 220V y 320V, la energía se transporta como corriente eléctrica alterna en baja frecuencia (50Hz o 60Hz). El presente estudio se enfoca en este último tramo.

Según la unidad de planeación minero energética (UPME) en los resultados de su plan indicativo de expansión de la cobertura del servicio de energía eléctrica 2006 – 2010² en Colombia se reportaba 91.85% en cobertura eléctrica y el plan 2019 estableció que este indicador debería aumentar a 99.4% en las zonas interconectadas (pertenecientes al SIN), es por tal motivo que la implementación de una tecnología que utiliza la misma infraestructura de la red eléctrica para recoger, transmitir y recoger los datos relacionados con el consumo de energía eléctrica plantea una buena solución a los problemas de facturación, lectura y registro en lugares donde cumplir dichas tareas es algo de difícil ejecución por causas como la configuración del terreno u otros de carácter técnico o social.[64]

Para conocer qué tecnologías utilizan actualmente para la recolección, transmisión y recepción de datos relacionados con el consumo de energía eléctrica de los usuarios finales en baja tensión algunas comercializadoras de energía eléctrica en Colombia, se recopiló información de contacto para realizar unas preguntas en forma de encuesta, con ello se pudo conocer algunos métodos utilizados para ello, que se explicarán en los siguientes párrafos.

² UPME. Plan indicativo de expansión de la cobertura del servicio de energía eléctrica 2006-2010 [online]. http://www.siel.gov.co/portals/0/PIEC_REV.pdf. página 32. citado el 12 de diciembre de 2012.

5.1 LECTURA CON REGISTRO MANUAL

En Colombia, este es el método más difundido y con el tiempo se ha modernizado, utiliza a una o más personas que de manera periódica (mensualmente es lo más común) se desplazan hasta cada uno de los medidores verificando los consumos que marcan, registrando dicha información en un dispositivo electrónico de tipo terminal portátil o asistente digital, el cual tiene implementada una base de datos con los seriales de los medidores[1]; en estos se encuentra instalado un software que controla el recorrido que el personal encargado de la lectura realiza, dándole la ubicación física de cada medidor a inspeccionar, pasando a abrir la interfaz de registro de la lectura de un medidor solo cuando se ha introducido exitosamente el valor de la lectura del que debería precederlo en el recorrido. Esta información es descargada posteriormente a las bases de datos de las compañías de electricidad utilizando uno o varios medios, entre ellos puertos Bluetooth, USB, Wi-Fi, etc.

La terminal Dolphin 7800 de marca Honeywell que se ilustra en la Figura 5 corresponde a la utilizada actualmente por una de las empresas comercializadoras del servicio de energía eléctrica en Colombia.

Figura 5. Terminal portátil Dolphin 7800[68]



Fuente: VISIONTEC. Dolphin 7800 Asistente Digital Empresarial [Online]. [Citado 21 de enero de 2013]. Disponible en internet:<http://visiontec.com.mx/catalogo/caracteristicas/9>

Esta terminal cuenta con características como pantalla táctil, sistema operativo Microsoft Windows, procesador OMAP TI de 800MHz, LED de 3,0 megapíxeles con cámara, tiempo estimado de la batería ocho horas, plataforma global inalámbrica de alta velocidad y una radio definida que permite que se pueda mover entre las redes GSM y CDMA, conexión Wi-fi.³ En ocasiones, el método de registro manual es reemplazado por un registro automatizado, el cual se ejecuta gracias a medidores cuya salida de pulsos es interpretada por un accesorio que a su vez puede comunicarse con la terminal portátil del personal de lectura, sea por medio de redes GSM, puertos USB, cables o comunicaciones de RF.

5.2 WM METERS SERVER EN TELÉFONOS CELULARES [73][6]

Corresponde al igual que el anterior, a un método de registro manual, que en este caso se realiza con dispositivos celulares asignados por la empresa, en los cuales se tiene instalada una plataforma creada por Wireless & Mobile (WM)^(*) en ellos, para que puedan registrar las lecturas de cada medidor ubicado por zona, tomando la lectura usando el serial de cada medidor. En la Figura 6 se observa la aplicación.

Este sistema está soportado en ambiente WEB que permite algunas ventajas como entregar información en línea, la carga y descarga de los datos recogidos por cada medidor de la zona a través de una red como la GPRS o internet y además, permite la captura de imágenes de la lectura registrada o de alguna anomalía que presente la instalación en el momento de la visita del lector.

³ Para mayor información consulte <http://visiontec.com.mx/catalogo/caracteristicas/9>

* Se puede leer en profundidad sobre esta empresa y sus soluciones en la página web <http://www.wi-mobile.com/es/soluciones/soluciones-destacadas>

Figura 6. Visualización del software VM Meters Server



Fuente: WM WIRELESS & MOBILE. WM Meters en teléfonos celulares. [Online]. [Citado 24 de enero de 2013]. Disponible en internet: <http://www.wi-mobile.com/es/soluciones/soluciones-destacadas-0/soluciones-destacadas/wm-meters-en-telefonos-celulares>

5.3 MACROMEDICIÓN REMOTA [6][45]

Es un sistema compuesto por una serie de medidores electrónicos de energía eléctrica denominados como “inteligentes”, los cuales poseen internamente hardware de radiofrecuencia que permite transmitir mediante comunicaciones inalámbricas información relacionada con el consumo de energía, formando redes entre ellos pertenecientes a cada compañía distribuidora de energía y basadas en la tecnología ZigBee.

A cada medidor de energía se le asignan unos transformadores de corriente (abreviados como TC y distintos del transformador de la red de distribución) ubicados en los barrajes o cables de baja tensión de los transformadores de corriente de la red de distribución, como se puede apreciar en la Figura 7 (en esta figura el transformador de red de distribución es el objeto grande y cilíndrico que sobresale en la parte superior de la foto, mientras que los TC se encuentran en la caja adherida en el costado diametralmente opuesto al poste).

El consumo de este medidor ubicado en el poste, se compara con las lecturas registradas en los medidores de los usuarios. Lo idóneo es que los consumos de los usuarios que dependen de un transformador de red, más las pérdidas técnicas asociadas a los mismos igualen el registro del medidor ubicado en el transformador, si ello no sucede, es posible sospechar de pérdidas no técnicas presentes en el sistema, convirtiendo también esta forma de registro en un mecanismo para detectarlas.

Figura 7. Vista de la ubicación de un medidor y los TC



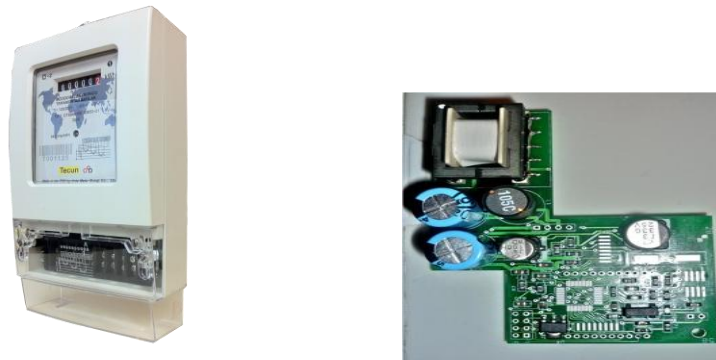
Fuente: proporcionadas por el ingeniero Antonio Acuña de la empresa NipponTrade de Colombia S.A.

La topología de la redes de comunicaciones para este tipo de dispositivos es de tipo malla, utilizando dispositivos y protocolos de comunicación ZigBee, los cuales en línea de vista tienen un alcance de 1.6km, y 400m en área urbana sin línea de vista. De esta manera es posible realizar una rápida descarga o consulta de los datos almacenados en la memoria del medidor, ya que todos están conectados entre sí y la información busca el camino más efectivo para llegar a los centros de gestión de cada compañía, en ellos hay instalado un software personalizado que permite realizar diferentes consultas dependiendo de lo que se busque medir como balances energéticos, análisis del funcionamiento de las redes, control de métricas, presentación en rangos de fechas, estado de conexiones, control de

elementos de la red, control de ubicación de elementos y administración de dispositivos.

Los medidores de energía utilizados en los sistemas de macro-medición son monofásicos trifilares y trifásicos tetrafilares, que manejan corrientes de 1.5 a 6 Amperios, incluyen en su interior las tarjetas de control y comunicaciones que capturan los datos de la medición y los transmiten al centro de gestión por medio de equipos de comunicación ZigBee XBeePro. En la Figura 8 se aprecia un medidor utilizado para este proyecto, modelo DTS949, 3 fases y 4 hilos, marca TECUN.

Figura 8. Medidor trifásico tetrafilar modelo DTS949 marca TECUN y su tarjeta interna de comunicaciones



Fuente: proporcionadas por el ingeniero Antonio Acuña de la empresa NipponTrade de Colombia S.A.

El equipo encargado de establecer una conexión entre los medidores de la red y el servidor se denomina Gateway. Este dispositivo crea una conexión TCP (Protocolo de Control de Transmisiones) en el servidor para cada medidor (nodo) de la red y esto permite una conexión transparente de los datos entre el servidor y cada medidor. El software del Gateway permite el uso de IP dinámica para abrir las conexiones en el servidor. Los Gateway deben tener acceso a la red de datos en la que está conectado el servidor y para esto esa conexión se puede establecer por Ethernet.

5.4 MEDIDORES INTELIGENTES INDUSTRIALES

Con el creciente uso de las redes Ethernet/IP existen actualmente en el mercado gran variedad de dispositivos con disponibilidad de puertos 10/100 BaseT, dentro de los cuales es posible encontrar dispositivos para la medición de parámetros eléctricos como voltajes, corrientes, frecuencia, potencia y consumo de energía; estos dispositivos cuentan además con conocidos protocolos de tipo industrial como son Modbus, DNP3 o IEC-60870. De esta manera, integrados a sistemas de monitoreo remoto compuestos por redes LAN Ethernet cableadas o inalámbricas, controladores lógicos programables, sistemas OPC, e incluso directamente por medio de navegadores web, es posible la lectura de la información de la que disponen este tipo de dispositivos.

Estos equipos hacen parte de sistemas privados de medición en subestaciones eléctricas o industrias, como lo es por ejemplo el monitoreo de consumo de equipos como motores en baja tensión, y no corresponden a dispositivos para el uso de medición de consumo residencial, pero hacen parte de los escenarios en los que la tecnología PLC forma parte de las alternativas para el acceso a la medición del consumo de baja tensión.

En la figura 9 se puede ver un ejemplo de este tipo de dispositivos, el medidor marca Square D referencia PM800, en la Figura 10 un ejemplo del acceso remoto a este dispositivo por medio de un navegador web. Este equipo cuenta además con la posibilidad de ser utilizado como Gateway para dispositivos seriales RS-485 Modbus RTU, lo que permite el monitoreo de hasta 127 equipos adicionales con tan solo el uso de una dirección IP.

Figura 9. Medidor de energía SquireD PM800



Fuente: SCHNEIDER ELECTRIC. Basic multi-function metering. [Online]. [Citado 24 de enero de 2013]. Disponible en internet: <http://www.schneider-electric.com/products/ww/en/4100-power-energy-monitoring-system/4115-powerlogic-multifunction-power-meters/918-pm800-series/?xtmc=PM800&xtcr=1>

Figura 10. Acceso por navegador web al dispositivo PM800

Instantaneous Readings

PM8 POWER METER

miércoles, 24 de abril de 2013 15:44:25

Parameter	Minimum	Present	Maximum
Load Current (A)			
Ia	1	3	10
Ib	--	3	--
Ic	--	2	--
Power			
Real (kW)	0	2	2
Reactive (kVAR)	-6	0	2
Apparent (kVA)	1	2	7
Power Factor Total			
	0.678 lag	0.963 lag	0.274 lead
Voltage, L-L Avg.			
	411	488	513
Voltage, L-N Avg.			
	247	262	297
Frequency (Hz)			
	59.72	60.04	60.20

Fuente: Los Autores

Dispositivos similares al ejemplo mencionado solo cuentan con interfaces seriales RS-232, RS-422 o RS-485, los cuales estaban limitados a una lectura local, a la existencia de un dispositivo adicional como un controlador lógico programable, o a su conexión directa a redes que no puedan exceder los 1200m para el caso RS-422 o RS-485. Sin embargo, hoy es posible encontrar en el mercado interfaces hardware de tipo túnel (similar a la funcionalidad mencionada para el PM800), para ampliar las posibilidades a redes LAN Ethernet a aquellos equipos que solo disponen de puertos seriales.

En la Figura 11 es posible apreciar un ejemplo de este tipo de dispositivos túnel, el cual de un lado cuenta con un puerto configurable entre RS-232, RS-422 o RS-485, y del otro lado un puerto 10BaseT para su conexión a redes Ethernet.

Figura 11. Dispositivo túnel serial-ethernet



Fuente: LANTRONIX. EDS1100 / EDS2100 Hybrid Ethernet Terminal and Multiport Device Servers. [Online]. [Citado 30 de enero de 2013]. Disponible en internet: http://www.lantronix.com/device-networking/external-device-servers/eds1100_eds2100.html

6. CASOS DE APLICACIONES DE LA TECNOLOGÍA PLC

La evolución de las diferentes tecnologías de comunicaciones ha hecho posible el desarrollo de las redes inteligentes e integradas de medición (Smart Grids), esto especialmente durante la última década. Diferentes factores han impulsado la implementación de estas redes:

- La necesidad de una generación de energía sostenible y eficiente, frente al creciente consumo de recursos energéticos por factores como el aumento de la población y el número de electrónica de consumo.
- Integración a los sistemas existentes de alternativas de generación eléctrica que han venido evolucionando y perfeccionándose como son la energía solar, eólica, biomasa; esto impulsado a su vez por el creciente valor del petróleo y a futuro su pronosticada escasez, y el reciente rechazo al uso de la energía nuclear generado por el desastre de Fukushima.
- Resultado de las dos anteriores, un análisis de demanda más preciso, que permita al sistema de generación reaccionar ante la demanda en horas pico y reducir los excedentes en horas de menor consumo (reducción de energía de stand-by), o trasladar las cargas para hacer un sistema más estable.
- Mejorar la calidad de la prestación del servicio no solo de energía eléctrica, sino de los productos domiciliarios en general. Esto incluye una mejor y más rápida reacción a fallas en el sistema, la reducción del robo de energía,
- Abrir oportunidades de negocio con el desarrollo de este tipo de proyectos.
- El desarrollo de la tecnología (dispositivos y equipos).
- La necesidad de un consumo controlado y eficiente de recursos naturales y la reducción emisiones de CO₂ y otros productos de efecto invernadero.
- Nuevas leyes y normativas, desarrolladas especialmente por motivos ambientalistas.

Es así como empresas de servicios domiciliarios de gas, agua y energía eléctrica, emplean una o varias tecnologías de comunicaciones para lograr tener en red

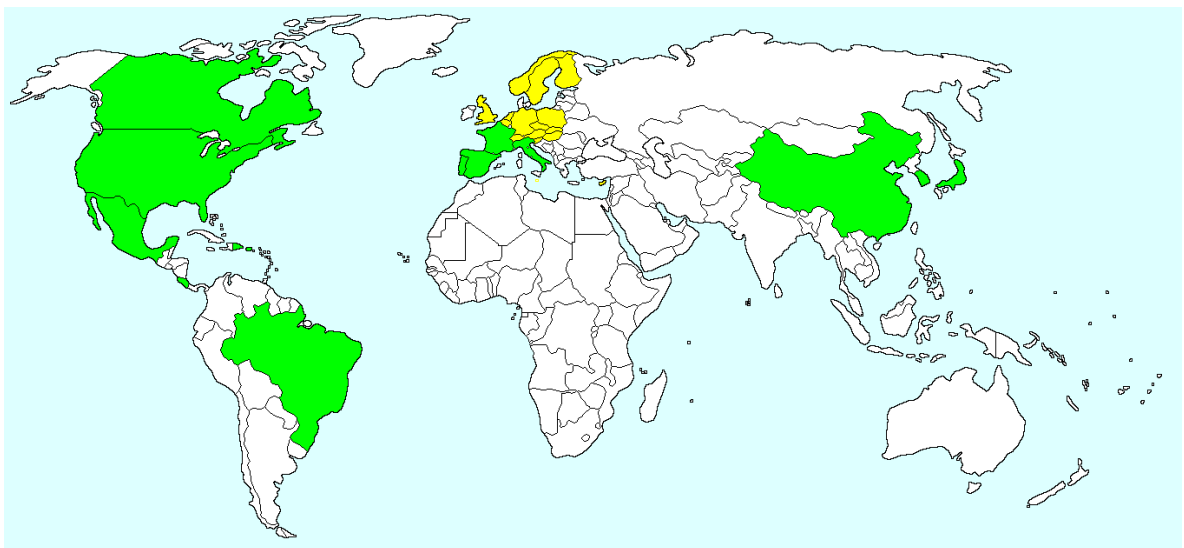
datos relacionados con el consumo de cada uno de sus abonados, los cuales pueden incluso ser consultados en tiempo real* por los usuarios finales a través de Internet.

El principal elemento de estas redes inteligentes es el medidor inteligente (Smart Meter), dispositivo que además de tener las características propias de medición (consumo de energía, gas o agua), poseen hardware adicional (integrada directamente u opcional como tarjetas modulares insertables) para dar capacidades de comunicación en tecnologías como PLC, ZigBee, xDSL ó RS-485. Esta característica ha abierto la posibilidad de proponer e implementar varias topologías de comunicaciones que emplean una o más de las tecnologías mencionadas como tecnologías de última milla, y la integración con otras como fibra óptica o satélite como tecnología de backbone. Por lo tanto, no es muy común encontrar el uso de la tecnología PLC por sí sola; factores como las limitaciones de la tecnología misma en temas como velocidad y alcance, las ventajas que puede ofrecer otra tecnología, las particularidades de cada escenario donde realizan las implementaciones, dan paso a su integración con otras tecnologías para lograr así llegar a las redes WAN.

La tecnología PLC he tenido un avance significativo desde la década anterior, (impulsado principalmente por el desarrollo de las Smart Grids), tiempo durante el cual ha venido evolucionando gracias al desarrollo de proyectos de modelado, diseño de dispositivos, proyecto pilotos de aplicación, la implementación en entidades prestadoras de servicios públicos domiciliarios, y formación de grupos de interés e investigación. Países asiáticos como Corea y China lideran en número de usuarios la utilización de dicha tecnología, seguidos por un significativo número de países europeos y Norteamérica; de igual manera los países asiáticos lideran en la producción de artículos científicos relacionados con la tecnología PLC. Se prevé además que muchos otros países durante el curso de la presente década exploraran alguna de las tecnologías relacionadas con las redes inteligentes de medición, como lo es la tecnología PLC.

A nivel internacional se han llevado a cabo varios proyectos en los que se ha implementado la tecnología PLC para el monitoreo de medidores inteligentes, en la mayoría de los casos como tecnología de última milla. La Figura 12 muestra un panorama mundial del estado de casos de aplicación de los cuales se logró encontrar documentación en la presente investigación, algunos de los cuales se mencionan a continuación.

Figura 12. Países en los que la tecnología PLC ha sido utilizada para el monitoreo de medidores inteligentes (verde), en color amarillo proyectos de medición inteligente que hacen uso de otras tecnología.



Fuente: Los Autores

COREA ([56],[45],[62],[20],[45])

KEPCO es una empresa coreana (corea del sur) de carácter mixto (51% estatal) dedicada a la generación, transmisión y distribución de energía eléctrica. Desde 2005 se ha venido desarrollando un ambicioso y reconocido proyecto relacionado con las redes inteligentes, el “*Proyecto de demostración de redes inteligentes Jeju*” (Jeju es provincial de Corea del sur, cuyo territorio corresponde a la mayor isla de de este estado). En los que varias tecnologías han tenido cabida para su implementación, pruebas de desempeño y comercialización.

Figura 13. Fases del proyecto Jeju- Corea



Fuente: Los Autores

Además de los referenciados en este documento, existe gran cantidad de documentos técnicos hacen referencia a este proyecto por ser uno de los más conocidos ([45],[62],[20],[45]). **Este proyecto está dividido en 5 ejes principales** (Smart Power Grid, Smart Consumer, Smart Transportation, Smart Renewable, Smart Electricity Service) en los que se da cobertura a múltiples proyectos, en 8 tecnologías finales:

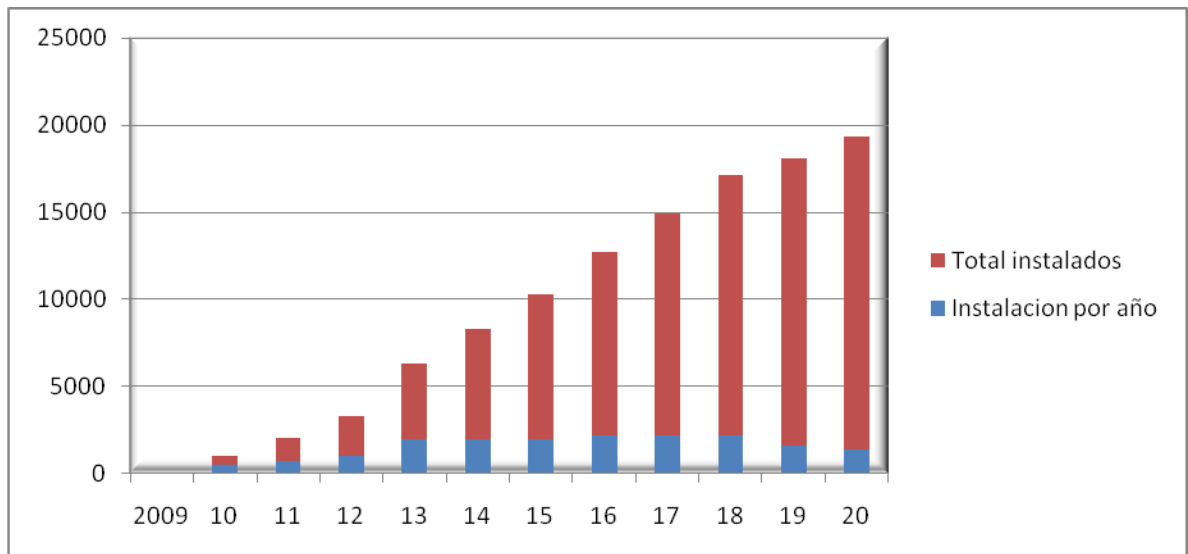
- A. Intelligent transmtion and distribution system (T&D system)
- B. Distributed generation system (DG system).
- C. Intelligent demand management system.
- D. T&D ICT system
- E. Advanced metering infrastructure (AMI)
- F. Smart Grid Integration platform
- G. Broadband digital communication infrastructure
- H. LED street light system with PLC

De los mencionados, la tecnología PLC tiene participación en **B, C, E, G y H.**

B. Distributed generation system (DG system): Hace referencia a la integración a la red existente de sistemas de generación aislados, o al monitoreo de sistemas aislados en áreas pequeñas y/o alejadas; en esta última, la tecnología PLC es utilizada como tecnología de última milla entre los medidores residenciales y los concentradores, donde tecnologías inalámbricas continúan hasta llegar a la WAN.

C y E. Es el producto donde la tecnología PLC tiene la mayor participación, ya que hace referencia al monitoreo de medidores residenciales de energía, agua y gas. Esto permite un esquema de facturación dependiente de la hora, con lo cual se busca tener una red más estable. Para el año 2009 se tiene reporte de 50000 medidores y 1500 concentradores instalados, lo que da una relación de 33 medidores por concentrador. A 2010 se tienen reportes de 500000 medidores instalados. En la Figura 14 se muestra la proyección del número de equipos instalados para este proyecto (promedio de 2 millones por año), que culmina en 2018 con un total de 18 millones de medidores instalados.

Figura 14. Proyección de instalación de equipos PLC en Corea. Valores en miles



Fuente: Los Autores

G. La unión de Wimax y la tecnología PLC es el eje principal de este producto, en el que se ofrece servicio de internet domiciliario. La tecnología BPLC ha sido incluso seleccionada como estándar internacional, bajo el nombre de IEC-12139-1.

H. El sistema de iluminación pública es reemplazado por luces LED y manejados por tecnología PLC.

Ciudades como Busan Daejon, Daegu, Monkdong hacen parte de este proyecto, en el que más de un centenar de compañías han tenido participación, algunas de las cuales en sus portales de internet ofrecen soluciones completas que incluyen tecnología PLC, principalmente en los medidores de usuario final (NURI Telecom, SZSTAR (plataformas), ZSCLOU).

CHINA State Grid Cooperation Company of China, ([41], [43], [53], [47], [60])

La tecnología PLC se ha convertido en una de las tecnologías más importantes en China. El mayor mercado de esta tecnología es la medición de medidores de servicios domiciliarios. State Grid corporation of China (SGCC) y Southern Grid son las empresas que mayor impulso dan a esta tecnologías. Los primeros, proyectos (2009) fueron Beijing Lianxiangyuan Project y Yard 95 Furcheng Road. A 2011 se tiene registro un total de 20 millones de módulos PLC instalados y la proyección a 2015 es continua hasta tener una cobertura total en el sistema. Aunque PLC no es la única tecnología utilizada, lidera en porcentaje de incursión con un 65%, seguido de GRPS con un 35%, y el restante distribuido entre tecnologías inalámbricas y RS485.

EUROPA ([51],[9],[7],[45],[14],[22],[11],[26])

Iniciativas como el proyecto ESMA (European Smart Metering Alliance), busca establecer en los países europeos una infraestructura basada en la medición inteligente, y orientada a los modelos de respuesta a la demanda. Es por esto que en la mayoría de los países europeos ya se ha realizado un gran número de proyectos relacionados con las Smart Grids, entre estos aquellos relacionados con la medición inteligente de los servicios domiciliarios de agua, gas y energía eléctrica.

Cronológicamente estos proyecto tienen una línea de tiempo similar: han sido implementados en la década pasada en algunos lugares seleccionados a manera de prueba como etapa inicial del proyecto, y después de aproximadamente 5 años continua una fase de expansión en la que se pretende dar cobertura al total de la

ciudad de prueba, o incluso toda la nación, lo cual se proyecta para finales de esta década (*Figura 13*).

Sin limitarse a los mencionados, la Tabla 1 resume algunos proyectos relacionados con el uso de la tecnología PLC en la medición domiciliaria.

Otros países son llevados a cabo proyectos similares (Tabla 2), en los que otros tipos de tecnologías son utilizadas; hay incluso algunos países (como Alemania y Gran Bretaña) en los que diferentes empresas lideran simultáneamente proyectos similares.

Tabla 1. Proyecto en Europa en los que la tecnología PLC ha sido utilizada

PAÍS	PROYECTO	EMPRESA	COBERTURA	PROYECCIÓN	
				Cantidad medidores	Año
España	Smart city Malaga	ENEL-ENDESA	Málaga	13 millones	2015
España	GAD	Iberdrola	Nacional		2010
España	Valencia		Valencia		2010
España	Integris	ENEL	Nacional		
Portugal	Inovgrid	EDP	Toda la nación	6 millones	2017
Francia	Linky project	ERDF	Lyon	28 millones	2018
Italia	Telegestore	ENEL	Brescia, Genova, Bari, Bologna, Pisa, Torino; a futuro en toda la nación	32 millones	2018

Fuente: Los autores

Tabla 2. Otros países europeos en los que se adelantan proyectos de medición domiciliaria inteligente

Gran Bretaña
Alemania
Polonia
Hungría
Eslovenia
Belgica

Holanda
Republica Checa
Austria
Eslovaquia
Finlandia
Suecia
Noruega
Chipre
Malta

Fuente: Los autores.

ITALIA ([51],[9],[7],[10])

El proyecto Telegestore en Italia es también uno de los más mencionados y exitosos proyectos relacionados con la de medición inteligente que se hacen uso de la tecnología PLC. El proyecto es liderado por la Empresa ENEL, la cual también tiene operaciones en diferentes naciones en toda Europa. El proyecto tuvo sus inicios aproximadamente para el año 2000, tiempo para el cual se realizaban las pruebas preliminares. En 2002 inició el proceso de instalación, la cual proyecta para 2018 contar con 32 millones de medidores instalados, para una cobertura de más del 95% de la población, situación que además es para esta nación una obligación legal, ya que bajo la resolución 292/06 expedida por AEEG (Autoridad Eléctrica Italiana), todos los medidores debes ser de tipo inteligente.

Posteriores proyectos contemplan la integración de la tecnología PLC con otras como ZigBee para el monitoreo de medidores de gas, agua y control del alumbrado público.

EEUU Y LATINOAMÉRICA ([1],[22],[56],[56])

La empresa Aclara Tech es una empresa que integra tecnologías para las infraestructuras de medición inteligente. Uno de sus productos más publicitados es la tecnología TWACS, utilizada por más de 260 empresas de servicios domiciliarios, ofreciendo servicios de respuesta a demanda, gestión remota, control de carga, sistemas prepago, todo lo mencionado bajo tecnología PLC. La

Figura 15 muestra un mapa con el panorama de las ciudades en EEUU, en los que esta tecnología ha sido implementada y en la Tabla 3 se presenta un reporte de las ciudades fuera de EEUU en lo que se ha implementado la tecnología TWACS. Con base en este reporte se consultó el portal en internet de la empresa EMCALI, donde se logró encontrar al respecto un informe cuatrimestral con fecha julio de 2012, donde se menciona la visita de funcionarios públicos de la ciudad de Yumbo-Valle para conocer los desarrollos tecnológicos que la empresa adelanta para la prestación de energía utilizando medidores AMI TWACS.

Tabla 3. Ciudades en los que la tecnología TWACS ha sido implementada

Alberta	Canada
Cuernavaca	Mexico
Santo Domingo	República Dominicana
San Juan	Puerto Rico
Heredia	Costa Rica
Cali	Colombia
San Andres	Colombia
Sao Paulo	Brasil
Osaka	Japon

Fuente: Los autores

Estos proyectos mencionados han llegado a convertirse en modelos exitosos que han propiciado incluso nuevas regulaciones para las empresas prestadoras de servicios públicos. En Italia por ejemplo, uno de los países que la tecnología PLC ha logrado buenos resultados y muy buena acogida, para 2016 es obligatoria la migración de todos los medidores a medidores inteligentes. En este sentido, la tecnología PLC tiene grandes posibilidades de expansión.

Figura 15. Ciudades en EEUU en los que la tecnología TWACS ha sido implementada (viñetas en color azul)



Fuente: www.aclaratech.com

7. ESTANDARIZACIÓN ACTUAL DE LA TECNOLOGÍA PLC Y EQUIPOS DISPONIBLES EN EL MERCADO

Después de analizar distintas aplicaciones que se han desarrollado con la tecnología PLC en el campo de la transmisión de datos, conocer como es el funcionamiento y cómo ha evolucionado en el tiempo, se pasará a revisar especificaciones técnicas sobre equipos disponibles en el mercado, requerimientos e interoperabilidad para la tecnología PLC, igualmente la normatividad que actualmente se aplica a esta tecnología.

7.1 NORMAS Y ESTÁNDARES

La normativa y reglamentación cuando se introduce una nueva tecnología siempre se debe tener en cuenta, es lo que ayuda a que exista interoperabilidad entre equipos, porque cada uno trabaja en unos parámetros asignados para que funcione en distintas aplicaciones. Los institutos, grupos de investigación y sobre todo fabricantes son los primeros en interesarse por buscar la estandarización, en este aparte de la investigación se estudiará cuáles son las organizaciones y qué estándares se han planteado para la tecnología PLC.

El **INSTITUTO EUROPEO DE NORMAS DE TELECOMUNICACIONES (ETSI)**[39] formado para buscar la estandarización en el campo de las telecomunicaciones, radiodifusión y televisión, se ha enfocado en tratar de normalizar la tecnología PLC mediante grupos de trabajo, uno de ellos el ETSI PLT que junto con varios grupos expertos en la tecnología PLC como el Foro PLC y CENELEC se han encargado de estudiar técnicamente el espectro radioeléctrico para que la tecnología PLC no interfiera con lo ya existente, la comunicación en las redes de baja, media y alta tensión para dispositivos de comunicación que principalmente se utilizan en aplicaciones de redes inteligentes y domótica, buscando el acceso y las velocidades adecuadas.

La normalización que se ha buscado en Europa divide las aplicaciones y el rango de frecuencias en Outdoor (Internet eléctrico) comprendido entre 3 - 12Mhz e Indoor (solución interior) entre 13 – 30 Mhz. Los estándares actuales se relacionan en la Tabla 4.

Tabla 4. Estandarización tecnología PLC por ETSI

No. Estándar	Nombre del estándar
TS 103 909	Telecomunicaciones por la red eléctrica (PLT); transceptores de banda estrecha en el rango de 9 kHz a 500 kHz. Guía para el método en el rendimiento de líneas de energía.
TR 101 562-2	Telecomunicaciones por la red eléctrica (PLT); MIMO PLT; Parte 2: Puesta en marcha y los resultados estadísticos de MIMO PLT EMI Medidas
TR 101 562-1	Telecomunicaciones por la red eléctrica (PLT); MIMO PLT; Parte 1: Métodos de medida de MIMO PLT
TR 101 562-3	Telecomunicaciones por la red eléctrica (PLT); MIMO PLT; Parte 3: Puesta en marcha y los resultados estadísticos de MIMO PLT Channel y mediciones de ruido
TS 103 908	Telecomunicaciones por la red eléctrica (PLT); BPSK estrecho canal de línea eléctrica de banda para aplicaciones de medición inteligente [CEN EN 14908-3:2006, modificado]
TR 101 562	Telecomunicaciones por la red eléctrica (PLT); MIMO PLT universal acoplador, instrucciones de operación – Descripción
TR 102 930	Telecomunicaciones por la red eléctrica (PLT), Estudio sobre el procesamiento de señales mejorar la coexistencia de VDSL2 y PLT
TS 102 578	Telecomunicaciones por la red eléctrica (PLT); Convivencia entre módems PLT y los servicios de radiodifusión de onda corta
TS 102 447	Telecomunicaciones por la red eléctrica (PLT); máscara PSD

	programable; Especificaciones de Acceso y Sistemas de Interiores
TR 102 616	Telecomunicaciones por la red eléctrica (PLT); Informe de Plugtests TM 2007 sobre la coexistencia de PLT y el programa de radio de onda corta, los casos de prueba y los resultados
TR 102 615	Telecomunicaciones por la red eléctrica (PLT); Plugtests TM 2007 sobre la coexistencia de los sistemas de módem PLT, los casos de prueba
TR 102 494	Telecomunicaciones por la red eléctrica (PLT) Requisitos técnicos para módems In-House PLC
TR 102 370	Telecomunicaciones por la red eléctrica (PLT), los datos básicos relativos a LVDN mediciones en el rango de frecuencia de 3 MHz a 100 MHz
TR 102 324	Telecomunicaciones por la red eléctrica (PLT); radiadas características de las emisiones "y el método de medición del estado de las redes de comunicaciones de línea eléctrica de arte
TR 102 269	Telecomunicaciones por la red eléctrica (PLT), el examen de nodo Ocultos y análisis estadístico
TR 102 270	Telecomunicaciones por la red eléctrica (PLT), la Red de Distribución de Baja Tensión Básica (LVDT) los datos de medición
TR 102 258	Telecomunicaciones por la red eléctrica (PLT); LCL revisión y análisis estadístico
TR 102 259	Telecomunicaciones por la red eléctrica (PLT); EMI revisión y análisis estadístico

Fuente: <http://www.etsi.org/technologies-clusters/technologies/powerline>

PLC FORUM [53]: Es una asociación internacional que representa a fabricantes y organismos activos en todo lo relacionado con el campo de la tecnología PLC, creada a comienzos del año 2000 con la finalidad de buscar la estandarización y

normalización de la tecnología PLC, que permita una correcta convergencia entre los equipos y el servicio, una comercialización en parámetros que no afecten ni a clientes ni a fabricantes. Todo esto se desarrolla mediante reuniones periódicas que se realizan con el fin de mantenerse actualizados en las nuevas soluciones que se encuentren para la tecnología PLC.

Algunos miembros de la asociación son APTEL (Una asociación de empresas propietarias de Infraestructura de servicios privados de telecomunicaciones – Brasil), Universidad Aristóteles de Tesalónica – Grecia, Arteche, Avisto Telecom, Universidad de Tecnología de Dresden - Alemania, Instituto de tecnología eléctrica – España, Escuela Politécnica Federal de Lausana - Suiza, Instituto de investigación de energía eléctrica – China (Cepri), ETSI - Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones, Hibat (Herning Instituto de Administración de Empresas y Tecnología), Instituto Balseiro – CNEA (Comisión nacional de energía atómica), ItochuCorporation – Japón, CatholicUniversityCollege of Bruges-Ostend (KHBO) – Bélgica, LINZ AG para la Energía, Telecomunicaciones, Transporte y Servicios Comunitarios, Mitsubishi Materials Corporation, LEA, Open University (Grupo de Investigación de la caja de control Sistemas de Comunicación), PLCA, PLC-J, Premo S.A., PUA (the PLC Utilities Alliance), Schaffner EMV AG, Senelec (Empresa Nacional de Electricidad de Senegal), SPiDCOM Tecnologías, TNSI (Toyo Network Systems Co. Ltd), Universidad de Florencia - Italia, Universidad de Karlsruhe - Alemania, Universidad de Paderborn – Alemania, UPLC (UnitedPowerLine Council).

ESTÁNDAR ANSI/EIA 709.1-A-1999 [26][43][40][32]: también conocido como LonWorks es considerado para aplicaciones de domótica y desarrollado por la empresa Echelon⁴. Este estándar recoge el protocolo LonTalk para el intercambio de información, este protocolo fue creado para la automatización y el control industrial, la comunicación de redes de control. Implementa las 7 capas del modelo OSI permitiendo que este protocolo se vea como una mezcla entre

⁴ Más información sobre Echelon en www.echelon.com

hardware y firmware en un chip. Las principales características son la fiabilidad, está soportado en varios medios de comunicación, bajo tiempo de respuesta mediante un algoritmo propietario y el bajo costo de los productos que implementa. Se considera un protocolo de red orientado a objetos.

El estándar LonWorks fue creado para solucionar los problemas de las redes de control (formadas por dispositivos llamados nodos), implementando la comunicación de nodos por el método control distribuido (punto – punto), la red LonWorks está pensada para satisfacer el control en tiempo real en el uso de sensores inteligentes, actuadores, drivers y microcontroladores, utilizados en múltiples aplicaciones como edificios, ciudades y redes inteligentes. Se podría decir que utilizar o implementar aplicaciones basadas en LonWorks es un requisito en el manejo de sistemas modernos.

LonWorks ha sido ratificado por la organización ANSI, basado en conjuntos de dispositivos inteligentes que se conectan en uno o más medios físicos que se comunican utilizando un protocolo común. Una de las grandes ventajas es que permite ser utilizado por cualquier fabricante porque es un estándar abierto y las características soportan diferentes medios físicos, múltiples canales de comunicación y es enfocado a funciones de monitorización y control de dispositivos.

Un ejemplo de la estructura Lonworks, se presenta en el artículo “Intelligent community system based on LonWorks technology” [40] compuesto por: 1- Protocolo de red LonWorks (LonTalk), 2- Medio de transmisión de red, 3- Equipos de red (Unidad de control y medida inteligente, Router o Gateway), 4- Mecanismo ejecutor, 5- Software de manejo.

También se caracteriza por el uso de sensores o nodos inteligentes con transceptores PLC Lonworks, como el PL3120 que se tratará en el aparte equipos disponibles en el mercado, son instalados en sistemas de red de control, y no solo se usan para brindar potencia sino también para permitir la comunicación con otros dispositivos, cabe recordar que la tecnología PLC es la fórmula para la transmisión y recepción de información que permite reducir el costo del sistema y

descartar una instalación compleja, porque se utiliza una red ya existente para su implementación.

ESTÁNDAR G3-PLC [26][28][31][68]: Es considerado un estándar abierto implementado en aplicaciones smartgrid para lograr promover la interoperabilidad, creado por Maxim Integrated y ERDF (Électricité Réseau Distribution France ó Red de Distribución de Electricidad de Francia). Su desarrollo busca resolver la mayoría de problemas que se presentan a la hora de transmitir información por la red eléctrica, de esta manera se logra un control inteligente del consumo de electricidad en tiempo real por las prestadoras del servicio eléctrico. Esto se logra reduciendo la cantidad de concentradores y repetidores que se implementan en una red, debido a que G3-PLC permite transmitir la información por los transformadores de Media tensión y baja tensión directamente a un solo concentrador que captura todos los datos.

Inició como una tecnología más del mercado, pero debido a sus características únicas se ha impuesto como la norma para la estandarización por medio de organismos reguladores como IEEE, ITU, IEC/CENELEC, IEC/ISO. Las mencionadas características especiales son:

- Soporta bandas de frecuencia entre 10khz a 490khz
- Basado en OFDM en capa física (PHY)
- 2 capas de corrección de errores
- Utiliza AES-128 como mecanismo de seguridad
- Coexiste con los distintos estándares y tecnologías implementadas hoy en día.
- Soporta nuevos SW de distribución, sensores y aplicaciones de red.
- Implementa IPV6 lo que permite una reducción de costo en actualizaciones de red, mediante una capa de adaptación 6LoWPAN.
- Protocolo de enrutamiento basado en malla lo que permite una mejor interoperabilidad.

- Es un estándar robusto lo que permite trabajar en ambientes hostiles y ruidosos.
- Implementa IEEE 802.154 basado en capa MAC.

ESTÁNDAR IEC 61334 [28][68] también conocido como S-FSK (o difusión por desplazamiento de frecuencia) normaliza las bajas velocidades en la tecnología PLC en sistemas SCADA, medidores de energía y agua. Su creación se basa en la recopilación de varias investigaciones a los ambientes físicos (PHY) de las líneas eléctricas y la capa de acceso entre medios de baja potencia y una interfaz de gestión.

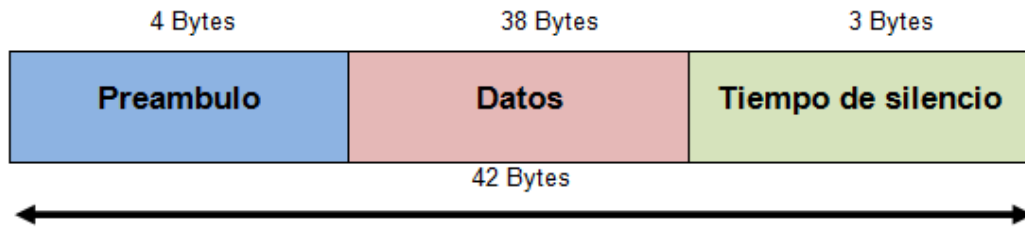
Este estándar se basa en tonos, cada empresa suministradora de servicios públicos escoge para el cruce por cero del voltaje por una línea eléctrica un rango de frecuencias, generalmente está entre 20khz y 100khz separados por rangos de 10 khz para evitar interferencias a la hora de la transmisión. Un tono es 1 en binario, el espacio se representa por 0 en binario.

Algunas de las características son:

- La velocidad baja es causada por el número limitado de bits por ciclo, la alta fiabilidad es por la distribución del cruce por cero.
- La alta relación señal a ruido que se produce en tecnologías como PLC lleva a utilizar frecuencias altas.
- Existe falta de distorsión en la intermodulación.

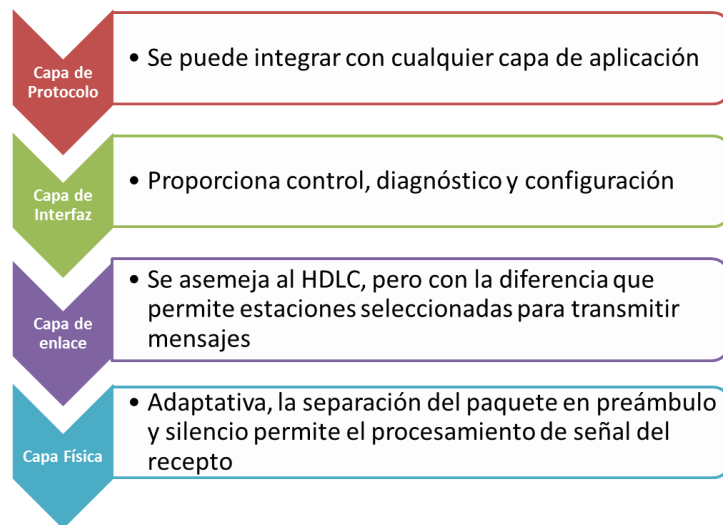
Los datos de cruces por cero se recogen en bytes de 8 bits, cada bytes se recoge en paquetes de 42 byte. En la Figura 16, se presenta como se divide el paquete en bytes para su transmisión. En la Figura 17 se presenta el funcionamiento de las distintas capas que participan en este estándar.

Figura 16. Paquete de 42 bytes Estándar IEC 61334



Fuente: Los Autores

Figura 17. Funcionamiento de las capas estándar IEC 61334



Fuente: Los Autores

PRIME (Powerline Related Intelligent Metering Evolution – Evolución de medición inteligente Powerline) [54][3]: Se define en las capas bajas del modelo OSI como son: la capa física y MAC. Las técnicas se basan en la modulación, codificación, protocolos y los formatos de los datos. Es un estándar abierto como los anteriores para buscar interoperabilidad y el crecimiento de la tecnología PLC. Una de las grandes ventajas y utilidades es que implementa la modulación OFDM (Multiplexación por división ortogonal de frecuencias en rangos de frecuencias) en las bandas de frecuencia definidas en el estándar EN50065-1

(Cenelec-A)⁵, que nos brinda las ventajas de requerir menos precisión para sincronizar el receptor, la robustez que tiene frente al ruido impulsivo y el mejor aprovechamiento que le da al espectro disponible.

PRIME es un sistema compuesto por subredes, en las cuales se tratan en 2 tipos de nodos, el nodo base y el nodo servicios:

El **nodo base** es único en la subred, se describe como la raíz o como el maestro de la red, sus funciones principales es la gestión de los recursos y de las conexiones, responsable del crecimiento y mantenimiento de la red.

El **nodo servicios** son los otros nodos en la red, estos tienen tres estados posibles *desconectados* es el estado inicial, en el cual no comunica tráfico a otro nodo y su función principal es la búsqueda de una red operacional próxima y registrarla en el mismo, *Terminal* en este estado es capaz de comunicar su tráfico pero no es capaz de conmutar el tráfico de otros nodos y *Switch* es el estado que realiza todas las funciones de “Terminal” pero además reenvía datos desde y hacia otros dispositivos, es punto de ramificación.

Una descripción básica de las características de las dos capas en que se basa PRIME lo explica Prime Project⁶, La **capa física (PHY)** permite velocidades altas, comunicación a bajo costo, utiliza la modulación OFDM, corrección de errores e intercalación de datos. La **Capa MAC** implementa para el acceso al canal CSMA/CA y para la seguridad 128-bit-AES cifrado de dato, el direccionamiento se realiza de la siguiente manera a cada nodo se le asigna una dirección MAC única(EUI-48) para identificarlo en la red esto ocurre en el proceso de registro, como se nombró anteriormente un nodo base es único en una red y el EUI-48 de este nodo es el que identifica a la subred llamado *SNA* (Dirección subred –

⁵ Para más información remítase http://www.cenelec.eu/dyn/www/?p=104:110:4195544336727051:::FSP_ORG_ID,FSP_PROJECT,FSP_LANG_ID:821,22484,25

⁶ PRIME Project. PRIME Technology Whitepaper PHY, MAC and Convergence Layers. 2008. V1.0. p 15.

Subnetwork address), un *SID* (Interruptor de identificación) es un identificador de 10 bits para cada nodo switch de la red, un *LNID* (Identificador de nodo local) se le asigna a un nodo switch en un proceso de registro compuesto por 16 bits de longitud, la asignación *SID* lo realiza el nodo base durante el proceso de presentación, un nodo switch es identificado por *SNA* y *SID*. La combinación *LNID* y *SIN* se llama *NID* compuesto por 26 bits. *LCIDC* (identificador de conexión local) es un campo de 6 bits es el que identifica la conexión del nodo, la combinación entre un *NID* y *LCDI* se llama *CID* identifica las conexiones en la subred y está compuesto por 32 bits. Las direcciones Multicast y Broadcast se utilizan para transmitir datos y control de información.

ESTÁNDAR IEEE 1901 [64][29]: Se basa en la transmisión de datos por la banda ancha en la línea eléctrica para velocidades altas (> 100Mbps), conocido también como P1901, lanzado en 2005 pero aprobado solo hasta septiembre de 2010. Su creación surgió para aplicaciones de multimedia en el hogar y Smart grid. Utiliza la técnica de modulación OFDM, ofrece alto rendimiento, libre interferencia, transferencia de datos segura para aplicaciones LAN de 500Mbps, los alcances para servicios de última milla están alrededor de 1500m y al acceso al medio lo realiza con TDMA. Tiene una estructura celular, es decir que existe un grupo de estaciones gestionadas, controladas y autorizadas por una sola estación base, ubicada casi siempre en la parte superior.

La principal características es la coexistencia con el protocolo ISP que evita la interferencia cuando hay varias implementaciones BPL operadas muy cerca. El funcionamiento de este estándar es por 2 capas físicas, una basada en FFT que se deriva del estándar HomePlug AV común en productos certificados por la Alliance HomePlug, que incluye corrección de errores FEC basados en CTC y Wavelet OFDM derivado de la tecnología HD-PLC, su corrección de errores es basado en FEC sobre RS. También implementa dos capas MAC una para la creación de redes en el hogar y otra para la red de acceso, es por tal motivo que se le asigna dos direcciones MAC a cada dispositivo de este estándar.

LA ALIANZA HOMEPLUG [60][32]: se creó en 2001, apoyada por distintas empresas del sector de las comunicaciones y electrónica para lograr desarrollar, propiciar y promover la implementación de la tecnología PLC, la Alianza HomePlug creó una serie de pruebas de certificación para las empresas que implementan y producen chips con la tecnología HomePlug esto con el fin de garantizar los productos. Actualmente existen 188 productos certificados por la Alianza. Algunas aplicaciones de la tecnología HomePlug son: Whole-home redes de banda ancha, HDTV Networking, juegos de azar, red inteligente, Whole – home Auto.

La Alianza HomePlug se basan en el rango de frecuencias comprendido entre 4,3 y 20,9Mhz, modulación OFDM y transmisión de 14Mbit/s, los estándares que tienen en cuenta los fabricantes de productos basados en la tecnología PLC, son los siguientes:

- **HomePlug 1.0:** En Junio de 2001 la Alianza HomePlug lanzo El primer estándar que empezaría a normalizar la tecnología PLC en casos In-door este proporcionaba velocidades de 14 Mbit/s, debido a la creación de nuevos estándares como HomePlug AV actualmente no es tan utilizado. La asociación de la industria de las telecomunicaciones (TIA) que representa actualmente a más de 600 compañías el 28 de mayo del 2008 desarrollo un estándar internacional TIA-1113 el cual tiene como base HomePlug 1.0, se basa en la modulación OFDM, define las funciones, operaciones y características de los módem en los usuarios locales y los sistemas de comunicación de banda ancha in-door. El instituto nacional estadounidense de estándares (ANSI) también aprobó como norma.
- **HomePlug AV:** En Agosto de 2005 se presentó al este estándar el cual proporciona velocidades de hasta 200Mb/s en la capa física y aproximadamente 80Mbs en la capa MAC y un ancho de banda apto para aplicaciones de audio y video como la televisión de alta definición y VoIP. Los dispositivos que implementaban este estándar debían poder interactuar con dispositivos HomePlug 1.0.

Este estándar busca que las transmisiones tengan los mínimos problemas posibles, para ello utiliza modulación adaptativa con 1155 subportadoras OFDM, códigos turbo de convolución para la corrección de errores, dos niveles de encuadre MAC con ARQ, y otras técnicas. HomePlug AV puede alcanzar cerca del ancho de banda máximo teórico a través de una vía de transmisión.⁷ La seguridad es un objetivo que se debe buscar siempre al implementar equipos en redes de comunicaciones por los ataques cibernéticos y el espionaje que son tan comunes actualmente, no solo basta la funcionalidad en la red que se desea implementar, es por esta razón que en este estándar se incluyen técnicas clave de distribución y el uso de cifrado de 128 bits AES.

- **HomePlug AV2 [34]:** En enero de 2012 se introdujo este estándar al mundo, que permite interoperabilidad en equipos que implementan otros estándares como HomePlug AV y HomePlugGreen PHY, también es compatible con el estándar IEEE 1901, el cual controla las altas velocidades en dispositivos que implementan comunicación a través de líneas eléctricas. Cuenta con Gigabit PHY el apoyo de MIMO PHY, funciones de repetición y modos de ahorro de energía. En la actualidad no existen equipos comerciales que implementen este estándar solo se ha aplicado en la docencia.
- **HomePlug Green PHY [35]:** Este estándar es el que realmente rige la aplicación que se desea analizar en este trabajo ya que su uso está en la red inteligente, con velocidades máximas de 10 Mbit/s, es un subconjunto de HomePlug AV y está diseñado para implementarse en contadores inteligentes y pequeños electrodomésticos tales como termostatos, electrodomésticos y plug-in de los vehículos eléctricos con el fin de que los datos se busquen en redes domésticas. Este estándar busca algunos requisitos como baja potencia, costo, comunicación fiable y tamaño compacto en los equipos. Se debe nombrar que este estándar GreenPHY usa hasta 75% menos energía

⁷ Definición de la alianza HomePlug, se encuentra en el siguiente sitio web http://www.homeplug.org/tech/ieee_1901/

que HomePLug AV. Para la implementación de este estándar la Alianza HomePlug ha estado trabajando con ZigBee Alliance para el desarrollo de aplicaciones que permitan interoperabilidad con ZigBee inalámbrico y dispositivos HomePlugPowerline implementados, además de trabajos realizados con las compañías que suministran los servicios públicos y principales fabricantes de medidores en el mundo para desarrollar las especificaciones de este estándar. Es plenamente interoperable con los dispositivos basados en los estándares anteriores y en el estándar IEEE 1901.

- **HomePlug Access BPL:** Después de una investigación que se realizó con invitación abierta a la industria BPL, empresas de telecomunicaciones, empresas prestadoras de servicios públicos en junio de 2005 se presentó al público este estándar, que se basa al acceso de banda ancha por la línea eléctrica que se combina con el IEEE 1901.

7.2 EQUIPOS DISPONIBLES EN EL MERCADO

Actualmente existen una variedad amplia en equipos que implementan la tecnología PLC y que cumplen con los estándares vigentes, en este capítulo se explicará brevemente el funcionamiento de algunos equipos que se utilizan en aplicaciones de domótica y otros que ayudan a solucionar la transmisión de datos de consumo de usuarios finales en baja tensión.

Intellon es una empresa que creó el primer circuito que implementa las especificaciones del estándar Homeplug, el nombre comercial es INT5130[10] llevo 11 años de investigación, y tiene diversas características de las cuales se destacan:

- velocidad máxima 14Mbps
- Alta eficiencia espectral y ancho de banda
- Para un mayor desempeño utiliza la modulación OFDM, mecanismo de detección y corrección de errores FEC

- Seguridad de extremo a extremo usando el estándar de encriptación de datos con una semilla de 56 bit (DTS)
- Es un chip escalable que puede transmitir 100Mbps

I.LON600 LONWORKS/IP SERVER⁸

Se trata de un router ISO/IEC 14908 de la familia Echelon que usa IP como un canal estándar de LonWorks para permitirle a los dispositivos LonWorks como bombas, motores, válvulas, sensores y luces, ser configurados, monitoreados y controlados de forma segura a través de IP, Ethernet o cualquier WAN o LAN de base 10 ó 100, usando cables trenzados, coaxiales, líneas de energía, IR y otros. En la Figura 18 se aprecia el dispositivo.

Usa el sistema de autenticación MD5, un procesador RISC de 32bit y la arquitectura LonWorks/IP de Echelon. Es posible utilizarlo en topologías punto a punto o maestro-esclavo, permitiéndole a los dispositivos remotos comunicarse a través de redes IP como si estuvieran co-localizados.

Como muchas de las aplicaciones y dispositivos LonWorks, puede ser instalado y configurado usando la herramienta de integración LonMaker. Soporta gran cantidad de protocolos usados en redes de Internet como TCP/IP, DHCP, ICMP, SNTP, MD5, HTTP y FTP. Puede alimentarse de energía en AC o DC, tanto de 90V a 240V y a 24V (es un dispositivo de bajo voltaje aprobado por la agencia de seguridad)

Figura 18. Dispositivo iLon600 LonWorks/IP Server



Fuente: <http://www.echelon.com/products/interconnectivity/routers/ilon600/default.htm>

⁸ Consultar el Anexo 1 Catalogo técnico iLon600 LonWorksIP Server para mayor información

GATEWAY SERIAL PSG/3⁹

Es un módulo auto contenido usado para construir enlaces entre dispositivos o sistemas con interfaces seriales EIA-232C y redes LONWORKS, también es de la familia Echelon. Utiliza drivers/receptores EIA-232 y el chip NEURON. Cumple con la restricción europea 2002/95/EC (en los modelos 73381 y 73381R). Su cableado de conexión es insensible a la polaridad.

Figura 19. Dispositivo Gateway Serial PSG/3



Fuente: <http://www.echelon.com/productdb/productdetail.asp?prodID=757&manID=265>

Maneja una tasa de transmisión de datos que va de 1.200bps a 115.200bps. Soporta memoria flash para actualizaciones descargables. Reloj de entrada de 10MHz. Con sus librerías descargables o incorporadas permite crear aplicaciones seriales Gateway a gusto del programador, escritas en Neuron C. En la Figura 19 se puede apreciar el equipo.

TRANSCÉPTORES INTELIGENTES PARA LÍNEAS DE ENERGÍA PL3120 Y PL3150¹⁰

Estos transceptores de la familia Echelon integran un núcleo procesador central Neuron que corre las aplicaciones y se encarga de las comunicaciones de la red,

⁹ Consultar el Anexo 2 Catalogo técnico Gateway Serial PSG3 para mayor información

¹⁰ Consultar el Anexo 3 Catalogo técnico Transceptor PL3150 para mayor información

con un transceptor para líneas de energía, lo cual permite utilizarlo en gran cantidad de aplicaciones. En la Figura 20 se puede apreciar el dispositivo PL3150. Es en esencia un sistema completo montado sobre un chip y puede ser usado como una memoria interna o externa, es realmente pequeño. Sus fabricantes afirman que su relación costo-beneficio es excelente aún para clientes extremadamente sensibles al precio.

Cumple con las regulaciones FCC, Canadienses, MPT de Japón y CENELEC EN50065-1, por lo que pueden ser usados a nivel global. Usan el protocolo de acceso CENELEC, que puede ser habilitado o inhabilitado por el usuario. Esto elimina la necesidad de que los usuarios tengan que desarrollar los complejos algoritmos de coordinación y acceso que exige la CENELEC EN50065-1.

Además, pueden trabajar en las normas CENELEC (Banda A) o con bandas de señal general (Banda C), debido a que operan tanto en 6.5536MHz como en 10MHz, eliminando la necesidad de almacenar múltiples partes para diferentes aplicaciones.

Figura 20. Dispositivo transceptor PL3150



Fuente: <http://www.echelon.com/products/components/ic/pl3120-50-70/default.htm>

Con el fin de asegurar la confiabilidad en la operación de estos transceptores, se les ha incorporado:

- Frecuencia de carril dual, que automáticamente selecciona un carril secundario alterno en caso de que el primario sea bloqueado por el ruido.
- Algoritmos FEC (Corrección de errores hacia adelante) para corregir o superar los errores inducidos por el ruido.

- Algoritmos de procesamiento de señal, cancelación del ruido y de corrección de la distorsión.
- Un amplificador externo de gran salida y baja distorsión que puede emitir hasta 1Ap-p en cargas de baja impedancia, eliminando la necesidad de costosos acopladores de fase en las aplicaciones residenciales típicas.

Estos transceptores pueden comunicar virtualmente cualquier fuente de poder en AC ó DC, así como pares trenzados no electrificados, por medio de un circuito externo de acople muy poco costoso. El PL3120 está diseñado con miras a ser usado en sistemas que requieran hasta 4KBytes de código de aplicación y un ultra compacto paquete 38 TSSOP, en cambio, el PL3150 está diseñado para sistemas que requieran hasta 58KBytes de memoria externa usando un paquete 64 LQFP y posee una interface para memoria externa para aplicaciones con requerimientos de memoria aún mayores.

Estos transceptores pueden ser reprogramados a través de las líneas de energía que conectan con ellos, sin necesidad de accesarlos físicamente de otra forma. Pueden ser reescritos hasta 10.000 veces sin pérdida de datos. Los datos almacenados en su interior pueden ser retenidos hasta por 10 años en ausencia de fluido eléctrico.

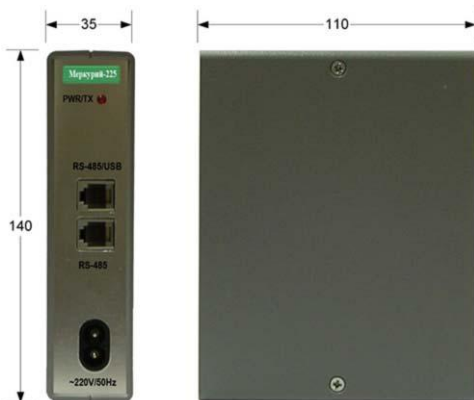
Tienen además la capacidad de monitorear la calidad de la energía que reciben para su funcionamiento (funcionan con fuentes de poder muy pequeñas y baratas) y si la cantidad o calidad de la energía que reciben no les permitieran emitir una señal confiable, detienen la emisión de señal hasta que las condiciones de la energía permitan reanudar la transmisión. Posee 12 pines I/O con 38 modos estándar I/O programables para minimizar la circuitería externa de interface.

CONCENTRADOR MERCURY 225¹¹

Es un dispositivo útil para la recolección, acumulación y almacenamiento de los datos de consumo de energía eléctrica de medidores que tienen módems PLC integrados en su interior en las líneas de energía eléctrica en baja tensión. Este concentrador es comercializado por incotex Co ltd.

Algunas de sus características son almacenamiento en la memoria volátil del consumo por metro de área de cobertura de la red, almacenamiento de datos por seis meses, sincronización en la transferencia de datos, sincronización del reloj interno de cada medidor implementado en la red dependiendo de su ubicación geográfica, transferencia de datos para aumentar la cobertura, conexión de controladores adicionales por el puerto RS485, conexión directa al PC por el puerto USB. En la Figura 21 se aprecia las dimensiones del concentrador.

Figura 21. Concentrador Mercury 225



Fuente: http://www.incotexcom.ru/m225_en.htm

La cantidad máxima de medidores que puede implementar el concentrador en su red en la fase 220V es de 2048, el rango de distancia que se considera estable es de 300 a 1000m. El concentrador está conectado a una fase de la red trifásica a través del conector interfaz PLC y en el otro lado al puerto serie del PC. La configuración del concentrador se realiza por medio del programa "BMonitor.exe".

¹¹ Para mayor información consulte la página web www.incotexcom.ru en la sección equipos PLC

MEDIDOR INTELIGENTE ACE4000 PLC¹²

Dispositivo inteligente utilizado en aplicaciones Smart Grid para la recolección, procesamiento y transmisión de datos de consumo de energía eléctrica, implementa comunicación bidireccional para funciones de control avanzado y medición bidireccional para recursos de energía distribuidos. En la Figura 22 se aprecia el dispositivo de la empresa Itron.

Sus principales características son la administración remota, desconexión de carga, configuración de operaciones flexible, recuperación de datos segura, costos operativos reducidos, perfil de carga de alta resolución, protección contra funciones de manipulación indebida, control de calidad de la energía, permite la medición de energía activa y reactiva, comunicación PLC bajo estándares abiertos, amplias opciones de lectura del medidor y fácil instalación en campo (Plug & Play), la gama de estos medidores está en monofásicos y polifásicos.

Figura 22. Medidor inteligente ACE4000 PLC



Fuente: [https://www.itron.com/mxca/es/productsAndServices/Pages/ACE4000%20PLC%20Mark%203%20-%20Spanish%20\(Spain\).aspx](https://www.itron.com/mxca/es/productsAndServices/Pages/ACE4000%20PLC%20Mark%203%20-%20Spanish%20(Spain).aspx)

¹² Consultar el Anexo 4 Catalogo técnico Medidor ACE4000 PLC para mayor información

CONCENTRADOR PLC MARK 3¹³

Se considera la puerta de enlace entre el medidor inteligente y el sistema central de recolección de datos de cada medidor de la red. Este dispositivo también es de la empresa Itron, recolecta y memoriza los datos de las estadísticas de consumo de cada medidor, eventos y comunicación para transmitirla al sistema central. En la Figura 23 se aprecia el equipo.

Las características principales es la comunicación PLC usando el estándar abierto DLMS COSEM¹⁴, actualizaciones dinámicas un ejemplo de ello es que detecta de forma automática si hay nuevo medidor en la red, comunicación bidireccional con el medidor inteligente, recolección de datos al sistema por medio de los sistemas push & pull*, administración de los medidores inteligentes (Desconexión remota o cambiar la configuración del medidor), comunicación flexible a sistemas GSM/GPRS, Ethernet, PSTN, el concentrador está equipado con una máquina virtual Java que permite aplicaciones Java, para la comunicación con medidores PLC usa el estándar 61334.

Figura 23. Concentrador PLC MARK 3



Fuente: [https://www.itron.com/mxca/es/productsAndServices/Pages/Concentrator%20PLC%20Mark%203%20-%20Spanish%20\(Spain\).aspx](https://www.itron.com/mxca/es/productsAndServices/Pages/Concentrator%20PLC%20Mark%203%20-%20Spanish%20(Spain).aspx)

¹³ Consultar el Anexo 5 Catalogo técnico Concentrador PLCC3G para mayor información

¹⁴ Se puede conocer sobre este estándar en la página web <http://www.dlms.com/news/023cosemanewinternetapplication.html>

* El sistema PUSH recolecta datos de forma planificada y PULL recolecta los datos por demanda

CONCENTRADOR DE DATOS E3METER¹⁵

Este concentrador de la empresa Cahors tiene la capacidad de agregar datos de hasta 250 líneas de energía inteligentes E3METER (o IPS) y dicha capacidad puede ser extendida hasta 1024 nodos remotos E3METER a través de una licencia de software adicional. Además permite obtener rápidamente los datos que recibe a través de su interface de FastEthernet vía SNMP.

La transferencia de datos entre los IPS y el concentrador se hace a través de banda estrecha y no necesita cableado extra. Sus fabricantes afirman que no posee partes móviles, por lo que se minimizarían los esfuerzos para su mantenimiento, esta afirmación está apoyada, entre otros, en el hecho de que usa un almacenamiento de datos Flash de tipo industrial, por lo que no necesita ventilador interno de refrigeración. Posee además un adaptador para su montaje en riel DIN. En la Figura 24 se aprecia el dispositivo.

Figura 24. Concentrador de datos E3METER



Fuente: <http://www.riedonetworks.com/products/e3meter/concentrator/>

CONCENTRADOR INTELIGENTE CURRENT¹⁶

Ofrece la recolección de datos de consumo del medidor, funciones de supervisión de baja tensión y conectividad GPRS. Con los datos recogidos de los medidores, este concentrador puede construir un conjunto de aplicaciones para redes

¹⁵ Consultar el Anexo 6 Catalogo técnico Concentrador E3METER para mayor información

¹⁶ Consultar el Anexo 7 Catalogo técnico Concentrador inteligente Current para mayor información

inteligentes que facilita la gestión, el rendimiento y las decisiones de optimización de la red. En la Figura 25 se aprecia el dispositivo.

Las funciones del concentrador son activadas a través de las funciones de comunicación del nodo base del estándar PRIME, los datos de consumo se integran al sistema mediante aplicaciones OpenGrid® sobre una interfaz de servicios de red que permite el transporte de los datos de consumo de cada medidor, permite elegir el medio de comunicación, interoperabilidad con múltiples proveedores, ha sido probado en campo en redes aéreas y subterráneas, grandes transformadores logrando alcances de >500m, incluye aplicaciones de red inteligente como detección del transformador y detección automática de fase, permite una cobertura en todos los transformadores de las subestaciones grandes con una sola función del concentrador de datos.

La Gestión basada en OpenGrid ayuda a reducir el costo total de la aplicación debido a que logra un ahorro de aprovisionamiento en mano de obra por la recogida de datos de medidores automática mediante redes inteligentes.

Figura 25. Concentrador Inteligente Current



Fuente: <http://www.currentgrid.com/intelligent-data-concentrator>

MEDIDORES ELECTRÓNICOS FOCUS AX¹⁷

La familia de medidores FOCUS de la empresa Landis+Gyr ofrece una medición avanzada para el sector residencial y comercial, basada en la plataforma FOCUS® AX, con un único diseño de placa de circuito con menos piezas y conectores que aumentan la confiabilidad y el rendimiento, permite modular comunicaciones avanzadas de medición. En la Figura 26 se puede observar una de las referencias de esta familia de medidores.

Sus principales beneficios son técnica de medición por multiplicación digital, memoria no volátil, vida útil de más de 20 años, cumple las normas ANSI, lectura de energía activa, permite servicio de desconexión, dependiendo del tipo de conexión en que se realice tiene rangos de potencia diferente, es decir para estrella 227/480V, consume 4W y en Delta 240/480. Estos medidores se pueden utilizar en aplicaciones comerciales sencillas que no requieran todas las funcionalidades de esta familia, a un menor costo.

Figura 26. Medidor E350 FOCUS AX-SD



Fuente: http://148.80.254.51/landisgyr/landisgyr/NA/_www/apps/products/data/pdf1/Residential_Metering_-_Spanish.pdf

¹⁷ Consultar el Anexo 8 Catalogo técnico medidor electrónico FOCUS AX para mayor información

MEDIDOR CASHPOWER PLC DE LANDIS+GYR¹⁸

Medidor trifásico tetrafilar prepago basado en teclado de carcasa compacta BS, adecuado para entornos residenciales y comerciales, este medidor también puede funcionar en modo medición prepago.

El medidor de prepago se divide en dos dispositivos el medidor y la unidad de interfaz del cliente, estas dos partes se comunican mediante la tecnología PLC el alcance entre ellos es de 200m en funcionamiento normal pero puede variar dependiendo de la interferencia y la atenuación de la red. En la Figura 27 se observa el medidor.

La interfaz del usuario está compuesta por un teclado y una pantalla de funcionamiento amigable y protegida contra manipulaciones indebidas, permite acceder a los parámetros del medidor, se ubica en el domicilio del usuario conectado a cualquier toma corriente de la vivienda. Cuando hay crédito en el medidor la interfaz funciona normalmente, en el momento que se vence se desconecta el medidor hasta que exista una nueva recarga, la interfaz necesita baterías alcalinas AA estándar y además tiene una alarma de aviso de crédito bajo.

Figura 27. Medidor Cashpower PLC de Landis+Gyr



Fuente: <http://www.landisgyr.com/product/cashpower-three-phase-plc/>

¹⁸ Para mayor información consulta la página web www.landisgyr.com sección productos

El medidor se ubica fuera del domicilio protegido normalmente por un gabinete que permita una fácil inspección. El medidor visualiza los kW/h consumidos hasta la fecha, una diferencia con la interfaz es que el cliente si puede acceder a los kW/h que aún le queda, también incluye un LED de estado que ayuda al técnico conocer si hay sabotaje, limitaciones de potencia. El medidor no cuenta con teclado.

Los beneficios son el menor costo y rapidez en la instalación porque usa el cableado doméstico establecido. Cuenta con un puerto de comunicaciones óptico que cumple con el estándar IEC62056-21, Acceso remoto, tiene implementada una serie de características que ayudan a las manipulaciones indebidas como el medidor se sella mecánicamente a través de tornillos de cierre, sensor de manipulación que desconecta la potencia de la carga ante fraudes encontrados, detección de energía inversa.

SISTEMA AUTOMÁTICO DE COMUNICACIONES DE DOBLE VÍA ACLARA (TWACS)¹⁹[1]

Es una solución probada para transmisión de datos de consumo a través de las líneas de alta tensión. Sus características son comunicación bidireccional de los medidores eléctricos, oportuna facturación, control de carga, respuesta a la demanda, detección de corte de la lectura.

Las ventajas de instalar esta aplicación es trabajar en una infraestructura de transmisión de datos ya existente, ser propietario de la red de comunicaciones ACLARA le permite gestionar su proceso de recolección y control de datos sin depender de terceros. Propiedad de cobertura del territorio del 100% en áreas urbanas, suburbanas y rurales en peticiones de lectura diario o por intervalos de horas, control de carga, conexión y desconexión del servicio. Sistema escalable

¹⁹ Para mayor información sobre este sistema ingresar a la página web <http://www.aclaratech.com> aparte tecnología TWACS

que proporciona los datos necesarios para satisfacer los parámetros técnicos de las entidades que suministran el servicio público, recolección de datos en intervalos de 15 minutos, guarda perfiles de cargas, transferencia de datos bidireccional, integración inmediata de datos de consumo con el sistema de facturación. Sistemas de gestión de monitoreo en tiempo real, supervisando interrupciones, conocimiento de donde y cuando se restablece la comunicación, mejora de la calidad del servicio representado en métricas. Servicio único de seguimiento de desviación de energía, detección de manipulación del sistema.

El sistema incluye administración del servidor de red, instalación de transpondedores remotos en los medidores, administración de línea no hay necesidad de repetidores, mantenimiento de subestaciones, soporte de facturación, ventajas de marketing permite a las empresas conseguir nuevos clientes y mantener los actuales con la facturación oportuna y exacta, mejoras operativas, alternativa en las prácticas de facturación como la prepago, administración de servicios públicos.

CONGLOMERADO DESE TECH[1]

Una de las empresas que ha confiado en los primeros desarrollos de DS2, es la empresa Dese Tech, que suscribió una licencia que le ha permitido poder comercializar, fabricar y desarrollar avances con sus nuevos productos, un ejemplo de ello son el módem de usuario y el repetidor, que se exponen posteriormente.

Para lograr que la red PLC sea funcional, implementa la familia de circuitos integrados DSS900x, donde cada equipo de la red PLC de baja o media tensión se basa en una solución de dos chips, uno digital y uno analógico, DSS9003 & DSS9002, permitiendo así el transporte metropolitano sobre MV, utilizando DSS9002 & DSS9001 para la última milla, DSS9002, DSS9001 & DSS9101 para la distribución dentro de edificios y DSS9101 para el interior de la casa.

Un **Modem de usuario**, basado en el chip DSS9010, proporciona acceso a los servicios internet, nodo in-home. Algunas características de este dispositivo se representan en la Tabla 5 y se visualiza en la Figura 28.

Tabla 5. Características del módem de usuario Dese Tech

CARACTERÍSTICAS	DESCRIPCIÓN
DIMENSIONES	130x120x45mm
PESO NETO	200grs
ALIMENTACIÓN	100/240VAC, 0.5A, 50/60Hz
CONSUMO	12,9 W/h
TEMPERATURA DE TRABAJO	0-40°C
HUMEDAD DE TRABAJO	5-90%(sin condensar)
PROTECCIÓN	IP20

Fuente: <http://www.desetech.com.ar/productos.html>

Figura 28. Módem de usuario Dese Tech



Fuente: <http://www.desetech.com.ar/productos.html>

El Repetidor de media y baja tensión, están basados en módulos DR-100 es implementado para el acceso dentro de edificios y redes in-home, DR-200 utilizado para el transporte y distribución en la red de baja tensión se sitúa en ambientes de alta demanda de usuarios y aplicaciones, módulo DR-300 es utilizado en aplicaciones avanzadas como conexiones de nodos de distribución en la red que necesite una interfaz óptica. En la Figura 29 y en la

Tabla 6 se aprecian las características de los repetidores.

Figura 29.Repetidor Dese Tech



Fuente: <http://www.desetech.com.ar/productos.html>

Tabla 6. Características los Repetidores Dese Tech

CARACTERÍSTICAS	DESCRIPCIÓN DR-100	DESCRIPCIÓN DR-200	DESCRIPCIÓN DR-300
DIMENSIONES	110x45x175mm	110x45x175mm	110x45x175mm
ALIMENTACIÓN	100/240VAC, 0.5A, 50/60Hz	100/240VAC, 0.5A, 50/60Hz	100/240VAC, 0.5A, 50/60Hz
CONSUMO	15 W/h	15 W/h	15 W/h
TEMPERATURA DE TRABAJO	0-40°C	0-40°C	0-40°C
HUMEDAD DE TRABAJO	5-90%(sin condensar)	5-90%(sin condensar)	5-90%(sin condensar)
PROTECCIÓN	IP45/IP53	IP45/IP53	IP45/IP53
ESPECIALES	interfaz 100 Base- T Fast Ethernet switch 802.1d soporte 64 direcciones MAC	dos interfaces 100Base-T fast Ethernet switch 802.1d con soporte para 1021 direcciones MAC	Dos interfaces gigabit Ethernet, switch 802.1d soporte para 254000 direcciones MAC

Fuente: <http://www.desetech.com.ar/productos.html>

La capacidad de transmisión de la tecnología PLC varía dependiendo de la aplicación que utilice el fabricante, el máximo establecido suele ser 45Mbit/s (en sentido red/usuario es 27Mbit/s y en sentido usuario/red es 18Mbit/s), aunque con

la implementación de circuitos integrados auxiliares (chipset) se ha logrado llegar a 130Mbit/s.

Como se observó en los párrafos anteriores **La Alianza HomePlug** tiene unos estándares para equipos que se utilizan en implementaciones domóticas e instalaciones en interiores, revisando la página web en productos, se pueden ver las diferentes ofertas de equipos de varias compañías aliadas a HomePlug, en total hay 198 productos certificados.

Revisando algunos de los productos al azar se pudo conocer cuáles son los atributos más comunes utilizados por los fabricantes para las distintas características de los equipos, en la Tabla 7, se presenta un comparativo de la información técnica de equipos certificados por HomePlug.

Tabla 7. Compilación características técnicas equipos certificados HomePlug

Compañía & Producto	Estándares	Sistemas operativos requeridos	Banda Ancha - Velocidad	Bandas de frecuencia	Seguridad	Tecnología de modulación	Protocolos	Rango de operación	Temperatura de operación
GigaFast PE926-PoE	HomePlug AV	Windows 98 SE, 2000, XP, Vista, 7	200Mbps	2 ~ 28 Mhz	128-bit AES	OFDM QAM- QPSK- BPSK-ROBO	TDMA - CSMA/CA	300m	0°C a 40°C
LEA NetStrip200+	HomePlug AV 1.1 IEEE 802.3		200Mbps	2Mhz a 30Mhz	128-bit AES	OFDM - QAM - QPSK - BPSK		200m	0°C a 40°C
TRENDnet TPL-402E2K 5W	HomePlug AV IEEE1901	Windows7, XP 32/64bit, Vista 32/64Bit	500Mbps	2 ~ 50 Mhz	128-bit AES	OFDM	TDMA y CSMA/CA	300m	0°C a 40°C
Devol dLAN 200 AVpro2 5.5W	Homeplug AV	Windows Vista 32/64bit, XP32bit, Linux	200Mbps	2 ~ 28 Mhz	128-bit AES	OFDM-QAM- QPSK-BPSK	CSMA/CA		-25°C a 70°C
D-Link DHP-306AV	HomePlug AV IEEE802.3 IEEE802.3u	Windows 7, Vista, XP SP2, 2000 SP4	200Mbps	2 ~ 30 Mhz	128-bit AES	OFDM			0°C a 40°C

Linksys PLTK300	HomePlug1	Windows XP, Vista	85Mbps		56-bit-DES	QAM, DQPSK, ROBO	CSMA/CA		0°C a 40°C
CastleNet Technology PL64WN200	HomePlugAV	Windows 98/SE, XP, Vista, 7	200Mbps	2 ~ 30 Mhz	128-bit AES	OFDM, QAM, QPSK, BPSK, ROBO	CSMA/CA	200m	0°C a 40°C
Buffalo WPL-05G300	homePlug AV	Windows 7 32/64bit, Vista 32/64bit, XP	500Mbps	2 ~ 68 Mhz	128-bit AES	OFDM	CSMA/CA		0°C a 45°C
Billion BiPAC 2073	HomePlug AV	Windows 98, XP, Vista, 7	200Mbps	2 ~ 30 Mhz	128-bit AES	OFDM	TDMA – CSMA/CA		0°C a 40°C
Aztech HL109EW 18W	HomePlug AV IEEE 802.3	Windows Xp, Vista	200Mbps		128-bit AES	OFDM, DQPSK, DBPSK	TDMA – CSMA/CA	200m	0°C a 40°C
Actiontec MegaPlug AV	HomePlug AV IEEE 802.3 IEEE 802.3u		200Mbps	2 ~ 28 Mhz	128-bit AES	OFDM, QAM, QPSK, BPSK, ROBO	TDMA – CSMA/CA	300m	0°C a 40°C
Asoka PlugLink 9550 8W	HomePlug 1 IEEE 802.3 IEEE 802.3x	Windows 98SE, Mac OS X, Linux	54Mbps	2.412 ~ 2.483,5Mhz	64/128-bit WEP	OFDM,DBPSK, DQPSK,BPSK, QPSK, QAM	CSMA/CD		

Fuente: Los Autores [32]

8. VENTAJAS, DESVENTAJAS Y OPORTUNIDADES DE LA TECNOLOGÍA PLC

Después de analizar las tecnologías que se utilizan actualmente para la transmisión de datos relacionados con el consumo de energía eléctrica de los usuarios finales, el funcionamiento de la tecnología PLC, las normas y estándares existentes que regulan esta tecnología, la diversidad de equipos y aplicaciones que se implementan actualmente en el mundo basados en la tecnología PLC para suplir la misma necesidad, se debe analizar qué limitaciones y problemas pueden surgir cuando se implementa esta tecnología en una red de baja tensión.

Inicialmente el cableado eléctrico fue diseñado para la transmisión del suministro eléctrico en corriente alterna (altos voltajes y frecuencias bajas), por eso al transmitir señales de alta frecuencia no se garantiza que se efectue de la mejor manera. El tendido trenzado ofrece una velocidad de transmisión limitada y no se suele implementar un trazado, trenzado o blindaje para ayudar a aislar las diversas interferencias externas. Debido a que se ocasiona un problema en cada equipo electrónico que se incluye en la red, cada equipo es responsable de filtrar las variaciones que puedan producir ruido en la señal final que recibe. [60]

Actualmente se utilizan complejos sistemas de modulación en la señal para lograr alcanzar mayores velocidades, esto hace que las señales sean más sensibles a interferencias y es el grave problema para la tecnología PLC, es por esta razón que se analizará también en los siguientes párrafos si es posible corregir estas falencias en una red que implemente la tecnología PLC.

Por el cable de energía eléctrica se puede transmitir y recibir información, es por tal motivo que los dispositivos PLC deben competir entre ellos y con otros que lo utilizan, por lograr el acceso a ese medio. La velocidad que ofrece un sistema no es posible aplicársela a cada usuario, se aplica a toda la información que se pueda transmitir por el medio, igual sucede con el ancho de banda que se debe repartir

entre todos los usuarios que esten transmitiendo información en un momento dado.

En la implementación de la tecnología PLC se utiliza el Método de Acceso Múltiple con Detección de Portadora y Prevención de Colisiones (CSMA/CA)²⁰ para que el acceso al medio sea más efectivo, dando solución a los inconvenientes que genera la disputa por el acceso a la red eléctrica como medio de transmisión. Este método es utilizado normalmente en redes inalámbricas, por eso para la tecnología PLC se tiene en cuenta las limitaciones de las comunicaciones por el cableado eléctrico. El algoritmo principalmente establece que antes de la transmisión del equipo se debe “escuchar”²¹ el canal, si está desocupado se transmite, de lo contrario se debe esperar un tiempo aleatorio que se establece por turnos ranurados y siempre escuchando el canal para saber cuando se puede transmitir. El inconveniente de este protocolo es que afecta el rendimiento de la comunicación, porque hay una alta probabilidad de colisiones ya que los equipos que “escuchen” que un canal está desocupado, tratarán de accederlo al mismo tiempo. En este caso se puede concluir que la tecnología PLC no es un sistema que pueda funcionar correctamente en un número elevado de terminales, pues entre más terminales, mayores colisiones se presentarán.[21]

En cuanto a la seguridad de la red también existen inconvenientes, debido a que cualquier toma corriente sirve para acceder a la red y por consiguiente, extraer datos de ella, si no se tienen normas claras establecidas, cualquier intruso puede acceder a los datos, y no es fácil detectar o localizar la ubicación del mismo.

Factores intrínsecos del medio físico utilizado por la tecnología PLC, el cual no fue inicialmente diseñado para el uso de señales de comunicaciones afectan su desempeño. Frente a esto, constantes estudios de modelamiento del ruido,

²⁰ Se puede obtener más información sobre este algoritmo en:

http://es.wikipedia.org/wiki/Carrier_sense_multiple_access_with_collision_avoidance

²¹ Lo que significa que el aparato que “escucha” al canal monitorea sus condiciones de ocupación y transmisión, evaluando así su disponibilidad.

topologías de cableado, esquemas de modulación, y pruebas de campo buscan mejorar en aspectos como el ruido, lograr mayores distancias y velocidades.[36]

Los diferenciales que bloquean la comunicación PLC se indican en los manuales de los equipos PLC, cuando se piense realizar una aplicación PLC se debe investigar cuales son los equipos idóneos para cada situación, debido a que existen en el mercado una variedad de equipos para distintas aplicaciones.

La alianza HomePlug, de la cual se habló previamente, establece que para implementaciones de la tecnología PLC se debe contar con un robusto sistema en el nivel físico (PHY) utilizando multiplexación por división de frecuencias ortogonales (OFDM), que se implementa similar que en la tecnología DSL solo que en este estándar se transmite en ráfagas los paquetes, dividiendo el rango espectral en slots y se utiliza corrección de errores (FEC) por medio de la codificación Viterbi, Reed Solomon, Turbo product Coding en los campos de datos de control. También es posible usar la modulación por desplazamiento de fase en cuadratura de polarización dual (DQPSK) como modulación.[65]

El paquete de datos HomePlug utiliza un delimitador de inicio, payload y un delimitador de fin. Además posee un mecanismo de detección de portadora virtual (VCS) para reducir el número de colisiones.

El nivel PHY de HomePlug ocupa la banda 4,5 a 21 MHz, la tasa de bit de las portadoras activas en la modulación DQPSK es de 20Mbps y de la tasa de bit entregada en el nivel MAC es 14Mbps.[65]

Al utilizar la modulación OFDM que divide el rango espectral en slots se permite que los equipos se adapten a las condiciones del medio, cuyas condiciones, de otra forma, estropearían la comunicación.[58]

El uso de la tecnología PLC ha generado nuevas opciones para el usuario final en lo que respecta a la medición y control de consumo de energía eléctrica. Tal es el caso, por ejemplo del uso de dispositivos que, conectados a cada tomacorriente de la casa u oficina, crean una red PLC. Uno de los equipos actúa como gateway para conectar a los ISP y así lograr llegar a la red.

Inicialmente la función principal de la tecnología PLC era la lectura de los datos de consumo de los medidores por su baja demanda de velocidad pero con los avances actuales en esta tecnología, la velocidad ha aumentado entre 200Mbps o 500Mbps, permitiendo de esta manera acceso a internet y sus servicios asociados.

Además de las ventajas relacionadas con el tema de la facturación, el uso de nuevos prototipos de medidores inteligentes traerá ventajas, no solo para las empresas que prestan servicios domiciliarios, sino también para los consumidores, quienes podrán realizar consultas de su facturación ingresando a su red LAN doméstica (o Personal Area Network PAN) o a través de Internet, llevar un registro histórico o trasladar el consumo de horas pico a horas valle, contribuyendo al mejoramiento de la calidad del servicio y, a futuro, disminuyendo sus costos, ya que se prevé que el valor del kWh dependerá de la hora del día.

Por otro lado, las empresas de generación de energía reducirán costos relacionados con la facturación (mientras se recupera la inversión de los medidores que seguramente serán pagados por el usuario final); tendrán información complementaria, de más rápido acceso; podrán predecir mantenimientos, comandos, ingeniería (readecuar protecciones, ampliaciones, alarmas); reducirán la generación de energía stand by en horas valle (de menor consumo de energía), y por medio del uso de diferentes tarifas del kWh durante el día, disminuir el uso de generación extra en horas pico (de mayor consumo), (mejorando su administración de los recursos naturales, encajando en las políticas

nacionales y de generación de energía y las leyes, además de armonizar con el creciente uso de dispositivos electrónicos y eléctricos actual).

Una de las ventajas para las empresas proveedoras de electricidad es que este sistema permite que ellas se introduzcan al campo de las telecomunicaciones sin incrementar costos y conexiones: al utilizar el tendido eléctrico, esta forma de proveer el acceso a Internet se podría convertir en un medio masivo, de despliegue sencillo y rápido, con una tasa de transmisión que oscilaría alrededor de 10Mb contra los 2MB que alcanzan otras tecnologías, además, un solo repetidor puede llegar a 256 hogares, por lo que se podría acceder a una multitud de nuevos servicios con conectarse solo a un modem PLC, red local y conexión permanente. Se podría concluir que las mayores ventajas son la disponibilidad mundial, bajo costo y facilidad de instalación.

Así como la tecnología PLC tiene diversas aplicaciones y ventajas, también posee desventajas que no han permitido que se expanda mundialmente, entre ellas, está superar la dificultad para transmitir causada por el estado de las líneas eléctricas y la distancia del punto de origen al de destino, generalmente se necesita instalar múltiples repetidores (según algunas referencias una óptima transmisión se logra en promedio a los 100m de distancia entre origen y destino). Por el metal del cable eléctrico se generan ondas electromagnéticas que interfieren las frecuencias de ondas de radio, además aún es poca la expansión de equipos que hagan posible la implementación de la tecnología PLC y la ausencia de estándares tecnológicos para la interoperabilidad de equipos hace que no se pueda lograr su unificación y masificación en muchas partes del globo.

A pesar de la promisoría expectativa generada por el uso de la tecnología PLC, aun son materia de investigación y mejoras aspectos que presentan desventajas de esta frente a otras tecnologías de última milla, y que en cierta medida no han permitido una mayor acogida.

A pesar de esto, proyectos relacionados con la medición domiciliaria siguen adelante, particularmente por la bajas cantidades de información que se requiere para este tipo de aplicación; prueba de esto es el gran número de ciudades en Norteamérica donde el sistema TWACS ha sido implementado, en el que se puede obtener mediciones cada 15 minutos aproximadamente. Ver Figura 15. [1]

Algunas de las aplicaciones mencionadas en este documento reportan los datos de la *Tabla 8* los cuales permiten establecer una relación promedio entre la cantidad de usuarios por concentrador:

Tabla 8. Relación promedio usuarios por concentrador

Pais	Medidores	Concentradores	Medidores/concentrador
Corea	50000	1600	31.25
Francia	300000	5000	60
España	320	2	160

Fuente: Los Autores

Esto demuestra que la tecnología continúa adelante y la visión de las smartGrids se perfecciona cada año. Es probable que futuras topologías de tendidos sean diseñadas para cumplir este doble propósito.

Otro aspecto que también permite el desarrollo de esta tecnología, es el hecho de que esta no existe como única alternativa; varios proyectos involucran soluciones híbridas, sacando el mejor provecho de cada una. ZigBee, RS-485 y GPRS son alternativas más frecuentes, que en conjunto con la tecnología PLC han sido planteadas. [22][62][4]

8.1 MATRIZ COMPARATIVA DE LA TECNOLOGÍA PLC PARA LA TRANSMISIÓN DE DATOS EN BAJA TENSIÓN

VENTAJAS	DESVENTAJAS	OPORTUNIDADES
<p><i>Para el usuario final:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Menor costo de la inversión inicial con respecto a otras tecnologías. ➤ Consultas del consumo en tiempo real. ➤ Administracion del consumo y manejo de cada tomacorriente. ➤ Planes y Tarifas variables, que se pueden ajustar más a cada consumidor. ➤ Posibilidad de implantar fácilmente planes prepagados. ➤ Alertas y sugerencias en tiempo real. 	<p><i>Para el usuario final:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Debido a que con la tecnología PLC se hace un control más estricto de los consumos es posible que el valor de la facturación del usuario aumente. ➤ Los costos de implementación de está tecnología suelen ser cargados al usuario final. 	<p><i>Para el usuario final:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Posibilidad de acceder a Internet a través de sus propias líneas de energía. ➤ Acceso inmediato a su perfil de carga lo que permite mejorar el control de su consumo.

VENTAJAS	DESVENTAJAS	OPORTUNIDADES
<p><i>Para las electrificadoras:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Eficiencia energética. ➤ Calidad del servicio. ➤ Ahorro energético. ➤ Ahorro en costos de operación. ➤ Mayor índice de satisfacción del cliente. ➤ Aumento ágil de la cobertura. ➤ Recolección de información más precisa y completa. 	<p><i>Para las electrificadoras:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Necesidad de implementación de altos estándares de seguridad debido al fácil acceso. ➤ Falta de desarrollo y estandarización actual. ➤ La inversión en dispositivos que ayuden a contrarestrar los efectos del ruido que se producen en las líneas de transmisión. 	<p><i>Para las electrificadoras:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Impulso de la innovación, investigación y desarrollo. ➤ Nuevos planes de negocio, por ejemplo, ingresar al campo de las telecomunicaciones a un bajo costo. ➤ Preparación / adopción para nuevas leyes regulatorias.

VENTAJAS	DESVENTAJAS	OPORTUNIDADES
<p>Generales de la tecnología PLC:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Cualquier punto de conectividad eléctrica es un potencial punto de acceso informático, (tecnología ubicua) ➤ Al requerir poca infraestructura nueva al ser instalada en redes de energía pre-existentes, genera un impacto ecológico pequeño. 	<p>Generales de la tecnología PLC:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ No es posible transmitir de forma efectiva en grandes distancias. ➤ El ruido que se produce en el cable eléctrico genera ondas electromagnéticas, interfiriendo las frecuencias de ondas de radio y dificultando la transmisión de información. 	<p>Generales de la tecnología PLC:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Gran posibilidad de adopción masiva. ➤ La tecnología PLC se han convertido en un tópico de mucho interés a nivel mundial, lo que ha aumentado recientemente la actividad investigativa, empresarial y tecnológica sobre las mismas.

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

9.1 CONCLUSIONES

- ✓ La tecnología PLC para la transmisión de datos de consumo en baja tensión, funciona mejor y efectivamente en interconexiones de pocos equipos, es recomendable no llegar a 10 sistemas PLC o se debe analizar el uso de equipos repetidores en la red.

- ✓ Esta tecnología PLC es útil para unir segmentos de red aislados, dar cobertura de red a sistemas que no tienen acceso a la red cableada normal, debido a que utiliza la misma infraestructura de la red eléctrica para transmitir los datos.

- ✓ Debido a las interferencias de las subredes PLC y las colisiones que se presentan por tratar de ingresar al medio, esta tecnología debe dividir las áreas por diferenciales o filtros.

- ✓ Los equipos generadores de ruido se deben tratar de aislar de la red en la que se implemente la tecnología PLC, o implementar filtros y UPS que ayuden a disminuir las perturbaciones por ambos sentidos en la comunicación.

- ✓ Empresas como Kepco en Corea, ENEL y ENDESA en Europa, tienen operaciones en muchos países. Las proyecciones presentadas por estas empresas en los actuales proyectos, hacen pensar que estos mismos serán comercializados en los países en los que tienen operaciones. Esto representa un impulso a las tecnologías como PLC.

- ✓ Los proyectos relacionados con las Smart Grids van en aumento, igual que las leyes, normativas y el desarrollo tecnológico. Esto permitirá que se logren implementar este mismo tipo de proyectos en países en vía de desarrollo.

- ✓ La masificación de productos de tecnologías como PLC generarán una reducción en su costo y la estandarización que cada día se establece, llevarán a una tecnología cada vez más madura y de más fácil acceso.

- ✓ Se logró con esta investigación conocer de manera teórica las ventajas, desventajas, oportunidades y aplicaciones a nivel mundial de la tecnología PLC para la transmisión de datos de consumo en las líneas de distribución de energía eléctrica en baja tensión para usuarios finales.

- ✓ Aunque inicialmente este trabajo estuvo enfocado a la medición de energía, la documentación consultada menciona también la medición de agua y gas domiciliario; este último sea quizás más favorable para tecnología ZigBee ya que la proximidad de una atmósfera explosiva no permita la conexión de un dispositivo PLC. Con esta consideración las alternativas híbridas toman un valor importante.

9.2 RECOMENDACIONES

- ✓ Se recomienda realizar una investigación sobre la funcionalidad de la tecnología PLC para la transmisión de datos pero en redes de distribución de media tensión, conociendo los estándares y equipos que aplican para esta transmisión.

- ✓ Se sugiere realizar un convenio con alguna compañía prestadora del servicio de energía que pueda facilitar la infraestructura y equipos necesarios para realizar pruebas de transmisión y recolectar los resultados en un trabajo escrito, esto debido a que son necesarios varios equipos de un alto costo para lograr desarrollar pruebas de transmisión de datos.

- ✓ A pesar de que existe gran cantidad de información, a la fecha la UIS no cuenta dentro de su catálogo bibliográfico con unos libros del tema, solo los proyectos realizados por estudiantes. Se recomienda adquirir el libro "PowerLine Communications", Ferreira, Lampe, Newbury Power Line.

BIBLIOGRAFÍA

[1] ACLARA, [Web en línea]. <>. <http://www.aclaratech.com/Pages/default.aspx>
[Citado el 3 de mayo de 2013]

[2] ACTUALIDAD ENDESA. [Online]. Edición número 12. Madrid. Noviembre de 2012. [Citado el 16 de enero de 2013]. Disponible en: <http://www.actualidadendesa.com/journal-article/importante-desarrollo-direccion-comercial-reingenieria-proceso-lectura-medidores>

[3] AGUDELO, Laura Liliana y FLÓREZ, Ovidio Alfonso. Evaluación del desempeño de las tecnología Power Line Carrier(PLC) y Wireless LAN para la implementación del prototipo de sistema metropolitano de telemetría para la monitorización de parámetros eléctricos en las redes de distribución de media y baja tensión”. Trabajo de grado para optar por el título de ingeniero electrónico. Bucaramanga, Colombia. Universidad Industrial de Santander. Facultad de ingenierías físico-mecánicas. Escuela de ingenierías eléctrica, electrónica y de telecomunicaciones. 2010. 104p.

[4] ARLANDIS, D.; BARBERO, J.; MATAS, A.; IRANZO, S.; RIVEIRO, J.C.; RUIZ, D.; "Coexistence in PLC Networks," Power Line Communications and Its Applications, 2005 International Symposium on , vol., no., pp. 260- 264, 6-8 April 2005

[5] Arzuaga, A.; Berganza, I.; Sendin, Alberto; Sharma, M.; Varadarajan, B., "PRIME Interoperability Tests and Results from Field," Smart Grid Communications (SmartGridComm), 2010 First IEEE International Conference on , vol., no., pp.126,130, 4-6 Oct. 2010 doi: 10.1109/SMARTGRID.2010.5622029

[6] AYALA, William Raúl. Solución móvil para facturación y recaudación en un ambiente distribuido. Proyecto previo a la obtención del título de ingeniero de

sistemas informáticos y de computación. Quito, Ecuador. Escuela Politécnica Nacional. Facultad de ingeniería de sistemas. 2010. 231p.

[7] Botte, Brunello; Cannatelli, Vincenzo; Rogai, Sergio, "The Telegestore project in Enel's metering system," *Electricity Distribution, 2005. CIRED 2005. 18th International Conference and Exhibition on* , vol., no., pp.1,4, 6-9 June 2005

[8] BRÍÑEZ, Lilibeth. Puntos de control interno utilizando tecnología Zigbee, aplicados a Electricaribe en asociación NipponTrade de Colombia S.A. e Idosde. Informe de práctica empresarial. Bucaramanga, Colombia. Universidad Pontificia Bolivariana. Facultad de Ingeniería electrónica. 2010. 53p.

[9] Caleno, Federico, "The Enel Smart Info - A first Smart Grids step to addressing in-home energy efficiency," *Electricity Distribution - Part 2, 2009. CIRED 2009. The 20th International Conference and Exhibition on* , vol., no., pp.1,17, 8-11 June 2009

[10] CASADOMO. [Web en línea]. <>. <http://www.casadomo.com/noticiasDetalle.aspx?c=45>. [Citado el 15 marzo de 2013]

[11] CENTRO PARA EL DESARROLLO TECNOLÓGICO INDUSTRIAL-CDTI, [Web en línea]. <>. <http://www.proyectogad.com/> [Citado el 9 de abril de 2013]

[12] COLOMBIA, COMISIÓN DE REGULACIÓN DE ENERGÍA Y GAS. Resolución 097 (26, septiembre, 2008). Por la cual se aprueban los principios generales y la metodología para el establecimiento de los cargos por uso de los Sistemas de Transmisión Regional y Distribución Local. Bogotá, D.C, 2008. 11 p.

[13] COMISIÓN DE REGULACIÓN DE ENERGÍA Y GAS. Estructura del sector. [Online]. [Citado 19 de enero de 2013]. Disponible en internet:

http://www.creg.gov.co/html/i_portals/index.php?p_origin=internal&p_name=content&p_id=MI-59&p_options=

[14] CHIA-HUNG Lien; YING-WEN Bai; HSIEN-CHUNG Chen; CHI-HUANG Hung; , "Home appliance energy monitoring and controlling based on Power Line Communication," *Consumer Electronics*, 2009. ICCE '09. Digest of Technical Papers International Conference on, vol., no., pp.1-2, 10-14 Jan. 2009

[15] CHIANI, M.; GIORGETTI, A.; MINARDI, S.; PAOLINI, E.; TAORMINA, M.; , "Heterogeneous wireless/power line communication networks for energy metering and control," *MIPRO*, 2011 Proceedings of the 34th International Convention , vol., no., pp.624-628, 23-27 May 2011

[16] Della Giustina, D.; Andersson, L.; Casirati, C.; Zanini, S.; Cremaschini, L., "Testing the Broadband Power Line communication for the Distribution grid management in a real operational environment," *Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion (SPEEDAM)*, 2012 International Symposium on , vol., no., pp.785,789, 20-22 June 2012. doi: 10.1109/SPEEDAM.2012.6264631

[17] Della Giustina, D.; Zanini, S.; Pugliese, S.; Cremaschini, L., "The role of INTEGRIS in the A2A Reti Elettriche's roadmap toward the smart grid," *Smart Measurements for Future Grids (SMFG)*, 2011 IEEE International Conference on , vol., no., pp.119,123, 14-16 Nov. 2011. doi: 10.1109/SMFG.2011.6125778.

[18] DESE TECH. [Web en línea]. <>. <http://www.desetech.com.ar/tecnologia.html>. [Citado el 4 de marzo de 2013]

[19] DOMINGUEZ, Víctor. DS2, la tecnología PLC [Diapositivas]. Valencia. ForumTech 2007: Foro de tecnologías audiovisuales en red y nuevos contenidos. 2007. 29 diapositivas.

[20] Dongsub Kim, Wooyong Kim, Seungho Yang. "Pilot smart grid project in jeju island and kepcos ami deployment ". 21st International Conference on Electricity Distribution Frankfurt, 6-9 June 2011

[21] ECHEVERRY, David y MADERA, Victor. PLC(Power Line Communication).Trabajo de investigación. Medellín, Antioquia. Universidad de Antioquia. Facultad de Ingeniería. 2008. 59p.

[22] EDP DISTRIBUICAO, [Web en línea]. <>. <http://www.edpdistribuicao.pt/pt/Pages/homepage.aspx>. [Citado 2 de Junio de 2013]

[23] EMCALI, [Web en línea]. <>. <http://www.emcali.com.co/> [Citado el 8 de mayo de 2013]

[24] ENEL, [Web en línea]. <>. <http://www.enel.com/en-GB/> [Citado el 7de abril de 2013]

[25] España technology for life. [Web en línea]. <>. http://www.spaintechnology.com/icex/cda/controller/pageGen/0,3346,1559872_6406809_6416400_4270263_-1_1,00.html. [Citado el 5 de marzo de 2013]

[26] FORERO, César Iván. Evaluación del desempeño de la tecnología GPRS para la implementación del "sistema metropolitano de monitoreo de los parámetros eléctricos en las redes de distribución de media y baja tensión". Trabajo de grado para optar por el título de ingeniero electrónico. Bucaramanga, Colombia. Universidad Industrial de Santander. Facultad de ingenierías físico-mecánicas. Escuela de ingenierías eléctrica, electrónica y de telecomunicaciones. 2011. 142p.

[27] Galli, S.; Scaglione, A.; Zhifang Wang, "For the Grid and Through the Grid: The Role of Power Line Communications in the Smart Grid," Proceedings of the IEEE , vol.99, no.6, pp.998,1027, June 2011 doi: 10.1109/JPROC.2011.2109670

[28] Goffart, B.; Desneux, P.; Verbeure, T.; Gonthier, P.; Cermeno, R., "An S-FSK power line carrier modem for utility AMR applications," Metering and Tariffs for Energy Supply, 1999. Ninth International Conference on (Conf. Publ. No. 462) , vol., no., pp.81,85, Aug 1999 doi: 10.1049/cp:19990111

[29] Goldfisher, S.; Tanabe, S., "IEEE 1901 access system: An overview of its uniqueness and motivation," Communications Magazine, IEEE , vol.48, no.10, pp.150,157, October 2010 doi: 10.1109/MCOM.2010.5594690

[30] G3-PLC ALLIANCE, [Web en línea]. <>. <http://www.g3-plc.com/> [Citado el 21 de mayo de 2013]

[31] G3-PLC OPEN STANDARD FOR SMART GRID IMPLEMENTATION, [online]. MAXIM INTEGRATED. [Citado 21 de mayo de 2013]. Disponible en internet: <URL:<http://www.maximintegrated.com/products/powerline/g3-plc/>>

[32] HIGUERA, Crisithiam Leonardo y RESLEN, Álvaro Enrique. Evaluación del desempeño de las tecnologías ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) y CIA (Cable Internet Access) para la implementación del proyecto: Prototipo de sistema metropolitano telemetría para la monitorización de parámetros eléctricos en las redes de distribución de media y baja tensión (sitelred). Trabajo de grado para optar por el título de ingeniero electrónico. Bucaramanga, Colombia. Universidad

Industrial de Santander. Facultad de ingenierías físico-mecánicas. Escuela de ingenierías eléctrica, electrónica y de telecomunicaciones. 2009. 173p.

[33] HOMEPLUG ALLIANCE, [Web en línea]. <>. <https://www.homeplug.org/home/>. [Citado el 26 de marzo de 2013]

[34] HOMEPLUG ALLIANCE, HomePlug AV2 Technology. [online]. HomePlugPowerline Alliance, 2012. [Citado 26 de marzo de 2013]. Disponible en internet:<URL:http://www.homeplug.org/tech/whitepapers/HomePlug_AV2_White_Paper_v1.0.pdf>

[35] HOMEPLUG ALLIANCE, Green PHY. [online]. HomePlugPowerline Alliance, Portland, USA. [Citado 27 de marzo de 2013]. Disponible en internet:<URL:http://www.homeplug.org/tech/whitepapers/HomePlug_GreenPHY_Overview.pdf>

[36] IBERDROLA, [Web en línea]. <>. <http://www.iberdrola.es/webibd/corporativa/iberdrola?IDPAG=ESWEBINICIO> [Citado el 15 de abril de 2013]

[37] INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON POWER LINE COMMUNICATIONS AND ITS APPLICATIONS, [Web en línea]. <>. <http://www.isplc.org/> [Citado 2 de Junio de 2013]

[38] INTRODUCCIÓN A LA TENOLOGÍA LONWORKS, [online]. LONUSERS ESPAÑA. [Citado 20 de mayo de 2013]. Disponible en internet: <URL: http://www.lonmark.es/www/pdf/articulos/Introduccion%20Tecnologia%20LonWorks_6.pdf>

[39] INSTITUTO EUROPEO DE NORMAS DE TELECOMUNICACIONES- [ETSI](http://www.etsi.org/technologies-clusters/technologies/powerline), [Web en línea]. <>. <http://www.etsi.org/technologies-clusters/technologies/powerline>. [Citado el 8 mayo de 2013]

[40] Jian, Xie; Liu ZhiLong, "Intelligent community system based on LonWorks technology," Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (FSKD), 2012 9th International Conference on , vol., no., pp.2385,2387, 29-31 May 2012 doi: 10.1109/FSKD.2012.6233885

[41] JIANMING Liu; BINGZHEN Zhao; JIYE Wang; YI Zhu; JING Hu; , "Application of power line communication in smart power Consumption," Power Line Communications and Its Applications (ISPLC), 2010 IEEE International Symposium on , vol., no., pp.303-307, 28-31 March 2010

[42] La tecnología PLC en los Programas de Fomentode la Sociedad de la Información de Red.es. [online]. Boletín de CedIRIS. España. Septiembre 2004. [Citado el 12 de abril de 2013]. No. 68-69. Disponibilidad en internet<URL:<http://www.rediris.es/difusion/publicaciones/boletin/68-69/enfoque4.pdf>>

[43] Lin, Weijie; Wu, Qiuxuan; Huang, Yuewen, "Automatic meter readingsystembasedonpower line communication of LonWorks," Technology and InnovationConference 2009 (ITIC 2009), International, vol., no., pp.1, 5, 12-14 Oct. 2009 doi: 10.1049/cp.2009.1391

[44] Liu Jianming; Zhao Bingzhen; Geng Liang; Yuan Zhou, "Current situations and future developments of PLC technology in China," *Power Line Communications and Its Applications (ISPLC)*, 2012 16th IEEE International Symposium on , vol., no., pp.60,65, 27-30 March 2012. doi: 10.1109/ISPLC.2012.6201280

[45] Navarro, J.; Zaballos, A.; Sancho-Asensio, A.; Ravera, G.; Armendariz-Inigo, J., "The Information System of INTEGRIS: INTelligent Electrical GRId Sensor Communications," *Industrial Informatics, IEEE Transactions on* , vol.PP, no.99, pp.1,1, 0. doi: 10.1109/TII.2012.2228869

[46] MAUN GEUN, Park. Experience of Jeju smart grid test-bed and national strategy [Diapositivas]. Korea. For the 3rdsession "Island case studies". 2013. 39 diapositivas.

[47] MEHTA, P.; HUGHES, G.; CLARKE, B.; FRANCIS, D.; LAMPLUGH, J.; REGO, M.; SIEWE, R.; "Domestic energy demand management," Universities Power Engineering Conference (UPEC), 2010 45th International, vol., no., pp.1-4, Aug. 31 2010-Sept. 3 2010

[48] Ming-Yue Zhai, "Transmission Characteristics of Low-Voltage Distribution Networks in China Under the Smart Grids Environment," *Power Delivery, IEEE Transactions on*, vol.26, no.1, pp.173,180, Jan. 2011. doi: 10.1109/TPWRD.2010.2067228

[49] MOONSUK Choi; SEONGHO Ju; YONGHUN Lim; "Design of integrated meter reading system based on power-line communication," Power Line Communications and Its Applications, 2008. ISPLC 2008. IEEE International Symposium on , vol., no., pp.280-284, 2-4 April 2008

[50] ORION INFINITI, [Web en línea]. <>. <http://orioninfiniti.com/index.php/soluciones/macromedicion>>. [Citado el 30 de enero de 2013]

[51] PAPAGIANNIS, G.K.; PAPADOPOULOS, T.A.; DOVAS, C.D.; TSIAMITROS, D.A.; DOKOPOULOS, P.S.; , "A PLC based energy consumption

management system. Power line performance analysis: Field tests and simulation results," *Power Tech, 2005 IEEE Russia*, vol., no., pp.1-7, 27-30 June 2005

[52] Petroni, P.; Cotti, Marco; Bono, Oscar, "The new edge for the Enel telegestore: An integrated solution for the remote management of electricity and gas distribution allowing a total management of the energy consumptions," *Electricity Distribution - Part 1, 2009. CIRED 2009. 20th International Conference and Exhibition on* , vol., no., pp.1,5, 8-11 June 2009

[53] PLC FORUM ORG, [Web [en línea](http://www.plcforum.org/frame_members.html)]. <>. http://www.plcforum.org/frame_members.html. [Citado el 15 mayo de 2013]

[54] PRIME TECHNOLOGY WHITEPAPER PHY, MAC AND CONVERGENCE LAYERS. [Online]. PRIME ALLIANCE. 2008. [Citado 22 de mayo de 2013]. Disponible en internet:<URL: http://www.prime-alliance.org/wp-content/uploads/2013/03/MAC_Spec_white_paper_1_0_080721.pdf.

[55] Qingyang Liu; Bingzhen Zhao; Yirong Wang; Jing Hu, "Experience of AMR systems based on BPL in China," *Power Line Communications and Its Applications, 2009. ISPLC 2009. IEEE International Symposium on* , vol., no., pp.280,284, March 29 2009-April 1 2009. doi: 10.1109/ISPLC.2009.4913443

[56] Razazian, K.; Kamalizad, A.; Umari, M.; Qi Qu; Loginov, V.; Navid, M., "G3-PLC field trials in U.S. distribution grid: Initial results and requirements," *Power Line Communications and Its Applications (ISPLC), 2011 IEEE International Symposium on* , vol., no., pp.153,158, 3-6 April 2011 doi: 10.1109/ISPLC.2011.5764382

[57] Razazian, K.; Umari, M.; Kamalizad, A.; Loginov, V.; Navid, M., "G3-PLC specification for powerline communication: Overview, system simulation and field

trial results," *Power Line Communications and Its Applications (ISPLC), 2010 IEEE International Symposium on* , vol., no., pp.313,318, 28-31 March 2010
doi: 10.1109/ISPLC.2010.5479881

[58] SERNA, Victor Hugo. Comunicaciones a través de la red eléctrica – PLC. [Diapositivas]. Ingeniero de aplicaciones Maxim France. 62 diapositivas.

[59] SEONG Ho Ju; YONG Hoon Lim; MOON Suk Choi; JONG-MOCK Baek; SANG-YEOM Lee; , "An efficient home energy management system based on Automatic Meter Reading," *Power Line Communications and Its Applications (ISPLC), 2011 IEEE International Symposium on* , vol., no., pp.479-484, 3-6 April 2011

[60] Si Chen; Zengwang Yang, "A low cost single phase PLC watt-hour meter based on SoC," *Consumer Electronics, Communications and Networks (CECNet), 2012 2nd International Conference on* , vol., no., pp.1523,1526, 21-23 April 2012

[61] SIMAL, Tomás. Monográfico: PLC en entornos escolares. [online]. Observatorio tecnológico del ministerio de educación, cultura y deporte del gobierno de España. Madrid, 2012. [citado el 7 de marzo de 2013]. Disponible en internet: <URL: <http://recursostic.educacion.es/observatorio/web/en/equipamiento-tecnologico/redes/1067-monografico-plc-en-entornos-escolares?showall=1>>

[62] SHUNHAO Hu; CANPEI Wu; , "An intelligent hotel room controller based on power line communication," *Electronics, Communications and Control (ICECC), 2011 International Conference on* , vol., no., pp.1313-1316, 9-11 Sept. 2011

[63] Tel-Il Choi; Young-Kwon Cho, "International business offering related to innovative smart technologies," *Innovative Smart Grid Technologies (ISGT), 2012 IEEE PES*, vol., no., pp.1,8, 16-20 Jan. 2012. doi: 10.1109/ISGT.2012.6175603

[64] THE REALITIES OF IEEE 1901'S RATIFICATION. [online]. IEEE Smart Grid, Mayo 2011. [Citado 23 de marzo de 2013]. Disponible en internet:<URL: <http://smartgrid.ieee.org/may-2011/59-the-realities-of-ieee-1901s-ratification>>

[65] TRUJILLO, Pedro Javier. Transmisión de datos por las líneas de distribución de baja tensión. Trabajo de grado para optar por el título de Magister en Informática. Bucaramanga, Colombia. Universidad Industrial de Santander. Facultad de ingenierías físico-mecánicas. 2004. 172p.

[66] UNIVERSIDAD TÉCNOLOGICA NACIONAL. PowerlineCommunications (PLC). [online]. Especialidad informática aplicada. Buenos Aires, 2004. [Citado 5 de abril de 2013]. Disponible en internet:[URL:http://www.inspt.utn.edu.ar/academica/carreras/60/bajar/Sistemas.II/Powerline.Communications.pdf](http://www.inspt.utn.edu.ar/academica/carreras/60/bajar/Sistemas.II/Powerline.Communications.pdf)

[67] UPME. Plan indicativo de expansión de la cobertura del servicio de energía eléctrica 2006-2010 [online]. http://www.siel.gov.co/portals/0/PIEC_REV.pdf. 32p. citado el 12 de diciembre de 2012

[68] VASQUES, T.L.; DE ARAUJO, S.G.; VIEIRA, F.H.T.; ANTERO DE DEUS JUNIOR, G.; DE CASTRO, M.S.; DE OLIVEIRA, D.N.; BITTAR, A.; BORGES, A.A.; BADUR, R.I.B.; , "Performance analysis of a joint PLC and Satellite communication system," Power Line Communications and Its Applications (ISPLC), 2010 IEEE International Symposium on , vol., no., pp.273-278, 28-31 March 2010

[69] VELAZCO, Daniel Alexander. Evaluación de alternativas de comunicación para los parámetros de calidad de potencia de media tensión y medidas de los consumos de energía de baja tensión. Trabajo de investigación de maestría.

Bucaramanga, Colombia. Universidad Industrial de Santander. Facultad de ingenierías físico-mecánicas. Escuela de ingenierías eléctrica, electrónica y de telecomunicaciones. 2010. 197p.

[70] Veronesi, D.; Guerrieri, L.; Bisaglia, P., "Improved spread frequency shift keying receiver," Power Line Communications and Its Applications (ISPLC), 2010 IEEE International Symposium on , vol., no., pp.166,171, 28-31 March 2010 doi: 10.1109/ISPLC.2010.5479901

[71] VIGNERON, Jean y RAZAZIAN, Kaveh. "G3-PLC Powerline Communication Standard for Today's Smart Grid" [Diapositivas]. G3-PLC Alliance Technical Presentation. 28 diapositivas.

[72] VISIONTEC,[Web en línea]. <>. <http://visiontec.com.mx/catalogo/caracteristicas/9>>. [Citado el 21 de enero de 2013]

[73] WIRELESS & MOBILE, [Web en línea]. <>. <http://www.wi-mobile.com/es>>. [Citado el 24 de enero de 2013]

ANEXOS

ANEXO A

Catalogo técnico iLon600 LonWorks/IP Server

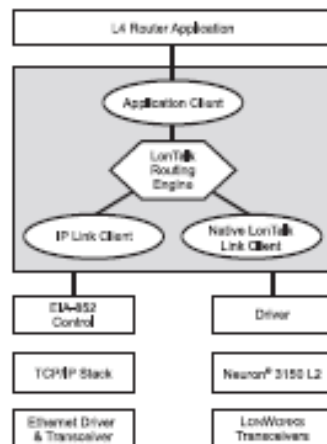
iLON® 600 LONWORKS®/IP Server Models 72601R, 72602R, 72603R, and 72604R



Description

The iLON 600 LONWORKS/IP Server is an EIA-852 compliant, LonTalk®-to-IP router that provides reliable, secure Internet access to everyday devices like pumps, motors, valves, sensors, actuators, and lights. Offering unparalleled packet throughput, rugged construction, and simple commissioning, the iLON 600 is ideal for demanding process control, building automation, utility, transportation, and telecommunications applications. U.L. and cU.L. Listed, TÜV certified, and FCC, RoHS, and CE Mark compliant, the iLON 600 server meets worldwide regulatory agency requirements.

The iLON 600 LONWORKS/IP Server transforms the Internet—or any 10 or 100 BaseT IP-based LAN or WAN—into a pathway for carrying LONWORKS control information locally or remotely. Secure access is ensured by the use of MD5 authentication, while a 32-bit RISC processor and Echelon's LONWORKS/IP architecture provide best-of-class performance for high-speed control, display, and monitoring applications.



- ▼ Transforms the Internet (or any IP-based LAN or WAN) into a pathway for carrying LONWORKS control information locally, nationally, or around the world
- ▼ Provides highest performance Layer 3 routing of LONWORKS control packets
- ▼ Supports LONWORKS/IP channels up to 256 devices
- ▼ Supports multiple units behind NAT firewalls
- ▼ EIA-852 & ANSI/EIA 709.1 compliant
- ▼ Security features include MD5 authentication for secure access
- ▼ 8T DIN packaging
- ▼ 24V AC or DC or 90V-240V AC or DC power input options
- ▼ CE Mark, U.L. Listed, cU.L. Listed, TÜV Certified, RoHS

Up to 256 iLON 600 servers may be used on the same channel, and multiple servers can operate behind a Network Address Translation (NAT) firewall. The iLON 600 LONWORKS/IP Server is backward compatible with the iLON 1000 Internet Server, and both iLON 600 LONWORKS/IP Servers and iLON 1000 Internet Servers can co-exist in the same network. This feature ensures that existing applications can be fully supported while providing an expansion pathway to accommodate adds, moves, and changes.

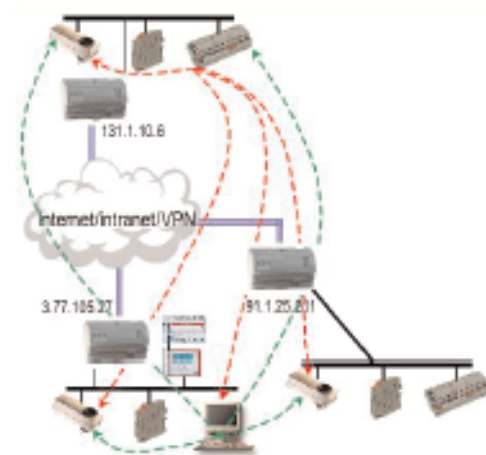
Both TP/FT-10 and TP/XF-1250 LONWORKS channel options are available. The free topology TP/FT-10 channel provides the greatest wiring flexibility. The TP/XF-1250 channel is most commonly used for high performance industrial controls and high-speed backbone channels, and provides high throughput for applications with a large number of devices.

The iLON 600 server includes an LNS Remote Network Interface (RNI) that can be used to create a local or remote network connection for LNS or OpenLDV applications including the LonMaker Integration Tool. A single LNS application can simultaneously manage, monitor, and control many remote LONWORKS networks by installing an iLON 600 server in each remote network.

Model 65202R is compliant with the European Directive 2002/95/EC on the restriction of the use of certain hazardous substances (RoHS) in electrical and electronic equipment.

Peer-to-Peer and Master-Slave Support

The iLON 600 LONWORKS/IP Server supports both peer-to-peer and master-slave networks, allowing remotely located devices to communicate over IP networks as if they were co-located. Devices on different floors of a building, scattered across different manufacturing pods, or located in retail branches around the world can be seamlessly and transparently linked together – and connected to far-flung corporate data and ERP networks.



Network Installation

The iLON 600 LONWORKS/IP Server is installed using standard LONWORKS installation tools such as the LonMaker Integration Tool. For pre-configured LONWORKS installations, the iLON 600 LONWORKS/IP Server can be self-installed by setting parameters on a set-up web page. Whether part of an engineered or pre-configured system, the iLON 600 LONWORKS/IP Server is the ideal means to connect everyday devices through an IP-based network.

Specifications

Minimum PC Requirements	
for Configuration Server Software	Pentium II @ 600 MHz, 128KB RAM, 10MB free disk space
Processor	AMD Au1000 32-bit RISC
Channel Type	TP/FT-10 (Models 72601 & 72603)
	TP/XF-1250 (Models 72602 & 72604)
LONWORKS Twisted Pair Connector	Screw Terminals
Ethernet Port	10/100 BaseT, auto-selecting, auto polarity
Ethernet Connector	RJ-45
Console Interface	EIA-232, 9600 baud (8 data bits, no parity, 1 stop bit)
Console Connector	DB-9

IT Manager Friendly

The iLON 600 LONWORKS/IP Server behaves like a typical IP host from the perspective of the IT network to which it is connected. Like other IP hosts, the iLON 600 LONWORKS/IP Server supports standard internetworking protocols including TCP/IP, DHCP, ICMP, SNMP, MD5, HTTP, and FTP. Adjustable packet aggregation and bandwidth utilization parameters ensure that the iLON 600 LONWORKS/IP Server is a “good citizen” on the IP network. These parameters, as well as addressing and security functions can all be adjusted via the IP network.

Power Supply and Enclosure

Two power supply options enable the iLON 600 LONWORKS/IP Server to operate from 90V -240V AC or DC, or as a safety-agency approved low-voltage 24V AC or DC device. The fully-isolated high-voltage power supply allows Line-to-Line or Line-to-Neutral connections across the entire voltage range.

The low-voltage option provides a number of unique advantages:

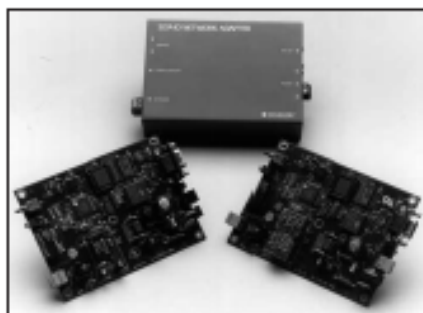
- ▼ Powering the server from a 24VDC rechargeable power supply permits non-stop operation in the event of a power failure.
- ▼ Supporting both 24V AC or DC input power permits the use of a wide range of power supplies including both plug-in and hard-wired options.
- ▼ Eliminating high voltage wiring can reduce wiring costs and eliminate the need for an insulated, protective enclosure.

The iLON 600 LONWORKS/IP Server is supplied in a compact 8T DIN package manufactured from flame-resistant plastic, and is suitable for mounting to a 35mm DIN rail. Screw terminals simplify power and LonTalk channel wiring connections, while an array of front panel status LEDs provide valuable information about the status of the server.

ANEXO B

Catalogo técnico Gateway Serial PSG3

PSG/3 Serial Gateway Models 73381, 73382, 73383, 73384, and 73381R



Description

The PSG/3 Serial Gateway is a fully self-contained module used to build gateways between devices or systems with serial EIA-232C (formerly RS-232C) interfaces and LONWORKS® networks. Typical applications for the PSG/3 include gateway connectivity to programmable logic controllers, servo controllers, smart sensors, keypads, displays, printers, console ports, etc.

The PSG/3 has a fixed input clock rate of 10MHz and includes the core electronics, high-speed 16550-compatible UART, EIA-232 driver/receivers, Neuron® 3150® Chip, LONWORKS transceiver, power supply and firmware required to implement a serial gateway. User programs may access 7.5Kbytes of RAM and up to 34.25 Kbytes of program space (either Flash or PROM).

Model 73381R is compliant with the European Directive 2002/95/EC on the restriction of the use of certain hazardous substances (RoHS) in electrical and electronic equipment.

The PSG/3 is supplied in a compact metal enclosure with rubber feet for desk mounting, and keyhole slots for wall mounting. Programmable DIP switches are accessible without disassembly of the chassis. The network wiring is polarity insensitive and is connected to a color-coded removable screw terminal block. Input power is 9-30V AC or DC. Power wiring is polarity insensitive and is connected to a color coded, removable screw terminal block or barrel connector. External power options are available for the US, UK, Continental Europe, and Japan. Serial signals are provided through a standard DB-9 connector.

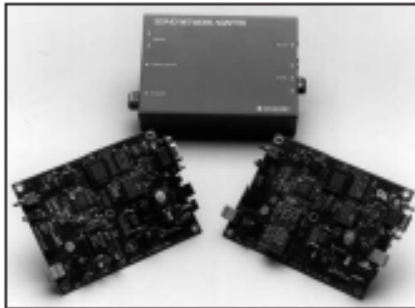
- ▼ Serial EIA-232 interface connects to host processors and modems
- ▼ Integral FTT-10A, TPT/XF-78, TPT/XF-1250 or RS-485 transceiver
- ▼ Buffered 16550-compatible UART
- ▼ 1200 to 115,200bps serial bit rate
- ▼ 7.5Kbytes RAM and 34.25Kbytes application space
- ▼ Supports Flash memory for downloadable program updates
- ▼ 10MHz input clock
- ▼ Color coded, removable screw terminals for power and network connections
- ▼ Configuration DIP switches accessible without opening chassis
- ▼ 9-30V AC or DC input power
- ▼ Metal enclosure for wall or desk mounting
- ▼ CE Mark, UL, cUL, TÜV

Usage

The gateway developer uses the PSG firmware library included with the NodeBuilder® development tool or available for free download from the Download Center of <http://www.echelon.com>, to create a custom serial gateway application written in Neuron C. The PSG firmware library provides functions to initialize the UART, read the DIP switches, send and receive characters, and send and receive LONWORKS messages. The NodeBuilder development tool is used to create a standard .NRI or .NEI image that is programmed into a 29C512 flash device or 27C512 PROM. Subsequent program updates may be downloaded over the LONWORKS network when flash parts are used.

The PSG/3 replaces and is compatible with the PSG/2.

PSG/3 Serial Gateway Models 73381, 73382, 73383, 73384, and 73381R



Description

The PSG/3 Serial Gateway is a fully self-contained module used to build gateways between devices or systems with serial EIA-232C (formerly RS-232C) interfaces and LonWorks® networks. Typical applications for the PSG/3 include gateway connectivity to programmable logic controllers, servo controllers, smart sensors, keypads, displays, printers, console ports, etc.

The PSG/3 has a fixed input clock rate of 10MHz and includes the core electronics, high-speed 16550-compatible UART, EIA-232 driver/receivers, Neuron® 3150® Chip, LonWorks transceiver, power supply and firmware required to implement a serial gateway. User programs may access 7.5Kbytes of RAM and up to 34.25 Kbytes of program space (either Flash or PROM).

Model 73381R is compliant with the European Directive 2002/95/EC on the restriction of the use of certain hazardous substances (RoHS) in electrical and electronic equipment.

The PSG/3 is supplied in a compact metal enclosure with rubber feet for desk mounting, and keyhole slots for wall mounting. Programmable DIP switches are accessible without disassembly of the chassis. The network wiring is polarity insensitive and is connected to a color-coded removable screw terminal block. Input power is 9-30V AC or DC. Power wiring is polarity insensitive and is connected to a color coded, removable screw terminal block or barrel connector. External power options are available for the US, UK, Continental Europe, and Japan. Serial signals are provided through a standard DB-9 connector.

- ▼ Serial EIA-232 interface connects to host processors and modems
- ▼ Integral FTT-10A, TPT/XF-78, TPT/XF-1250 or RS-485 transceiver
- ▼ Buffered 16550-compatible UART
- ▼ 1200 to 115,200bps serial bit rate
- ▼ 7.5Kbytes RAM and 34.25Kbytes application space
- ▼ Supports Flash memory for downloadable program updates
- ▼ 10MHz input clock
- ▼ Color coded, removable screw terminals for power and network connections
- ▼ Configuration DIP switches accessible without opening chassis
- ▼ 9-30V AC or DC input power
- ▼ Metal enclosure for wall or desk mounting
- ▼ CE Mark, UL, cUL, TÜV

Usage

The gateway developer uses the PSG firmware library included with the NodeBuilder® development tool or available for free download from the Download Center of <http://www.echelon.com>, to create a custom serial gateway application written in Neuron C. The PSG firmware library provides functions to initialize the UART, read the DIP switches, send and receive characters, and send and receive LonWorks messages. The NodeBuilder development tool is used to create a standard .NRI or .NEI image that is programmed into a 29C512 flash device or 27C512 PROM. Subsequent program updates may be downloaded over the LonWorks network when flash parts are used.

The PSG/3 replaces and is compatible with the PSG/2.

ANEXO C

Catalogo técnico Transceptor PL3150

PL 3120[®] and PL 3150[®] Power Line Smart Transceivers Models 15310-1000, 15320-960, 15311R-1000, and 15321R-960



Overview

The PL 3120 and PL 3150 Power Line Smart Transceivers integrate a Neuron processor core with a power line transceiver, making them ideal for appliance, audio/video, lighting, heating/cooling, security, metering, and irrigation applications. Essentially a system-on-a-chip, the Power Line Smart Transceivers feature a highly reliable narrow-band power line transceiver, an 8-bit Neuron processor core for running applications and managing network communications, a choice of on-board or external memory, and an extremely small form factor – all at a price that is compelling for even the most cost-sensitive consumer product applications.

A Global Product

Compliant with FCC, Industry Canada, Japan MPT, and European CENELEC EN 50065-1 regulations, the PL 3120 and PL 3150 Power Line Smart Transceivers can be used in applications worldwide.

The Power Line Smart Transceivers implement the CENELEC access protocol, which can be enabled or disabled by the user. This eliminates the need for users to develop the complex timing and access algorithms mandated under CENELEC EN50065-1. Additionally, the Power Line Smart Transceivers can operate in either the CENELEC utility (A-band) or general signaling (C-band) bands, eliminating the need to stock multiple parts for different applications.

Unmatched Performance

Intermittent noise sources, impedance changes, and attenuation make the power line a hostile signaling environment. The PL 3120 and PL 3150 Power Line Smart Transceivers incorporate a variety of technical innovations to insure reliable operation:

- ▼ Combines an ANSI-709.2 compliant Power Line Transceiver with an ANSI 709.1 compliant Neuron[®] 3120 or Neuron 3150 processor core
- ▼ Designed to comply with FCC, Industry Canada, Japan MPT, and European CENELEC EN 50065-1 power line communications regulations
- ▼ Supports CENELEC A-band and C-band operation
- ▼ Dual carrier frequency mode and digital signal processing
- ▼ 4K Bytes of embedded EEPROM for application code and configuration data on the PL 3120 Power Line Smart Transceiver and 0.5K Bytes of embedded EEPROM for configuration data on the PL 3150 Power Line Smart Transceiver
- ▼ Interface for external memory for applications with larger memory requirements (PL 3150 Power Line Smart Transceiver only)
- ▼ 2K Bytes of embedded RAM for buffering network data and network variables
- ▼ Full duplex hardware UART and SPI serial interfaces
- ▼ 12 I/O pins with 38 programmable standard I/O modes to minimize external interface circuitry
- ▼ -40 to +85°C operating temperature range

- Unique dual carrier frequency feature automatically selects an alternate secondary communication frequency should the primary frequency be blocked by noise;
- Highly efficient, patented, low-overhead forward error correction (FEC) algorithm to overcome errors induced by noise;
- Sophisticated digital signal processing, noise cancellation, and distortion correction algorithms. These features correct for a wide variety of signaling impediments, including impulsive noise, continuous tone noise, and phase distortion;
- High output, low distortion external amplifier design that can deliver 1 A_{pp} into low impedance loads, eliminating the need for expensive phase couplers in typical residential applications.

The combination of these special features enable the Power Line Smart Transceivers to operate reliably in the presence of consumer electronics, power line intercoms, motor noise, electronic ballasts, dimmers, and other typical sources of interference. The Power Line Smart Transceivers can communicate over virtually any AC or DC power mains, as well as unpowered twisted pair, by way of a low-cost, external coupling circuit.

The PL 3120 Power Line Smart Transceiver is targeted at very low cost designs that require up to 4K Bytes of application code, and an ultra-compact 38 TSSOP package. The chip includes 4K

Bytes of EEPROM and 2K Bytes of RAM. The Neuron system firmware and software application libraries are contained in on-chip ROM.

The PL 3150 Power Line Smart Transceiver is intended for applications that need to address up to 58K Bytes of external memory (16K Bytes is dedicated to the Neuron system firmware) using a 64 LQFP package. The chip includes 0.5K Bytes of EEPROM and 2K Bytes of RAM.

The PL 3120 and PL 3150 Power Line Smart Transceivers operate at either 6.5536MHz or 10.0MHz. The 6.5536MHz clock frequency enables the Power Line Smart Transceiver to communicate in the CENELEC A-band, which is used for metering and utility applications. The 10MHz clock frequency supports the CENELEC C-band, which is used for general purpose signaling and all non-utility related applications.

Application programs stored in the embedded EEPROM (PL 3120 Power Line Smart Transceiver) or in the external non-volatile memory (PL 3150 Power Line Smart Transceiver) may be updated over the power line network. This valuable feature enables products to be updated without physically accessing them, i.e., from a local PC with a power line interface or from a remote service center through an iLON[®] Internet Server. The embedded EEPROM may be written up to 10,000 times with no data loss. Data stored in the EEPROM will be retained for at least ten years.

Inexpensive Power Supply

The PL 3120 and PL 3150 Power Line Smart Transceivers use +8.5 to +18V DC and +5 VDC power supplies and support very low receive mode current consumption. The wide power supply range and very low receive power requirements allow the use of inexpensive power supplies.

Additionally, the Power Line Smart Transceivers incorporate a power management feature that constantly monitors the status of the device's power supply. If during transmission the power supply voltage falls to a level that is insufficient to ensure reliable signaling, the transceiver stops transmitting until the power supply voltage rises to an acceptable level. This unique feature allows the use of a power supply with one-third the current capacity otherwise required. The net result is a reduction in the size, cost, and thermal dissipation of the power supply. Power management is especially useful for high volume, low-cost consumer products such as electrical switches, motion detectors, outlets, light sensors, and dimmers.

Flexible I/O, Simple Configuration

The PL 3120 and PL 3150 Power Line Smart Transceivers provide 12 I/O pins which can be configured to operate in one or more of 38 predefined standard input/output modes. Combining a wide range of I/O models with two on-board timer/counters enables the PL 3120 and PL 3150 Power Line Smart Transceivers to interface with application circuits using minimal external logic or software development. The Power Line Smart Transceivers also feature a full duplex hardware UART supporting baud rates of up to 115kbaud, and an SPI interface that operates up to 625kbaud.

External Components

Only a small number of inexpensive external components are required to create a complete Power Line Smart Transceiver-based device (see the PL 3120 / PL 3150 Power Line Smart Transceiver Block Diagram). The external components include:

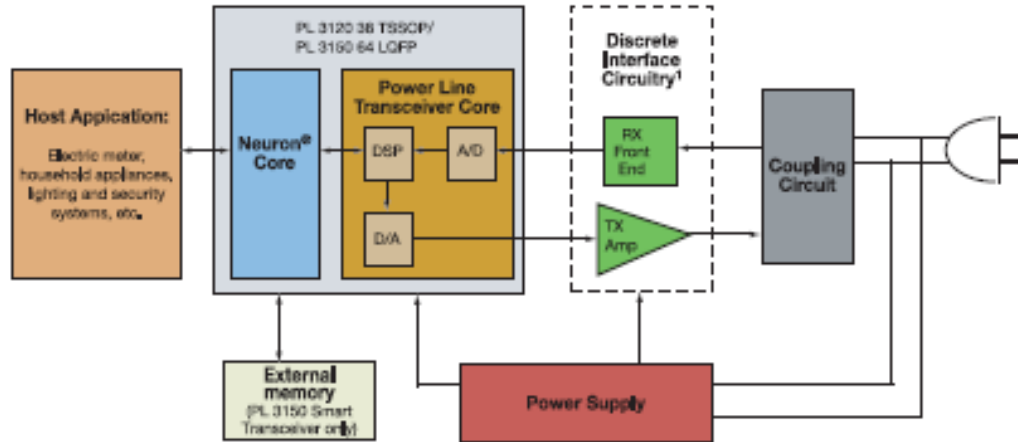
- Discrete interface circuitry comprised of roughly fifty components, primarily resistors and capacitors. This circuitry provides "front-end" filtering for the on-chip A/D, and implements the power amplifier that drives the on-chip D/A transmit signal onto the power line. Echelon offers a comprehensive Power Line Development Support Kit* (DSK) with which customers can implement this interface circuitry. Contact your salesperson for details about purchasing a PL DSK.

- Coupling circuit consisting of approximately ten components, mainly capacitors and inductors, which acts as a simple high-pass filter located between the Power Line Smart Transceiver and the power mains. This circuitry provides surge and line transient protection in addition to blocking the low frequency, 50Hz/60Hz AC mains signal. Detailed schematics are provided in the *PL 3120 / PL 3150 Power Line Smart Transceiver Data Book*.

- The new RoHS compliant Revision B Power Line Smart Transceivers eliminate the need for an external inverter, thereby reducing the cost of external components. Circuits without an external inverter can only be used with Revision B parts (15311R-1000 PL 3120 Power Line Smart Transceiver and 15321R-960 PL 3150 Power Line Smart Transceiver).

*Echelon Corporation has developed and patented certain methods of implementing circuitry external to the PL 3120 and PL 3150 Power Line Smart Transceiver chips. These patents are licensed pursuant to the Echelon Power Line Smart Transceiver Development Support Kit License Agreement.

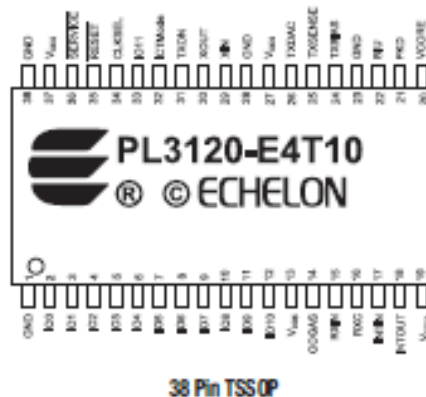
PL 3120 / PL 3150 Power Line Smart Transceiver Block Diagram



General Specifications

Function	Description
Emissions compliance	Designed to be compliant with FCC, Industry Canada, Japan MPT, and CENELEC EN50065-1 specification for low-voltage signaling.
Bit rate	5.4kbps raw bit rate in CENELEC C-band and 3.6kbps in CENELEC A-band
Communication technique	Dual Frequency BPSK with DSP-enhanced receiver
Carrier frequencies	132kHz (primary) and 115kHz (secondary) in CENELEC C-band and 86kHz (primary) and 75kHz (secondary) in CENELEC A-band
RoHS Compliance	Models 15311R-1000 and 15321R-960 are designed to be compliant with European Directive 2002/95/EC on Restriction of Hazardous Substances (RoHS) in electrical and electronic equipment.

PL 3120 Power Line Smart Transceiver Pinout Diagram



NOTE:

¹ The schematic, bill of material, and layout files for the Discrete Interface Circuitry are provided in the PL 3120 Power Line Smart Transceiver Design Support Kit.

ANEXO D

Catalogo técnico Medidor ACE4000 PLC



ACE4000 PLC

A smart meter paving the way for the Smart Grid

The ACE4000 meter range is a cost-effective solution for residential electricity smart metering that combines Itron's metering expertise with high quality communication technologies.

As part of a comprehensive end-to-end smart meter offering, the ACE4000 meter enables multi-dwelling applications, remote management, load disconnection and reduced operating costs. Its unique integrated design offers numerous advantages, including flexible, on-site and remote configuration, comprehensive meter reading options and easy field installation for improved operational efficiency.

The ACE4000 meters are designed for advanced Smart Metering and Smart Grid applications such as:

Automatic meter reading:

- Multi-utility integration (Gas, Water, Heat, Cooling and Electricity)

Load Management:

- On demand and remote configuration of load limit threshold
- Automatic limiting with time-of-use profile
- Integrated contactor & relay

Revenue Protection:

- Flexible consumer contracts to control consumption limit
- Remote enforcement/disconnection

KEY FEATURES

- Plug & Play
- Flexible configuration options
- Secure data retrieval
- Proven metering technology
- Complete revenue protection and anti-tamper feature set
- Reliable communication

Power quality monitoring:

- Automatic data logging of voltage sags and swells, long and short out

TOU / Billing:

- Up to 2 calendars / 10+4 tariffs
- Daily & Monthly EOB
- High resolution load profiling

Anti-fraud features:

- Magnetic field detection
- Terminal Cover open detection
- Indefinite data retention period in the case of a power failure

The ACE4000 PLC range consists of Standalone (S) and MBUS Master (MM). The entire range is available as either single or polyphase meters.

Technical Specifications

Polyphase

Connection type	3-phase 4 wire DC
Terminal Connection	DIN 43 857 part 2 (asymmetric connection)
Voltage operating range	-20% to +15% Un (Un 220 230 240 380 415 V)
Surge wave immunity	12 kV
Max current (Imax)	100A 25mm terminals
Dimensions	174.4 x 308.9 x 95.1mm (w x h x d)

Single Phase

Connection type	Direct connection, 1-phase 2-wire
Terminal Connection	DIN 43 857 part 2 (asymmetric connection)
Voltage operating range	-20% to +15% Un (Un 220 230 240 V)
Surge wave immunity	12 kV
Max current (Imax)	100A 25mm terminals
Dimensions	130 x 206 x 78.9mm (w x h x d)

Common

Metrology accuracy	Class 1 Active, EN 60470-3 Class B MID Class 2 Reactive, IEC 62053-23
Frequency	50 & 60Hz +/- 5%
Load management	Integrated contactor & Latching relay (5A)
P0 Optical port	IEC 61107 optical port, readout Read/write (single data values) according to DLMS/COSEM (IEC 62056-21)
P1 HAN	DSMR
P2 MBus	MBus master wired or wireless (option)
P3 LAN PLC	DLMS PLC - IEC61834 series (PLAN)+COSEM
Protection degree	IP53 without P1 not connected; IP51 with P1 connected
Temperature range	Operating range: -40°C to +60°C Limit temperature range of operation: -40°C to +70°C Storage and transport: -40°C to +80°C
Range of Current	0.5A-100A
Other information	Compliant DSMR Optimized for ITRON PLC concentrator, SATURNE MDC, IEE MDM

Polyphase



Single Phase



Our company is the world's leading provider of smart metering, data collection and utility software systems, with over 8,000 utilities worldwide relying on our technology to optimize the delivery and use of energy and water.

To realize your smarter energy and water future, start here: www.itron.com

For more information, contact your local sales representative or agency

ITRON SAS

ZI de Chassignaul
Avenue des Temps Modernes
88351 Chassignaul du Polto u cedex
France

Telephone : +33 5 49 82 70 66

Fax : +33 5 49 82 70 69

Itron strives to make the content of its marketing materials as timely and accurate as possible, but makes no claims, promises, or guarantees about the accuracy, completeness, or adequacy of, and expressly disclaims liability for errors and omissions in, such materials. No warranty of any kind, implied, expressed, or statutory, including but not limited to the warranties of non-infringement of third party rights, title, merchantability, and fitness for a particular purpose, is given with respect to the content of these marketing materials. © Copyright 2011, Itron. All rights reserved. ITRON 5-2011-02-12

ANEXO E

Catalogo técnico Concentrador PLCC3G

Présentation générale :

F

Le PLCC3G possède deux fonctions principales :

- ➔ Passerelle de communication entre le système central d'information (SI) et les compteurs.
- ➔ Collecte et mémorisation des données de comptage et des statistiques de communication afin de les mettre à disposition du SI.

Il est compatible avec les compteurs CPL et avec les compteurs Euridis à travers les modules BPLC (interface Bus - Courants Porteurs sur Ligne d'énergie).

Le concentrateur est équipé d'une machine virtuelle Java qui permet de recevoir une application Java.

La collecte des données de comptage est réalisée par l'application Java à partir du SI au moyen de tâches planifiables.

La communication avec le Système central d'information utilise les moyens de communication suivants :

- ➔ Ethernet.
- ➔ GSM/GPRS.
- ➔ RTC.

Communication avec les compteurs CPL ou BPLC :

- ➔ Protocole PLAN.
- ➔ Vitesse de communication : 2400 bauds.
- ➔ Normes : série EN 61334 - Automatisation de la distribution à l'aide de systèmes de communication à courants porteurs.

General Presentation:

GB

The PLCC3G has two principal functions :

- ➔ Gateway for communication between the AMM information system (IS) and meters.
- ➔ Collect and memorizing of the metering data and statistics of communication in order to place them at the disposal of IS.

It is compatible with PLC meters and Euridis meters through BPLC ("Bus Power Line Carrier interface") modules.

The concentrator is equipped with a Java virtual machine that can receive a Java application.

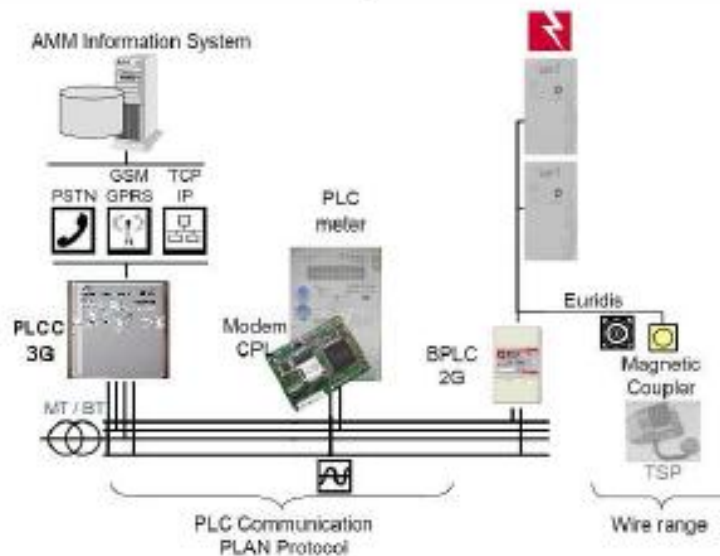
The metering data collect is done by the Java application from IS by means of skeletal tasks.

The communication with the AMM Information System uses the following means of communication :

- ➔ Ethernet.
- ➔ GSM/GPRS.
- ➔ PSTN.

Communication with PLC meters and BPLC :

- ➔ PLAN protocol
- ➔ Baud rate : 2400 bauds.
- ➔ Standard : EN 61334 series - Distribution automation using distribution line carrier systems. Data communication protocols. Reference model of the communication system.



CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES :

- Tension triphasée 3 phases + Neutre: 200-250V (Fonctionne aussi en monophasé).
- Fréquence : 50-60 Hz
- Indice de protection :
 - Contre la pénétration de poussières : IP5X
 - Contre la pénétration d'eau : IPX1
- Protection mécanique : IK07
- Température : -25°C à +60°C
- Accès au RTC : conforme à la TBR21
- Conforme à la directive CEM 2004/108/CE suivant les normes EN55024 (1998 + Amendements A1:2001 & A2:2003), EN50065-1 (2001) et EN55022 (2006).
- Encombrement : 184 x 175 x 72 mm.

- Capacité mémoire de stockage Flash : 256 MO.

- Ports entrée/sortie :
 - Ethernet : WAN2 & Interface locale pour paramétrage
 - USB (mise à jour et extension).
 - RS485.
 - Option : Modem GSM/GPRS ou PSTN (WANI).

SIGNALISATION :

- « ON » indique la mise sous tension du concentrateur.
- « **Snd/Rev** » indique l'état de la communication CPL.
- « **LOCAL** » indique l'état du port Ethernet Locale (paramétrage).
- « **WAN2** » indique l'état du port Ethernet WAN2.
- « **OPMLi** » indique le niveau de réception GPRS (WANI).
- « **RSL** » indique l'état de la communication WANI

TECHNICAL CHARACTERISTICS :

- Three-phase tension (3 Phases + Neutral): 200-250V (Also in single phase).
- Frequency : 50 - 60 Hz
- IP code :
 - Against the penetration of dust: IP5X
 - Against the penetration of water IPX1
- IK code : IK07
- Temperature: -25°C to +60°C (-13 to 140 F).
- PSTN access : Compliant with TBR21
- Compliant with EMC Directive 2004/108/EC following standards EN55024 (1998 + Amendments A1:2001 & A2:2003), EN50065-1 (2001) and EN55022 52006).
- Dimensions : 184 x 175 x 72 mm

- Storage Flash memory : 256 MB.

- Input/output ports :
 - Ethernet : WAN2 & Local interface for set up
 - USB (Update and extension)
 - RS485
 - Option : Modem GSM/GPRS or PSTN (WANI)

INDICATORS :

- « ON » shows the powering of the concentrator.
- « **Snd/Rev** » indicates the communication status CPL.
- « **LOCAL** » indicates the Local Ethernet Status (parameterization).
- « **WAN2** » indicates the WAN2 Ethernet Status.
- « **OPMLi** » indicates the level of GPRS reception (WANI)
- « **RSL** » indicates the communication status WANI

Références /Part numbers :

Références/ Part numbers	Désignations / Model
0180006	CCRT PLCC3G Ethernet
0180006GPRS	CCRT PLCC3G GSM/GPRS
0180006PSTN	CCRT PLCC3G PSTN



ANEXO F

Catalogo técnico Concentrador E3Meter



General Description

The E3METER® Data Concentrator stands at the center of our innovative monitoring system. It aggregates data from up to 250 E3METER® intelligent power strips (IPS), implements logging functionality and makes data available on its Fast Ethernet interface via SNMP.

Data transfers between E3METER® IPS and the E3METER® concentrator use reliable narrowband powerline communication (PLC) technology which avoids the need for extra cabling.

The E3METER® concentrator's small form factor facilitates installation in any power distribution panel.

Industrial grade components and the fact that there are no moving parts guarantee minimal maintenance effort.

Features

- Control and monitor up to 250 E3METER® Intelligent Power Strips on 3 phases
- Built-in data logging
- SNMP interface for 3rd-party monitoring systems
- Reliable Powerline Communication (Cenelec B, FCC or ARIB)
- 10/100 Mbps Fast Ethernet
- Small form factor (DIN rail mountable)
- Low power consumption (< 5 W)
- No moving parts (no fan, industrial grade flash storage)
- Serial port for maintenance
- Status LEDs



ANEXO G

Catalogo técnico Concentrador inteligente Current



KEY FEATURES AND BENEFITS

Multi-vendor interoperability
Fully interoperable with meters and back-end management systems from other vendors implementing compliant technology (i.e. PRIME & DLMS)

Field Proven
Both, the technology and the implementation have been proven in successful mass rollouts at several utilities. Installation environments include overhead and underground networks, large transformers (> 500 meters), large substations comprising multiple transformers, etc.

Smart Grid advantages from a Smart Metering rollout
Includes several Smart Grid applications such as transformer detection, automatic phase detection, energy balancing, etc.

Highly integrated for outdoor installations
Product model options with ruggedized enclosure and GPRS, suitable for direct outdoor installation without requiring additional cabinets.

Scalable solution for multi-transformer substations
Together with repeater devices, offers coverage on all transformers at large multi-transformer substations with a single data concentrator function.

Fully Managed Solution
OpenGrid based management greatly reduces total cost of ownership with savings in turn-key provisioning, meter data collection, Smart Grid analytics, etc.



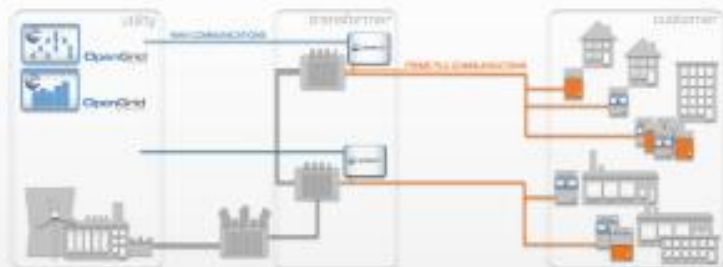
CURRENT's Intelligent Data Concentrator product line offers a combination of Meter Data Collection, Low Voltage Supervisory functions and GPRS connectivity in multiple product options that ensure an available offering for every installation variant. Products in this family have unmatched ability to aggregate, analyze and report both meter data and low voltage (LV) measurements.

In addition, the CURRENT Intelligent Data Concentrator products use meter data and LV measurements to build a market-leading set of Smart Grid applications that facilitate LV asset management, performance benchmarking and eventually enable decisions on grid optimization. The CURRENT Intelligent Data Concentrator, in this context, is designed to truly underline CURRENT's Connected Intelligence™ concept.

Meter Data Collection Functionality
Station Data Concentrator (SDC) functions are a key component of every CURRENT Intelligent Data Concentrator device. Enabled through communication functions of PRIME Base Node, the SDC functions implement all features of a mature AMI device.

Low Voltage Analytics Functionality w/with CURRENT Smart Grid Gateway
Low Voltage Analytics (LVA) is a flexible, cost effective sensor integrated within CURRENT's Intelligent Data Concentrator device (models 9710 and 9253). In addition to energy measurement, this functionality is also capable of advanced analytics typical of power-quality analysis devices.

Backend Integration
The CURRENT Intelligent Data Concentrator products integrate into a backend IT system, typically CURRENT's OpenGrid® application, over a well-defined web services interface. The interface is designed for not only device management but also transporting aggregated meter-reading data. The web services interface facilitates choice of communication media (e.g. GPRS, MV-BPL or Ethernet) and also enables 3rd party applications to integrate the CURRENT Intelligent Data Concentrator in them.



PRODUCT DATASHEET

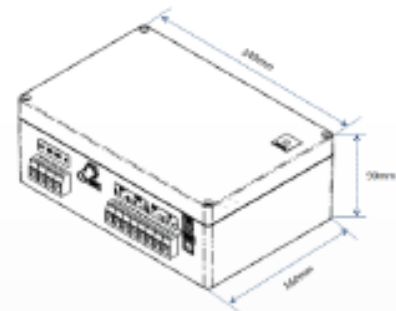
CURRENT® Intelligent Data Concentrator

PRODUCT SPECIFICATIONS

Chassis Details	9710	9910	9253
Dimensions	240 H x 160 W x 90 D mm	240 H x 160 W x 90 D mm	217 H x 232 W x 144 D mm
Enclosure	Plastic	Plastic	Metallic
Mounting	DIN rail	DIN rail	Din, Wall or Pole
Operating Temperature	-40C to +70C	-40C to +70C	-40C to +70C
IP rating	IP20 per IEC 60529	IP20 per IEC 60529	IP65 per IEC 60529
Electrical	102 VAC - 264VAC, 50/60Hz	102 VAC - 264VAC, 50/60Hz	102 VAC - 264VAC, 50/60Hz or 120VDC (3 second holdup optional)
Power	2.8W Max, 2.4 Typical	2.8W Max, 2.4 Typical	Typical 30-40W
Data Concentrator	x	x	x
LV Supervision	Integrated w/in device	External 3rd part device	Integrated w/in device
GPRS Backhaul	-	-	x
Smart Grid Functions	x	Smaller Subset	x
Sensors	Conventional CT	3rd party supervision meter	Conventional CT



Product Details	Specifications
Type Approvals	Europe: CE mark per Directive 1999/5/EC: Radio Equipment & Telecommunications Terminal Equipment (R&TTE), which includes the following: - Directive 2006/95/EC: Low Voltage Electrical Equipment (LVD) - Directive 2006/95/EC: Electromagnetic Compatibility (EMC)
Safety Approvals	ITE Safety – General Requirements: IEC 60950-1:2005, class II, double insulation
Network Interface	Ethernet 10/100BaseT , GPRS (9253 only)
Network Protocols	TCP/IP, HTTP, FTP, SCP, SNMP,
Device Management	Local: Serial console port; Remote: SNMPV3, Webservices, WebServer, SSH
Network Time Sync	Network Time Protocol (NTP)
PLC	- PRIME Specifications conformant Base Node - PRIME topology evolution & performance reports - Operating frequency per EN 50065-1 CENELEC-A band - Signal injection on coax cable (BNC Connector) - Signal injection on powerline: Three (3) phase and One (1) phase
Meter Reading Protocol	IEC 62056 (DLMS COSEM)
Meter Reading Scalability	2000 meters



WWW.CURRENTGRID.COM

ANEXO H

Catalogo técnico Medidor E330 FOCUS AX

FOCUS AX

E330 FOCUS AX - E350 FOCUS AX-SD Single Phase - E330 FOCUS AX Polyphase

The FOCUS family of meters featuring advanced residential metering and light commercial applications.

The FOCUS[®] AX platform features a single circuit board design, mounted at the front of the meter, allows room for modular advanced metering communications or a KYZ option output board. Fewer parts and connectors throughout the board design increase reliability and contribute to better overall end point performance. Highly accurate load performance and the use of a field-proven Digital Multiplication Measurement Technique ensure reliability and dependability during the entire life of the FOCUS AX meter.

The Next Generation of Advanced Residential Metering

The FOCUS AX-SD is an advanced meter platform with features that rival any meter in its class. With available service disconnect integrated into the meter base, utilities can take advantage of the 200 Amp relay to disconnect power or limit service remotely using an advanced metering technology or manually at the meter. The combinations of FOCUS Service Disconnect base module and powerful AX register provides a flexible system that supports a variety of connect/disconnect and service-limiting applications.

Economical and Reliable Option for Light Commercial Applications

The FOCUSAX Polyphase meter provides a cost-efficient alternative for light commercial metering applications that do not require all of the functionality of the S4e meter. The FOCUS AX Polyphase meter contains a 120V to 277V auto-ranging power supply suitable for both 277/480V, 4W, WYE and 240/480V 4-wire Delta Services. As an addition to the FOCUS family of meters, the AX Polyphase brings the same proven solid-state performance utilities have come to expect from FOCUS meters, in an economical and AMI-ready platform for commercial and industrial applications.



Key Benefits

- Digital Multiplication Measurement Technique
- Non-volatile memory
- Designed for a 20+ year life
- Meets or exceeds industry and ANSI standards
- Uses ANSI protocol (between meter and communication device)
- 6 digit LCD and 3 Alpha ID
- Selectable meter multiplier up to 240 (1200:5 CT)

Landis
Gyr+
manage energy better

Product Specification and Schedule Sheet

Specifications

General Specifications	Active Energy "kWh-kW" meter	
	Digital Multiplication Measurement Technique	
	Non-Volatile Memory	
	Designed for 20+ years life	
	Meets ANSI standards for performance	
	Utilizes ANSI protocol (between meter and AMI device)	
	9 digit LCD	
	Display scroll sequence programmable (factory or end user)	
	Configuration port – cover does not have to be removed or optional ANSI C12.18 optical port available	
	Operating Temperature	-40C to +85C under cover
Operating Voltage	80% to 115% of Vn	
Frequency	60Hz +/- 5%	
Humidity	5% to 95% relative humidity, non condensing	
Voltage Burden	≤ 1.9W Max	
Load Performance Accuracy	Accuracy Class 0.5% – typical accuracy 0.2%	
	Exception: Form 385 0.5%	
Display Options	Energy Metrics: +kWh, -kWh, Net kWh, and added kWh (Security)	
	Metric Energy Display Format – 4x1, 4x10, 5x1, 5x10, 6x1 or 6x10	
	Time of Use and Demand Billing	
AMI Platform	Modular or Integrated	
Selectable Meter Multiplier	Up to 4096 as result of PT ratio ÷ CT ratio	
Applicable Standards	ANSI C12.1 for electric meters	
	ANSI C12.10 for physical aspects of watt hour meters	
	ANSI C12.18 Protocol specifications for ANSI Type 2 Optical Port	
	ANSI C12.19 Utility Industry End Device Data Tables	
	ANSI C12.20 for electricity meters, 0.2 and 0.5 accuracy classes	
Service Disconnect	CANS-C17-MB4 Canadian specifications for approval of type of electricity meters	
	10,000 operations at full rated current (disconnect/connect)	
Lands+Gyr Communication	FOCUS AX Single Phase	2 Way Gridstream RF
		2 Way Gridstream PLC
	FOCUS AX-SD	2 Way Gridstream RF
		2 Way Gridstream PLC
FOCUS AX Polyphase	2 Way Gridstream RF	
Third Party Communication	FOCUS AX Single Phase	Aclara STAR Network - RF
		Aclara TWACS Technology - PLC
		Sensus 2 Way RF Flex Net
		Silver Spring 2 Way RF Mesh
		Trilliant 2 Way SecureMesh
	FOCUS AX-SD	Aclara STAR Network - RF
		Aclara TWACS Technology - PLC
		Sensus Flex Net
		Silver Spring Network 2 Way RF Mesh
		Trilliant 2 Way SecureMesh
	FOCUS AX Polyphase	Aclara STAR Network - RF
		Aclara TWACS Technology - PLC
		Metrum CDMA/1xRTT and GSM/GPRS under glass
		Sensus Flex Net
		Silver Spring 2 Way RF Mesh
Trilliant 2 Way SecureMesh		

Product Specification and Schedule Sheet

The FOCUS AX Single-phase meter is available in the following forms:

Form	Nominal Voltage	Current Class	Test Amps	Starting Load	Kh
1S	120V	CL 100	15.0	0.030 Amp (3.6W)	1.8
1S	240V	CL 200	30.0	0.050 Amp (12W)	7.2
2S	240V	CL 200	30.0 / 50.0	0.050 Amp (12W)	7.2
2SE	240V	CL 320	30.0 / 50.0	0.080 Amp (19.2W)	12.0
2K	240V	CL 480	30.0 / 50.0	0.120 Amp (28.8W)	14.4
3S	120V	CL 10 or 20	2.5	0.005 Amp (0.6W)	0.3
3S	240V	CL 10 or 20	2.5	0.005 Amp (0.6W)	0.6
4S	240V	CL 10 or 20	2.5	0.005 Amp (0.6W)	0.6

The FOCUS AX Service Disconnect meter is available in the following forms:

Form	Nominal Voltage	Current Class	Test Amps	Starting Load	Kh
1S	120V	CL 100	15.0	0.030 Amp (3.6W)	1.8
2S	240V	CL 200	30.0/50.0	0.050 Amp (12W)	7.2
12S	120V	CL 200	30.0/50.0	0.050 Amp (12W)	14.4
25S	120V	CL 200	30.0 / 50.0	0.050 Amp (12W)	14.4

The FOCUS AX Polyphase meter is available in the following forms:

Form	Nominal Voltage	Current Class	Test Amps	Starting Load	Kh
9S/8S	120V – 277V	CL 20	2.5	0.005 Amp (0.6W)	1.8
12S	120V – 277V	CL 200	30.0/50.0	0.050 Amp (12W)	14.4
12SE	120V – 277V	CL 320	50.0	0.080 Amp (19.2W)	14.4
16S	120V – 277V	CL 200	30.0/50.0	0.050 Amp (12W)	21.6
16SE	120V – 277V	CL 320	50.0	0.080 Amp (19.2W)	21.6
25S	120V – 277V	CL 200	30.0/50.0	0.050 Amp (12W)	14.4
25SE	120V – 277V	CL 320	50.0	0.080 Amp (19.2W)	14.4
36S (6S)	120V – 277V	CL 20	2.5	0.005 Amp (0.6W)	1.8
45S (5S)	120V – 277V	CL 20	2.5	0.005 Amp (0.6W)	1.2

FOCUS Single Phase/Polyphase:

	Net	Single Pack	Single Pack	Four Pack	Four Pack	Pallet	Pallet
Form	Lbs.	Weight	Dimensions	Weight	Dimensions	Weight	Dimensions
1S	1.8	2.7 lbs.	8 3/4" x 8 3/4" x 9"	9.5 lbs.	15 1/2" x 7" x 15 1/2"	350 lbs.	31" x 46" x 37"
2S(E)	1.9	2.8 lbs.	8 3/4" x 8 3/4" x 9"	9.6 lbs.	15 1/2" x 7" x 15 1/2"	350 lbs.	31" x 46" x 37"
2K	3.35	5.5 lbs.	12 9/16" x 12 9/16" x 9"	N/A	15 1/2" x 7" x 15 1/2"	195 lbs.*	31" x 46" x 37"
3S	1.8	2.7 lbs.	8 3/4" x 8 3/4" x 9"	9.5 lbs.	15 1/2" x 7" x 15 1/2"	350 lbs.	31" x 46" x 37"
4S	1.9	2.8 lbs.	8 3/4" x 8 3/4" x 9"	9.6 lbs.	15 1/2" x 7" x 15 1/2"	350 lbs.	31" x 46" x 37"
5S/45S	1.8	2.7 lbs.	8 3/4" x 8 3/4" x 9"	9.5 lbs.	15 1/2" x 7" x 15 1/2"	350 lbs.	31" x 46" x 37"
6S/36S	1.8	2.7 lbs.	8 3/4" x 8 3/4" x 9"	9.5 lbs.	15 1/2" x 7" x 15 1/2"	350 lbs.	31" x 46" x 37"
8S/9S	1.8	2.7 lbs.	8 3/4" x 8 3/4" x 9"	9.5 lbs.	15 1/2" x 7" x 15 1/2"	350 lbs.	31" x 46" x 37"
12S(E)	2.0	2.9 lbs.	8 3/4" x 8 3/4" x 9"	10.3 lbs.	15 1/2" x 7" x 15 1/2"	350 lbs.	31" x 46" x 37"
16S(E)	1.9	2.8 lbs.	8 3/4" x 8 3/4" x 9"	9.6 lbs.	15 1/2" x 7" x 15 1/2"	350 lbs.	31" x 46" x 37"
25S(E)	2.0	2.9 lbs.	8 3/4" x 8 3/4" x 9"	10.3 lbs.	15 1/2" x 7" x 15 1/2"	350 lbs.*	31" x 46" x 37"

Standard pallet size of 96 meters
* Denotes alternate pallet size of 30 meters

FOCUS AX-SD:

	Net	Single Pack	Single Pack	Four Pack	Four Pack	Pallet	Pallet
Form	Lbs.	Weight	Dimensions	Weight	Dimensions	Weight	Dimensions
1S	2.04	2.94 lbs.	8 3/4" x 8 3/4" x 9"	10.31 lbs.	15 1/2" x 7" x 15 1/2"	370 lbs.	31" x 46" x 37"
2S	2.04	2.94 lbs.	8 3/4" x 8 3/4" x 9"	10.31 lbs.	15 1/2" x 7" x 15 1/2"	370 lbs.	31" x 46" x 37"
12S	2.04	2.94 lbs.	8 3/4" x 8 3/4" x 9"	10.31 lbs.	15 1/2" x 7" x 15 1/2"	370 lbs.	31" x 46" x 37"
25S	2.04	2.94 lbs.	8 3/4" x 8 3/4" x 9"	10.31 lbs.	15 1/2" x 7" x 15 1/2"	370 lbs.	31" x 46" x 37"