

RESUMEN

COMPARACIÓN DE EFICIENCIA EN VELOCIDAD DE TRANSFERENCIA Y CAUDAL EFECTIVO ENTRE LAS TECNOLOGÍAS ETHERNET Y PLC

por

Jaime Ramos Garduza

Asesor: Saulo Hernández Osoria

RESUMEN DE TESIS DE POSGRADO

Universidad de Morelos

Facultad de Ingeniería y Tecnología

Título: COMPARACIÓN DE EFICIENCIAS EN VELOCIDAD DE TRANSFERENCIA Y CAUDAL EFECTIVO ENTRE LAS TECNOLOGÍAS ETHERNET Y PLC

Investigador: Jaime Ramos Garduza

Asesor: Carlos Hernández Rentería, Maestro en Teleinformática

Fecha de terminación: Enero de 2010

Problema

Es común encontrarse en diferentes lugares redes de computadoras instaladas. Estas implementaciones se hacen en base a experiencia y conocimiento, pero muchas veces no se toman en consideración otras tecnologías de red debido a que no se tiene un conocimiento experimental ni técnico con respecto a sus características. Este estudio procura determinar la eficiencia en base a comprobaciones experimentales de las variables tratadas en este trabajo para presentar las ventajas y desventajas que presentan las tecnologías ethernet y PLC y así tener un abanico más amplio de opciones.

Método

Se implementó una red con ambas tecnologías, se transfirieron paquetes de datos entre computadoras, se midieron las variables con la ayuda de dos paquetes de software especializados (DUmeter y wireshark), se analizaron los datos obtenidos y se comparó la eficiencia respectiva.

Resultados

Hubo diferencias significativas al momento de comparar los datos obtenidos en ambas tecnologías y se encontró que los valores de las eficiencias de las variables manejadas son más efectivos en la tecnología Ethernet que en la tecnología PLC.

Conclusiones

Los resultados mostraron una clara ventaja en cuanto a las variables tratadas de la tecnología ethernet respecto a PLC. Cabe mencionar que cada una de las tecnologías de redes tiene características muy particulares que las hacen específicas para las exigencias actuales de comunicaciones y es en ese sentido donde sus ventajas y desventajas deben ser aprovechadas como se advierte en los resultados obtenidos en este trabajo.

Universidad de Morelos
Facultad de Ingeniería y Tecnología

COMPARACIÓN DE LA EFICIENCIA DE VELOCIDAD
DE TRANSFERENCIA Y CAUDAL EFECTIVO
ENTRE LAS TECNOLOGÍAS
ETHERNET Y PLC

Tesis
presentada en cumplimiento parcial
de los requisitos para el grado de
Maestría en Ciencias Computacionales

por

Jaime Ramos Garduza

Abril de 2011

**COMPARACIÓN DE EFICIENCIA EN VELOCIDAD
DE TRANSFERENCIA Y CAUDAL EFECTIVO
ENTRE LAS TECNOLOGÍAS
ETHERNET Y PLC**

Tesis

presentada en cumplimiento parcial

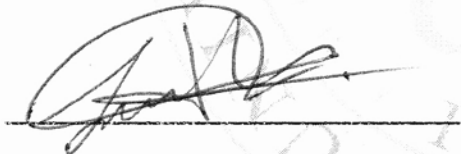
De los requisitos para el grado de

Maestría en Ciencias Computacionales Acentuación en Redes

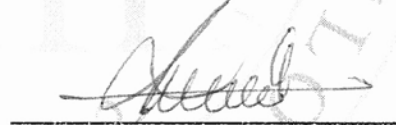
por

Jaime Ramos Garduza

Aprobada por la Comisión

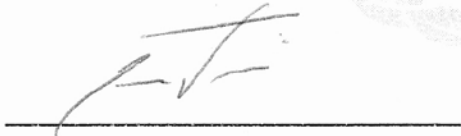


Asesor Principal: M.C. Saulo Hernández O.



M.C. Alejandro García Mendoza

Examinador Externo



Miembro: Dr. R. Andrés Díaz Valladares



Dra. Raquel B. de Korniejczuk

Directora de Estudios de Posgrado



Miembro: M.T. Carlos Hernández Rentería

5 de Abril 2011

Fecha de Aprobación

TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE FIGURAS.....	VI
LISTA DE TABLAS	VIII
Capítulo	
I. NATURALEZA DE LAS VARIABLES.....	1
Introducción.....	1
Definición del problema	2
Declaración del problema.....	2
Objetivo	2
Justificación.....	3
Limitaciones	3
Delimitaciones	3
II. MARCO TEÓRICO.....	4
Definiciones de las variables	6
Velocidad de transferencia de datos.....	6
Caudal efectivo.....	6
Los medios de transmisión	7
Ethernet.....	8
La familia de ethernet	9
Cuatro elementos básicos de ethernet	9
Ventajas de ethernet.....	10
Inconvenientes de ethernet	11
Operación de ethernet.....	12
Control de enlace lógico (LLC)	14
Control de acceso al medio (MAC).....	16
La trama de ethernet	18
El protocolo CSMA/CD	21
Modulación de ethernet.....	23
Hardware utilizado en una red ethernet.....	24
Eficiencia en la transmisión	26
Power line communication.....	26
Inconvenientes del PLC.....	28
Ventajas del PLC	28

Medio de transmisión	29
Modulación empleada	30
La capa de control de acceso al medio (MAC)	33
Mecanismos de transmisión	35
Censado de portadora y acceso al medio de PLC	36
El protocolo CSMA/CA	37
Frame de encapsulación para la IEEE 802.3	38
Interferencias generadas.....	41
Acoplamiento.....	41
Normalización.....	43
Ofertas comerciales.....	46
El protocolo NetBIOS	47
Antecedentes	50
Configuración de equipos.....	50
Resultados	51
Conclusiones.....	52
III. METODOLOGÍA.....	54
Metodología.....	54
Instrumentos de medición	54
Recolección de información	54
Análisis de la información.....	55
Características de los equipos y software	55
Configuración de los equipos	56
Pasos para realizar el experimento	57
Para la red ethernet.....	57
Experimento 1	57
Experimento 2	58
Experimento 3	59
Para la red PLC.....	60
Experimento 1	60
Experimento 2	61
Experimento 3	62
Descripción de los resultados.....	63
Descripción de graficas	65
Eficiencia de las variables	66
IV. RESULTADOS	67
Transferencia de datos 1 a 1	67
Transferencia de datos 2 a 1	71
Transferencia de datos 3 a 1	75
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	80

Conclusiones.....	80
Tecnología ethernet.....	80
Tecnología PLC.....	82
Recomendaciones.....	83
APÉNDICE	
A. TABLAS DE DATOS CAPTURADOS.....	84
B. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS	93
LISTA DE REFERENCIAS	103

LISTA DE FIGURAS

1. Subniveles LLC y MAC de la capa de enlace	13
2. Modelo conceptual del CSMA/CD	22
3. Codificación fast ethernet.....	23
4. Modulaci3n OFDM	32
5. Sistema OFDM con filtros	33
6. Formato de la capa f3sica de homeplug 1.0	36
7. Diagrama de flujo para CSMA/CA.....	39
8. Creaci3n y segmentaci3n del block de servicio.....	40
9. Red ethernet 3 a 1	57
10. Red ethernet 2 a 1	58
11. Red ethernet 1 a 1.....	59
12. Red PLC 3 a 1.....	60
13. Red PLC 2 a 1.....	61
14. Red PLC 1 a 1.....	62
15. Gr3fica de ejemplo	66
16. Gr3fica de transferencia de datos ethernet 1 a 1	70
17. Gr3fica de transferencia de datos PLC 1 a 1	70
18. Gr3fica de la eficiencia de la velocidad de transferencia en ethernet y PLC.....	71
19. Gr3fica de la eficiencia del caudal efectivo en ethernet y PLC.....	72

20. Gráfica de transferencia de datos ethernet 2 a 1	74
21. Gráfica de transferencia de datos PLC 2 a 1	74
22. Gráfica de la eficiencia de la velocidad de transferencia en ethernet y PLC.....	75
23. Gráfica de la eficiencia del caudal efectivo en ethernet y PLC.....	75
24. Gráfica de transferencia de datos ethernet 3 a 1	78
25. Gráfica de transferencia de datos PLC 3 a 1	78
26. Gráfica de la eficiencia de la transferencia en ethernet y PLC.....	79
27. Gráfica de la eficiencia del caudal efectivo en ethernet y PLC.....	79

LISTA DE TABLAS

1. Familia de ethernet	9
2. Formato de trama de ethernet (en bytes).....	19
3. Prueba de rendimiento de PLC	52
4. Caudal efectivo	65
5. Transferencia de datos ethernet y PLC de 1 a 1	68

CAPÍTULO I

NATURALEZA DE LAS VARIABLES

Introducción

Los medios de comunicación de datos han ido evolucionando al igual que la tecnología. Las redes de computadoras han sido muy favorecidas con estas mejoras, ya que en la actualidad los medios de comunicación permiten la transferencia de una gran cantidad de datos por algún medio de transmisión (fibra óptica, cable de par trenzado blindado y no blindado, etcétera), cada uno con sus respectivas ventajas y desventajas con respecto al otro. También las tecnologías de redes tales como token ring, modo de transferencia asíncrona (ATM), ethernet, comunicación por líneas de potencia (PLC) se han beneficiado con esta mejora continua de la tecnología aumentando ampliamente sus capacidades y características. A continuación se presentan las dos tecnologías empleadas en este estudio.

Ethernet es el nombre de una tecnología de redes de computadoras de área local (LAN) basada en tramas de datos que define las características de cableado y señalización de nivel físico y los formatos de trama del nivel de enlace de datos del modelo de interconexión de sistemas abiertos (OSI). Asimismo, esta tecnología se refiere a las LAN y dispositivos bajo el estándar IEEE 802.3 que define el protocolo de acceso múltiple con escucha de portadora y detector de colisiones (CSMA/CD).

Actualmente se llama ethernet a todas las redes cableadas que usan el formato de trama, aunque no tengan CSMA/CD como método de acceso al medio.

La otra tecnología considerada es la Power Line communications (PLC), también conocida como internet eléctrico, la cual hace posible la transmisión de voz y datos a través de la línea eléctrica doméstica o de baja tensión. Esta tecnología hace posible que conectando un módem PLC a cualquier enchufe de la casa, se pueda acceder a los recursos de la red a una velocidad de entre 2 y 20 Mbps, aunque en las pruebas realizadas por la empresa DS2 ya se han superado los 200 Mbps.

Definición del problema

Debido a la escasa documentación sobre pruebas donde se hayan comparado las características técnicas de ambas tecnologías de redes LAN, este trabajo procura ampliar la información existente entre las dos tecnologías tratadas y así facilitar la implementación de redes LAN, aprovechando las ventajas que ambas ofrecen.

Declaración del problema

Con respecto a lo escrito en el punto anterior, se hacen los experimentos para realizar la Comparación de eficiencia en velocidad de transferencia y caudal efectivo entre las tecnologías ethernet y PLC.

Objetivo

El objetivo de este estudio ha sido comparar la eficiencia de las tecnologías ethernet y PLC en cuanto a la velocidad de transferencia de datos y el caudal efectivo para llegar a una decisión en cuanto a qué tecnología es más conveniente implementar de acuerdo con las variables tratadas.

Justificación

Es muy importante conocer las características técnicas de las tecnologías de información, para poder elegir e implementar la más conveniente, debido a esto se pretende realizar este trabajo, fundamentado en las mediciones pertinentes y el análisis de los resultados de las variables en cada tecnología.

Limitaciones

Las limitaciones de esta investigación han sido las siguientes:

1. En cuanto a la tecnología PLC, sólo se pudieron emplear dos switches.
2. En cuanto a los instrumentos de medición, se han utilizado productos de software especializados con licencia pública en análisis de paquetes.

Delimitaciones

Las delimitaciones de esta investigación fueron las siguientes:

1. No se tuvo acceso a otras redes ni a internet.
2. Se emplearon cuatro computadoras y cuatro switches para la experimentación.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

Antes de profundizar sobre la teoría necesaria para el entendimiento de este trabajo, es necesario definir el concepto básico de una red de computadoras y el concepto de eficiencia ya que esto facilitará la comprensión y dará la introducción al marco teórico.

Una red de computadoras es un conjunto de máquinas que se comunican a través de algún medio físico (cable coaxial, fibra óptica, líneas telefónicas, radiofrecuencia, etc.) con el objetivo de compartir recursos. Los datos viajan de un dispositivo de red a otro por medio de un cable o a través del aire (Jamrichoja y McDaniel, 2008). Las redes de computadoras se clasifican de acuerdo con varias características, como la extensión del área geográfica donde se implementan, su topología, la tecnología que utilizan, los medios de transmisión y otras.

Además, cabe aclarar que eficiencia, según la Real Academia Española (RAE, 2009) es la capacidad de disponer de alguien o de algo para conseguir un efecto determinado o también según la Red Iberoamericana para la Acreditación de la Calidad de la Educación Superior (RIACES, 2009), es la capacidad de lograr un efecto determinado optimizando los recursos disponibles. En este documento la definición se entenderá como el valor obtenido real y no teórico, dado en porcentaje, de las variables estudiadas en este trabajo.

Para los propósitos de la presente investigación, se tomaron en cuenta el área

geográfica y la tecnología utilizada en la implementación. En relación con el área geográfica, existen redes LAN (Tanenbaum, 2003) que son redes de propiedad privada que se encuentran en un solo edificio o en un campus de pocos kilómetros de longitud. Se utilizan para conectar computadoras personales y estaciones de trabajo en oficinas o en fábricas para compartir recursos y datos.

Si bien las redes LAN (Reynders y Wright, 2003) operan donde las distancias son relativamente pequeñas. Las redes de área extensa (WAN) se utilizan para unir redes LAN que están separadas por grandes distancias que van desde unas pocas decenas de metros hasta miles de kilómetros. Las redes WAN, normalmente se usan en los sistemas de telecomunicaciones públicas proporcionando una conexión rentable entre redes LAN.

Una red de área metropolitana (MAN) por lo general une múltiples redes LAN (Oz, 2006) dentro de la región metropolitana de una ciudad grande y por lo general se extiende por una distancia de hasta 50 kilómetros.

Otras de las características destacadas en las redes es la tecnología que emplean, que puede ser: ethernet, token ring, frame relay, ATM, PLC y otras más. La mayoría de las LAN concuerdan con una de las diferentes especificaciones en la serie de normas 802 de la IEEE (Herrera, 2003).

Cabe destacar que el tipo de transmisión de datos en estas tecnologías es digital y aprovecha las ventajas que esta tiene con respecto a la transmisión analógica como son la inmunidad al ruido (Tomasi, 2003), que se presta mejor al procesamiento de la señal, la facilidad de medición y la evaluación de la señal con respecto a los errores producidos por el sistema.

Para este estudio se utilizó una LAN y las tecnologías ethernet y PLC. Más adelante en este capítulo se explica el funcionamiento y sus características.

Definición de las variables

A continuación se definen las variables del trabajo para tener una clara visión de lo que representa cada una de ellas.

Velocidad de transferencia de datos

Representa la cantidad de información que puede transmitirse por unidad de tiempo. El Comité Consultivo Internacional Telegráfico y Telefónico (CCITT) la define como el promedio de bits, caracteres o bloques por unidad de tiempo que pasan entre dos equipos correspondientes en un sistema de transmisión de datos (Riera y Alabau, 1992). La unidad con que el sistema internacional (SI) expresa esta medida es el bit por segundo (bit/s, b/s, bps). La *b* debe escribirse siempre en minúscula, para impedir la confusión con byte por segundo (B/s).

Caudal efectivo

Es el número de paquetes de datos útiles al usuario por unidad de tiempo, remitida por la red en cierta dirección, de la fuente a un destino. Se excluyen los flujos de datos indirectos de los protocolos y también los paquetes retransmitidos.

El caudal efectivo (CE) se calcula de la siguiente manera:

$$CE = (\text{datos del usuario en cada paquete} / \text{unidad máxima de transmisión de paquete}) * (\text{ancho de banda del canal de transmisión}).$$

El caudal efectivo es generalmente más bajo que el rendimiento de procesamiento y a su vez es generalmente más bajo que la velocidad de la conexión

del acceso de red (la capacidad del canal o la anchura de banda digital).

Los medios de transmisión

Uno de los aspectos importantes de las tecnologías de redes es el medio de transmisión por el cual fluirán los datos. De acuerdo con Tanenbaum (2003) se pueden usar varios medios físicos para la transmisión real, cada uno con su propio nicho en términos de ancho de banda, retardo, costo, facilidad de instalación y mantenimiento. Los medios de transmisión (Hesselbach, 2002) son aquellas estructuras físicas que soportan la propagación de señales eléctricas y de ondas electromagnéticas asociadas a los bits (o a señales analógicas) a enviar de un punto geográfico a otro. Constituyen por tanto, la infraestructura más básica de toda red de comunicaciones.

Los medios se clasifican de manera general en medios guiados y medios no guiados. En los medios guiados, la señal asociada a la información transportada está confinado alrededor de una estructura física del medio y dichas estructuras están constituidas a base de materiales de elevada conductividad eléctrica (cobre, aluminio, aleaciones metálicas, plata, oro o semiconductores) o elevada conductividad óptica (vidrio síliceo), además están recubiertos de algún material dieléctrico (no necesarios desde un punto de vista de transmisión) y sus principales funciones son para soporte mecánico, aislamiento o de protección (polietileno, nylon, teflón, papel o plástico). Algunos ejemplos de medios guiados son el cable coaxial, la fibra óptica, el par trenzado o el cable eléctrico.

En cuanto a los medios no guiados, el campo electromagnético asociado a la información transportada no está confinado y se extiende por el material de soporte

ya sea espacio aéreo o espacio vacío. Las señales electromagnéticas asociadas con la información pueden ser ondas de radio, láser, luz infrarroja u otras.

Ethernet

Fast ethernet o ethernet de alta velocidad es el nombre de una serie de estándares de la IEEE, clasificado como LAN. El prefijo *fast* se le agregó para diferenciarla de la ethernet regular de 10 Mbps. Entre los esquemas más utilizados para organizar redes de área local, ethernet es el que tiene mayor aceptación (Blake, 2005). Aunque es uno de los esquemas más antiguos, ha mejorado con el tiempo y su tasa de transmisión aumentó de su valor original de 10 Mb/s a 100 Mb/s y en la actualidad hasta 1Gb/s. La ethernet original fue creada en 1976 en el Xerox Palo Alto Research Center (PARC), desde entonces, ha pasado por cuatro generaciones: ethernet estándar (10 Mbps), fast ethernet (100 Mbps), ethernet Gigabit (1 Gbps) y ethernet 10 Gigabit (10 Gbps) (Forouzan, 2007).

En su momento dos estándares de la IEEE compitieron por el mercado de las redes LAN de 100 Mbps (Maufer, 1999). El primero fue el IEEE 802.3 100BaseT, denominado comercialmente fast ethernet, que utiliza el método de acceso Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD, Acceso Múltiple por Detección de Portadora con Detección de Colisiones) cuyos estándares se anunciaron entre 1994 y 1995. El segundo fue el IEEE 802.12 100BaseVG, adaptado

de 100VG-Any LAN de HP, que utiliza un método de prioridad de demandas en lugar del CSMA/CD.

La familia de ethernet

La IEEE ha estandarizado varias redes de área local y de área metropolitana bajo el nombre de IEEE 802. Entre tantos de ellos se destaca la IEEE 802.3 (ethernet). En la Tabla 1 se muestra la familia de ethernet (Spurgeon, 2000) y algunas características destacables de cada una de ellas.

Cuatro elementos básicos de ethernet

El sistema ethernet incluye cuatro bloques, que cuando se combinan hacen trabajar a ethernet (Spurgeon, 2000): (a) el frame, que es un conjunto de bits estandarizados

Tabla 1

Familia de ethernet

Nombre	Cable	Segmento máximo (metros)	Nodos	Ventajas
10Base5	Coaxial grueso	500		Cable original
10Base2	Coaxial delgado	185		No se necesita concentrador
10Base-T	Par trenzado	100	1,024	Sistema más económico
10Base-F	Fibra óptica	2,000	1,024	Mejor entre edificios
100Base-T4	Par trenzado	100		Utiliza UTP categoría 3
100Base-TX	Par trenzado	100		Duplex total 100 Mbps (UTP categoría 5)
100Base-FX	Fibra óptica	2,000		Dúplex total a 100 Mbps
1000Base-CX	2 pares STP	25		Cable STP
1000Base-T	4 pares UTP	100		Cable UTP categoría estándar

Nota: Tomado de Spurgeon (2000).

utilizados para transportar los datos a lo largo del sistema, (b) el protocolo de control de acceso al medio (MAC, media access control) que consiste en un conjunto de reglas incorporadas a las interfaces de ethernet y que permiten a múltiples computadoras el acceso compartido de la red, (c) los componentes de la tarjeta de red, que consisten en la estandarización de unos dispositivos electrónicos que envían y reciben señales a través de la red de ethernet y (d) el medio físico, que consiste en cables y otros equipos utilizados para transportar las señales digitales de ethernet entre los ordenadores conectados a la red.

Ventajas de ethernet

Entre las principales ventajas que se obtienen al emplear ethernet sobresalen las siguientes:

1. Los datos pueden fluir dentro de esta tecnología, así también entre versiones de más velocidad o menos, sin necesidad de un protocolo de traducción.
2. El costo en los equipos es reducido y tienen una amplia popularidad en el mercado.
3. Existe una amplia variedad de versiones que se pueden adecuar a las necesidades de la infraestructura y la economía del usuario.
4. Disponen de una alta velocidad (banda ancha).
5. Una de las principales razones del éxito de ethernet se ha debido a que el protocolo usa el mismo medio físico como el cobre, par trenzado o fibra óptica (Leinwand y Pinsky, 2001).

Inconvenientes de ethernet

También existen algunos inconvenientes de la tecnología ethernet. Entre las principales se pueden señalar:

1. Se necesita un cableado estructurado exclusivo.
2. Si el cableado existente no se encuentra dentro de los estándares, puede haber un costo sustancial en la nueva instalación.
3. No debe instalarse en ambientes con ruido, ya que puede afectar al flujo de datos.
4. El reparto no equilibrado de recursos, puesto que la red reparte de forma equitativa el número de tramas transmitidas por segundo y no el número de bits por segundo, por lo que el ancho de banda de una estación en una red saturada es proporcional al tamaño de las tramas que transmite, es decir, quien emita tramas grandes conseguirá más ancho de banda.
5. El efecto captura que se presenta cuando existe una notable diferencia en la potencia de procesamiento entre una estación y otra (Montañana, 1999).

Por su relevancia consideraremos un ejemplo: una red ethernet formada por dos ordenadores A y B, cada uno de los cuales dispone de una cola de tramas a enviar; A es un ordenador muy potente, capaz de procesar y preparar la trama a enviar en un tiempo inferior al interframe spacing (IFS) entre tramas, por tanto A sería capaz en teoría de saturar la red él solo, concatenando cada trama con la siguiente. Por el contrario B es un ordenador más lento, incapaz de saturar la red, ya que no puede preparar las tramas en tan poco tiempo. Supongamos que A y B intentan empezar a transmitir a la vez, produciéndose por tanto una colisión, en la segunda

iteración A elige el intervalo 0 y B el 1, con lo que A consigue transmitir primero y B lo hará después. B no puede transmitir enseguida que A termine, ya que tiene que respetar el IFS entre tramas; pero B colisionará con A, ya que para entonces A tiene preparada una segunda trama que intenta enviar a la vez que B intenta reenviar la primera; esta colisión es el segundo intento para B pero primero para A (puesto que para A se trata de una nueva trama que no ha sufrido ninguna colisión anterior). Por tanto A reintentará eligiendo entre los intervalos 0 y 1, mientras que B reintentará eligiendo entre 0, 1, 2 y 3. Estadísticamente A tendrá más probabilidades de transmitir antes, ya que ha de elegir entre un rango de intervalos menor y por tanto tiene más probabilidades de elegir uno más pequeño. Este proceso se repite en las tramas siguientes, siendo la situación cada vez más favorable para A, ya que B aumentará su número de intervalos en cada nuevo intento, mientras que A, al conseguir transmitir su trama, pone a cero su contador cada vez. Finalmente B agotará el máximo de 16 colisiones consecutivas, momento en el cual descarta la trama y pone a cero su contador; sólo entonces podrá competir en igualdad de condiciones con A, pero dada la rapidez de A el ciclo se repite y la situación pronto se vuelve de nuevo desfavorable a B.

Operación de ethernet

En cuanto a su funcionamiento ethernet se basa en la contención (Shaughnessy y Velte, 2000). Los dispositivos que comparten un segmento LAN ethernet escuchan el tráfico que se está transportando sobre el cableado y no transmiten un mensaje hasta que el medio está limpio. Si dos estaciones envían a la

vez y sus paquetes chocan, ambas transmisiones son abortadas y las estaciones se detienen y esperan un intervalo de tiempo aleatorio antes de volver a retransmitir. La descripción anterior es ejecutada por el algoritmo CSMA/CD (IEEE standard, 2005) para escuchar el tráfico, detectar colisiones y abortar las transmisiones. La relación del estándar 802 con el modelo OSI tradicional ha subdividido el nivel de enlace en dos subniveles: el control de enlace lógico (LLC, Logical Link Control) y la MAC (Forouzan, 2007), como se muestra en la Figura 1.

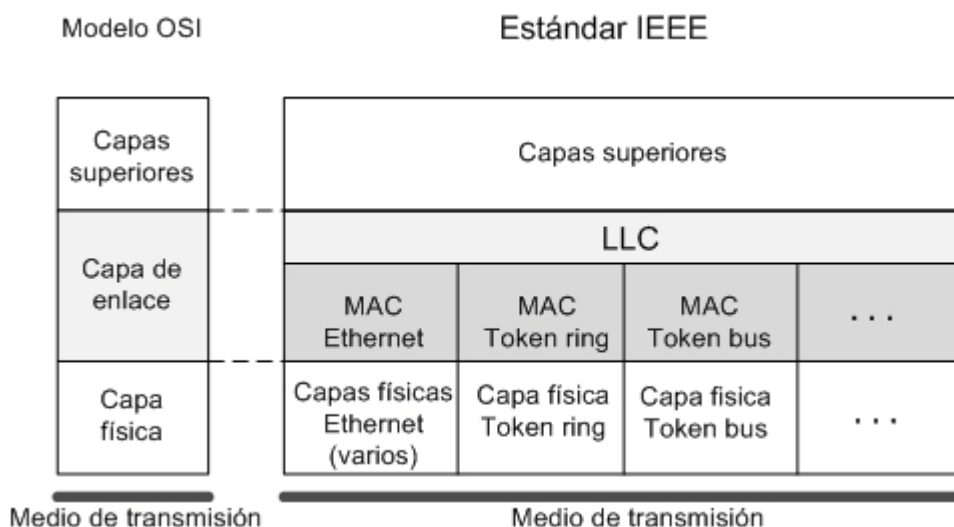


Figura 1. Subniveles LLC y MAC de la capa de enlace. Tomado de Forouzan (2007).

La norma IEEE 802.3 divide la capa física en varias capas funcionales (Altés y Hesselbach, 2002) con su interfaz entre ellas, donde: (a) MAC es la subcapa inferior de la capa de enlace de datos para el control de acceso al medio físico de transmisión, (b) Physical Layer Signalling (PLS) es la subcapa superior de la capa física, (c) Attachment Unit Interface (AUI) es la interfaz de la unidad de conexión, entre la MAU y la PLS y (d) Medium Attachment Unit (MAU) es la unidad de conexión

al medio físico de transmisión y se divide en Medium Dependant Interface (MDI), interfaz dependiente del medio físico de transmisión y Physical Medium Adapter (PMA), adaptador al medio físico de transmisión.

Control de enlace lógico

El control de enlace gestiona el tramado, el control de flujo y el control de error. El LLC proporciona un único protocolo de control de enlace de datos para todas las LAN IEEE (IEEE standard 802.2, 1998). El objetivo del LLC es proporcionar control de flujo y error para los protocolos de más alto nivel que realmente demanden estos servicios. La IEEE ha definido este protocolo que opera encima de los protocolos ethernet y 802, además el LLC esconde las diferencias entre los distintos tipos de redes 802, proporcionando un formato único y una interfaz con la capa de red. El LLC forma la mitad superior de la capa de enlace de datos, con la subcapa MAC por debajo de él.

En las siguientes líneas se explica el uso típico del LLC. La capa de red de la máquina emisora pasa un paquete al LLC usando las primitivas de acceso del LLC. A continuación la subcapa LLC agrega un encabezado LLC que contiene los números de secuencia y confirmación de recepción. La estructura resultante se introduce en el campo de carga útil de una trama 802 y se transmite. En el receptor ocurre el proceso inverso.

Además, el LLC proporciona tres opciones de servicio: (a) servicio no confiable de datagramas, (b) servicio de datagramas sin confirmación de recepción y (c) servicio confiable orientado a la conexión. El encabezado LLC contiene tres

campos: un punto de acceso de destino, un punto de acceso de origen y un campo de control. Los puntos de acceso indican de cual proceso proviene la trama y en donde se van a enviar, el campo de control contiene números de secuencia y de confirmación de recepción (Tanenbaum, 2003). Estos campos se utilizan principalmente cuando se necesita una conexión confiable en el nivel de enlace de datos. Los servicios necesarios de la subcapa LLC por parte de la capa de red para permitir a una entidad local de la capa de red un intercambio de paquetes con entidades remotas de la capa de red, dichos servicios se describen de una manera abstracta y no implica ninguna aplicación en particular o cualquier interfaz expuesta.

Las tres formas de servicio que se proporcionan son: (a) modo de servicio de conexión no reconocida, (b) modo de conexión de servicios y c) modo de conexión reconocido (IEEE standard 802.2, 1998).

El servicio de conexión no reconocida es el conjunto de servicios de transferencia de datos que proporciona los medios por los cuales las entidades de red pueden intercambiar las unidades de servicio de enlace de datos (Link layer Service Data Unit, LSDU) sin el establecimiento de una conexión de datos de nivel de enlace. La transferencia de datos puede ser punto a punto, multicast o broadcast.

El modo de conexión de servicios proporciona los medios para establecer (utilizando restablecimientos) y terminar las conexiones de datos en la capa de enlace. Estas conexiones son de punto a punto entre los servicios de enlace de punto de acceso (Link Service Access Point, LSAP) y son las siguientes:

1. *El servicio de establecimiento de la conexión* proporciona el medio por el cual una entidad de red puede solicitar o ser notificado del establecimiento de las

conexiones de la capa de enlace de datos.

2. *El servicio orientado a la conexión de transferencia de datos* proporciona el medio por el cual una entidad de red puede enviar o recibir LSDU de una capa de enlace de conexión de datos. Este servicio también proporciona datos, secuenciación de la capa de enlace, control de flujo y recuperación de errores.

3. *El servicio de restablecimiento de conexión* proporciona los medios por los cuales se pueden establecer conexiones de regreso a su estado inicial.

4. *El servicio de terminación de conexión* proporciona el medio por el cual una entidad de red puede solicitar o ser notificado de la terminación de las conexiones de la capa de enlace de datos.

5. *El servicio de conexión de control de flujo* proporciona los medios para controlar el flujo de datos asociados a una conexión específica, a través de la capa de red y de la capa de enlace de datos en la interface.

El modo de conexión reconocido proporciona los medios por los cuales las entidades de la capa de red pueden intercambiar LSDU reconocidas en la subcapa LLC, sin el establecimiento de una conexión de enlace de datos. Los servicios para proporcionar un medio por el cual una entidad de capa de red, en una estación, puede enviar un dato a otro lugar y solicitar datos previamente preparados de otra estación o el intercambio de unidades de datos con otra estación. La unidad de transferencia de datos es de punto a punto.

Control de acceso al medio (MAC)

El subnivel MAC controla la operación de los métodos de acceso, también

hace tramas con los datos recibidos del nivel superior y los pasa a la capa física. La subcapa MAC define un medio independiente de la instalación, construida en el medio físico que dependen de la instalación proporcionada por la capa física y bajo la capa de acceso LAN independiente de la subcapa LLC (u otro cliente MAC). Esto se aplica a una clase general de medios de broadcast de área local adecuado para su uso con los medios de comunicación conocida como CSMA/CD.

La subcapa LLC y la subcapa MAC tienen la misma función que se describe en el modelo OSI para la capa de enlace de datos. En una red de difusión, la noción de un enlace de datos entre dos entidades de red no corresponde directamente a una conexión física. Sin embargo, partiendo de las funciones presentadas en este nivel, es requerida la encapsulación de datos y la gestión de medios, dos funciones principales generalmente asociadas con una base de datos de control de enlace que se realizan con la subcapa MAC.

La encapsulación de datos (transmisión y recepción) tiene la siguientes características: (a) el entramado (trama de delimitación de fronteras, trama de sincronización), (b) direccionamiento (manipulación de direcciones de origen o destino) y (c) detección de errores (detecta transmisiones de errores en el medio físico).

La gestión de medios presenta las siguientes características: (a) asignación del medio (para evitar colisiones) y (b) resolución de contención (manipulación de la colisión).

La subcapa de control MAC es transparente tanto en el MAC subyacente y el cliente (normalmente LLC). La subcapa MAC opera de manera independiente de su

cliente, es decir, se desconoce si LLC es el cliente o la subcapa de control MAC. Esto permite que la subcapa MAC sea especificada de cierta manera dependiendo de su implementación.

Esta norma tiene dos modalidades de funcionamiento de la subcapa MAC:

1. El modo half dúplex: Las estaciones contienden para el uso del medio físico, utilizando algoritmos especificados del CSMA/CD. En el half dúplex la operación es posible en todos los medios soportados. En este modo los protocolos de comunicación son incapaces de soportar la transmisión y recepción simultáneas sin interferencias, por ejemplo, 10BASE2 y 100BASE-T4.

2. El modo full dúplex: puede utilizarse cuando el medio físico es capaz de soportar la transmisión y recepción simultáneas sin interferencia (por ejemplo, 10BASE-T, 10BASE-FL y 100BASE-TX/FX). También puede emplearse si hay exactamente dos estaciones de la LAN. Esto permite que el medio físico sea tratado como un full dúplex punto a punto entre las estaciones. Dado que no existe una controversia para el uso de un medio compartido, los algoritmos de acceso múltiple (CSMA /CD) son innecesarios. Un tercer caso es cuando ambas estaciones de la LAN tienen la capacidad para utilizar full dúplex.

La configuración más común de full dúplex consiste en un puente central (también conocido como un switch), con una LAN conectando cada puerto del puente a un solo dispositivo.

La trama de Ethernet

En la Tabla 2 se muestran los campos que integran una trama de Ethernet

(IEEE estándar 802.3, 2002) y a continuación se describen cada uno de estos.

Preámbulo: Campo de siete bytes (56 bits) que contiene una secuencia de bits usada para sincronizar y estabilizar el medio físico antes de iniciar la transmisión de datos. El patrón del preámbulo es: 10101010 10101010 10101010 10101010 10101010 10101010 10101010

Estos bits se transmiten en orden de izquierda a derecha y en la codificación Manchester representan una forma de onda periódica.

Tabla 2

Formato de trama de ethernet (en bytes)

Preámbulo	SFD	Destino	Origen	Tipo	Datos	FCS
7	1	6	6	2	46 a 1,500	4

Nota: Tomado de IEEE estándar 802.3 (2008).

Delimitador de inicio de trama (SFD): Campo de un byte (8 bits, 10101011) que contiene un patrón de 1 y 0 alternados y que termina con dos 11 consecutivos, indica que el siguiente bit será el bit más significativo del campo de dirección (MAC) de destino. Aunque se detecte una colisión durante la emisión del preámbulo o del SFD, el emisor debe continuar enviando todos los bits de ambos hasta el fin del SFD.

Dirección de destino: Campo de seis bytes (48 bits) que especifica la dirección MAC de tipo EUI-48 hacia la que se envía la trama. Esta dirección de destino puede ser de una estación, de un grupo *multicast* o la dirección de *broadcast* de la red. Cada estación examina este campo para determinar si debe aceptar el paquete.

Dirección de origen: Campo de seis bytes (48 bits) que especifica la dirección

MAC de tipo EUI-48 desde la que se envía la trama. La estación que deba aceptar el paquete conoce a través de este campo la dirección de la estación origen con la cual intercambiar datos.

Tipo: Campo de dos bytes (16 bits) que identifica el protocolo de red de alto nivel asociado con el paquete, o en su defecto la longitud del campo de datos. Es interpretado en la capa de enlace de datos.

Datos: Campo de 46 a 1,500 Bytes de longitud. Cada byte contiene una secuencia arbitraria de valores. El campo de datos es la información recibida del nivel de red (la carga útil). Este campo también incluye los H3 y H4 (cabeceras de los niveles 3 y 4), provenientes de niveles superiores.

Secuencia de verificación de trama (FCS, Frame check sequence): Campo de 32 bits (4 bytes) que contiene un valor de verificación de control de redundancia cíclica (CRC). Este CRC es calculado por el emisor sobre el contenido de la trama y vuelve a calcularlo el receptor para compararlo con el recibido y verificar la integridad de la trama. La codificación es definida por el siguiente generador polinomial: $G(x) = x^{32} + x^{26} + x^{23} + x^{22} + x^{16} + x^{12} + x^{11} + x^{10} + x^8 + x^7 + x^5 + x^4 + x^2 + x + 1$

Matemáticamente, el CRC es un valor correspondiente a un determinado frame y está definido por el siguiente procedimiento:

1. Los primeros 32 bits del frame se complementan.
2. Los n bits del frame son considerados como coeficientes del polinomio $M(x)$ con $(n - 1)$, además, el primer bit del campo de la dirección destino corresponde al termino $x^{(a-1)}$ y el primer bit del campo de datos corresponde al termino x^0 .
3. $M(x)$ es multiplicado por x^{32} y dividido por $G(x)$, produciendo un resultado

$R(x)$ que ≤ 31 .

4. Los coeficientes de $R(x)$ son considerados como una secuencia de 32 bits.
5. El bit de secuencia es complementado y es el resultado del CRC.

El protocolo CSMA/CD

El protocolo CSMA/CD ejecuta tres funciones: (a) transmitir y recibir paquetes de datos, (b) decodificar paquetes de datos y verificar que las direcciones sean válidas antes de transferirlos a las capas superiores del modelo OSI y (c) detectar errores dentro de los paquetes de datos o en la red (IEEE estándar 802.3, 2002).

El protocolo CSMA/CD es el guardia de tráfico que controla lo que de otra forma sería un tráfico aleatorio. Restringe el acceso al cable para asegurar la integridad de las transmisiones.

Como el medio se comparte, cada dispositivo del segmento LAN ethernet recibe el mensaje y lo comprueba para ver si la dirección destino coincide con su propia dirección. Si es así, el mensaje se acepta y se procesa a través de la pila superior del modelo de referencia OSI y se realiza una conexión de red. Si la dirección no coincide, los paquetes se desechan. CSMA/CD utiliza el modelo conceptual de la Figura 2. En el punto marcado con t_0 , una estación termina de transmitir su trama. Otra estación que tenga una trama por enviar podrá intentar hacerlo. Si dos o más estaciones deciden transmitir en forma simultánea, habrá una colisión. Las colisiones pueden detectarse comparando la potencia o el ancho de pulso de la señal recibida con el de la señal transmitida. Al detectar una colisión la estación aborta la transmisión, espera un tiempo aleatorio e intenta de nuevo, suponiendo que ninguna otra estación ha comenzado a transmitir durante ese lapso.

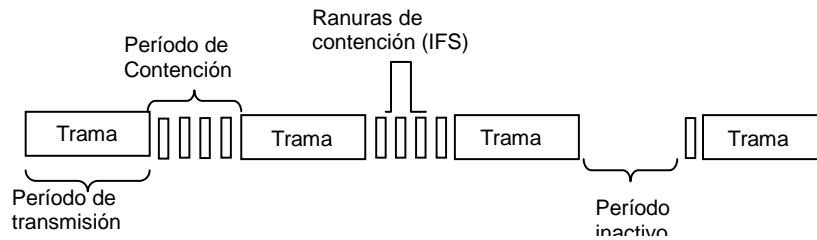


Figura 2. Modelo conceptual del CSMA/CD. Tomado de Tanenbaum (2003).

Por lo tanto, el modelo CSMA/CD consiste en períodos alternantes de contención y transmisión, ocurriendo períodos de inactividad cuando todas las estaciones están en reposo o inactividad. Es importante darse cuenta de que la detección de colisiones es un proceso analógico, el hardware de la estación debe escuchar el cable mientras transmite, si lo que lee es distinto a lo que puso en él, sabe que está ocurriendo una colisión.

La implicación es que la codificación de la señal debe permitir que se detecten colisiones, por ejemplo la colisión de dos señales de cero voltios sería imposible de detectar, por esta razón, por lo general se utiliza una codificación especial. Es importante señalar que una estación emisora debe monitorear de manera continua el canal en busca de ráfagas de ruido que puedan indicar una colisión. Por esta razón CSMA/CD es inherentemente semidúplex. Es imposible que una estación transmita y reciba tramas al mismo tiempo.

Es importante hacer notar que ningún protocolo de la subcapa MAC garantiza la entrega confiable, incluso en ausencia de colisiones.

Modulación de ethernet

Para el cableado categoría 5, el diseño 100Base-TX es relativamente simple porque los cables pueden manejar velocidades de reloj de 125 MHz, solo se utilizan dos cables de par trenzado por estación, uno para enviar y otro para recibir. Se usa la codificación 4B/5B para proporcionar la sincronización como se muestra en la Figura 3 (Forouzan, 2007). El uso del esquema de codificación 4B/5B (Held, 2003) permite que los datos y el control de la información se lleven en cada símbolo representado por un grupo de códigos de cinco bits.

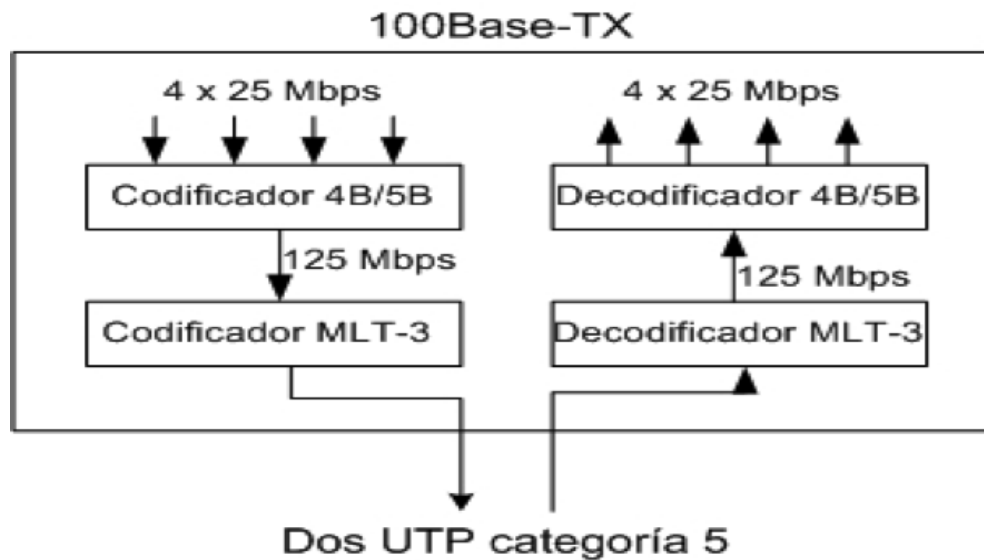


Figura 3. Codificación fast ethernet. Tomado de Forouzan (2007).

La codificación binaria directa no se utiliza, pues en su lugar se toma un esquema llamado 4B/5B tomado de las redes FDDI y compatible con ellas (Spurgeon, 2000). Cada grupo de cinco períodos de reloj, cada uno de los cuales contiene uno de dos valores de señal, da 32 combinaciones. 16 de estas

combinaciones se utilizan para transmitir los cuatro grupos de bits 0000, 0001, 0010...1111. Algunos de los 16 restantes se utilizan para control, como el marcador de límites de trama. Las combinaciones utilizadas eligen cuidadosamente para proporcionar suficientes transiciones para mantener sincronización de reloj. El sistema 100Base-TX es dúplex total y puede transmitir y recibir a 100 Mbps al mismo tiempo.

Hardware utilizado en una red ethernet

Los elementos en una red ethernet son los nodos de red y el medio de interconexión. Dichos nodos de red se pueden clasificar en dos grandes grupos: Equipo Terminal de Datos (DTE) y Equipo de Comunicación de Datos (DCE). Los DTE son los dispositivos que generan o son el destino de los datos, tales como las computadoras personales, las estaciones de trabajo, los servidores de archivos y los servidores de impresión; todos son parte del grupo de estaciones finales.

Por su parte los DCE son los dispositivos de red intermediarios que reciben y retransmiten las tramas dentro de la red y pueden ser ruteadores, conmutadores (switch), concentradores (hub), repetidores o interfaces de comunicación, como un módem o una tarjeta de interfaz.

Tarjeta de interfaz de red (NIC): permite el acceso de una computadora a una red local. Cada adaptador posee una dirección MAC que la identifica en la red y es única. Una computadora conectada a una red se denomina nodo.

Repetidor o repeater: aumenta el alcance de una conexión física, recibiendo las señales y retransmitiéndolas, para evitar su degradación a lo largo del medio de transmisión, lográndose un alcance mayor. Usualmente se usa para unir dos áreas

locales de igual tecnología y sólo tiene dos puertos. Opera en la capa física del modelo OSI.

Concentrador o hub: funciona como un repetidor, pero permite la interconexión de múltiples nodos, su funcionamiento es relativamente simple, ya que recibe una trama de ethernet y la repite por todos sus puertos, sin llevar a cabo ningún proceso sobre las mismas. Opera en la capa física del modelo OSI.

Puente o bridge: interconecta segmentos de red, haciendo el cambio de *frames* entre las redes de acuerdo con una tabla de direcciones que dice en qué segmento está ubicada una dirección MAC.

Conmutador o switch: funciona como el bridge, pero permite interconectar múltiples segmentos de red; opera a velocidades más rápidas y es más sofisticado. Los switches tienen otras funcionalidades, como definir redes virtuales y permiten su configuración a través de la red. Su funcionamiento básico es en la capa física y de enlace de datos del modelo OSI, por lo cual son capaces de procesar información de las tramas, siendo su funcionalidad más importante las tablas de dirección.

Por ejemplo, una computadora conectada al puerto uno del conmutador envía una trama a otra computadora conectada al puerto dos, el switch recibe la trama y la transmite a todos sus puertos, excepto aquel por donde la recibió, la computadora dos recibirá el mensaje y eventualmente lo responderá, generando tráfico en el sentido contrario, por lo cual ahora el switch conocerá las direcciones MAC de las computadoras en el puerto uno y dos, así cuando reciba otra trama con dirección de destino a alguna de ellas, sólo transmitirá la trama a dicho puerto, lo cual disminuye el tráfico de la red y contribuye al buen funcionamiento de la misma.

Eficiencia en la transmisión

Ethernet no es muy eficiente al transferir pequeñas cantidades de datos. Los datos ethernet viajan en estructuras llamadas frames (Axelson, 2003). Cada frame debe tener entre 46 y 1500 bytes de datos. Junto con los datos, cada frame incluye 26 bytes de sincronización, direccionamiento, detección de errores y otros datos de identificación. Por tanto, para transmitir un solo byte de datos, el frame que contiene ese byte también debe incluir 26 bytes de overhead más 45 bytes de relleno. Otros protocolos como TCP e IP agregan más overhead de una aplicación específica que no necesita. Pero lo que realmente importa es que los mensajes lleguen a su destino a tiempo, al menos que el tráfico de la red sea muy pesado, por lo general no importa si el formato de datos posiblemente no sea muy eficiente.

Todas las variantes de ethernet se basan en el procedimiento CSMA/CD por lo que pueden ser compatibles entre sí (Dembowski, 2003). La tasa de transferencia no se multiplica por diez ni por 100 automáticamente, es algo que está fundamentado en el mismo protocolo CSMA/CD. La tasa de transferencia depende además de cuantos equipos están conectado a la red y que tipo de datos (pocos archivos grandes o muchos archivos pequeños) se transmiten. La razón por la que se alcanzan tasas de transferencia muy por debajo de las posibles es la misma que en el estándar ethernet original (10 Mb/s).

Power line communications

La PLC, también llamada internet eléctrico, hace posible la transmisión de voz y datos a través de la línea eléctrica doméstica o de baja tensión (Koch, 2001). Esta

tecnología hace posible que conectando un módem ó switch PLC a cualquier enchufe de la casa, se puede acceder a internet a una velocidad entre de 2 y 20 Mbps, aunque en las pruebas que ha realizado la empresa española DS2 se han llegado a alcanzar los 45 Mbps de subida. Actualmente se han desarrollado equipos con velocidades de 200 Mbps. Donde las redes de banda estrecha pueden realizar sólo un pequeño número de canales de voz y transmisión de datos con velocidades muy bajas. Por su parte las redes de banda ancha PLC ofrecen la realización de más servicios avanzados de telecomunicaciones como múltiples conexión de voz, datos de alta velocidad de transmisión, transferencia de señales de vídeo así como servicios de banda ancha (Hrasnica, Haidine y Lehnert, 2004).

La tecnología PLC está enfocada a dos tipos de servicios independientes pero complementarios: (a) La MAN, como método para dar servicio en el bucle final del abonado y (b) In-home, para crear redes LAN a través de la red eléctrica de los hogares (Schwager, 2005).

En modo de MAN, PLC funciona desde un nodo conectado a internet en la subestación eléctrica o centro de transformación, lugar en el cual se encuentra la cabecera PLC que realiza la conversión entre la señal óptica del backbone de la red a la señal eléctrica utilizada en PLC. Desde este punto hasta el hogar, el cable eléctrico transporta energía y datos, los cuales han de ser leídos por un chipset o electromódem colocado en cada aparato doméstico. Dependiendo de la distancia entre la cabecera PLC y el usuario, será necesaria la utilización de equipos de repetición. Esta distancia es de unos 300 metros.

Así pues, bajo la tecnología PLC cada enchufe del hogar/empresa se

convierte en un punto de acceso universal de tal modo que con un enchufe se puede alimentar a la computadora, navegar por Internet y hablar por teléfono al mismo tiempo.

Inconvenientes del PLC

El cable eléctrico es una línea metálica recubierta de un aislante. Esto genera a su alrededor ondas electromagnéticas que pueden interferir con las frecuencias de otras ondas de radio (Muñiz, 2005). Así, existe un problema de radiación, por ruido hacia otras señales en la misma banda de frecuencias, como de radiación de datos, por lo que será necesario aplicar algoritmos de cifrado. No obstante, la radiación que produce es mínima y la potencia de emisión es de 1 mW, muy por debajo de los 2 W de telefonía móvil. Cumple todas las normativas europeas incluyendo la estricta normativa alemana.

Otro problema es la estandarización de la tecnología PLC, ya que en el mundo existen alrededor de 40 empresas desarrollándola.

Para solventar este problema, la organización internacional PLC Forum intenta conseguir un sistema estándar negociando una especificación para la coexistencia de distintos sistemas PLC.

Ventajas del PLC

Las principales ventajas de la tecnología PLC son:

1. Utiliza infraestructura ya desplegada (la red eléctrica).
2. Funciona en cualquier lugar de la casa, con un enchufe es suficiente para estar conectado.

3. Tienen un coste competitivo en relación con tecnologías alternativas.
4. Ofrece alta velocidad de conexión (banda ancha).
5. Suministra múltiples servicios con la misma plataforma tecnológica IP, así un sólo módem permite acceso a Internet, telefonía, domótica, televisión interactiva, seguridad, etcétera.
6. Ofrece una instalación rápida y sencilla.
7. Permite una conexión permanente.

Además, PLC constituye una alternativa a los cables telefónicos. En España, por ejemplo, más 50% del mercado de telecomunicaciones está asociado a segmentos residenciales, pequeñas oficinas y oficinas en casa, las cuales están cubiertas en su mayoría por la compañía Telefónica, pues las compañías operadoras de cable apenas lo cubren. Es decir, no hay competencia y por lo tanto la tecnología PLC se puede convertir en una alternativa real al resto de tecnologías alternativas.

Medio de transmisión

Las líneas eléctricas fueron concebidas (con respecto a su frecuencia) para la transmisión de 50-60 Hz en la mayoría de los casos.

En altas frecuencias (como en el caso de señales PLC), la línea de alimentación es muy hostil para la propagación de una señal. Las redes PLC operan (como medio de transmisión) con el estándar de cableado eléctrico y como tal, consisten en una variedad de tipos de conductores y las secciones transversales de uniones es casi al azar, por lo tanto, existe una amplia variedad de impedancias que están presentes en la red eléctrica, además, la impedancia total de red eléctrica

tiende a variar tanto con las frecuencias de la señal de comunicación como con la carga de los consumidores locales de manera distinta, esta falta de sincronización causa un efecto multirutas de acceso resultante en las muescas profundas en ciertas frecuencias. En un ambiente familiar típico, la atenuación en la línea de alimentación es de entre 20 dB y 60 dB, dependiendo de la carga.

Las principales fuentes de ruido en la línea eléctrica son los aparatos electrodomésticos, que utilizan una frecuencia entre 50-60 Hz. El ruido eléctrico que generan los componentes se extienden en el espectro de alta frecuencia, las fuentes más comunes de ruido eléctrico son las lámparas fluorescentes y de halógeno, las fuentes de alimentación conmutadas, así como motores e interruptores tipo dimmer de resistencia variable. También las señales de radio de banda ciudadana, comerciales, militares y las estaciones de aficionados, alteran seriamente ciertas bandas de frecuencia en el canal de cable eléctrico.

La comunicación a través de este medio hostil requiere de una buena técnica de corrección de errores (FEC), de codificación, de entrelazado, métodos de detección de errores y repetición automática de respuesta (ARQ), junto con esquemas de modulación adecuada, así como un robusto protocolo de acceso al medio (MAC) para superar estos impedimentos.

Modulación empleada

La señal PLC va modulada entre 1.6 y 40 MHz dependiendo del sistema. Principalmente se usan tres tipos de modulación:

1. Direct Sequence Spread Spectrum Modulation (DSSSM). Puede operar con

baja densidad de potencia espectral (PSD).

2. Multiplexación ortogonal por división de frecuencias (OFDM, Orthogonal Frequency Division Multiplex). Usa un gran número de portadoras con anchos de banda muy estrechos (por ejemplo, Codengy y DS2).

3. Gaussian Minimum Shift Keying (GMSK). Es una forma especial de modulación en banda estrecha (por ejemplo, Ascom).

Cabe recordar que la red eléctrica es considerada un medio hostil, ya que además de la señal de datos en el medio, está presente la señal de potencia de la línea eléctrica, que en México es de 120v (Comisión federal de electricidad, 2008), provoca ruidos e interferencias y además, está sometida a cargas eléctricas no constantes ni controladas, como son los equipos eléctricos y electrónicos conectados y desconectados en cualquier momento, haciendo que las características del medio eléctrico varíen con respecto al tiempo y repercutan en la transmisión de los datos. Para evitar tantos inconvenientes es necesario modular los datos con un método robusto y fiable; para ello, la mayoría de las empresas enfocadas en esta tecnología utilizan la modulación OFDM.

Los conceptos básicos de la modulación OFDM son relativamente simples. En la Figura 4 se presenta un esquema donde se puede observar que se combinan señales individuales, pero antes las desfasa para poder representar cada uno de los bits de señal, de esta manera el sistema modula de cada uno de los bits sobre señales individuales y permite que se puedan enviar una gran cantidad de bits en una pequeña fracción de tiempo. Esta modulación es empleada por los dos switches que se han empleado en los experimentos de este estudio.

Todos estos sistemas ocupan el espectro de HF (onda corta).

El espectro empleado por la empresa ASCOM utiliza tres grupos de portadoras en cada sentido con una capacidad de entre 0.75 Mbps y 1.5 Mbps cada una.

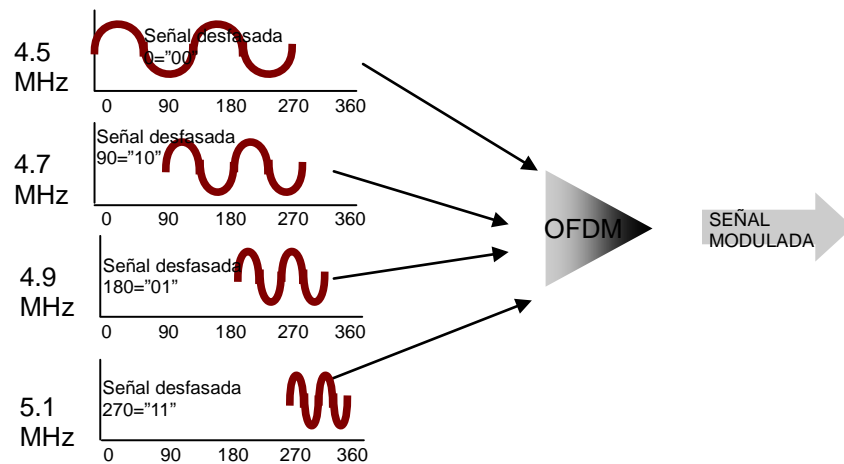


Figura 4. Modulación OFDM. Tomado de Pérez (2002).

El sistema con OFDM también utiliza tres enlaces en cada sentido, pero al hacerlo mediante un sistema multiportador es más eficiente y flexible. Los fabricantes se diferencian según el número de portadoras. El sistema de Codengy, consiste en 84 portadoras de 4.5 MHz a 21 MHz, con una capacidad total máxima de 14 Mbps. Y el sistema de DS2 con 1280 portadoras. De las cuales 768 son ascendentes y 512 de retorno, con 0, 2, 4 u 8 bits de información por portadora hasta 30 MHz y un flujo de datos de 200 Mbps (Muñiz, 2005).

La principal ventaja de este sistema es que se puede adaptar fácilmente a los cambios en las condiciones de transmisión de la línea eléctrica y que se pueden

utilizar filtros para proteger los servicios que puedan resultar interferidos.

La forma de implementar estos filtros es variada y en general se tiene un sistema de control de espectro (Spectral Density Control) diferente según el fabricante.

La desventaja de colocar filtros, como se muestra en la Figura 5, consiste en una disminución del ancho de banda máximo y la velocidad binaria alcanzable por el sistema.

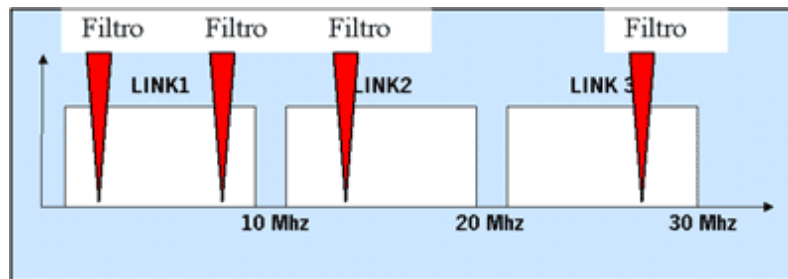


Figura 5. Sistema OFDM con filtros.

La capa de control de acceso al medio (MAC)

La capa MAC del estándar HomePlug 1.0 está basado en el acceso múltiple por detección de portadora con evasión de colisiones (CSMA/CA) para el transporte de datos de 46 a 1,500 bytes de largo por frame de encapsulamiento IEEE 802.3 como servicio de unidad de datos MAC (MSDU). El protocolo CSMA/CA permite que múltiples estaciones utilicen un mismo medio de transmisión.

En un esquema de cuatro niveles de prioridades, debe cumplirse estrictamente el acceso prioritario, esto es cuando el tráfico de mayor prioridad debe

ser capaz de obtener el acceso al medio, tan pronto como un segmento de menor prioridad ha sido enviado.

La contención en el canal se limita a aquellos nodos que están activos en el período de resolución. Las estaciones que interfieren en una colisión deben recurrir al procedimiento de retroceso, por el que sucesivamente aumenta la cantidad de tiempo de demora al azar en el período de contención, hasta un punto máximo y esto depende del nivel de prioridad de los datos. HomePlug 1.0 utiliza el número de veces que una estación se ha retardado con respecto a otras en el mismo nivel de prioridad para inferir la cantidad de tráfico presente en ese nivel y para ajustar el rango de retroceso.

El servicio de MSDU se usa para limitar el tiempo de transmisión en la capa física (PHY) y se reduce de forma adaptativa. Cada segmento de unicast es reconocido parcialmente por la técnica de ARQ que es una opción de los segmentos para multicast/broadcast y donde el remitente sabe que al menos una estación recibió el segmento correctamente.

El segmento de ruptura evita la lucha por el medio entre cada segmento, pero permite y previene el tráfico de mayor prioridad. Una de las funciones de la MAC es la gestión de la estimación del canal y la tasa de adaptación, así como la gestión para el cifrado de redes lógicas. Todas las estaciones de la red lógica comparten la misma clave estándar de encriptación de datos (DES) llamada clave de cifrado de red (NEK).

Esto es necesario ya que en los apartamentos múltiples pueden compartir el mismo transformador y esto permite que los nodos en un apartamento puedan

escuchar al protocolo de unidad de datos de la capa física (PPDUs) enviados por los nodos en un apartamento vecino por este medio de difusión. Un registro IEEE de tipo ethernet permite que la información de gestión MAC pase de forma transparente.

Mecanismos de transmisión

El mecanismo PLC utiliza dos portadoras, una física y una virtual. La física es la encargada de la transmisión, mientras que la virtual es una señal de sincronización que permite conocer si el medio está ocupado.

En cuanto a la trama de transmisión utilizada por PLC, esta consiste en un delimitador inicial, un núcleo y un delimitador final de la trama (Garder, Markwalter y Yonge, 2008), como se presenta en la Figura 6.

La información colocada en el campo de la trama de control de cada uno de los delimitadores es la que permite al receptor determinar por cuanto tiempo va a estar ocupado ese canal de transmisión, incluso si el receptor perdiera la sincronización de la trama. De esta manera las colisiones no van a poder ser detectadas durante la transmisión debido al amplio rango de frecuencias del sistema por lo que las colisiones del sistema serían detectadas únicamente como la ausencia de una señal esperada por parte del destinatario.

En cuanto al acceso al medio, esta tecnología está basada en un método aleatorio similar al utilizado por la IEEE 802.3. Según marca las especificaciones homeplug 1.0 la capa física usa canal de acceso sobre la base de CSMA/CA para el transporte de datos de 46 a 1,500 bytes de largo. El protocolo CSMA/CA permite que múltiples estaciones utilicen un mismo medio de transmisión.

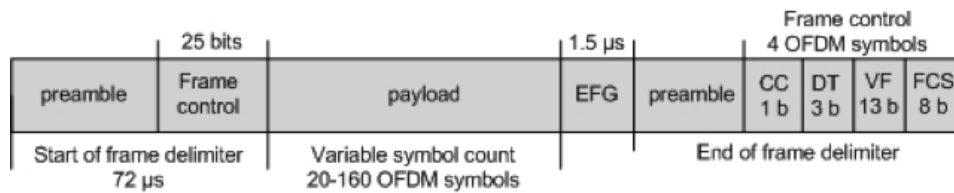


Figura 6. Formato de la capa física de homeplug 1.0. Tomado de Lee, Newman, Latchman, Katar y Yonge (2000).

Cada equipo anuncia opcionalmente su intención de transmitir antes de hacerlo; esto se hace para evitar colisiones entre los paquetes de datos. De esta forma, el resto de equipos de la red sabrán cuando hay colisiones y en lugar de transmitir la trama en cuanto el medio está libre, se espera un tiempo aleatorio adicional corto y solamente si, tras ese corto intervalo, el medio sigue libre, se procede a la transmisión reduciendo la probabilidad de colisiones en el canal.

Censado de portadora y detección de colisión sobre PLC

Debido a la atenuación, el ruido y la adaptación del canal, es difícil utilizar una sola técnica de detección de portadora física (PCS) que se utiliza en muchos sistemas CSMA tales como en ethernet. La capa física HomePlug 1.0 informa a la PCS mediante la detección de los preámbulos, mientras que la capa MAC mantiene el censado de la portadora virtual (VCS) utilizando lo campo de la longitud de la trama de control SOF junto con la información sobre si se espera una respuesta o no.

Del mismo modo, la detección de colisión directa como se utiliza en ethernet es poco fiable debido a la atenuación y otros factores, por lo que las colisiones sólo se pueden deducir por la falta de respuesta después de que un frame es enviado.

Esto hace que las colisiones sean muy costosas en comparación con sistemas CSMA/CD por lo que se debe evitar ser menos agresivo en el medio cuando está ocupado. En lugar de transmitir tan pronto como el medio se convierte en espera como en el estándar de ethernet similar a IEEE 802.11, después de cada frame, normalmente hay un período de contención que consiste en una sucesión de espacios cortos de tiempo (35.84 μ s para homeplug 1.0) en que una estación puede iniciar la transmisión, si detecta que ninguna estación ha empezado a enviar datos.

El protocolo CSMA/CA

Para evitar colisiones de paquetes en medios donde no pueden ser detectadas, se inventó el protocolo CSMA/CA (Forouzan, 2007). Las colisiones se evitan mediante tres tipos de estrategias: el espacio entre tramas, la ventana de contención y las confirmaciones.

En la estrategia del *espacio entre tramas*, las colisiones se evitan retrasando las transmisiones. Incluso si el canal está libre, la estación espera un período de tiempo denominado espacio entre tramas (IFS). Incluso aunque el canal puede aparecer libre cuando se comprueba, una estación distante puede haber empezado a transmitir. La señal de la estación distante aún alcanza la estación pero el tiempo IFS permite que el frente de la señal transmitida por la estación alcance la estación. Si después del tiempo IFS el canal sigue libre, la estación puede enviar, pero necesita esperar un tiempo igual al tiempo de contención descrito a continuación.

La ventana de contención es una cantidad de tiempo dividido en ranuras. Una estación que está lista para enviar elige un número aleatorio de ranuras como tiempo

de espera. El número de ranuras en una ventana cambia de acuerdo a las estrategias de espera con un sistema binario exponencial ($2^k - 1$). Esto significa que se fija a una ranura la primera vez y luego se dobla cada vez que la estación no pueda detectar un canal libre después del tiempo IFS.

La confirmación positiva y el vencimiento del temporizador pueden ayudar a garantizar que el receptor ha recibido una trama. A pesar de todas las precauciones, aun puede haber una colisión que destruya a los datos o los datos se pueden corromper durante las transmisiones. En la Figura 7, se muestra el procedimiento del protocolo. Se observa que el canal necesita ser comprobado antes y después del tiempo IFS y durante el tiempo de contención.

Frame de encapsulación para la IEEE 802.3

El servicio de unidades de datos MAC es recibido desde la interfaz de un host e incluye el DA y SA, la etiqueta opcional de las VLAN, tipo/longitud y los datos MSDU. Todos los campos anteriores con excepción de la dirección de la fuente y del destino se colocan en el bloque de servicio (SB), que es la unidad básica para la transferencia de información por el MAC.

Cada SB se envía al destino como el cuerpo de un frame de MPDU, cuya cabecera tiene la dirección de origen y destino. Cada SB consta de nueve bytes del control de encriptación (ECtl), seguido de una etiqueta opcional VLAN de cuatro bytes, el campo MAC de longitud variable, dos bytes para el tipo si contiene una MSDU, la trama de datos de longitud variable, terminados en n bloques de cero a siete bytes de codificación (E-PAD) y cuatro bytes obligatorios ICV.

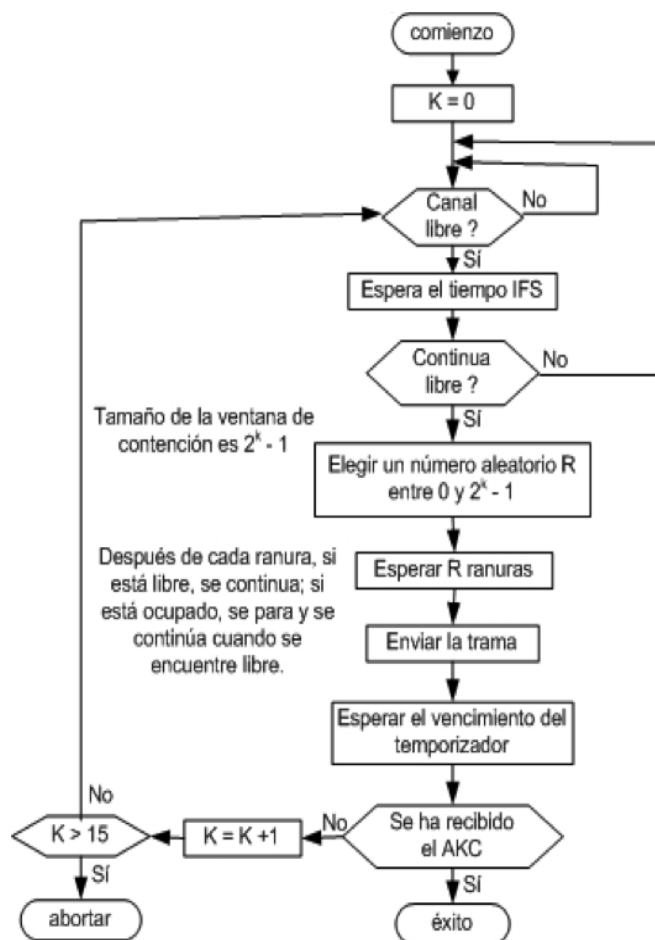


Figura 7. Diagrama de flujo para CSMA/CA. Tomado de Forouzan (2007).

En la Figura 8 puede observarse un esquema de SB. Sólo el control de encriptación se envía, el resto se cifra con la NEK para la red lógica (LN) a la que el emisor y el receptor pertenecen. EL Ectl, E-PAD, e ICV son obligatorios en todos los SB. El primer byte de Ectl es un byte de selección de claves de cifrado de campo (EKS), seguido de ocho bytes del vector de inicialización (IV) utilizado por el algoritmo de cifrado. Un valor de 0x00 para la EKS indica la clave por defecto. Esta clave debe ser diferente para cada estación en el sistema y es fijada por el fabricante.

Los otros 255 son para los valores NEK, determinados dinámicamente. El E-PAD está entre cero y siete ceros añadidos para formar la parte cifrada del cuerpo del frame y un múltiplo del tamaño del algoritmo de cifrado de un bloque de tamaño igual a ocho bytes.

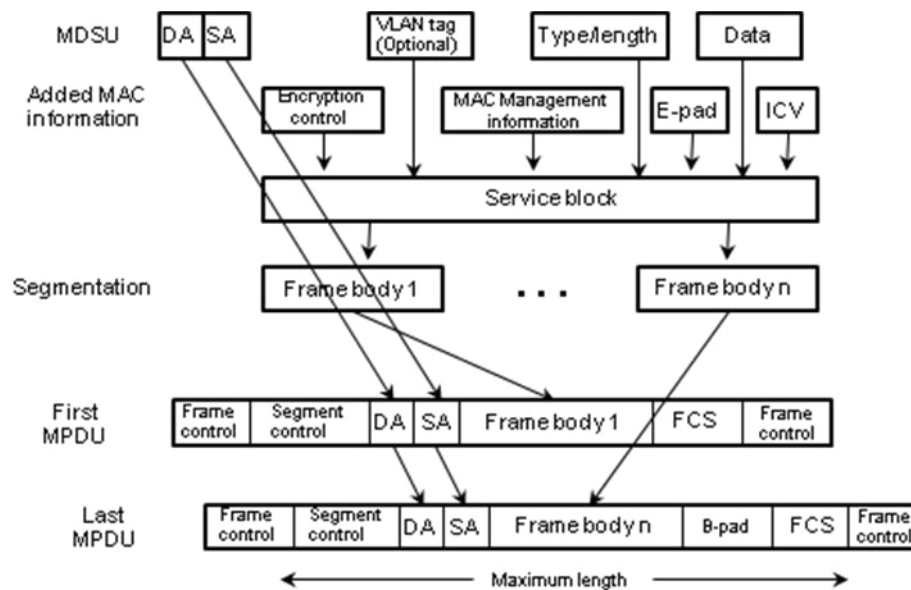


Figura 8. Creación y segmentación del block de servicio.

Un CRC de 32 bits en todos los campos a raíz de la Ectl hasta la E-PAD (en forma de texto plano) se utiliza para el ICV, de modo que el receptor puede confirmar la correcta recepción y el descifrado de la SB. La E-PAD e ICV son necesarios, incluso si se omite el cifrado. La etiqueta VLAN IEEE 802.1Q se copia de la MSDU. La administración de la información MAC es opcional, pero si está presente y los dos primeros octetos deben ser 0x887B. El tipo de carga útil y la duración en el campo *tipo* están en la capa tipo/longitud de la MSDU. La MSDU de datos debe estar entre 46 y 1500 bytes de longitud, si la SB lleva un MSDU. Con los datos máximos del

MSDU, de los campos obligatorios y opcionales del SB, un nodo debe ser capaz de aceptar un SB de al menos 1616 bytes.

Interferencias generadas

El sistema PLC utiliza señales moduladas que al propagarse por una línea de transmisión que fue desarrollada para transmitir energía (50 Hz) por lo tanto ni está apantallada ni son simétricas respecto a la masa y por lo tanto radían.

Lo impredecible de la red eléctrica y los dispositivos no lineales provocan gran cantidad de armónicos que también son radiados. Para mantener una buena relación señal/ruido (S/N) el sistema necesita transmitir a potencias altas del orden de 40 W.

El nivel que pueden alcanzar las interferencias generadas por este sistema, anulando completamente la recepción de cualquier señal en la banda afectada. El efecto de una implementación masiva del sistema PLC generaría un aumento global del fondo de ruido en la banda de HF en el ambiente.

Acoplamiento

Conectar un modem o un instrumento de medición sensible, directo a la línea eléctrica puede causar temor, aun para un ingeniero eléctrico (Ferreira, Lampe, Newbury y Swart, 2010). En algunos casos, los acopladores son comprados e incluso, no son adecuados para una aplicación específica y así aumentan la ineficiencia en el funcionamiento del sistema. En PLC, el desafío es grande y un dispositivo acoplador es necesario para conectar los equipos de comunicaciones a través de los cables en una red hostil que transporta energía. Por lo tanto, el diseño y funcionamiento adecuado del acoplador es tan crucial para el PLC como las antenas

en las comunicaciones inalámbricas. Pero el canal de la línea eléctrica es peligroso en sí mismo, los módems se dañarían si fueran conectados sin algún dispositivo para separar y proteger a éstos de los voltajes de alimentación. Un acoplador PLC, por lo tanto, se puede definir como un dispositivo que permite que una señal de comunicación se superponga y se extraiga de la señal de potencia, evitando también que la forma de onda de potencia entre al módem. Se debe tener en cuenta que un acoplador transmisor podría superponer la comunicación en la forma de onda de potencia como el ruido, mientras que el acoplador receptor extraería las señales de comunicación de una forma de onda de potencia (que transporta la señal con ruido). Obviamente, esta señal de ruido que transporta información debe mantenerse dentro de los límites. Pero la función del acoplador es transferir de manera óptima esta señal de ruido desde y hacia la línea de potencia. Si un acoplador puede facilitar la transmisión y recepción de una señal, dicho recurso es valioso y se puede implementar, por ejemplo en un acoplador bidireccional.

Los acopladores PLC se pueden clasificar en dos grupos, acopladores inductivos y acopladores capacitivos.

Los acopladores inductivos están separados o aislados eléctricamente de los cables de potencia y por lo tanto no hay conexión eléctrica directa entre ellos. Los toroides de núcleos magnéticos (también llamado anillo o dona), son usados como acopladores, la mitad del dispositivo tiene que estar enrollado con el cable de potencia. En esencia, los acopladores de inducción son transformadores especializados con un módem en el devanado primario y el cable de potencia en calidad de un devanado secundario. Las señales son inducidas, directamente a

través del acoplador, hacia y desde el cable de alimentación (que se extiende a través del agujero del toroide). En casos excepcionales, el cable de alimentación puede ser enrollado alrededor de la mitad del toroide para reforzar el coeficiente de acoplamiento. Estos acopladores inductivos son muy adecuados para instalaciones en una subestación, así como en otros puntos donde los cables de alimentación están aislados o la manipulación de los cables no es adecuada.

Los acopladores capacitivos constituyen la mayor parte de los acopladores en las líneas eléctricas. Esto es especialmente cierto en baja tensión (LV) y en numerosas aplicaciones donde el nodo transmisor y receptor tienen que ser aplicados económicamente con el fin de competir con otras tecnologías de redes como las redes inalámbricas u otras redes cableadas. Como la mayoría de los módems PLC de baja tensión requieren la dedicación de alimentación de CA para sus fuentes de alimentación de DC, es un hecho la conexión eléctrica directa a la red eléctrica. Por lo tanto, es clara la elección de un acoplador capacitivo de bajo costo, con una conexión eléctrica directa a la red eléctrica. Estos acopladores capacitivos puede ser tan simples como un condensador en serie o un simple filtro LC pasivo. Pero la mayoría de los acopladores PLC capacitivos hacen uso de un transformador de acoplamiento para la adaptación de impedancia y una protección adicional.

Normalización

Pese a la ausencia de estándares vigentes, en los últimos años la tecnología PLC ocupa la actividad de diversos grupos de trabajos en organismos como el European Telecommunications Standards Institute (ETSI), que en 1999 aprobó la

creación de un proyecto llamado European Project Powerline Telecommunications (EP PLT) con el objetivo fundamental de desarrollar estándares y especificaciones de alta calidad para proporcionar servicios de voz y datos a los usuarios finales a través de las redes eléctricas.

El EP PLT vela para que la cooperación y relación con otros organismos e iniciativas relacionados, como son los casos de ETSI Project for Electromagnetic Compatibility and Radio Spectrum Matters (ERM) y el European Committee for Electrotechnical Standardization (CENELEC), esté claramente definida.

Es importante destacar que la normalización hacia la que se tiende en Europa pasa por contemplar desde el comienzo las dos vertientes de la tecnología PLC: acceso a Internet (outdoor), que es lo que se viene llamando Internet eléctrica y solución interior (LANindoor). Para que estas dos vertientes puedan coexistir se divide el espectro PLC en dos rangos de frecuencias: el primero de ellos comprende desde los tres hasta los 12 MHz y se dedica al acceso, mientras el rango espectral comprendido entre 13 y 30 MHz se asigna a las aplicaciones indoor. PLC Forum es una asociación internacional que representa los intereses de fabricantes y otros organismos activos en el campo de PLC en todas sus vertientes. Fue creado a comienzos de 2000 y desde entonces el número de miembros e invitados permanentes ha ascendido a más de 50. A través de grupos de trabajo y la celebración de asambleas busca la creación de un marco normativo y regulatorio para el PLC.

Conviene hablar de HomePlug 1.0, que es un estándar de facto que está desarrollándose en EE.UU. y es promovido por la HomePlug.

Powerline Alliance, organización compuesta por un grupo numeroso de empresas, en su mayoría estadounidenses, que han adquirido el compromiso de crear especificaciones que promuevan y aceleren la demanda de esta tecnología. El espectro de trabajo de las especificaciones HomePlug está comprendido entre los 4.3 y los 20.9 MHz, con técnica de modulación OFDM y capacidad de transmisión situada en el entorno de los 14 Mbps. El enfoque completamente indoor que ha estado siguiendo no contempla la separación de bandas de frecuencia, lo que aleja a HomePlug de la tendencia normativa que actualmente se promueve en Europa.

En Europa, el estándar CENELEC EN 50065 provee de 9 a 140 kHz en el espectro de la frecuencia para PLC. La norma CENELEC es significativamente diferente a los estándares americanos y japoneses. Esta norma especifica un rango arriba de los 500 kHz para los servicios de aplicación de PLC (Hrasnica, Haidine y Lehnert, 2004).

En cuanto al estándar para IEEE, a principios de junio del 2005, (Carselle, 2009) el comité de dirección de la IEEE validó la creación de un proyecto de estándar PLC bajo el título de "IEEE P1901 proyecto de norma para banda ancha sobre redes de línea eléctrica: Control de acceso al medio y especificaciones de la capa física".

La norma se aplicará a equipos PLC de alto rendimiento (superior a 100 Mb/s en el nivel de la capa física), en el rango de frecuencia por debajo de 100 MHz y se abordarán técnicas de acceso y a redes internas. Se definirá la coexistencia y los mecanismos de interoperabilidad entre los diversos equipos de PLC, así como la calidad del servicio y para proporcionar confidencialidad en los datos. Dicho estándar de interoperabilidad se está preparando para hacer frente a múltiples

especificaciones de la tecnología PLC presentes en las redes eléctricas domésticas, profesional y pública. Desde que la red eléctrica es utilizada como medio de comunicación compartido, varias tecnologías diferentes coexisten en los cables eléctricos en la misma banda de frecuencia. Por lo tanto, las distintas partes de la IEEE y la Consumer Electronics Comunicación Powerline Alliance (CEPCA, Alianza electrónica del consumidor de la comunicación sobre líneas de potencia) trabajan con PLC para que sea interoperable.

La aprobación del P1901 como un estándar de la IEEE fue el 30 de septiembre de 2010 con una publicación final el 31 de diciembre de 2010, quedando definido como “IEEE Std 1910-2010, IEEE Standard for Broadband over Power Line networks: Medium Access Control and Physical Layer Specifications” (IEEE P1901, 2010).

Ofertas comerciales

En España se ofrece el servicio PLC a través de las compañías Iberdrola y Epresa (Puerto Real). La compañía Endesa, que comercializaba el servicio a través de Auna Telecomunicaciones, de la cual es accionista mayoritario, dejó de ofrecerlo en febrero de 2006. Iberdrola lo ofrece en las provincias de Madrid, Valencia y Murcia. No obstante, a veces existen conflictos comerciales, ya que las eléctricas poseen operadoras de telecomunicaciones que utilizan otras vías de comunicación y dejan sin explotar el PLC, ya que en la actualidad no se les ha obligado a abrir el bucle eléctrico (para comunicaciones) a otras empresas de la competencia, que posee gran importancia para el acceso rural a Internet (donde es complicado que

llegue la banda ancha tradicional, como el ADSL o el cable-módem).

En España, Endesa hizo una prueba piloto en Zaragoza que no tuvo mucho éxito. Asimismo, la compañía DS2, situada en Valencia, es la empresa que desarrolla los únicos chips PLC de 200 Mbps. Por otro lado, Iberdrola da cobertura en España a sólo tres comunidades: Madrid, Valencia y Murcia. Aunque se pretende que en breve haya cobertura también en Sevilla, el País Vasco, Barcelona y Zaragoza.

El protocolo NetBios

El Sistema de Entrada-Salida Básica de Red (NetBIOS) es un protocolo estándar de IBM, que permite que las aplicaciones sobre diferentes computadoras se comuniquen dentro de una LAN (RFC 1002,1987). NetBIOS provee los servicios de sesión descritos en la capa 5 del modelo OSI. Los servicios de nombres NetBIOS son accesibles a través del puerto UDP 137 (McNab, 2004). En particular el servicio puede procesar solicitudes de tablas de nombres NetBIOS (NTB), común en ambientes Windows donde se utiliza junto con grupos de trabajo, dominios o componentes de Active Directory. Es un protocolo de sesión para compartir recursos en red. Se encarga de establecer la sesión y mantener las conexiones. Pero este protocolo debe transportarse entre máquinas a través de otros protocolos; debido a que por sí mismo no es suficiente para transportar los datos en redes LAN como WAN, para lo cual debe usar otro mecanismo de transporte (Ej: en redes LAN protocolo NetBEUI, en redes WAN protocolo TCP/IP). Los protocolos que pueden prestar el servicio de transporte a NetBIOS son: IPC/IPX, NetBEUI, TCP/IP.

El hecho de tener que ser transportado por otros protocolos se debe a que al

operar en la capa 5 de OSI no provee un formato de datos para la transmisión, el cual es provisto por los protocolos antes mencionados (RFC 1001,1987).

En lo que respecta el protocolo NetBIOS deben considerarse los siguientes ítems, ya que son parte del funcionamiento del mismo y son: nombres, comunicación e interfaz de software.

1. Nombres: en una red NetBIOS, cada ordenador debe disponer de un único nombre de 15 caracteres o menos (Atelin y Dordogne, 2007). Los nombres NetBIOS pueden incluir alguno o incluso todos los caracteres alfanuméricos así como alguno de los siguientes caracteres: ¡ ! @ # \$ % ^ \ () - _ ' { } ~. No es posible utilizar caracteres asociados con caracteres genéricos, como el asterisco o el signo de interrogación.

Este planteamiento de los "*nombres*" se fundamenta en que bajo un ambiente de red trabajando con este protocolo, las estaciones que están conectadas pueden comunicarse entre si; pero para que esto ocurra requieren de uno o más nombres, porque es así como este protocolo identifica a los que intervienen en la comunicación.

2. Comunicación: cada estación tiene un nombre, a través del cual se comunica con otras estaciones de la red. Una estación puede comunicarse a través de dos formas distintas: (a) *con conexión (connection-oriented)* y (b) *sin conexión (connectionless)*.

En lo que respecta a la primer forma, también conocida como "modo sesión", se establece una conexión, un camino entre ambos nombres (que no son necesariamente dos estaciones, la conexión también podría ser entre una estación y

un servidor). En este tipo de comunicación ha de existir un intercambio seguro de datos.

En lo referente a la segunda forma, conocida como "modo datagrama", la estación envía algún dato en la forma de datagrama; es decir que los mensajes son enviados en forma independiente.

3. Interfaz de software: NetBIOS fue desarrollado como un protocolo para los adaptadores de PC LAN, es decir que define la interfaz de software entre el programa de aplicación y el adaptador de red, estableciendo así la forma en que ambos se comunican.

Cuando un programa de aplicación requiere de los servicios de NetBIOS emite una interrupción de software específica y de esta forma se direcciona el control para el software del adaptador de red que va a procesar dicho pedido (es decir que captura la atención del adaptador de red).

NetBIOS define una estructura para que la comunicación entre el software de aplicación y el software del adaptador de red sea posible. Esta estructura es conocida como Network Control Block (NCB). Es en esta estructura que está contenido el servicio o los servicios que el programa de aplicación está requiriendo de la red.

A esta interfaz se puede acceder a través de la interrupción 5 ch. Cuando un programa de aplicación requiere de los servicios de NetBIOS emite esta interrupción, direccionando así el control hacia el software del adaptador de red que procesar dicho pedido.

Antecedentes

En este estudio se realizó una prueba del HomePlug 1.0 en un entorno residencial (Lee, Newman, Latchman, Katar y Yonge, 2000).

En esta sección se informa sobre el resultado de una prueba de campo llevado a cabo en una típica casa en Florida. Mientras el máximo rendimiento teórico de la red eléctrica es de 14 Mb/s, la cual es la tasa de datos de la capa física PLC y sólo es posible bajo condiciones ideales. En una simulación se observó que la medida ideal de red en cuanto al rendimiento fue del orden de entre 5 Mbps a 7 Mbps. En este estudio se muestra el desempeño real en un entorno residencial.

Configuración de los equipos

La prueba de eficacia se llevó a cabo hace unos 10 años, con 2700 metros cuadrados en una casa de Gainesville, Florida.

Esta colonia residencial fue seleccionada para la prueba de campo de la tecnología PLC en una LAN de acuerdo a las especificaciones de la norma Homeplug.

Para esta prueba, se utilizaron dos computadoras portátiles. La primera computadora tiene una velocidad de 700 MHz, con un procesador Pentium III equipado con un puente USB-eléctrico. La otra computadora tiene una velocidad de 500 MHz, con un procesador Pentium II equipado con un puente ethernet-PLC. El puente USB se destina para la conexión con línea eléctrica a través del puerto USB.

El puente ethernet se destina para la conexión a la línea de eléctrica través de una tarjeta ethernet. Estos ensayos fueron diseñados para medir la capacidad de

transferencia de datos en la red eléctrica. Para obtener los resultados que reflejan con precisión la experiencia del usuario, se utilizaron dos escenarios para la prueba:

Escenario1, FTP: Se utilizó el software WSFTP, que es un programa para hacer una transferencia de archivos a través del protocolo FTP. Esta utilidad es ampliamente utilizada. Los parámetros de configuración que se han aplicado a este programa han sido: (a) 4096 B como tamaño del búfer de transmisión, (b) 4096 para el tamaño del búfer de recepción, (c) 40 MB para la transferencia de archivos y (d) protocolo FTP.

Escenario 2, TCP: Se utilizó el software WSTTCP, que es un programa para poner a prueba el rendimiento de TCP. Se configuró el programa con estos parámetros: (a) Longitud del buffer de 4096 B, b) 5000 búferes enviados, c) 20 MB de intercambio de datos y d) protocolo TCP.

Resultados

La Tabla 3 muestra el rendimiento de la red HomePlug 1.0. La red eléctrica tiene plena conectividad. Por otra parte, las transferencias de datos en la red eléctrica siempre fueron a un ritmo constante. Se redujo el rendimiento entre más distancia de separación había entre una computadora a otra. El rendimiento no es el mismo para una distancia y otra.

En ocasiones, el rendimiento en un determinado enlace da un rendimiento equivalente al doble de lo alcanzado en la otra dirección. La diversidad de características de canal de la línea de alimentación causa los diferentes resultados de rendimiento.

Tabla 3

Prueba de rendimiento de PLC

Trasmitter	Receiver	Distance TX/RX (feet)	Power line	
			WSFTP Throughput (Mbps)	TTTP Throughput (Mbps)
laptop 1 (Dining Room)	laptop 2 (Dining Room)	2	4.2	5.2
laptop 1 (Den)	laptop 2 (Dining Room)	23	4.5	5.3
laptop 2 (office)		35	4	4.5
laptop 1 (Kitchen)	laptop 1 (Kitchen) laptop 2 (office)	35	3.1	3.1
laptop 1 (Children Room)	laptop 2 (office)	70	1.9	1.8
laptop 2 (office)	laptop 1 (Children Room)	70	4.1	3.9
laptop 1 (Swimming pool)	laptop 2 (office)	60	2	1.6
laptop 2 (office)	laptop 1 (Swimming pool)	60	2.4	2.8

Nota: Tomado de Lee, Newman, Latchman, Katar y Yonge (2000).

Conclusiones

Este documento proporciona una descripción de PLC, el medio ambiente, la capa física y el MAC del estándar HomePlug 1.0. La simulación y las pruebas de laboratorio demuestran un rendimiento de entre 6 Mbps a 8 Mbps. Las comunicaciones de datos PLC en la LAN que se utilizó operaron en un ambiente típico residencial y había una cobertura fiable, con un rendimiento de 1,6 a 5,3 Mbps

en el nivel de aplicación. El rendimiento de la red PLC es, en general, no simétrico en un par de nodos. Estudios adicionales y más amplios, se están llevando a cabo en el laboratorio con condiciones más adecuadas sobre el medio y se espera obtener más información acerca de estas redes. Con respecto a la tecnología PLC en el hogar y sus características de comunicación se plantean mejoras significativas, que incluyen mayores bandas de frecuencia, niveles superiores de modulaciones, un mejor código corrección de errores, etcétera. En octubre de 2002, la Alianza HomePlug Powerline, inició el desarrollo de la próxima generación de especificaciones. El nombre es HomePlug AV, la nueva especificación estará destinada a apoyar la distribución de datos y multi-streaming incluyendo entretenimiento, la televisión de alta definición (HDTV) y televisión de definición estándar (SDTV).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

La metodología utilizada en este estudio es descriptiva, ya que se describe el funcionamiento y dinámica de la infraestructura de la red eléctrica que se utiliza para la transmisión de datos por la LAN. También es experimental, ya que para medir las variables de estudio, se ha implementado una red PLC y una red ethernet.

Instrumentos de medición

Para medir la variable velocidad de transferencia de datos en las diferentes redes y para capturar los paquetes que sirvieron para analizar el caudal efectivo se ha utilizado el software Wireshark y DUMeter.

Se escogió el software Wireshark por ser uno de los mejores y más completos analizadores de protocolos que existen en el mercado, así también el software DUMeter, por la capacidad de graficar el tráfico entrante o saliente de datos.

Recolección de la información

Para la realización de esta etapa, se utilizó el mismo software que sirve como instrumento de medición, tanto para las gráficas de velocidad de transferencia como para la captura de paquetes.

Análisis de la información

En esta etapa de la investigación, se compararon los resultados medidos en los experimentos. Cabe destacar que los instrumentos de medición muestran los resultados de las mediciones en forma numérica y gráfica, además, dichos resultados se muestran en tablas en el Apéndice A. Se ha hecho una selección de las gráficas para presentarlas en esta sección. En cuanto al análisis de eficiencia, cabe destacar que se representa en porcentaje con respecto al valor teórico dado en las especificaciones de los protocolos y en los equipos.

Características de los equipos y software

En cuanto al software, en ambas tecnologías se utilizó el programa DUMeter 3.5 de la compañía Hagel Technologies LTD (Hagel, 2008). Para las representaciones en modo gráfico de las transferencias de datos que se realizaron y para la captura de paquetes de datos se utilizó el analizador de protocolos llamado Wireshark 0.99.0, todo esto bajo la plataforma del sistema operativo Windows XP SP2. En cuanto a los datos transferidos se utilizó un archivo en formato con extensión .rar de 500 MB (dato “a”), 13 canciones en formato .wav (dato “b”), con un total de 250 MB y 1,100 archivos en formato Microsoft Word, de 150 KB cada uno, para un total de 165 MB (dato “c”). En cuanto al hardware utilizado, las computadoras tenían un procesador Pentium 4 con 512 MB en memoria RAM, el modelo de la tarjeta madre es AWRDACPI y la tarjeta de red NIC Fast Ethernet familia RTL8139 marca Realtek. Para los experimentos con la tecnología ethernet, el medio de comunicación fue el cable UTP categoría 5e, se utilizó un switch Cisco modelo

Catalyst 2950 series y un switch 3COM Baseline 2024. Para los experimentos con la tecnología PLC el cableado fue dúplex 12 AWG categoría eléctrico para la alimentación de energía y medio de comunicación, también se utilizaron dos switches PLC modelo xe104 de la marca Netgear.

Configuración de los equipos

Con el switch ethernet se utilizó la configuración original de fábrica. El switch PLC no es configurable manualmente; solo se debe conectar a la energía eléctrica y a las computadoras respectivas.

En cuanto a las computadoras y para la transferencia de datos se utilizó el protocolo NetBios, descrito en el capítulo II, dicho protocolo utiliza los puertos 137, 138 y 139 tanto para TCP como para UDP, dichos puertos deberán estar abiertos si se tiene un firewall. Para configurar la comunicación a través de NetBios en Windows XP, se hace lo siguiente: en el panel de control se entra a “conexiones de redes”, buscamos la opción “propiedades” de LAN, después la opción propiedades de “Internet protocolos (TCP/IP)”, se va a “avanzado”, después a la pestaña “wins” y por último se habilita la casilla “habilitar NetBIOS sobre TCP/IP”.

Después de eso se configura el nombre que tiene la computadora en la red. Esto se realiza en el menú propiedades de “mi pc”, después en la pestaña de “nombre de la computadora”, se le da un nombre a la computadora y se ejecuta el asistente de identificación de red, que será la guía para que la computadora pueda comunicarse con las demás.

Pasos para realizar el experimento

Para la red ethernet

El experimento 1, 3 a 1, se realizó en 7 pasos de la manera que se señala a continuación. Se observan mayores detalles en la página 65.

1. Se inician cuatro computadoras y se implementa la red de la Figura 9.
2. Se configuran los protocolos para que exista comunicación entre las cuatro computadoras (compartir archivos por el protocolo NetBios).
3. Se verifica el buen funcionamiento de la red y los equipos.
4. Se transfiere el dato “a” de las tres computadoras a la cuarta.
5. Se capturan los datos.
6. Los pasos 4 y 5 se repiten con los datos “b” y “c”.
7. Se guarda la información de las mediciones para su análisis posterior.

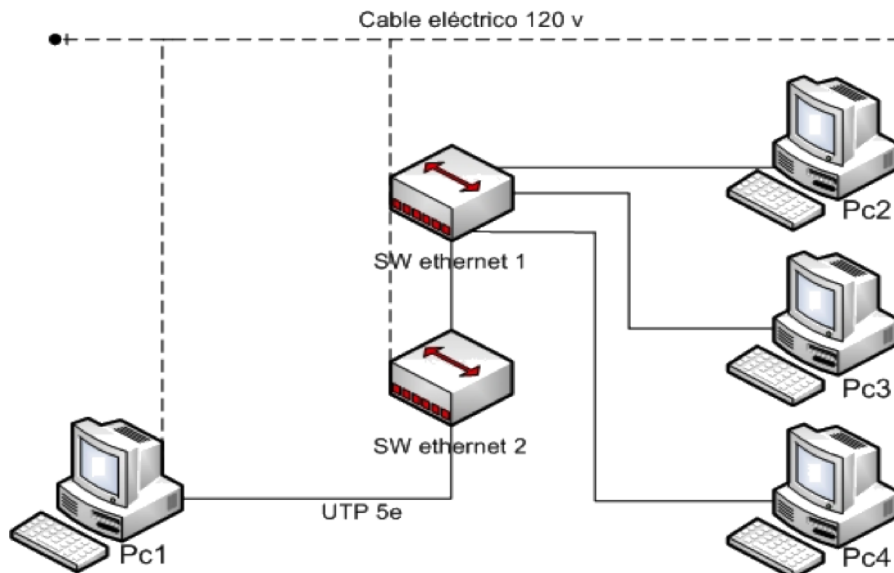


Figura 9. Red ethernet 3 a 1.

El experimento 2, 2 a 1, se ha realizado como se presenta a continuación:

1. Se inician las tres computadoras y se implementa la red de la Figura 10.
2. Se configuran los protocolos para que exista comunicación entre las tres computadoras (compartir archivos por el protocolo NetBios).
3. Se verifica el buen funcionamiento de la red y los equipos.
4. Se transfiere el dato “a” de dos computadoras a la tercera.
5. Se capturan los datos.
6. Los pasos 4 y 5 se repiten con los datos “b” y “c”.
7. Se guarda la información de las mediciones para su análisis posterior.

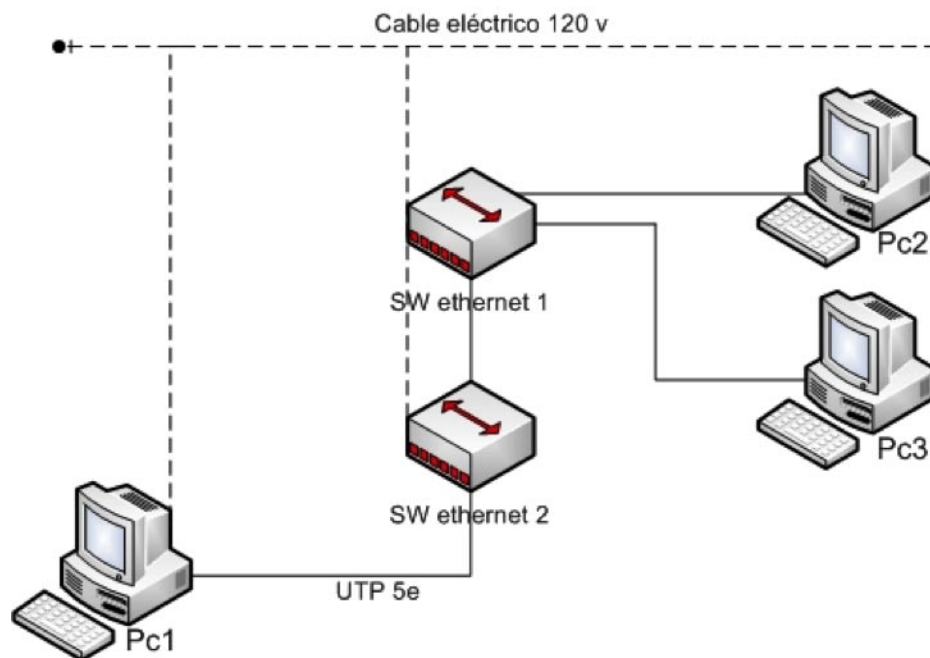


Figura 10. Red ethernet 2 a 1.

El experimento 3, 1 a 1, sigue el procedimiento que se muestra a continuación:

1. Se inician tres computadoras y se implementa la red de la Figura 11.
2. Se configuran los protocolos para que exista comunicación entre las dos computadoras (compartir archivos por el protocolo NetBios).
3. Se verifica el buen funcionamiento de la red y los equipos.
4. Se transfiere el dato “a” de una computadora a otra.
5. Se capturan los datos.
6. Los pasos 4 y 5 se repiten con los datos “b” y “c”.
7. Se guarda la información de las mediciones para su análisis posterior.

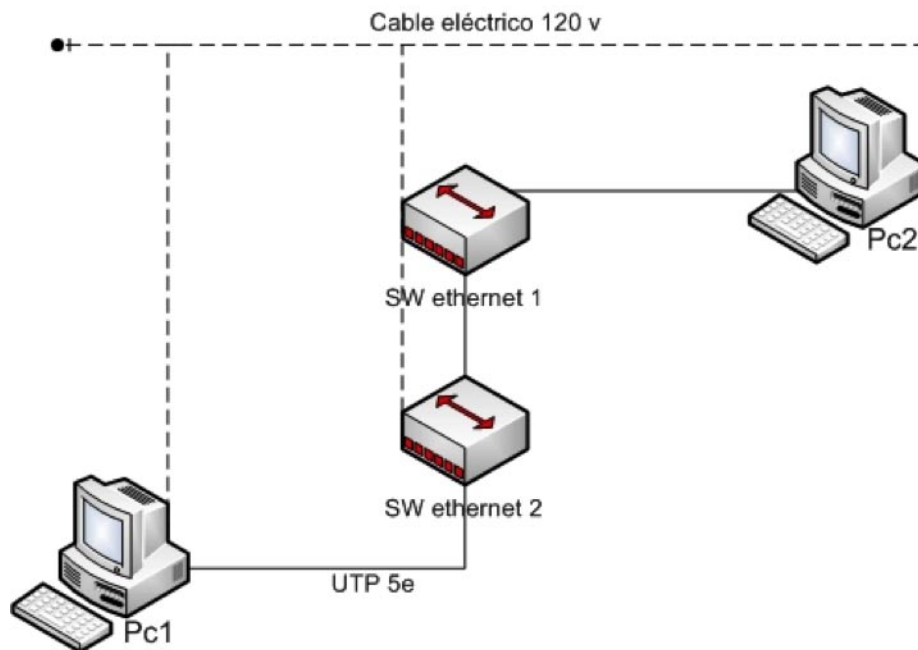


Figura 11. Red ethernet 1 a 1 para la red PLC.

Para la red PLC

El experimento 1, 3 a 1, se realizó como se muestra en los siguientes pasos:

1. Se inician las cuatro computadoras y se implementa la red de la Figura 12.
2. Se configuran los protocolos para que exista comunicación entre las cuatro computadoras (compartir archivos por el protocolo NetBios).
3. Se verifica el buen funcionamiento de la red y los equipos.
4. Se transfiere el dato “a” de las computadoras 2, 3 y 4 a la 1.
5. Se capturan los datos.
6. Los pasos 4 y 5 se repiten con los datos “b” y “c”.
7. Se guarda la información de las mediciones para su análisis posterior.

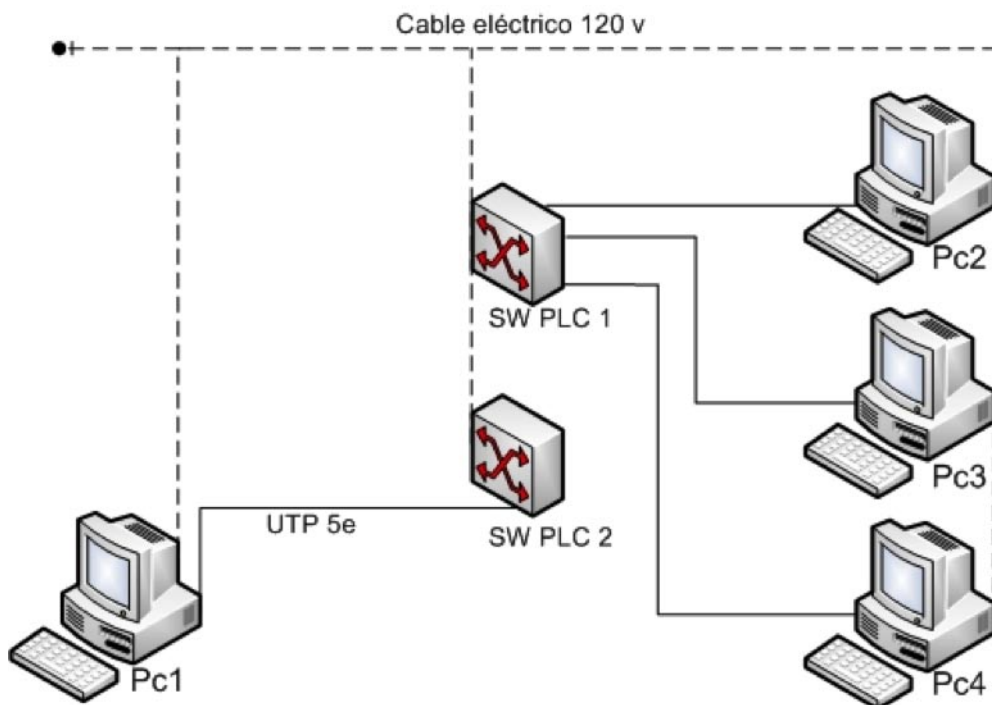


Figura 12. Red PLC 3 a 1.

Los pasos del experimento 2, 2 a 1, son los siguientes:

1. Se inician las tres computadoras y se implementa la red de la Figura 13.
2. Se configuran los protocolos para que exista comunicación entre las tres computadoras (compartir archivos por el protocolo NetBios).
3. Se verifica el buen funcionamiento de la red y los equipos.
4. Se transfiere el dato "a" de las computadoras 2 y 3 a la 1.
5. Se capturan los datos.
6. Los pasos 4 y 5 se repiten con los datos "b" y "c".
7. Se guarda la información de las mediciones para su análisis posterior.

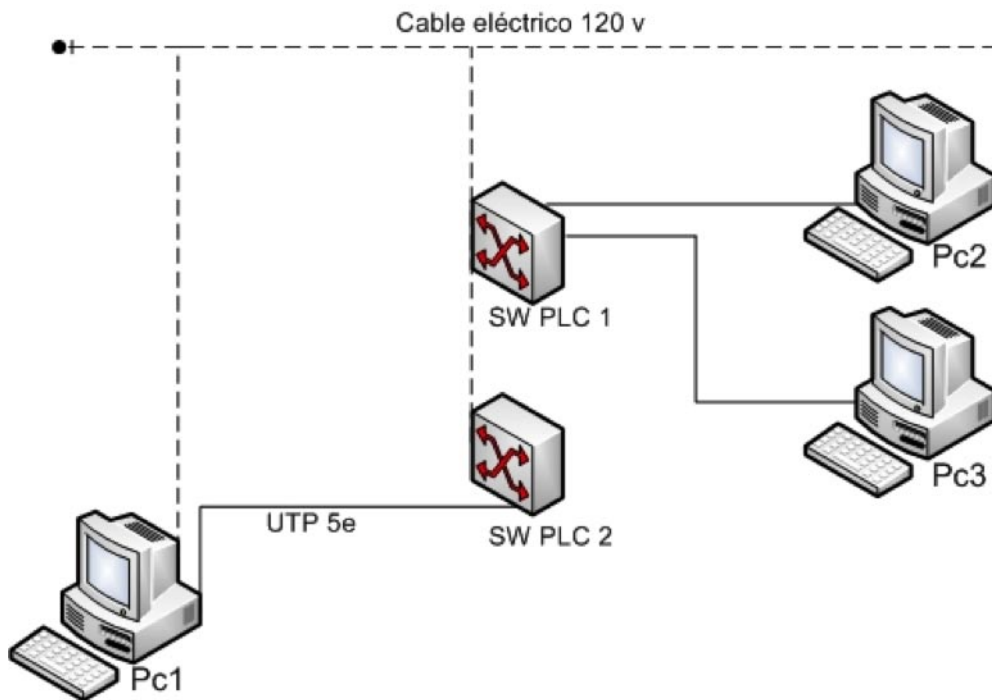


Figura 13. Red PLC 2 a 1.

Por último se presenta el experimento 3, 1 a 1:

1. Se inician las dos computadoras y se implementa la red de la Figura 14.
2. Se configuran los protocolos para que exista comunicación entre las dos computadoras (compartir archivos por el protocolo NetBios).
3. Se verifica el funcionamiento correcto de la red y los equipos.
4. Se transfiere el dato "a" de la computadora 2 a la 1.
5. Se capturan los datos.
6. Los pasos 4 y 5 se repiten con los datos "b" y "c".
7. Se guarda la información de las mediciones para su análisis posterior.

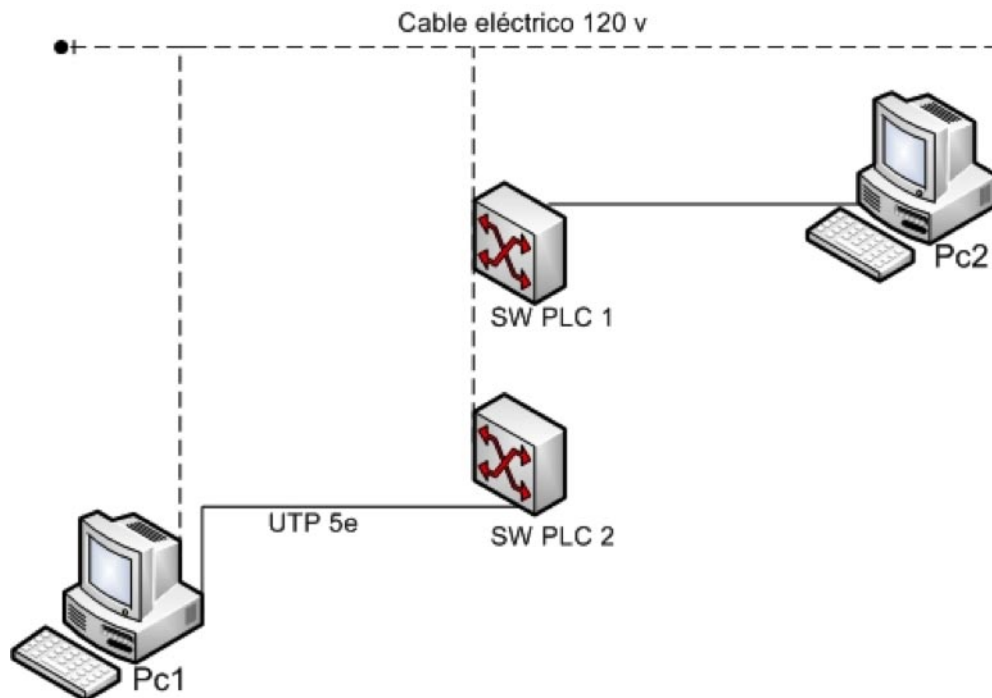


Figura 14. Red PLC 1 a 1.

Descripción de resultados

Cada experimento se ha denominado de la siguiente manera:

La palabra “experimento” seguida de un número identificador y el número de computadoras que se han empleado para la transferencia de información.

Previamente, en el subtítulo, se indica la tecnología utilizada.

Por ejemplo, para la tecnología ethernet se definió el experimento 2, 2 a 1

En este ejemplo, se va a utilizar la tecnología ethernet, es el experimento número dos y se van a transferir datos de dos computadoras a una. Para ver los detalles de las computadoras y datos, puede consultarse el Apéndice A.

A continuación, se describe y se muestra el significado de las variables o datos que se obtuvieron de los experimentos y que son mostradas en las tablas (ver Apéndice A).

Las letras A y B se asignaron a las computadoras para distinguirlas como transmisoras o receptoras. La computadora A es la que transmite la carga de datos, la computadora B es la que recibe y captura los datos tanto de la carga como de las comunicaciones entre computadoras y dispositivos de red (switch). A pueden ser una, dos o tres computadoras y B siempre será una computadora.

Con la etiqueta **num** se identifica el número de experimento, mientras que con la variable **totalP** se representa la cantidad total de paquetes enviados de A hacia B, así como los recibidos por B desde A; también son los datos capturados en las conversaciones entre las computadoras y los dispositivos de red.

Por otro lado, **total** representa la cantidad de bytes enviados de A hacia B, así como los recibidos, en B desde A. También son los datos capturados en las

conversaciones entre las computadoras y los dispositivos de red (1 byte = 8 bits).

Al total de paquetes de A hacia B y de B hacia A se le denomina $paqA-B$. los $BytesA-B$ son los bytes en total de A hacia B y de B hacia A. A la totalidad de paquetes enviados de A hacia B le llamamos $paqA>B$. Un $Byte A>B$ es la cantidad de bytes enviados de A hacia B, mientras que los $paqA<B$ son los paquetes en respuesta a los paquetes $A>B$ y los $BytesA<B$ son los bytes en respuesta a los paquetes $A>B$.

Al tiempo que tarda la transferencia, medido en segundos, se le llama *tiempo*. Mb/s es el promedio de velocidad a la que se efectuó la transferencia, medido en Mbit sobre segundo (Mbit = 1 millón de bits).

De acuerdo con la problemática propuesta se describe la tabla del caudal efectivo, al que llamamos *c-efectivo*. Los valores de esta variable se obtienen mediante cálculos algebraicos que no realizan los instrumentos utilizados.

Como se definió en el Capítulo II, el caudal efectivo es el número de paquetes útiles al usuario por unidad de tiempo, remitida por la red en cierta dirección de la fuente a un destino, excluyendo los gastos indirectos de los protocolos y también los paquetes retransmitidos. En la Tabla 4, se muestran los datos de los experimentos con respecto al caudal efectivo y más adelante se explica cómo obtenerlo.

El caudal efectivo se calcula con la fórmula: $CE = (DU / UTM) * AB$; en la cual DU representa los datos del usuario en cada paquete (1,500 B), UTM la unidad máxima de transmisión de paquete (1,526B) y AB el ancho de banda del canal de transmisión (en MHz).

Tabla 4

Caudal efectivo

<u>num C-efec</u>	
1	32,28
2	35,43
3	64,19
4	64,21
5	54,31
6	57,05
7	52,21
8	54,62
9	53,31
10	64,51
11	56,76
12	33,81
13	34,18
14	52,49
15	52,08

Nota: Tomado del Apéndice A.

Descripción de las gráficas

La Figura 15, es una muestra típica de los datos que se obtienen en los experimentos descritos en este Capítulo y describe la transferencia de información entre la computadora A y la computadora B, graficando únicamente la captura de datos con respecto al tiempo en la computadora B.

La gráfica inicia al capturar el primer paquete y termina cuando la computadora B recibe el último paquete. Se usa el software DU Meter para obtener estas gráficas y el software wireshark para capturar los paquetes. En la Figura 15 el área entre las líneas verticales representa un minuto y la línea horizontal superior representa el 100% del valor máximo teórico de ancho de banda de la tecnología ethernet. Estas características también están presentes en la tecnología PLC.

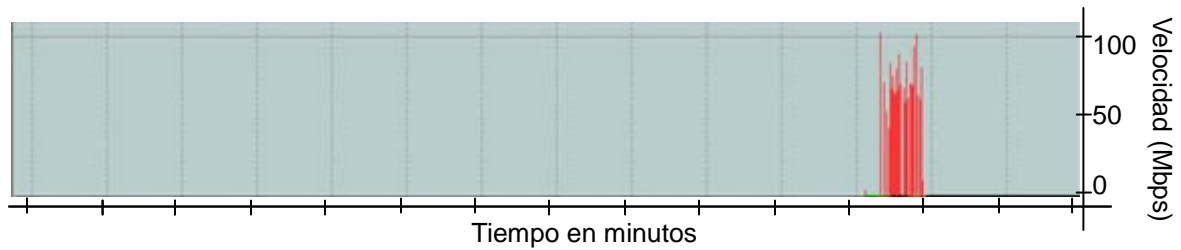


Figura 15. Gráfica de ejemplo.

Eficiencia de las variables

En este apartado se describe como se calcula la eficiencia de las variables en ambas tecnologías.

Para ambas tecnologías se tomó el promedio de los 15 experimentos en ambas variables, se multiplicó por el 100%, que representa el valor máximo teórico (en porcentaje) de ambas variables y se dividió entre los valores máximos teóricos de ambas variables de las dos tecnologías dando los siguientes resultados: para ethernet, a) la velocidad de transferencia se encontró con la fórmula; $E_{vt} = (V_{trans} * 100\%) / 100 \text{ Mbps}$, b) el caudal efectivo con $E_{ce} = (C_{efec} * 100\%) / 98.2 \text{ MHz}$; para PLC, a) para la velocidad de transferencia se utilizó: $E_{vt} = (V_{trans} * 100\%) / 85 \text{ Mbps}$; b) para caudal efectivo se usó $E_{ce} = (C_{efec} * 100\%) / 83.5 \text{ MHz}$, donde E_{vt} es la eficiencia de la velocidad de transferencia, E_{ce} es la eficiencia del caudal efectivo y V_{trans} es la velocidad de transferencia. C_{efec} es el caudal efectivo.

Las constantes 100 Mbps y 98.2 MHz en la tecnología ethernet son respectivamente, el ancho de banda y el caudal efectivo teórico. Mientras que las constantes 85 Mbps y 83.5 MHz son el ancho de banda y el caudal efectivo teórico en la tecnología PLC.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

Transferencia de datos 1 a 1

En la Tabla 5 se muestran los 15 experimentos de transferencia de datos de 500 MB, tanto en la tecnología ethernet como en PLC. Pueden apreciarse las cantidades de datos (totalB, en bytes), el tiempo (en segundos), la velocidad de transferencia de datos (Vtrans, en Mbps), el caudal efectivo (C-efec, en Mbps) y la eficiencia tanto en velocidad de transferencia (Efi-VT) como en caudal efectivo (Efi-CE), medido en porcentaje.

Al observar la tabla se pueden distinguir algunos valores:

1. En la columna total de bytes (totalB), los datos enviados usando la tecnología ethernet comparados uno contra uno con los de la tecnología PLC, se observa que en algunos experimentos (números 2, 5, 7, 8, 9, 11, 14 y 15) el volumen de datos es mayor con PLC que con ethernet. Este fenómeno puede deberse a los paquetes con errores retransmitidos.

2. El efecto del punto anterior, no se refleja en el tiempo ó en la velocidad de transferencia ni en el caudal efectivo. A pesar de la gran diferencia, puede explicarse con las retransmisiones de paquetes, en cualquier modalidad de error, como se está transmitiendo y recibiendo de una computadora a otra, los conflictos de paquetes son escasos y permiten que la velocidad de transferencia aumente o que no se se afecte.

Tabla 5

Transferencia de datos ethernet y PLC de 1 a 1

num	Ethernet						PLC					
	total B	tiempo	Vtrans	Efi-VT	C-efec	Efi-CE	total	tiempo	Vtrans	Efi-VT	C-efec	Efi-CE
1	566709616	138.03	32.84	32.84	32.28	32.87	554034178	275.82	16.06	18.89	15.79	18.91
2	459798421	102.16	36.04	36.04	35.43	36.08	554040274	284.32	15.58	18.33	15.31	18.34
3	506086084	61.99	65.3	65.3	64.19	65.36	554031321	252.75	17.53	20.62	17.23	20.64
4	506087865	61.99	65.32	65.32	64.21	65.38	554031840	257.51	17.21	20.25	16.92	20.26
5	432480178	62.61	55.25	55.25	54.31	55.3	552599471	276.8	15.97	18.79	15.7	18.8
6	536872370	74	58.04	58.04	57.05	58.1	553175030	273.25	16.19	19.05	15.91	19.06
7	449779239	67.72	53.12	53.12	52.21	53.17	554063428	273.33	16.21	19.07	15.93	19.08
8	458511765	65.99	55.57	55.57	54.62	55.62	554070867	255.83	17.32	20.38	17.02	20.39
9	441893510	65.18	54.23	54.23	53.31	54.28	554061588	258.25	17.16	20.19	16.87	20.2
10	541574282	66.01	65.63	65.63	64.51	65.69	528827181	255.63	16.54	19.46	16.26	19.47
11	448591298	68.04	57.74	57.74	56.76	57.8	545429941	256.19	17.03	20.04	16.74	20.05
12	568304570	132.16	34.4	34.4	33.81	34.43	542579653	271.23	15.99	18.81	15.72	18.82
13	565710901	130.15	34.77	34.77	34.18	34.8	515245670	244.09	16.88	19.86	16.59	19.87
14	441275559	66.1	53.4	53.4	52.49	53.45	551003022	264.5	16.66	19.6	16.38	19.61
15	437622969	66.07	52.98	52.98	52.08	53.03	526220794	252.35	16.68	19.62	16.4	19.64
media			51.64		50.76		media		16.6		16.3	
desviación estándar			11.5		11,36		desviación estándar		0.58		0.57	
eficiencia promedio				51.64		51.69	eficiencia promedio				19.52	19.54

Nota: Resumen de la Tabla A1 y de la Tabla A2 del Apéndice A.

3. En relación al tiempo que tardaron las transferencias, en promedio, en los 15 experimentos, se observa que la tecnología ethernet es más rápida (91.02 s), en comparación con la tecnología PLC (263.19 s) y esto es debido a que el switch ethernet (100 Mbps) tiene mayor velocidad que el switch PLC (82 Mbps) además de que el switch PLC tiene un puente que convierte datos de ethernet a PLC y viceversa.

4. Al comparar los promedios de las columnas de velocidad de transferencia

(Mbps) se observa que ethernet (51.64 Mbps) es superior a PLC (16.6 Mb/s) y eso se debe tanto a las velocidades del switch como a los métodos de transmisión que utilizan cada tecnología.

5. Como el caudal efectivo (C-efec) es proporcional a la velocidad de transferencia, en esta variable también ethernet (50.76 Mbps) es superior a PLC (16.32 Mbps).

6. Se aprecia que la desviación estándar es grande en ethernet (11.55 y 11.36) y significativamente reducida en PLC (0.58 y 0.57), tanto en el caudal efectivo como en la velocidad de transferencia. Esto responde a las variaciones de velocidad, pero principalmente a que ethernet utiliza un método aleatorio para realizar las peticiones de transferencia a diferencia de que PLC utiliza un puente de protocolos y no sufre ese fenómeno.

7. La velocidad de transferencia, en ethernet es 51.54% y el caudal efectivo 51.69%. En PLC la eficiencia es 19.52% en velocidad de transferencia y 19.54% en caudal efectivo. La eficiencia en ethernet es un poco más de la mitad del valor teórico, pero en PLC, es significativamente baja.

Al comparar el desempeño de ambas tecnologías en lo que respecta a la transferencia de datos (Figuras 16 y 17), se ha determinado lo siguiente:

1. En la gráfica que se muestra en la Figura 16, la computadora destino con tecnología ethernet indica cambios muy bruscos en velocidad de transferencia. Algunos picos de la gráfica casi están en cero y en un instante suben hasta 100% de la velocidad. También se observa que no hay una velocidad de transferencia fija o con alguna tendencia constante y en consecuencia, el dato de velocidad de

transferencia que se muestra en las tablas, es un promedio de dicha velocidad. Las variaciones que muestra la gráfica se deben a la forma de operación de los protocolos de ethernet, es decir, pueden enviar ráfagas de datos a muy altas velocidades, pero tienen un tiempo de espera para poder enviar más datos.

2. En la gráfica de la computadora destino con tecnología PLC, que se muestra en la Figura 17 se observa una velocidad relativamente fija, pero con un ancho de banda muy bajo, no tiene picos que suban y bajen rápidamente, además el pico más alto es de 17.53 Mbps. Esto sucede debido a la forma como operan los protocolos PLC y también por el puente de protocolos que existe en el switch PLC.

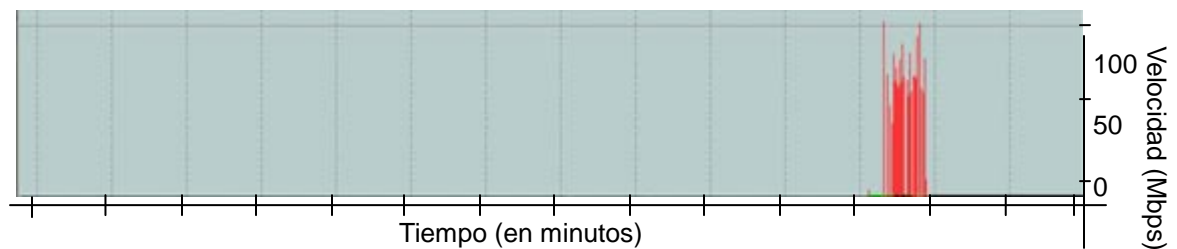


Figura 16. Gráfica de transferencia de datos ethernet 1 a 1.

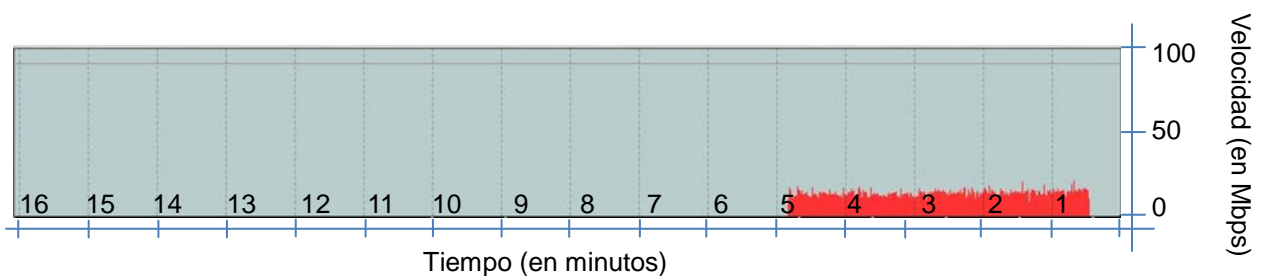


Figura 17. Gráfica de transferencia de datos PLC 1 a 1.

Los datos de eficiencia mostrados en la Tabla 5 y en las gráficas indican que ethernet es superior en eficiencia a PLC con respecto a las dos variables tratadas. En promedio ethernet tiene 51.64% contra 19.52% de eficiencia en velocidad de transferencia, además, en el caudal efectivo tiene 51.69% en ethernet contra 19.54% de eficiencia en PLC. Las Figuras 18 y 19 muestran respectivamente la eficiencia de la velocidad de transferencia y el caudal efectivo en los 15 experimentos.

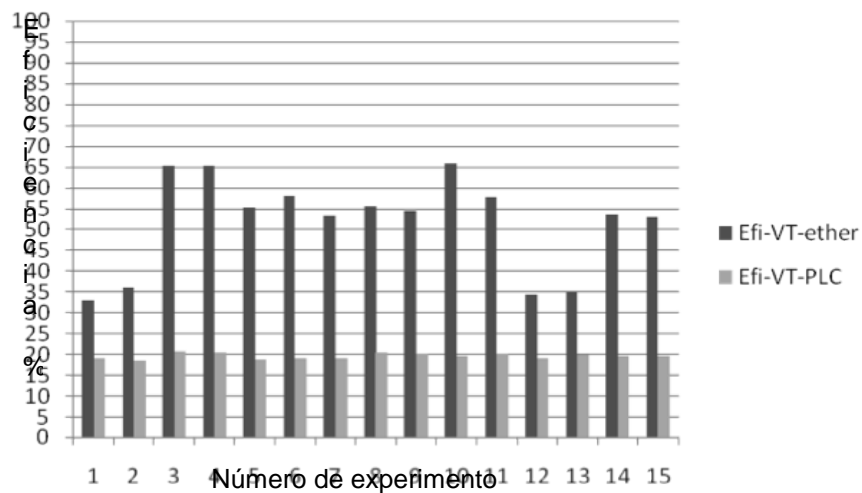


Figura 18. Gráfica de la eficiencia de la velocidad de transferencia en ethernet y PLC.

Transferencias de datos 2 a 1

En la Tabla R2 del apéndice se observan los 15 experimentos de transferencia de datos en los cuales dos computadoras enviaban 250 MB de datos cada una hacia una computadora destino, tanto en la tecnología ethernet como en la PLC, en la cual se aprecian las cantidades de datos (totalB, en bytes), el tiempo (en segundos), la velocidad de transferencia de datos (Vtrans, en Mbps), el caudal efectivo (C-efec, en

Mbps) y la eficiencia tanto en velocidad de transferencia (Efi-VT) como en caudal efectivo (Efi-CE) en porcentaje. Al observar la tabla se pueden distinguir algunos elementos que consideramos a continuación:

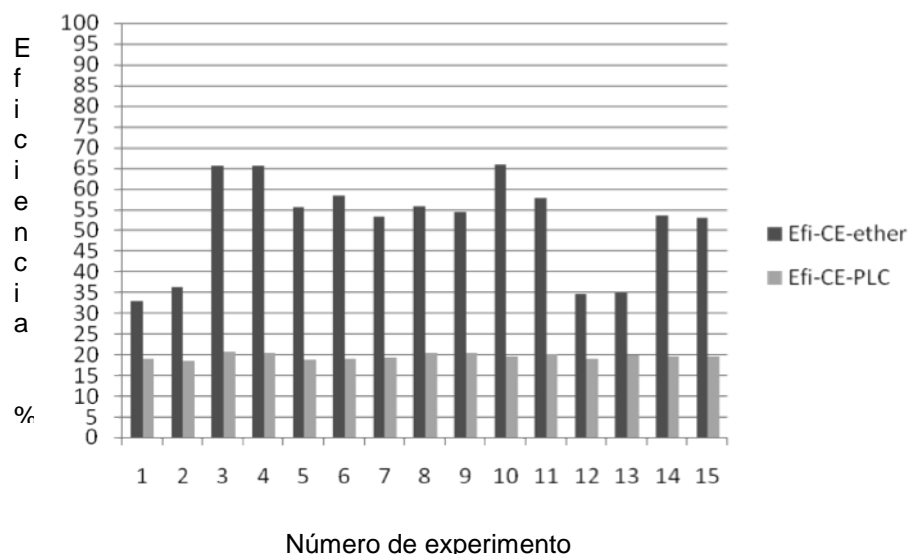


Figura 19. Gráfica de la eficiencia del caudal efectivo en ethernet y PLC.

1. Se observa en la columna total de bytes (totalB) que con ethernet ningún experimento superó los 500000 B transferidos. Con PLC, todos los experimentos superaron esa cantidad ya que el protocolo homeplug 1.0, en cuanto al formato de la trama, permite la carga de datos sin un tamaño específico y al momento de las traducciones de protocolos (de PLC a ethernet), hay paquetes pequeños que se convierten en paquetes ethernet abundantes pero de poco tamaño.

2. En la columna total de bytes (totalB), en promedio, ethernet fue superada por aproximadamente 90000 B con respecto a PLC. Esto puede deberse a los errores en los paquetes además de lo explicado en el punto anterior.

3. En promedio, ethernet (86.75 s) es más rápida que PLC (259.76 s).
4. Comparando la velocidad de transferencia se observa que, en promedio, ethernet (46.66 Mbps) es superior a PLC (18.38 Mbps).
5. Debido a lo que se señala en el punto anterior y considerando el caudal efectivo, en promedio, ethernet (45.86 Mbps) es superior a PLC (18.07 Mbps).
6. Se observa que la desviación estándar en ethernet (5.15 y 5.06) es baja, en las dos variables, así también en PLC (3.85 y 3.78), esto sucede, debido a que la mayoría de los experimentos se acercaron al promedio en ambas variables.
7. También se muestran las columnas de eficiencia en ambas variables de cada tecnología, en general, la eficiencia es baja en PLC dada la carga de transferencia, en cuanto a ethernet es menos de la mitad de los valores teóricos, pero mucho más alto que PLC en ambas variables.
8. La eficiencia en promedio de ethernet con respecto a las dos variables descendió 5% con respecto al experimento 1 a 1 y en cuanto a PLC, su eficiencia aumentó 2%.

Las Figuras 20 y 21 corresponden a cada una de las tecnologías consideradas y en ellas se observa lo siguiente:

1. En la Figura 20, se observa cómo cambia la velocidad, a la mitad de la gráfica y es debido comúnmente a la saturación en la entrada de la computadora destino, es decir, cuando se satura la interfaz de entrada de una computadora, esta envía una señal a las computadoras transmisoras indicándoles que no envíen más paquetes, pues la computadora destino, no puede con ellos.

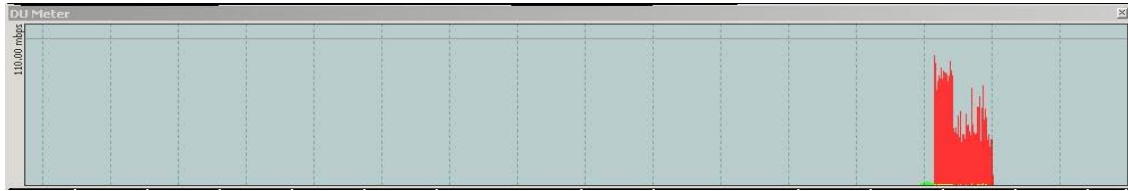


Figura 20. Gráfica de transferencia de datos ethernet 2 a 1.

2. En la gráfica de la tecnología PLC, que se muestra en la Figura 21, los picos son muy escasos. Esto quiere decir que la velocidad de transferencia se mantiene más constante y es debido al puente de protocolos que traduce paquetes PLC a ethernet, pues lo hace de manera constante.

3. Lo ancho de ambas gráficas representa al tiempo en segundos y muestra que ethernet es mucho más estrecho que PLC ya que este último es más lento.

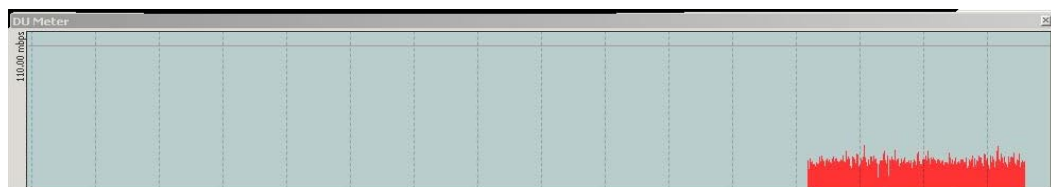


Figura 21. Gráfica de transferencia de datos PLC 2 a 1.

En las Figuras 22 y 23 se muestra, respectivamente, la eficiencia de la velocidad de transferencia y el caudal efectivo en los 15 experimentos. Se observa que ethernet es superior en eficiencia a PLC con respecto a las dos variables tratadas. De acuerdo a los datos tomados de la Tabla 6, en promedio, ethernet tiene 46.66% contra 21.62% de PLC en la eficiencia en velocidad de transferencia. El caudal efectivo de ethernet tiene un 46.70% contra 21.64% de eficiencia en PLC.

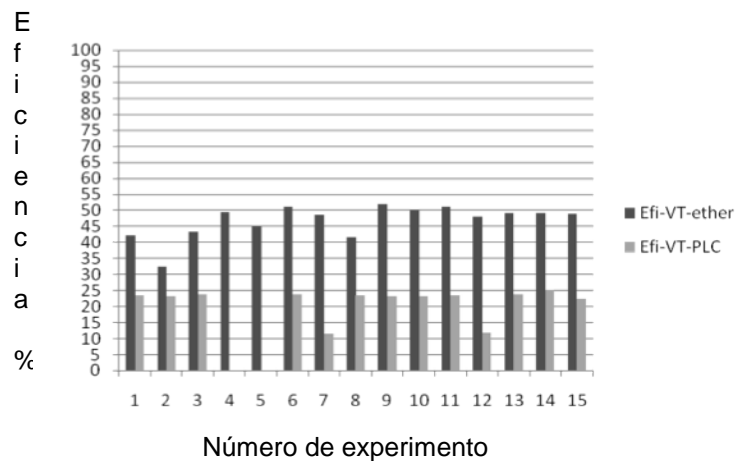


Figura 22. Gráfica de eficiencia de velocidad de transferencia en ethernet y PLC.

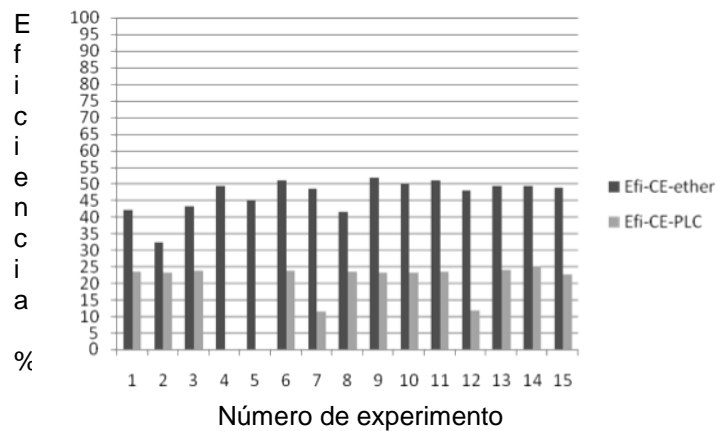


Figura 23. Gráfica de la eficiencia del caudal efectivo en ethernet y PLC.

Transferencias de datos 3 a 1

Según indica la Tabla R3 del apéndice se han enviado 165 MB tanto en la tecnología ethernet como en PLC desde cada una de las tres computadoras origen hacia una computadora destino. Se pueden apreciar las cantidades de datos (totalB, en bytes), el tiempo (en segundos), la velocidad de transferencia de datos (Vtrans, en

Mbps), el caudal efectivo (C-efec, en Mbps) y la eficiencia tanto en velocidad de transferencia (Efi-VT) como en caudal efectivo (Efi-CE) en porcentaje.

Al observar la tabla se destacan algunos elementos importantes que se consideran a continuación:

1. En los experimentos 1 y 2 de ethernet, no se alcanzó a enviar la cantidad esperada debido a problemas técnicos.

2. La mayoría de los valores de la columna total de bytes (totalB) en ethernet están por debajo de los 500000 B transferidos y con PLC, todos los experimentos superaron esa cantidad ya que el protocolo homplug 1.0, en cuanto al formato de la trama permite la carga de datos sin tamaño específico y al momento de las traducciones de protocolos (de PLC a ethernet) hay paquetes pequeños que se convierten en paquetes ethernet abundantes pero de poco tamaño.

3. En el experimento siete de ethernet se observa un tiempo muy largo en comparación con los demás experimentos, esto es posible debido a la saturación en el buffer manifestándose en un envío de datos lento.

4. La velocidad de transferencia en ethernet tiene mucha variación y esto se ve reflejado en la desviación estándar, ya que posee un valor alto (11.30) y en consecuencia se refleja en la desviación estándar del caudal efectivo (11.11).

5. Del lado de la tecnología PLC la cantidad de datos recibidos supera los 500 MB esperados ya que al momento de que el puente de protocolos traduce de ethernet a PLC, pocos paquetes grandes ethernet se convierten en muchos paquetes PLC pequeños.

6. El tiempo en PLC en general, se mantiene muy apegado a la media y por consecuencia tiene una desviación estándar baja, tanto en la velocidad de transferencia (1.01) como en el caudal efectivo (1).

7. Se muestran las columnas de eficiencia en ambas variables de cada tecnología, en general, la eficiencia es baja en PLC dada la carga de transferencia, en cuanto a ethernet es menos de la mitad de los valores teóricos, pero mucho más alto que PLC en ambas variables.

8. La eficiencia en promedio del experimento 1 a 1 al experimento 2 a 1, en ethernet descendió 5%. En PLC, su eficiencia aumentó 2%. Del experimento 2 a 1 al experimento 3 a 1 en ethernet aumentó 2% y en PLC, su eficiencia aumentó 5%.

En cuanto a las gráficas de las Figuras 24 y 25, correspondientes a ethernet 3 a 1 y PLC 3 a 1, respectivamente, se observan las siguientes características:

1. En la Figura 24, para la tecnología ethernet, se observan variaciones de pico, que en algunas ocasiones, como se puede apreciar, presentan espacios vacíos donde no hay transferencia de datos. Esto es debido a los tiempos de espera después de las colisiones de paquetes.

2. En la misma figura, se observa un comportamiento muy variable y no predecible.

3. La anchura de la gráfica mostrada en la Figura 24 representa el tiempo de transferencia dado en segundos.

4. En la Figura 25, para PLC, se observa que no hay espacios vacíos, pero sí una alta densidad de picos.

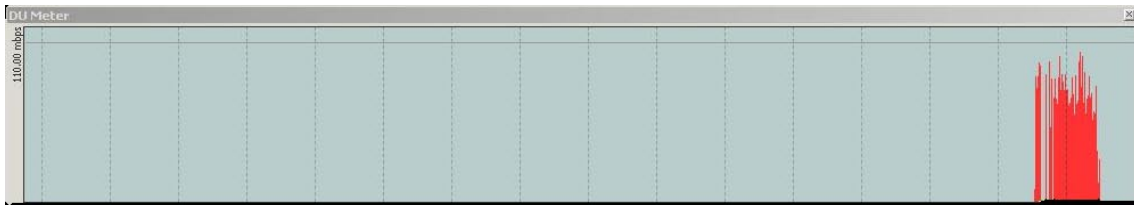


Figura 24. Gráfica de transferencia de datos Ethernet 3 a 1.

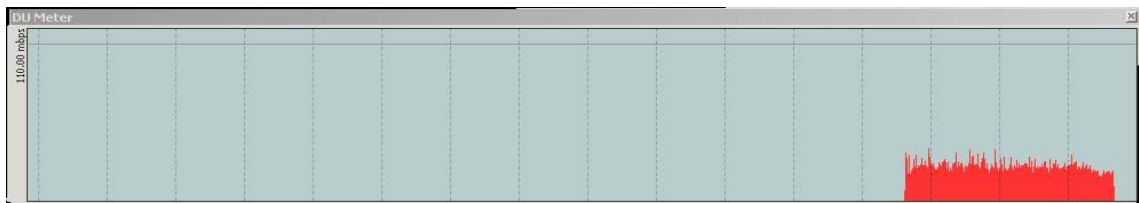


Figura 25. Gráfica de transferencia de datos PLC 3 a 1.

En las Figuras 26 y 27 se presentan unas gráficas que muestran respectivamente la eficiencia de la velocidad de transferencia y el caudal efectivo en los 15 experimentos. Se observa que ethernet es superior en eficiencia que PLC con respecto a las dos variables tratadas.

De acuerdo a las datos tomados de la Tabla R2 del apéndice, en promedio, ethernet tiene 48.52% contra 26.60% de PLC en la eficiencia en velocidad de transferencia. Además ethernet tiene un caudal efectivo de 48.56% contra 26.62% de eficiencia en PLC.

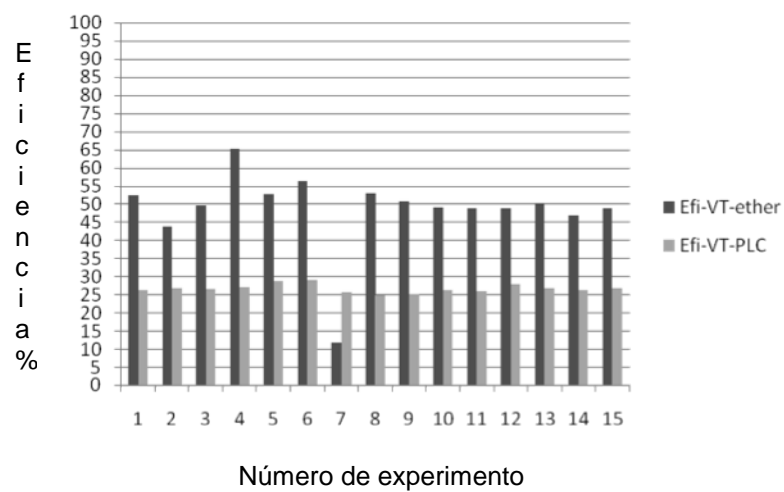


Figura 26. Gráfica de la eficiencia de la de transferencia en ethernet y PLC.

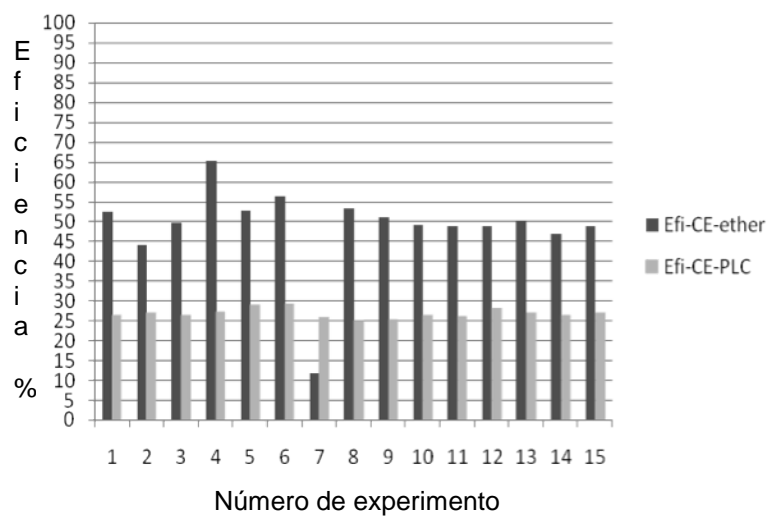


Figura 27. Gráfica de la eficiencia del caudal efectivo en ethernet y PLC.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Cuando se transfieren datos de una computadora a otra, generalmente el usuario no tiene idea de lo que ocurre internamente en dicha transferencia; es decir, en las conversaciones que hay entre las computadoras o entre las computadoras y los dispositivos de red. Esta investigación se basa en las comunicaciones que existen en las computadoras entre si y los dispositivos de red en dos tecnologías diferentes.

Conclusiones

El problema de investigación se resumió en el Capítulo I con esta frase: Comparación de eficiencia en velocidad de transferencia y caudal efectivo entre las tecnologías ethernet y PLC.

De acuerdo con los resultados obtenidos en el Capítulo IV, las siguientes conclusiones forman parte de la respuesta.

Tecnología ethernet

1. De acuerdo a los datos de las variables de estudio y a los resultados del Capítulo IV ethernet es superior a PLC, en eficiencia y en variables comparadas.
2. La velocidad de transferencia teórica es de 100 Mb/s y en promedio para cada experimento fue de 51.64 Mb/s, 46.66 Mb/s y 48.52 Mb/s respectivamente.

3. Teóricamente el caudal efectivo, según se define en el Capítulo II, debe ser de 98.2% de 100 MHz de ancho de banda en relación con cada paquete y de igual manera para el total de los paquetes. De acuerdo a las pruebas realizadas en este estudio tal como se muestran en las tablas incluidas en el capítulo IV (Tabla 5) y el apéndice (Tabla R2 y Tabla R3), la media del caudal efectivo fue de 50.7 Mb/s, 45.86 Mb/s y 47.69 Mb/s respectivamente en cada tabla.

4. La eficiencia promedio en la velocidad de transferencia y caudal efectivo en el experimento 1 a 1 es 51.54% y 51.69%. En el experimento 2 a 1 es 51.64% y 51.69% por otra parte en el experimento 3 a 1 es 46.66% y 46.70% respectivamente.

5. Del 100% de datos que se envían de una computadora a otra, aproximadamente el 90% son datos enviado por el usuario; los restantes son datos que se requieren en las conversaciones de una computadora a otra y entre los dispositivos de redes.

6. Como se observa en las gráficas 17, 21 y 25 hay lapsos muy cortos de tiempo en donde no se realiza transmisión de datos (esto es, entre pico y pico), mostrando una deficiencia que se ve reflejada en la desviación estándar ya que al no existir datos para transmitir, la velocidad es cero y repercute en el promedio de la velocidad de transferencia.

7. También se observa en las gráficas del punto anterior que la velocidad de las transferencia es variable (altura de los picos) debido a las ráfagas de datos que envía ethernet cuando alguna computadora tiene oportunidad de transmitir.

Tecnología PLC

1. De acuerdo con las pruebas realizadas en este estudio la tecnología PLC es inferior en la eficiencia de las dos variables estudiadas con respecto a ethernet.

2. La velocidad de transferencia teórica es de 85 Mb/s y en promedio para cada experimento resultó ser de 16.6 Mb/s, 18.38 Mb/s y 22.61 Mb/s respectivamente.

3. El caudal efectivo teórico es de 83.5 Mb/s, pero el promedio en cada experimento es de 16.32 MB/s, 18.07 Mb/s y 22.23 Mb/ respectivamente.

4. La eficiencia promedio en la velocidad de transferencia y caudal efectivo en el experimento 1 a 1 es 19.52% y 19.54%. En el experimento 2 a 1 es 21.62% y 21.64% y para el experimento 3 a 1 es 26.6% y 26.62% respectivamente.

5. Según las gráficas 18, 22 y 26 del Capítulo IV, el ancho de banda es constante durante todo el tiempo que dura la transferencia; es decir, no presenta picos alto ni bajos debido a los cambios de velocidad de transferencia y es por esa razón que la desviación estándar es baja.

6. En el envío de paquetes de datos existe un puente de protocolos HomePlug a ethernet y viceversa, consecuentemente se crea un retardo en las comunicaciones y esto afecta a la eficiencia del dispositivo y en consecuencia se ve reflejado en las variables medidas.

Recomendaciones

Por último, cabe añadir algunas observaciones y recomendaciones basadas en los datos recolectados en esta investigación.

1. A pesar de que la tecnología ethernet es superior en cuanto a las variables en estudio con respecto a la tecnología PLC, no queda descartado para usos prácticos debido a las características de instalación. La instalación de PLC es mucho más fácil y si el medio de comunicación ya está instalado tiene una gran ventaja.

2. Cuando se requiera implementar una red usando cualquiera de estas dos tecnologías, es bueno considerar otras variables que puedan influir en las necesidades de los usuarios y de la red tales como costo de los equipos, administración de los equipos, infraestructura instalada, seguridad en la red, calidad de servicio, números de usuarios, etcétera.

3. Queda abierta esta investigación a futuras modificaciones o ampliaciones, tales como probar con otros protocolos de comunicación (FTP, http, VPN, etcétera), o con otras tecnologías (Token ring, Token Bus, WiFi, etcétera).

4. Sería interesante comparar las tecnologías WiFi y PLC, ya que las dos utilizan el mismo protocolo de acceso al medio (CSMA/CA), además ambas tecnologías están sujetas a un medio de transmisión muy ruidoso y hostil.

APÉNDICE A

TABLA DE DATOS CAPTURADOS

En este apartado están las tablas que se utilizaron en el Capítulo IV y se dio explicación de las mismas en el Capítulo III. Para todo este apartado, las computadoras (A1), (A2) Y (A3), equivalen a PC2, PC3 Y PC4 respectivamente y (B) como PC1 para las figuras 9, 10, 11, 12, 13 y 14 del Capítulo III.

En seguida se explicarán algunos detalles, para su mejor comprensión, de la Tabla A2 y la Tabla A3 de ethernet, así como la Tabla A5 y la Tabla A6 de PLC.

En todos los experimentos (del 1 al 15), en el renglón principal, donde está la numeración progresiva, ese experimento especifica la transferencia de información de la computadora (A1) hacia (B), en el renglón siguiente, sin numero progresivo, especifica la transferencia de la computadora (A2) hacia (B) y el tercer renglón sin numero progresivo, especifica la transferencia de información de la computadora (A3) hacia (B), este último solo se aprecia en la Tabla A3 y en la Tabla A6.

Transferencia de información de una computadora (A1) con dirección física

Giga-Byt_b0:ed:cf a otra computadora (B) con dirección física Giga-Byt_b0:f0:74 y con tamaño de la carga de 500 MB, se muestra en la siguiente tabla.

Tabla A1

Datos ethernet capturados de 1 a 1

num	totalP	totalB	Paq A-B	Bytes A-B	paq A>B	Bytes A>B	paq A<B	Bytes A<B	tiempo	Mbit/seg	C-efectivo
1	608130	566709616	608025	566709616	363118	547022744	244907		138.03	32.84	32.28
2	467234	459798421	467168	459792973	303610	459792973	163558	450596390	102.16	36.04	35.43
3	512259	506086084	512214	506083206	334211	506083206	178003		61.99	65.3	64.19
4	524256	506087865	512214	506082206	317542	516425462	178003		61.99	65.32	64.21
5	439143	432480178	439105	432476551	285574	423844826	153531		62.61	55.25	54.31
6	543534	536872370	543481	536868689	354526	526243590	188955		74	58.04	57.05
7	457056	449779239	457012	449775598	296955	440779739	160057		67.72	53.12	52.21
8	465165	458511765	465124	458508868	302769	449380704	162355		65.99	55.57	54.62
9	448549	441893510	448506	441889042	291795	433072322	156711		65.18	54.23	53.31
10	548154	541574282	548085	541566311	357695	530853814	190390		66.01	65.63	64.51
11	455140	448591298	455091	448586793	296218	439654562	158873		68.04	57.74	56.76
12	609828	568304570	609739	568297979	364120	548555397	245619		132.16	34.4	33.81
13	607032	565710901	606944	565704505	362459	546052943	244485		130.15	34.77	34.18
14	447878	441275559	447833	441271856	291404	432474148	156429		66.1	53.4	52.49
15	444159	437622969	71048	70322806	46463	68938387	24585		66.07	52.98	52.08

Transferencia de información de dos computadoras (A1, A2) con direcciones físicas Giga-Byt_b0:ed:cf y Giga-Byt_b1:01:72 a otra computadora (B) con dirección física Giga-Byt_b0:f0:74 con un tamaño de la carga de 250 MB por cada computadora transmisora se muestra en la siguiente tabla.

Tabla A2

Datos ethernet capturados de 2 a 1

num	totalP	totalB	Paq A-B	Bytes A-B	paq A>B	Bytes A>B	Paq A<B	Bytes A<B	tiempo	Mbit/seg	C-efectivo
1	490114	482716387	255107	251238907	165901	246214127	89206	5024780	92	41.97	41.25
			234946	231472520	152857	226848172	82089	4624348			
2	460085	452815223	227271	223688419	147710		79561	4484279	112.01	32.34	31.79
			232737	229120646	151301	224533166	81436				
3	454056	446720162	224153		145501	215925206	78652	4433620	82.93	43.09	42.36
			229856	226358079	149470	221830371	80386	4527708			
4	471086	463697025	233365	229690268	151678	225086717	81687	4603551	75.27	49.27	48.43
			237672	234003234	154517	229317341	83155	4685893			
5	503166	481823173	218384	216733496	143192	212501226	75192	4232270	86	44.81	44.05
			284723	265085340	169833	255850642	114890	9234698			
6	496576	489197390	247673	243991315	161098	239114290	86575	4877025	76.71	51.01	50.14
			248852	245201732	161912	240304105	86940	4897627			
7	492413	485053237	245466	241910074	159741	237080070	85725	4830004	80.1	48.44	47.61
			246890	243138216	160548	238273171	86342	4865045			
8	489109	481771913	242634	239080012	157878	234303505	84756	4776507	92.89	41.48	40.77
			246404	242684061	160247	237831449	86157	4852612			
9	483204	476094551	239437	235893742	155769		83668	4716616	73.66	51.7	50.82
			243719	240195632	158605	235399998	85144				
10	472514	465431815	239498	235950197	155841		83657	4718007	74.69	49.85	49
			232952	229475663	151554	224888861	81398				
11	476746	469610961	235706	232143601	153276	227499396	82430	4644205	73.82	50.89	50.02
			240991	237462969	156807	232721074	84184	4741895			
12	467530	460387742	238368	234790810	155031		83337	4696672	76.76	47.97	47.15
			229113	225593555	148957	221076127	80156				
13	474206	467005097	236982	233381819	154114		82868	4670118	76.01	49.15	48.31
			237180	233620315	154256	228949172	82924				
14	474206	467005097	236982	2333818119	154114		82868	4670118	76.01	49.15	48.31
			237180	233620315	154256	228949172	82924				
15	473162	466178494	230658	227280606	150067	222740186	80591	4540420	76.49	48.75	47.92
			242461	238894753	157748	234121125	84713	4773628			

Transferencia de información de tres computadoras (A1, A2, A3) con direcciones físicas Giga-Byt_b0:ed:cf, Giga-Byt_b1:01:72 y Gyga-Byt_b0:ee:02 a una computadora (B) con dirección física Gyga-Byt_b0:f0:74, tamaño de la carga 165 MB por cada computadora y los datos se muestran en la tabla 3

Tabla A3

Datos ethernet capturados de 3 a 1

num	totalP	totalB	Paq A-B	Bytes A-B	paq A>B	Bytes A>B	paq A<B	Bytes A<B	tiempo	Mbit/seg	C-efectivo
1	371123	366178297	184023	181766562	120048	178161546	63975		55.89	52.41	51.52
			187052	184407570	121779		65273	3678038			
2	289679	284926013	101	15751	51	7817	50		51.99	43.83	43.08
			136488	134307019	88717	131614059	47771				
			153047	150600158	99463		53584	3019613			
3	467059	459465838	150087	147713170	97548	144750025	52539		74	49.67	48.82
			159322	156642834	103438	153485854	55884				
			157598	155105149	102414		55184	3114117			
4	560740	553574914	186697	184530730	121862	180873207	64835		67.9	65.21	64.1
			186920	184392056	121777	180700568	65143				
			187073	184648220	121936		65137	3674829			
5	481180	473890514	158495	155980837	103008	152834265	55487		72.1	52.57	51.67
			162096	159838260	105561	156648869	56535				
			160545	158068340	104383		56162	3170295			
6	485346	477732571	159548	157216244	103830	154071074	55718		67.99	56.2	55.24
			161504	158963578	104961	155768367	56543				
			164237	161548524	106677		57560	3246609			
7	469447	453162303	177387	164893162	105661	159127332	71726		313	11.58	11.38
			147917	145795775	96333	142867745	51584				
			143915	142453209	94131		49784	2809711			
8	457882	450852144	145550	143311352	94641	140439509	50909		67.99	53.04	52.14
			157352	155055090	102404	151942064	54948				
			154925	152480981	100682		54243	3060931			
9	460333	452894804	157713	155446553	102659	152341079	55054		71.26	50.83	49.96
			153624	151050596	99753	147995633	53871				
			148943	146392355	96667		52276	2951190			
10	467177	459595066	153855	152391691	100003	148352427	53852		74.89	49.09	48.25
			150113	147615395	97497	144632015	52616				
			163150	160581651	106047		57103	3220680			
11	480208	463909321	183850	171084286	109614	165117495	74236		76	48.83	48
			146268	144274880	95288	141388843	50980				
			150035	148546095	98133		51902	2926768			
12	480167	464018163	180857	168214926	107771	162340733	73086		76.27	48.66	47.83
			146320	144266575	95300	141377804	51020				
			152938	151532259	100107		52831	2977720			
13	484398	476976307	157707	155294788	102555	152181555	55152		75.99	50.21	49.35
			165071	162684675	107441	159417986	57630				
			161555	158990145	104998		56557	3191700			
14	485430	468849192	184288	171451231	109847	165468577	74441		79.99	46.88	46.08
			154601	1512468565	100701	149419924	53900				
			146490	144925585	95746		50744	2862936			
15	469540	453530310	179648	167116871	107069	161283265	72579		74.41	48.76	47.93
			149990	147981936	97733	145024140	52257				
			139838	138424561	91445		48393	2728618			

Tecnología PLC

Transferencia de información de una computadora (A1) con dirección física

Giga-Byt_b0:ed:cf a una computadora (B) con dirección física Gyga-Byt_b0:f0:74, el

tamaño de la carga es de 500 MB, los datos se muestra en la siguiente tabla

Tabla A4

Datos PLC capturados 1 a 1

num	totalP	totalB	Paq A-B	Bytes A-B	paq A>B	Bytes A>B	paq A<B	Bytes A<B	tiempo	Mbit/seg	C-efec
1	556003	554034178	555984	554029826	366052	543338030	189932	10691796	275.82	16.06	15.79
2	556133	554040274	556116	554036318	366048	543336634	190068	10699684	284.32	15.58	15.31
3	555961	554031321	555953	554029567	366064	543338111	189889	10691456	252.75	17.53	17.23
4	556021	554031840	556012	554029494	366043	543335424	189969	10694070	257.51	17.21	16.92
5	554686	552599471	554676	552596783	365094	541925168	189582	10671615	276.8	15.97	15.7
6	555503	553175030	555492	553172550	365486	542475530	190006	10697020	273.25	16.19	15.91
7	556332	554063428	556325	554061766	366054	543351168	190271	10710598	273.33	16.21	15.93
8	556699	554070867	556688	554068119	366048	543337472	190640	10730647	255.83	17.32	17.02
9	556275	554061588	556240	554053824	366109	543344061	190131	10709763	258.25	17.16	16.87
10	530538	528827181	530531	528825519	349407	518628091	181124	10197428	255.63	16.54	16.26
11	547670	545429941	547656	545426529	360360	534882139	187296	10544390	256.19	17.03	16.74
12	544777	542579653	544765	542576581	358473	532090104	186292	10486477	271.23	15.99	15.72
13	516936	515245670	516929	515244008	340426	505307805	176503	9936203	244.09	16.88	16.59
14	553018	551003022	552998	550999164	364043	540362088	188955	10637076	264.5	16.66	16.38
15	528420	526220794	528408	526217922	347684	516042261	180724	10175661	252.35	16.68	16.4

Transferencia de información de dos computadoras (A1, A2) con direcciones físicas Giga-Byt_b0:ed:cf y Giga-Byt_b1:01:72 a otra computadora (B) con dirección física Giga-Byt_b0:f0:74, con un tamaño de la carga de 250 MB por cada computadora transmisora; los datos recolectados se muestran en la siguiente tabla A5.

Tabla A5

Datos PLC capturados 2 a 1

num	totalP	totalB	Paq A-B	Bytes A-B	paq A>B	Bytes A>B	paq A<B	Bytes A<B	tiempo	Mbit/seg	C-efec
1	561253	554843900	280663	277542748	183269	271987524	97394	5555224	224.18	19.79	19.45
			280569	277296497	183104	271707727	97465	5588770			
2	561010	555197803	280207	277497980	183239	271972843	96968	5525137	224.69	19.75	19.41
			280787	277696177	183358	272132829	97429	5563348			
3	561630	555144837	280638	277478821	183208	271921923	97430	5556898	221.17	20.08	19.74
			280968	277662850	183332	272068654	97636	5594196			
4											
5											
6	561092	555100094	280459	277498699	183229	271955905	97230	5542794	219.69	20.21	19.87
			280612	277597335	183293	272026939	97319	5570396			
7	584331	562693314	306610	285665078	183081	275732604	123529	9932474	467.4	9.63	9.47
			277692	277020814	183079	271675249	94613	5345565			
8	561587	555155104	280740	277556625	183238	271993488	97502	5563137	224.24	19.8	19.46
			280811	277589659	183266	272001037	97545	5588622			
9	561625	554892143	280601	277360508	183141	271794051	97460	5566457	225.99	19.64	19.31
			280999	277525741	183222	271919484	97777	5606257			
10	559718	553150356	279826	276547760	182577	270995177	97249	5552583	225.78	19.6	19.27
			279878	276599272	182619	271026974	97259	5572298			
11	561344	555080152	280620	277452551	183183	271893399	97437	5559152	222.24	19.98	19.64
			280709	277624253	183307	272048356	97402	5575897			
12	584190	562669602	306506	285648331	183031	275723503	123475	9924828	452.39	9.95	9.78
			277663	277015929	183062	271672809	94601	5343120			
13	560754	555129499	280390	277587269	183285	272053755	97105	5533514	219.34	20.24	19.9
			280348	277537584	183272	271983911	97076	5553673			
14	560378	555152144	281119	277532829	183268	272018679	96851	5514150	209.16	21.23	20.87
			280248	277616849	183325	272092572	96923	5524277			
15	560063	554034384	279853	276875655	182813	271342305	97040	5533350	232.63	19.05	18.73
			280154	277150456	182995	271584892	97159	5565564			

Tabla A6

Datos PLC capturados 3 a 1

num	totalP	totalB	Paq A-B	Bytes A-B	paq A>B	Bytes A>B	paq A<B	Bytes A<B	tiempo	Mbit/seg	C-efec
1	565171	554667654	188117	184831304	121965	181009970	66152	3821334	199.35	22.25	21.87
			188387	184822450	121946	180973018	66441	3849435			
			188658	185012706	122068	181155416	66590	3857290			
2	566418	554486917	188608	184806078	121911	180942045	66697	3864033	194.44	22.81	22.42
			188872	184828192	121925	180924380	66947	3903812			
			188913	184848030	121936	180942238	66977	3905792			
3	564483	552513098	188288	184308198	121575	180440315	66713	3867883	197.4	22.39	22.01
			188198	184158784	121483	180270638	66715	3888146			
			187979	184041536	121410	180162660	66569	3878876			
4	563937	554695509	187800	184831778	121979	181036273	65821	3795506	193.32	22.95	22.56
			188065	184877938	122005	181059289	66060	3818649			
			188049	184980266	122079	181171323	65970	3808941			
5	564467	554695509	187800	184831779	121979	181012924	65968	3804921	181.19	24.48	24.06
			188049	184980266	121943	180975126	66175	3828402			
			188065	184877938	122056	181142392	66334	3839664			
6	564092	554415937		184766969	121933	180966629	65924	3800340	180.4	24.58	24.16
				184850492	121979	181028358	66121	3822134			
				184796120	121939	180967798	66183	3828322			
7	565606	554330494	188504	184820699	121944	180968296	66560	3852403	203.78	21.76	21.39
			188641	184819466	121932	180922241	66709	3897225			
			188433	184684331	121860	180785073	66573	3899258			
8	561231	552316567	186697	183902596	121397	180141309	65300	3761287	210.3	21.01	20.65
			187328	184314897	121646	180523007	65682	3791890			
			187182	184094706	121494	180298355	65688	3796351			
9	564572	552082206	188039	183925326	121342	180051507	66697	3873819	207.96	21.23	20.87
			188367	184056824	121405	180136667	66962	3920157			
			188150	184056824	121457	180186795	66693	3911649			
10	566210	554645318	188400	184828584	121951	180985719	66449	3842865	198.31	22.37	21.99
			188878	184892854	121980	180999538	66898	3893316			
			188910	184920002	121997	181021044	66913	3898958			
11	566123	554613260	188518	184823894	121975	180972330	66543	3851564	201.05	22.06	21.68
			188691	184920400	122010	181039454	66681	3880946			
			188853	184855334	121952	180957328	66901	3898006			
12	563833	554506464	187843	184813195	121995	181016635	65848	3796560	187.82	23.61	23.21
			187985	184776786	121932	180957200	66053	3819586			
			187968	184908783	122028	181103816	65940	3804937			
13	563429	552813552	187534	183955807	121364	180127221	66170	3828586	194.44	22.74	22.35
			187802	184308981	121610	180459100	66192	3849881			
			188072	184543140	121763	180685654	66309	3857486			
14	566764	554501548	188763	184816876	121915	180942355	66848	3874521	199.46	22.24	21.86
			189154	184856804	121925	180936547	67229	3920257			
			188841	184826548	121929	180926144	66912	3900404			
15	566234	554262725	188769	184775765	121886	180898449	66883	3877316	195.45	22.68	22.29
			188720	184738157	121859	180839167	66861	3898990			
			188735	184746941	121876	180849718	66859	3897223			

Transferencia de información de 3 computadoras (A1, A2, A3) con direcciones físicas Giga-Byt_b0:ed:cf, Giga-Byt_b1:01:72 y Gyga-Byt_b0:ee:02 a una computadora (B) con dirección física Gyga-Byt_b0:f0:74, tamaño de la carga 165 MB por cada computadora y los datos se muestra en la siguiente tabla

Tabla R2

Transferencia de datos ethernet y PLC de 2 a 1

ethernet							PLC						
num	totalB	tiempo	Vtrans	Efi-VT	C-efec	Efi-CE	totalB	tiempo	Vtrans	Efi-VT	C-efec	efi-CE	
1	482716387	92	41.97	41.97	41.25	42.01	554843900	224.18	19.79	23.28	19.45	23.3	
2	452815223	112.01	32.34	32.34	31.79	32.37	555197803	224.69	19.75	23.24	19.41	23.25	
3	446720162	82.93	43.09	43.09	42.36	43.13	555144837	221.17	20.08	23.62	19.74	23.64	
4	463697025	75.27	49.27	49.27	48.43	49.32	--	--	--	--	--	--	
5	481823173	86	44.81	44.81	44.05	44.85	--	--	--	--	--	--	
6	489197390	76.71	51.01	51.01	50.14	51.06	555100094	219.69	20.21	23.78	19.87	23.79	
7	485053237	80.1	48.44	48.44	47.61	48.49	562693314	467.4	9.63	11.33	9.47	11.34	
8	481771913	92.89	41.48	41.48	40.77	41.52	555155104	224.24	19.8	23.29	19.46	23.31	
9	476094551	73.66	51.7	51.7	50.82	51.75	554892143	225.99	19.64	23.11	19.31	23.12	
10	465431815	74.69	49.85	49.85	49	49.9	553150356	225.78	19.6	23.06	19.27	23.07	
11	469610961	73.82	50.89	50.89	50.02	50.94	555080152	222.24	19.98	23.51	19.64	23.52	
12	460387742	76.76	47.97	47.97	47.15	48.02	562669602	452.39	9.95	11.71	9.78	11.71	
13	467005097	76.01	49.15	49.15	48.31	49.2	555129499	219.34	20.24	23.81	19.9	23.83	
14	467005097	76.01	49.15	49.15	48.31	49.2	555152144	209.16	21.23	24.98	20.87	24.99	
15	466178494	76.49	48.75	48.75	47.92	48.8	554034384	232.63	19.05	22.41	18.73	22.43	
media			46.66		45.86				18.38		18.07		
desviación estándar			5.15		5.06				3.85		3.78		
eficiencia promedio				46.66		46.7				21.62		21.64	

Nota: Resumen de las tablas A3 y A4.

Tabla R3

Transferencia de datos ethernet y PLC de 3 a 1

ethernet							PLC					
num	totalB	tiempo	Vtrans	Efi-VT	C-efec	Efi-CE	totalB	tiempo	Vtrans	Efi-VT	C-efec	Efi-CE
1	366178297	55.89	52.41	52.41	51.52	52.46	554667654	199.35	22.25	26.18	21.87	26.19
2	284926013	51.99	43.83	43.83	43.08	43.87	554486917	194.44	22.81	26.84	22.42	26.85
3	459465838	74	49.67	49.67	48.82	49.72	552513098	197.4	22.39	26.34	22.01	26.36
4	553574914	67.9	65.21	65.21	64.1	65.27	554695509	193.32	22.95	27	22.56	27.02
5	473890514	72.1	52.57	52.57	51.67	52.62	554695509	181.19	24.48	28.8	24.06	28.82
6	477732571	67.99	56.2	56.2	55.24	56.26	554415937	180.4	24.58	28.92	24.16	28.94
7	453162303	313	11.58	11.58	11.38	11.59	554330494	203.78	21.76	25.6	21.39	25.62
8	450852144	67.99	53.04	53.04	52.14	53.09	552316567	210.3	21.01	24.72	20.65	24.73
9	452894804	71.26	50.83	50.83	49.96	50.88	552082206	207.96	21.23	24.98	20.87	24.99
10	459595066	74.89	49.09	49.09	48.25	49.14	554645318	198.31	22.37	26.32	21.99	26.33
11	463909321	76	48.83	48.83	48	48.88	554613260	201.05	22.06	25.95	21.68	25.97
12	464018163	76.27	48.66	48.66	47.83	48.71	554506464	187.82	23.61	27.78	23.21	27.79
13	476976307	75.99	50.21	50.21	49.35	50.26	552813552	194.44	22.74	26.75	22.35	26.77
14	468849192	79.99	46.88	46.88	46.08	46.93	554501548	199.46	22.24	26.16	21.86	26.18
15	453530310	74.41	48.76	48.76	47.93	48.81	554262725	195.45	22.68	26.68	22.29	26.7
media			48.52		47.69				22.61		22.23	
desviación estándar			11.3		11.11				1.01		1	
eficiencia promedio				48.52		48.56				26.6		26.62

Nota: Resumen de las tablas A5 y A6.

APÉNDICE B

DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

Ancho de banda: es común denominar ancho de banda digital a la cantidad de datos que se pueden transmitir en una unidad de tiempo. Esto es en realidad la tasa de transferencia máxima permitida por el sistema, que depende del ancho de banda analógico, de la potencia de la señal, de la potencia de ruido y de la codificación de canal.

ANSI: el Instituto Nacional Estadounidense de Estándares (ANSI, por sus siglas en inglés: American National Standards Institute) es la principal organización encargada de promover el desarrollo de estándares tecnológicos en Estados Unidos. ANSI es miembro de la Organización Internacional para la Estandarización (ISO) y de la Comisión Electrotécnica Internacional (International Electrotechnical Commission, IEC).

Alta tensión: en la subtransmisión es el servicio que se suministra en niveles de tensión mayores a 35 kilovolts, pero menores a 220 kilovolts (Comisión federal de electricidad, 2005).

ATM: (Modo de transferencia asíncrona) tecnología de red para la transferencia de datos a alta velocidad. Los paquetes de información están organizados en tamaños, permitiendo transmisiones fluidas. El ATM soporta voz y vídeo en tiempo real, así como datos y puede alcanzar velocidades de hasta 10

Gbps.

Baja tensión: es el servicio que se suministra en niveles de tensión menores o iguales a 1 kilovolt (Comision Federal de Electricidad, 2005).

Bit: unidad mínima de información que puede ser transmitida o tratada. Procede del inglés, binary digit o Dígito Binario y puede tener un valor de 0 ó 1.

Broadcast: es una técnica utilizada para enviar paquetes de datos de manera simultánea a todos los dispositivos de un segmento de red.

Bus: en arquitectura de ordenadores, un bus es un subsistema que transfiere datos o electricidad entre componentes del ordenador o entre ordenadores. Un bus puede conectar mediante lógica varios periféricos utilizando el mismo conjunto de cables.

Byte: Es la unidad básica de información. En la práctica, se puede considerar que un byte es la cantidad de espacio necesaria para almacenar una letra. Tiene múltiplos como el kilobyte (kB), megabyte (MB), gigabyte (GB) y terabyte (TB). Internamente corresponde a ocho bits.

Cable coaxial: cable formado por dos conductores concéntricos. El conductor central o núcleo está formado por un hilo sólido de cobre, rodeado por una capa aislante que lo separa del externo, formado por una malla trenzada de cobre o aluminio. Este conductor produce un efecto de apantallamiento y además sirve como retorno de las corrientes. Todo el conjunto está protegido por una cubierta aislante. Existen múltiples tipos de cable coaxial, cada uno con un diámetro e impedancia diferentes.

Canal de comunicación: corresponde al medio de transmisión por el que viajan las señales portadoras de la información que pretenden intercambiar emisor y receptor.

Capa física: corresponde al nivel 1 del modelo OSI. En este nivel se definen las características eléctricas, mecánicas y procedimentales de la comunicación en red.

Conectores RJ45: es una interfaz física comúnmente usada para conectar redes de cableado estructurado (categorías 4, 5, 5e y 6). RJ es un acrónimo inglés de Registered Jack que a su vez es parte del Código Federal de Regulaciones de Estados Unidos. Posee ocho pines o conexiones eléctricas.

CSMA/CD: siglas que corresponden a Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (Acceso Múltiple con Escucha de Portadora y Detección de Colisiones), es una técnica usada en redes Ethernet para mejorar sus prestaciones. Sistema de acceso a una red local, por el cual los nodos se aseguran de que la red no está en uso antes de enviar un paquete. La detección de colisiones significa que la red puede determinar cuándo se producen colisiones y proporciona medidas correctoras.

Dirección MAC: en redes de computadoras Media Access Control (control de acceso al medio) cuyo acrónimo es MAC, es un identificador físico, un número único en el mundo, de 48 bits, almacenado en fábrica dentro de una tarjeta de red o una interfaz usada para asignar globalmente direcciones únicas en algunos modelos OSI (capa 2).

Dirección IP: las direcciones IP son el método mediante el cual se identifican los ordenadores individuales (o, en una interpretación más estricta, las interfaces de red de dichos ordenadores) dentro de un red TCP/IP. Todas las direcciones IP consisten en cuatro números separados por puntos, donde cada número está entre 0 y 255.

DS2: empresa española que brinda servicio de electricidad y comunicación de datos.

Ethernet: norma o estándar (IEEE 802.3, 2002) que determina la forma en que los puestos de la red envían y reciben datos sobre un medio físico compartido que se comporta como un bus lógico, independientemente de su configuración física. Originalmente fue diseñada para enviar datos a 10 Mbps, aunque posteriormente ha sido perfeccionado para trabajar a 100 Mbps, un Gbps o 10 Gbps y se habla de versiones futuras de 40 Gbps y 100 Gbps.

Fibra óptica: la fibra óptica es una guía de ondas en forma de filamento, generalmente de polisilicio, aunque también puede ser de materiales plásticos, capaz de guiar una potencia óptica (lumínica), generalmente introducida por un láser, o por un diodo emisor de luz (LED).

Hertz: unidad de frecuencia que se representa con el símbolo Hz y equivale a un ciclo por segundo.

Hiperlan: es un estándar global para anchos de banda inalámbricos LAN que operan con un rango de datos de 54 Mbps en la frecuencia de banda de cinco GHz. HIPERLAN/2 es una solución estándar para un rango de comunicación corto que permite una alta transferencia de datos y calidad de servicio del tráfico entre

estaciones base WLAN y terminales de usuarios. La seguridad está provista por lo último en técnicas de encriptación y protocolos de autenticación.

HomePlug: especificación de hardware y software para la creación de redes de datos a 14 Mbps brutos sobre los cables eléctricos de una vivienda. Usa técnicas de modulación OFDM (varias portadoras ortogonales) ocupando un ancho de banda de varios MHz.

Hub: el propósito de un hub es regenerar las señales de una red. Esto se realiza a nivel de los bits para un gran número de hosts (por ejemplo, cuatro, ocho o incluso 24) utilizando un proceso denominado concentración. Esta definición es muy similar a la del repetidor, es por ello que el hub también se denomina repetidor multipuerto. La diferencia es la cantidad de cables que se conectan al dispositivo. Los hubs se utilizan por dos razones: para crear un punto de conexión central para los medios de cableado y para aumentar la confiabilidad de la red. La confiabilidad de la red se ve aumentada al permitir que cualquier cable falle sin provocar una interrupción en toda la red. Esta es la diferencia con la topología de bus, en la que, si un cable falla, se interrumpe el funcionamiento de toda la red. Los hubs se consideran dispositivos de capa 1.

IEEE: corresponde a las siglas del Institute of Electrical and Electronics Engineers (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos), dedicada a la estandarización. Es una asociación internacional sin fines de lucro formada por profesionales de las nuevas tecnologías, como ingenieros de telecomunicaciones, ingenieros electrónicos, ingenieros en informática.

IEEE 802.11: es un estándar de protocolo de comunicaciones de la IEEE que

define el uso de los dos niveles más bajos de la arquitectura OSI (capas física y de enlace de datos), especificando sus normas de funcionamiento en una WLAN. En general, los protocolos de la rama 802.x definen la tecnología de redes de área local.

IFS (Interframe spacing): tiempo mínimo que debe esperar un host para enviar un nuevo frame y corresponde al tiempo de envío de 96 bits respectivamente en cada una de las versiones de ethernet. En ethernet 9.6 μ s, en fast ethernet 960 ns y en giga ethernet 96 ns.

Internet: conjunto de computadoras conectadas entre sí por un medio de transmisión en común a escala mundial.

FDDI: en Computación, la FDDI (Fiber distributed data interface) se define como una topología de red local en doble anillo y con soporte físico de fibra óptica. Puede alcanzar velocidades de transmisión de hasta 100 Mbps y utiliza un método de acceso al medio basado en paso de testigo (token passing). Utiliza fibras multimodo y concentradores de cableado en topología física de estrella y lógica de doble anillo (anillo primario y anillo secundario)

Media tensión: es el servicio que se suministra en niveles de tensión mayores a 1 kilovolt, pero menores o iguales a 35 kilovolts (Comisión Federal de Electricidad, 2005).

Modulación: en telecomunicaciones el término modulación engloba el conjunto de técnicas para transportar información sobre una onda portadora, típicamente una onda senoidal. Se denomina también como un proceso de colocar la información contenida en una señal, generalmente de baja frecuencia, sobre una señal de alta frecuencia. Debido a este proceso la señal de alta frecuencia,

denominada portadora, sufrirá la modificación de alguno de sus parámetros, siendo dicha modificación proporcional a la amplitud de la señal de baja frecuencia denominada moduladora. A la señal resultante de este proceso se la denomina señal modulada y la misma es la señal que se transmite.

Multicast: en el sistema multicast la transmisión de información llega múltiples puntos a la vez. Modo de difusión de información en vivo que permite que ésta pueda ser recibida por múltiples nodos de la red y por lo tanto por múltiples usuarios

NIC: significa Network Interface Card en inglés lo que en español viene a ser Tarjeta de Interfaz de Red. El término puede referirse tanto a una tarjeta de red completa como a un sólo chip de ella, en el último caso este chip se encarga de servir como interfase de Ethernet entre el medio físico (por ejemplo un cable coaxial) y el equipo (por ejemplo una computadora).

LAN: red de área local. Es una red de dispositivos conectados (como computadoras, impresoras, servidores y concentradores) que cubren un área geográfica relativamente pequeña (generalmente no más grande que una planta o un edificio). Las LAN se caracterizan por transmisiones de alta velocidad en cortas distancias. ethernet, FDDI y token ring son tecnologías ampliamente utilizadas en la configuración de LAN.

OSI: el modelo de referencia OSI es el modelo principal para las comunicaciones por red, también permite que los usuarios vean las funciones de red que se producen en cada capa (International Organization for Standardization/ International Electrotechnical Commission 7498-1, 1994). Más importante aún, el

modelo de referencia OSI es un marco que se puede utilizar para comprender cómo viaja la información a través de una red. Además, puede usar el modelo de referencia OSI para visualizar cómo la información o los paquetes de datos viajan desde los programas de aplicación (por ejemplo hojas de cálculo, documentos, etcétera) a través de un entorno de red (por ejemplo cables, etcétera.), hasta otro programa de aplicación ubicado en otra computadora de la red, aún cuando el remitente y el receptor tengan distintos tipos de red. En el modelo de referencia OSI hay siete capas numeradas, cada una de las cuales ilustra una función de red particular. Esta división de las funciones de networking se denomina división en capa.

Power Line Communications (PLC): también conocido como internet eléctrico: esta tecnología hace posible la transmisión de voz y datos a través de la línea eléctrica doméstica o de baja tensión. Esta tecnología hace posible que conectando un módem PLC a cualquier enchufe de nuestra casa, podamos acceder a internet a una velocidad de entre 2 y 20 Mbps, aunque en versiones más actuales se manejan velocidades de 85 Mbps y 200 Mbps.

Protocolo: se le llama protocolo de red o protocolo de comunicación al conjunto de reglas que controlan la secuencia de mensajes que ocurren durante una comunicación entre entidades que forman una red. En este contexto las entidades de las cuales se habla son programas de computadora tales como dispositivos electrónicos capaces de interactuar en una red.

Radiofrecuencias: el término radiofrecuencia, o RF, se aplica a la porción del espectro electromagnético en el que se pueden generar ondas electromagnéticas aplicando corriente alterna a una antena.

Red de computadoras: conjunto de computadoras conectadas por un medio en común.

Router: el propósito de un router es examinar los paquetes entrantes (datos de capa 3), elegir cuál es la mejor ruta para ellos a través de la red y luego conmutarlos hacia el puerto de salida adecuado. Los routers son los dispositivos de regulación de tráfico más importantes en las redes de gran envergadura. Permiten que prácticamente cualquier tipo de computadora se pueda comunicar con otra computadora en cualquier parte del mundo. Los routers también pueden ejecutar muchas otras tareas mientras ejecutan estas funciones básicas.

STP: acrónimo de Shield Twisted Pair o Par Trenzado blindado. El cable de par trenzado blindado es justamente lo que su nombre implica: cables de cobre aislados dentro de una cubierta protectora. Con un número específico de trenzas por metro. STP se refiere a la cantidad de aislamiento alrededor del conjunto de cables y, por lo tanto, a su inmunidad al ruido al contrario que UTP (Unshield Twisted Pair, Par trenzado sin blindaje) que no dispone de dicho aislamiento.

Switch: al igual que un puente, es un dispositivo de capa 2. De hecho, el switch se denomina puente multipuerto, así como el hub se denomina repetidor multipuerto. La diferencia entre el hub y el switch es que éste último toma decisiones basándose en las direcciones MAC y los hubs no toman ninguna decisión. Como los switches son capaces de tomar decisiones, hacen que la LAN sea mucho más eficiente. Los switches hacen esto conmutando los datos sólo hacia el puerto al que está conectado el host destino apropiado. Por el contrario, el hub envía datos desde

todos los puertos, de modo que todos los hosts deban ver y procesar (aceptar o rechazar) todos los datos.

TCP/IP: la familia de protocolos de Internet es un conjunto de protocolos de red que implementa la pila de protocolos en la que se basa Internet y que permiten la transmisión de datos entre redes de computadoras. También denominada conjunto de protocolos TCP/IP, en referencia a los dos protocolos más importantes que la componen: Protocolo de Control de Transmisión (TCP) y Protocolo de Internet (IP), que fueron los dos primeros en definirse y que son los más utilizados de la familia.

UTP: par trenzado no blindado. Cable que consiste en un par o más de cables (que se utilizan en una gran variedad de aplicaciones de red) que están enfundados en plástico. UTP es popular porque es muy maleable y no ocupa tanto espacio como los STP y otros cables.

Velocidad de transferencia de datos: en telecomunicación e informática, el término *bit rate* (en español velocidad binaria, cadencia, tasa o flujo de bits) define el número de bits que se transmiten por unidad de tiempo a través de un sistema de transmisión digital o entre dos dispositivos digitales.

Wi-Fi: es una marca de la Wi-Fi Alliance (anteriormente la Wireless Ethernet Compatibility Alliance), la organización comercial que prueba y certifica que los equipos cumplen los estándares IEEE 802.11x.

LISTA DE REFERENCIAS

- Altés, J., Hesselbach, X. (2002). *Análisis de redes y sistemas de comunicaciones*. Barcelona: Universidad Politécnica de Catalunya.
- Atelin, P., Dordogne, J. (2007). *TCP/IP y protocolos de internet*. Barcelona: ENI.
- Axelsson, J. (2003). *Embedded ethernet and internet complete: designing and programming small devices for networking*. United States of America: lakeview research LLC.
- Blake, R. (2005). *Sistemas electrónicos de comunicación* (2a. ed.). Madrid: Thomson Paraninfo.
- Carselle, X. (2009). *Power line communications in practice*. Boston: Artech House.
- Comisión federal de electricidad. (2008). Tensión de suministro eléctrico en México. Recuperado de <http://www.cfe.gob.mx/es/informacionalcliente/conocetutarifa/disposicionescomplementarias/2008/2/2tensionsuministro.htm>
- Dembowski, K. (2003). *Hardware: información sobre la totalidad del hardware, de rápido acceso* (2a. ed.). Barcelona: Marcombo.
- Ferreira, H., Lampe, L., Newbury, J., Swart, T. (2010). *Power line communications: Theory and applications for narrowband and broadband communication over power lines*. London: Wiley.
- Forouzan, B. (2007). *Transmisión de datos y redes de comunicaciones* (4a. ed.). Madrid: McGraw-Hill.
- Herrera, E. (2003). *Tecnología y redes de transmisión de datos*. México: Limusa.
- Hagel (2008). *Hagel technologies blog*. Tomado de <http://dumeter.com/>
- Held, G. (2003). *Ethernet network. Desing, implementation, operation and management* (4a. ed.). Chichester: John Wiley and Sons.
- Hesselbach, X. (2002). *Análisis de redes y sistemas de comunicaciones*. Barcelona: Universidad Politécnica de Catalunya.

- Hrasnica, H., Haidine, A. y Lehnert, R. (2004). *Broadband powerline communication: Network Design*. Chichester: John Wiley and Sons.
- Institute of Electrical and Electronic Engineers P1901. (2010). *IEEE P1901 Draft Standard for Broadband over power line networks: Medium access control and physical layer specifications*. Recuperado de: <http://grouper.ieee.org/groups/1901/>
- Institute of Electrical and Electronic Engineers Standard. (2005). *Carrier sense multiple access with collision detection*. Recuperado de <http://ieeexplore.ieee.org/ISOL/standardstoc.jsp?punumber=10531>
- Institute of Electrical and Electronic Engineers standard 802.2. (1998). *Logical link control*. Nueva York: IEEE.
- Institute of Electrical and Electronic Engineers standard 802.3. (2002). *Carrier sense multiple access with collision detection (CSMA/CD) access method and physical layer specifications*. Nueva York: IEEE
- International Organization for Standardization/ International Electrotechnical Commission 7498-1. (1994). *Information technology-open system interconnection-basic reference model: The basic model*. Recuperado de <http://standards.iso.org/ittf/licence.html>
- Internet Engineering Task Force. (1987). *Protocol standard for a NetBios service on a TCP/UDP transport: Concepts and methods*. Recuperado de <http://tools.ietf.org/rfc/rfc1001.txt>
- Internet Engineering Task Force. (1987). *Protocol standard for a NetBios service on a TCP/UDP transport: Detailed specifications*. Recuperado de <http://tools.ietf.org/rfc/rfc1002.txt>
- Jamrichoja, J. y McDaniel, C. (2008). *Conceptos de computación: nuevas perspectivas*. (10a. ed.). México: CENGAGE Learning.
- Koch, M. (2001). *Powerline Telecommunications (PLT); Reference Network Architecture Model PLT phase 1*. Recuperado de http://webapp.etsi.org/workprogram/Report_WorkItem.asp?WKI_ID=8840&curlItemNr=13&/totalNrItems=14&optDisplay=10&qSORT=HIGHVERSION&qETSI_ALL=/&SearchPage=TRUE&qTB_ID=470%3BPLT&qINCLUDE_SUB_TB=/True&qINCLUDE_MOVED_ON=&qMILESTONE=4&qSTOP_FLG/=&qKEYWORD_BOOLEAN=&qSTOPPING_OUTDATED=&butSimple=/Search&includeNonActiveTB=FALSE&includeSubProjectCode=&qREPORT/_TYPE=SUMMARY

- Lee, M. K., Newman, R. E., Latchman, S., Katar, S. y Yonge, L. (2000). *HomePlug powerline communications LAN-Protocol description and performance*. Recuperado de <http://www.homeplug.org/products/whitepapers>
- Leinwand, A. y Pinsky, B. (2001). *Configuración de routers Cisco* (2a. ed.). Madrid: Pearson.
- McNab, C. (2004). *Network security assessment*. Sebastopol, CA: O´reilly.
- Maufer, T. (1999). *IP Fundamentals*. New York: Prentice Hall.
- Montañana, R. (1999). *Ethernet: de 2.94 a 1000 Mb/s en 25 años, tercera parte: el funcionamiento*. Recuperado de <http://www.rediris.es/difusion/publicaciones/boletín/49/enfoque3.html>
- Muñiz, I. (2005). *Voz y datos a través de la red eléctrica*. Recuperado de <http://www.cinit.org.mx/articulo.php?idArticulo=33>
- Oz, E. (2006). *Management information systems* (5a. ed.). Boston: Cengage Learning
- Pérez, M. (2002). Tecnología powerline. Recuperado de <http://isa.uniovi.es/~sirgo/doctorado/powerline.pdf>
- Real Academia Española. (2009). *Diccionario de la Lengua Española*.
- Reynders, D. y Wright, E. (2003). *Practical TCPIP and Ethernet networking*. Burlington, MA: Newnes.
- Red Iberoamericana para la Acreditación de la Calidad de la Educación Superior. (2009). *Red Iberoamericana para la Acreditación de la Calidad de la Educación Superior*. Recuperado de <http://www.riaces.net/glosarioe.html>
- Riera, G. J. y Alabau, M. A. (1992). *Teleinformática y redes de computadores* (2da. Ed.). Barcelona: Marcombo.
- Schwager, A. (2005). *Powerline Telecommunications (PLT): Technical requirements for In-House PLC modems*. Recuperado de http://webapp.etsi.org/workprogram/Report_WorkItem.asp?WKI_ID=20670&currItemNr=3&totalNrItems=14&optDisplay=10&qSORT=HIGHVERSION&qETSI_ALL=&Search/Page=TRUE&qTB_ID=470%3BP/LT&qINCLUDE_SUB_TB=True&qINCLUDE/_MOVED_ON=&qMILESTONE=4&qSTOP_FLG=&qKEYWORD_BOOLEAN/=&qSTOPPING_OUTDATED=&butSimple=Search&includeNonActiveTB/=FALSE&includeSubProjectCode=&qREPORT_TYPE=SUMMARY

- Shaughnessy, T. y Velte, T. (2000). *Manual de Cisco*. Madrid: McGraw-Hill.
- Spurgeon, C. E. (2000). *Ethernet: The definitive guide*. United States of America: O'Reilly & Associates.
- Tanenbaum, A. (2003). *Redes de computadoras* (3a. ed.). México: Prentice Hall.
- Tomasi, W. (2003). *Sistemas de comunicación electrónicas* (4a. ed.). México: Pearson.
- Wireshark (Version 1.2.16) [Computer software]. Recuperado de <http://www.wireshark.org/>