

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ

**Diseño de un sistema de monitoreo de seguridad en un
condominio usando la tecnología de Comunicación a través
de la línea eléctrica**

Tesis para optar el Título de Ingeniero de las Telecomunicaciones, que presenta el
bachiller:

Marco Antonio Flores Gutiérrez

ASESOR: Dr. Manuel Yarlequé

Lima, 12 de noviembre del 2012

Resumen

Esta tesis consiste en el diseño de un sistema de monitoreo de seguridad en un condominio usando la tecnología Power Line Communication (PLC), comunicación a través de la red eléctrica, dando una aplicación más a esta nueva tecnología emergente y brindando una alternativa de solución para los sistemas de monitoreo actuales.

En el primer capítulo se revisará los conceptos básicos de los sistemas de seguridad, además de los principales elementos y proveedores que brinden solución para este tipo de sistemas.

El segundo capítulo busca presentar alcances sobre la tecnología PLC, la evolución y características de la tecnología mencionada, además de conceptos eléctricos necesarios para llevar a cabo el diseño de la red, así como también la factibilidad para elegir esta tecnología.

El tercer capítulo está centrado en la descripción detallada del condominio, mencionándose las áreas prioritarias de vigilancia, además de las características eléctricas del mismo.

El cuarto capítulo abarcará el diseño de la red PLC en sí, viendo aspectos de la jerarquía del sistema, ubicación de las cámaras, además de simulaciones teóricas y pruebas experimentales de conectividad.

Dedicatoria

A DIOS,

... por darme la oportunidad de vivir y de regalarme una familia maravillosa.

A mi madre,

... por el amor y por todo lo que me ha dado en la vida.

A mi padre,

... por darme la vida y su legado.

A Papadolfo y Mamaluz,

... por su cariño, comprensión y apoyo continuo a lo largo de los años.

A mis hermanos,

... por su fraternidad.

A todos mis amigos,

... por el aliento para seguir adelante.

Agradecimientos

Con mucho cariño principalmente a mi madre, mi padre, mamaluz y papadolfo que han estado conmigo en todo momento. Gracias por todo padres, por darme una carrera para mi futuro y por creer en mí, aunque hemos pasado momentos difíciles siempre han estado apoyándome y brindándome todo su amor. Los quiero con todo mi corazón y este trabajo es para ustedes, yo sólo les estoy devolviendo lo que ustedes me dieron en un principio.

A mis hermanos Gabriel, Jesús, Nátali, Gustavo y Juan Carlos gracias por estar conmigo y apoyarme siempre, los quiero demasiado.

A Consuelo, Humberto y Carlos por tenerme siempre en cuenta y darme aliento. Los quiero mucho. A mis primos Humberto, Jose Luis, Consuelo, Ximena, Natalia, Mario por darme la alegría en todo momento.

A mis abuelitas Matilde y Victoria, por hacerme sentir especial. A América y Edilberto, por los consejos. Y a todas las personas que me apoyaron para poder seguir adelante. A todos ustedes infinitas gracias.

De mi mayor agradecimiento, al profesor Manuel Yarlequé por el apoyo brindado y el ejemplo enseñado; a la Junta Directiva del Condominio “Jardines de la Católica” por brindarme las facilidades de ingreso al condominio; y al Sr. Saúl Tello por el apoyo en las coordinaciones dentro del condominio Jardines de la Católica.

INDICE

Lista de Figuras	vii
Lista de Tablas	ix
Lista de Ecuaciones.....	x
Introducción.....	1
Capítulo 1 Sistema de Monitoreo de Seguridad en Condominios.....	3
1.1 Introducción.....	3
1.2 Sistemas de Monitoreo de Seguridad	4
1.2.1 Sistemas Cerrados de Televisión.....	5
1.2.2 Elementos Principales de un CCTV	5
1.3 Ventajas CCTV	10
1.4 Sistemas de Monitoreo de Seguridad en Condominios.....	11
Capítulo 2 Power Line Communications.....	13
2.1 Evolución de la Tecnología PLC.....	13
2.2 Redes Eléctricas.....	14
2.3 Características de las Redes PLC	15
2.3.1 Propiedades del canal de Transmisión.....	15
2.3.1.1 Ruido	15
2.3.1.2 Atenuación.....	15
2.3.1.3 Retraso de propagación.....	16
2.3.1.4 Efecto del Transformador	16
2.3.2 Características de la Perturbación	16
2.3.3 Arquitectura de Red	17
2.3.4 Redes de Distribución y Administración	17
2.3.5 Redes de Acceso PLC.....	19
2.3.6 Capas OSI en una red PLC.....	19
2.3.6.1 Capa Física	20
2.3.6.2 Capa Enlace de Datos	21
2.3.7 Técnicas de Modulación para Sistemas PLC	22
2.3.7.1 Multiplexación por división de frecuencia ortogonal (OFDM).....	22
2.3.7.2 Espectro Ensanchado	24
2.4 Aplicaciones de una Red PLC	25
2.5 Factibilidad del uso de la tecnología PLC	27
2.6 Estándares PLC.....	27
Capítulo 3 Estudio del Condominio para la Implementación del Sistema.....	30
3.1 Identificación de las zonas de monitoreo de una red de Vigilancia.....	30

3.1.1 Zonificación del condominio.....	32
3.1.2 Accesos	32
3.1.3 Problemas de Seguridad en el Condominio	32
3.1.4 Zonas identificadas	33
3.1.5 Distribución de la red eléctrica:	33
Capítulo 4 Diseño de una Red de Vigilancia usando la red PLC	35
4.1 Consideraciones del diseño	35
4.1.1 Red Eléctrica	35
4.1.2 Red de Datos	36
4.1.3 Aspectos Técnicos:	37
4.1.4 Interferencias:.....	38
4.2 Equipos requeridos en el diseño	39
4.2.1 Unidades de acoplamiento (UDA)	39
4.2.2 Unidades de usuario (UU).....	39
4.3. Distancias involucradas en el diseño de la red PLC.....	39
4.3.1 Distancias entre los tableros y las cámaras del sistema.....	40
4.3.2 Características del cable eléctrico	41
4.4. Capacidad del canal PLC.....	43
4.5. Diseño de la red PLC.....	45
4.5.1 Módulos jerárquicos del diseño	46
4.5.2 Dispositivos que forman parte del sistema	46
4.6 Pruebas realizadas.....	49
4.7 Modelo Económico:	53
Conclusiones, Recomendaciones y Trabajos Futuros	55
Conclusiones	55
Recomendaciones	57
Trabajos Futuros.....	57
Bibliografía.....	58
ANEXOS	63

Lista de Figuras

FIGURA 1-1: Pirámide de Maslow [PRA1998]	3
FIGURA 1-2: Sistema de monitoreo de seguridad sobre IP [HIT2009].....	4
FIGURA 1-3: Sistema de CCTV [LAN2009]	7
FIGURA 1-4: Cable coaxial.....	8
FIGURA 1-5: Cable STP y UTP	9
FIGURA 1-6: Latiguillos de Fibra Óptica	10
FIGURA 1-7: Tecnologías inalámbricas.....	10
FIGURA 1-8: Sistema de monitoreo Analógico [AXI2003].....	11
FIGURA 2-1: Bandas de frecuencia usadas para las redes PLC [CAR2006]	14
FIGURA 2-2: Estructura de una de red Eléctrica [HRA2004]	15
FIGURA 2-3: Tipos de Ruido aditivo en las redes PLC[HEL2006]	17
FIGURA 2-4: Conexión al backbone de la red[HRA2004]	17
FIGURA 2-5: Red de distribución tipo bus [HRA2004]	18
FIGURA 2-6: Red de distribución tipo estrella [HRA2004]	18
FIGURA 2-7: Red PLC con dispositivos de administración [HRA2004].....	19
FIGURA 2-8: Estructura de una Red de acceso PLC [HRA2004]	19
FIGURA 2-9: Comunicación de una red PLC a nivel de capas [HRA2004]	20
FIGURA 2-10: Pila de Protocolos de la Tecnología PLC [HRA2004]	21
FIGURA 2-11: Trama utilizada en PLC [HRA2004].....	22
FIGURA 2-12: Señal OFDM en el dominio de la frecuencia [HRA2004]	23
FIGURA 2-13: Proceso de modulación OFDM [HRA2004]	24
FIGURA 2-14: Principios de la Espectro Ensanchado [HUS2003, POZ2007]	24
FIGURA 2-15: Estructura general de una red PLC [HRA2003]	27
FIGURA 3-1: Vista frontal del condominio.....	30
FIGURA 3-2: Vista de Nivel del Condominio Jardines de la Católica [GOO2010].	31
FIGURA 3-3: Condominio Jardines de la Católica [GOO2010].	31
FIGURA 3-4: Pasaje interbloque, lado derecho	33
FIGURA 3-5: Pasaje interbloque, lado izquierdo.....	33
FIGURA 3-6: Vista de estacionamiento exterior.....	34
FIGURA 3-7: Vista de estacionamiento del sótano.	34
FIGURA 3-8: Vista de una de las zonas recreativas	34
FIGURA 3-9: Resumen de la zonificación del condominio [GOO2010].	32
FIGURA 3- 10: Sectorización de acuerdo a la puesta en servicio [GOO2010]	33

FIGURA 3- 11: Distribución eléctrica del sector 2	34
FIGURA 4- 1: Distribución de las cámaras en el condominio [GOO2010].....	40
FIGURA 4- 2: Vista transversal de una línea bifilar	41
FIGURA 4- 3: Gráfica de atenuación VS Distancia	43
FIGURA 4- 4: Modelos de función de transferencia según tipo de canal [GOT2004]..	44
FIGURA 4- 5: Modelo de función de transferencia del canal tipo 2[GOT2004].....	44
FIGURA 4- 6: Diseño de la red de vigilancia.....	45
FIGURA 4- 7: Modelo Jerárquico del sistema de monitoreo	46
FIGURA 4- 8: Modelo experimental de prueba	49
FIGURA 4- 9: Imágenes in-situ de modem con laptop	50
FIGURA 4- 10: Pantallazo de la interfaz de la cámara IP.....	50
FIGURA 4- 11: Vista a 15 metros del tablero general	51
FIGURA 4- 12: Vista a 40.5 metros del tablero general	51
FIGURA 4- 13: Vista a 63 metros del tablero general	52



Lista de Tablas

TABLA 1- 1: Principales empresas que brindan soluciones CCTV y afines.	11
TABLA 2-1: Comparación entre las técnicas de modulación [ROD2004, LEE2006]....	25
TABLA 2- 2: Cuadro resumen de las principales tecnologías [RIF2009]	27
TABLA 4- 1: Valores del Flujo de información que viajará por la Red PLC [SNM2012, TEC2012]	36
TABLA 4- 2: Cuadro de distancias de las ubicaciones de las cámaras	40
TABLA 4- 3: Parámetros primarios de línea bifilar	42
TABLA 4- 4: Cuadro referencial del tipo de canal PLC [GOT2004]	43
TABLA 4- 5: Cuadro resumen de capacidades[GOT2004].....	45
TABLA 4- 6: Tabla de capacidades del sector 1	48
TABLA 4- 7: Tabla de capacidades del sector 2	48
TABLA 4- 8: Tabla de capacidades del sector 3	48
TABLA 4- 9: Cuadro resumen de capacidades	49
TABLA 4- 10: Resumen de medidas de calidad de velocidad de adaptadores	53
TABLA 4- 11: Cuadro económico comparativo	54

Lista de Ecuaciones

Ecuación 4- 1: Capacitancia de línea bifilar	41
Ecuación 4- 2: Inductancia de línea bifilar.....	41
Ecuación 4- 3: Resistencia de línea bifilar	41
Ecuación 4- 4: Conductancia de la línea bifilar	42
Ecuación 4- 5: Factor de Forma de línea bifilar.....	42
Ecuación 4- 6: Estimación de permitividad relativa equivalente	42
Ecuación 4- 7: Coeficiente de Propagación	42
Ecuación 4- 8: Función de la Atenuación.....	42
Ecuación 4- 9: Capacidad mínima de transmisión	47



Introducción

La seguridad en las ciudades ha cobrado durante este nuevo siglo una dimensión inédita; sin embargo, hoy día es un factor de calidad de vida, por lo que se ha ampliado el desarrollo de diversas tecnologías para la implementación de sistemas de monitoreo y seguridad, que permitan mejorar la supervisión de las locaciones, además de los principales puntos de acceso de las mismas como son las vías terrestres, marítimas (puertos) y aéreas (aeropuertos).

La tecnología *Power Line Communication* (PLC) está enfocada en la prestación de servicios de telecomunicaciones a través de la red eléctrica. Esta infraestructura puede brindar servicios de banda ancha en locaciones limitadas. Aprovechando esta característica se llevará a cabo el diseño de un sistema de monitoreo sobre la infraestructura eléctrica ya existente de un condominio.

Los primeros sistemas de monitoreo empezaron con cámaras cableadas a un monitor remoto, punto a punto; con la primera generación de grabación punto multipunto. Esto significó grabación del video en forma analógica usando equipos VHS, con la ventaja de una revisión posterior donde cambió todo el concepto de las investigaciones.

La segunda generación de los sistemas de monitoreo de seguridad vino con la digitalización de las imágenes, algo que permitió tratar los datos digitales con un equipo “inteligente” (CPU) bajo el concepto de TCP/IP; brindando procesos como grabar en un disco duro, detección de movimiento, búsqueda mas rápida de videos guardados y acceso al video vía redes, los cuales son los que se brindan actualmente.

El presente trabajo planteará una solución alternativa a la implementación de los sistemas de monitoreo de seguridad actualmente instalados, mostrando una posible solución bajo un escenario específico, para luego llegar a diseñar la disposición de los elementos que conformarán el sistema, además de recomendaciones para darle a este sistema la seguridad necesaria que se requiera.

Finalmente se realizará una descripción del tendido eléctrico actual, llevándose a cabo pruebas de continuidad de conexión de red; así también como la factibilidad de la tecnología frente a las existentes.



Capítulo 1

Sistema de Monitoreo de Seguridad en Condominios

1.1 Introducción

La seguridad hoy en día es un factor de calidad y se ha convertido en un requerimiento del estilo de vida urbano. “Lo seguro” significa libre y exento de peligro, daño o riesgo [RAE2012]; es también el segundo factor o nivel [PRA1998] que toda persona necesita alcanzar para su autorrealización según estudios psicológicos.



FIGURA 1- 1: Pirámide de Maslow [PRA1998]

En los últimos años se observa un cambio de escenario en el entorno social y empresarial. Siendo el aspecto de seguridad uno de los puntos

preponderantes tomados en cuenta, es por ello que se impone la necesidad de contar con adecuadas infraestructuras para los sistemas de vigilancia que permitan monitorear los distintas locaciones con las que cuenta, teniendo la posibilidad de brindar el servicio adecuado para el cliente y necesario para el establecimiento [BOS2007, PAÑ1999].

Debido al desarrollo económico sostenido que se ha estado dando estos años en nuestro país, con un mayor énfasis a la seguridad ciudadana, muchos de los condominios cuentan actualmente con sistemas de monitoreo de seguridad.

1.2 Sistemas de Monitoreo de Seguridad

Los sistemas de monitoreo de seguridad se crean debido a las exigencias del mercado actual, con el fin de un mayor control y supervisión de las actividades que se realizan en las distintas locaciones, teniendo un funcionamiento de 24x365, es decir, un funcionamiento permanente las 24 horas del día y los 365 días del año [BOS2007, IND2009].

Estos sistemas de monitoreo son Circuitos Cerrados de Televisión (CCTV), los cuales son sistemas de transmisión de imágenes compuesto básicamente por un número finito de cámaras y monitores en el cual se transmiten señales formando un conjunto cerrado y limitado puesto que sólo los componentes de dicho grupo pueden compartir dichas imágenes a diferencia de la televisión abierta o pública donde todo aquel que disponga de un receptor de video (televisor) puede recibir la señal correspondiente [CAV2007, AXI2003].

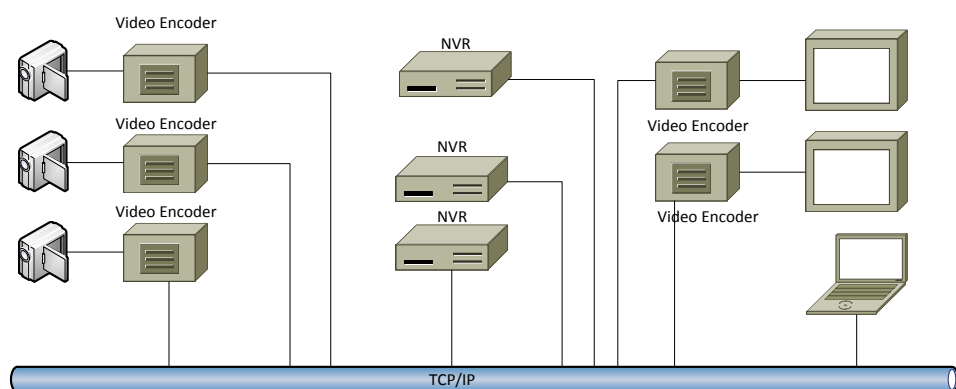


FIGURA 1- 2: Sistema de monitoreo de seguridad sobre IP [HIT2009]

El diseño de un sistema CCTV de vigilancia está regido por cuatro consideraciones fundamentales [MER2008, IND2009]:

- ✓ Definición del área que debe visualizar cada cámara.
- ✓ Determinación de la ubicación del o los monitores.
- ✓ Definición de la forma de transmisión de la señal de video desde las cámaras al monitor.
- ✓ En base a los puntos anteriores, determinación del equipamiento necesario.

1.2.1 Sistemas Cerrados de Televisión

Los primeros sistemas de CCTV se crearon antes que la misma televisión para el público que todos conocemos, la cual tuvo mucho más crecimiento. El CCTV tuvo un uso muy especializado durante el siglo pasado, más que nada debido al precio de las cámaras, el cual limitaba mucho las aplicaciones. Con el advenimiento de los nuevos sistemas de captación de imagen en las cámaras, sumado a un alto crecimiento del crimen y la inseguridad, provocaron un incremento en la producción y un decremento en los precios [IND2009].

Al bajar significativamente su precio los vídeo-grabadores se integraron a los sistemas de CCTV y desplazaron al monitor como parte fundamental de un sistema. Los nuevos vídeo grabadores digitales (DVR) compiten en precio con las analógicas, y podemos decir que existe equipo para todos los niveles y requerimientos de la sociedad.

Los vídeo-grabadores digitales tienen alto grado de almacenamiento siendo como mínimo lo recomendado de 500GB a 1TB. Brindando un mayor valor agregado al sistema de seguridad [IND2009].

1.2.2 Elementos Principales de un CCTV

a. LA CÁMARA.

El punto de generación de vídeo de cualquier sistema de CCTV es la cámara. Existen cámaras que cuentan con micrófono incorporado. Hay

muchos tipos de cámara, cada una para diferentes aplicaciones y con diferentes especificaciones y características [MER2008, CCT2007]:

- Blanco y Negro, Color, o Día y Noche.
- Temperatura de funcionamiento.
- Resistencia a la intemperie.
- Iluminación (sensibilidad).
- Condiciones ambientales (temperatura mínima y máxima, humedad, salinidad).
- Resolución (calidad de imagen).
- Sistema de formato (europeo PAL, americano NTSC).
- Voltaje de alimentación.
- Dimensiones.
- Tipo de lentes que utiliza.
- Calidad y tamaño del CCD (chip que inicialmente capta la imagen, su tamaño y calidad).

b. LENTES.

En los sistemas de CCTV profesionales las cámaras vienen sin lente y únicamente con un conector rosca para que el instalador ensamble el lente que se adapte mejor a los requerimientos, los cuales varían de acuerdo a [MER2008, CCT2007]:

- Distancia del objeto.
- Ángulo mínimo de observación.
- Vari-focal o fijo.
- Intensidad de luz, variable o fijo.

No todos los lentes tienen ajuste focal e iris. La mayoría debe tener ajuste de iris; algunas lentes de muy amplio ángulo no tienen anillo de enfoque.

c. EL MONITOR.

La imagen creada por la cámara necesita ser reproducida en la posición de control. Un monitor de CCTV es prácticamente el mismo que un receptor de televisión, excepto que éste no tiene circuito de sintonía. Pero la característica principal es la durabilidad de su pantalla. Debemos recordar que en el CCTV se requieren 24 horas de trabajo sin pérdida de la calidad

de la imagen, durante muchos años en ambientes difíciles u hostiles [LAN2009, MER2008].

d. GRABADOR.

Este se encarga de grabar las imágenes de las cámaras, para posteriormente poder ser vistas, analizadas y hacer copias de seguridad. En la actualidad y con el advenimiento de los sistemas IP, la grabación se lleva a cabo en discos duros, ya sea en PC, o en equipos especializados para esta labor como los grabadores digitales autónomos [LAN2009, MER2008, AXI2003].

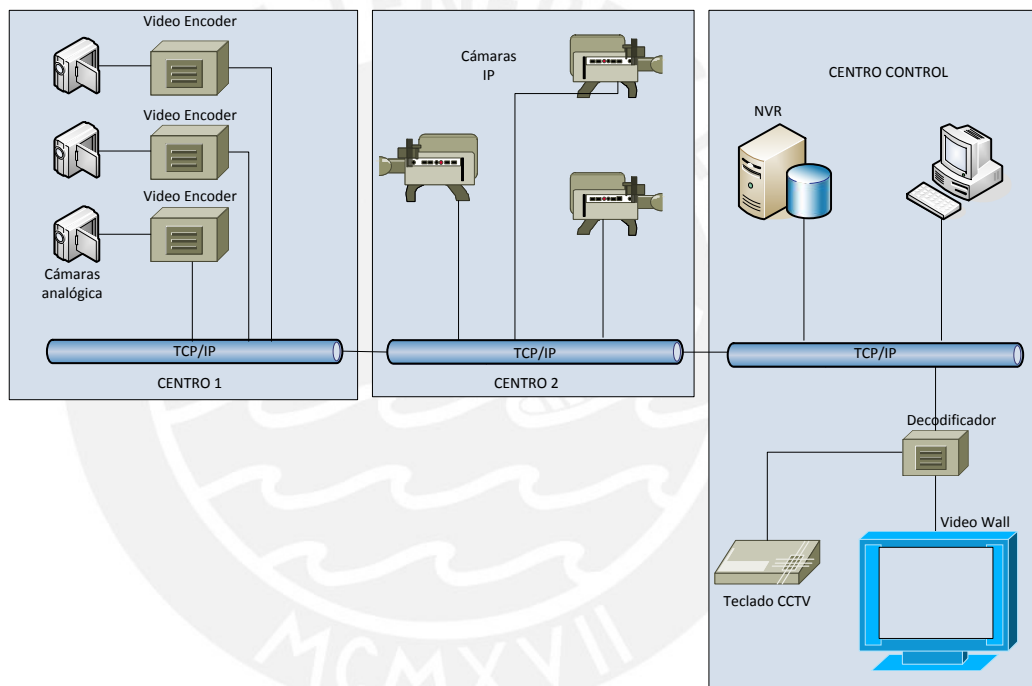


FIGURA 1- 3: Sistema de CCTV [LAN2009]

e. MEDIOS DE TRANSPORTE DE LA SEÑAL DE VIDEO.

Consiste en el elemento que conecta físicamente las estaciones de trabajo al servidor y los recursos de la red. Entre los diferentes medios utilizados para las soluciones de CCTV se puede mencionar: el cable de par trenzado, el cable coaxial y el espectro electromagnético (en transmisiones inalámbricas).

Su uso depende del tipo de diseño de CCTV en particular ya que cada medio tiene sus propias características de costo, facilidad de instalación, ancho de banda soportado y velocidades de transmisión máxima permitidas.

Medios Guiados tradicionales:

Conocidos como medios de transmisión por cable como:

Cable Coaxial: Consiste en un cable conductor interno (cilíndrico) separado de otro cable conductor externo por anillos aislantes o por un aislante macizo. Todo esto se recubre por otra capa aislante que es la funda del cable. Usado inicialmente para el cableado de los sistemas de CCTV analógicos; por la estabilidad que brindan son usados para la interconexión de las cámaras analógicas con los encoders actualmente. Para la interconexión con los elementos de la red han sido remplazados por el uso del cable de par trenzado y la fibra.

Se tienen dos tipos de cable coaxial:

- Cable fino (Thinnet).
- Cable grueso (Thicknet).



FIGURA 1- 4: Cable coaxial

Cable de pares / Par Trenzado: Consiste en hilos de cobre aislados por una cubierta plástica y torzonada entre sí. Debido a que puede haber acoples entre pares, estos se trenza con pasos diferentes. La utilización del trenzado tiende a disminuir la interferencia electromagnética. Este tipo de medio es el más utilizado debido a su bajo coste y su mediana distancia de alcance (100 m como máximo). Se pueden transmitir señales analógicas o

digitales. Hay dos tipos principales de cables de par trenzado: cable de par trenzado sin apantallar (UTP) que son susceptibles al ruido y a interferencias; y par trenzado apantallado (STP) de un mayor costo e inmunidad al ruido electromagnético. Usadas en la actualidad en la mayoría de soluciones de CCTV digitales y de interconexión hacia la red.

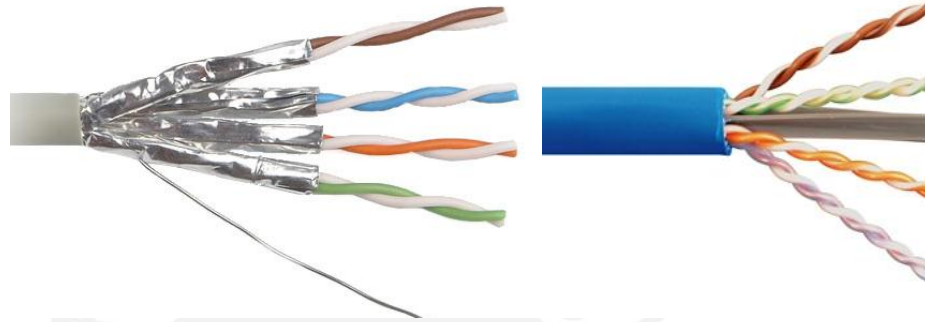


FIGURA 1- 5: Cable STP y UTP

Fibra Óptica: En este medio los datos se transmiten mediante una haz confinado de naturaleza óptica, de ahí su nombre, es mucho más caro y difícil de manejar pero sus ventajas sobre los otros medios lo convierten muchas veces en una muy buena elección al momento de observar rendimiento y calidad de transmisión.

Para el uso en sistemas de CCTV de locaciones remotas trabajar con *tranceivers* que transforman las señales ópticas en señales eléctricas, y las consideraciones a tener en cuenta son:

El cable de fibra óptica se utiliza si:

- Necesita transmitir datos a velocidades muy altas y a grandes distancias en un medio muy seguro.

El cable de fibra óptica no se utiliza si:

- Tiene un presupuesto limitado.
- No tiene el suficiente conocimiento para instalar y conectar los dispositivos de forma apropiada.



FIGURA 1- 6: Latiguillos de Fibra Óptica

Medios No Guiados:

Los medios no guiados o sin cable han tenido gran acogida al ser un buen medio para cubrir menores distancias y hacia cualquier dirección sin requerir ningún tipo de cableado adicional. De manera general podemos definir las siguientes características de este tipo de medios: la transmisión y recepción se realiza por medio de antenas, las cuales deben estar alineadas cuando la transmisión es direccional, o si es omnidireccional la señal se propaga en todas las direcciones.

Entre las tecnologías que se usan son WIFI, WIMAX, 3G y 4G. Todas estas tecnologías aprovechadas para equipos móviles así como en telefonía celular.



FIGURA 1- 7: Tecnologías inalámbricas

1.3 Ventajas CCTV

- ✓ Aumento de la seguridad física.
- ✓ Mayor productividad y eficiencia.
- ✓ Control más eficaz y mejoramiento continuo de su personal.
- ✓ Control de acceso al personal interno y externo a la organización.
- ✓ Control de acceso de vehículos propios o ajenos a la organización.

- ✓ Control de entrada y salida de inventario, maquinarias y equipos.
- ✓ Disminución de daños a maquinaria y equipos, por sabotaje o mal uso.
- ✓ Registro continuo de los eventos sucedidos en la organización.
- ✓ Control eficaz en procesos productivos y comprobación de señales de instrumentos de control.
- ✓ Acceso remoto vía Internet desde cualquier lugar del mundo en tiempo real.
- ✓ Escalabilidad, que permite empezar desde pequeñas aplicaciones e ir creciendo a la medida de las necesidades o el presupuesto de la organización.
- ✓ Flexibilidad en el diseño de la solución.[AXI2003, MER2008, HID2009, DUC2007]

1.4 Sistemas de Monitoreo de Seguridad en Condominios


Los condominios cuentan generalmente con un sistema de CCTV analógico básico a través de cable coaxial.



FIGURA 1- 8: Sistema de monitoreo Analógico [AXI2003]

Finalmente nombraremos las principales empresa que brindan soluciones para estos sistemas como se muestra en la tabla 1-1.

TABLA 1- 1: Principales empresas que brindan soluciones CCTV y afines.

 <p>[AXI2012]</p>	<p>Axis Communications [AXI2012]: Soluciones de video sobre IP. Cámaras, encoders, carcasas, accesorios y software de gestión de video</p>
--	--

 <p>[SON2012]</p>	<p>Sony [SON2012]: Soluciones de video sobre IP y CCTV analógico. Cámaras, monitores, encoders, carcasas, accesorios, software de gestión de video y grabadores de video de red.</p>
 <p>by Schneider Electric [PEL2012]</p>	<p>Pelco [PEL2012]: Soluciones completas de video sobre IP y CCTV analógico. Cámaras de color, día/noche, a prueba de explosión y térmicas; lentes; monitores; carcasas; sistemas matriciales; grabadores de video en red y digitales; encoders; accesorios y software de gestión de video.</p>
 <p>[BOS2012]</p>	<p>Bosch Security Systems [BOS2012]: Soluciones integrales de sistemas de CCTV, detección de incendios, control de accesos e intrusión.</p>
 <p>[FLI2012]</p>	<p>FLIR [FLI2012]: Cámaras térmicas de visión nocturna.</p>
 <p>[CNB2012]</p>	<p>CNB Technology Inc. [CNB2012]: Soluciones de video sobre IP y CCTV analógico.</p>
 <p>The Open Platform Company [MIL2012]</p>	<p>Milestone Systems [MIL2012]: Software de video vigilancia en plataforma abierta IP para una administración centralizada y control total de instalaciones de toda envergadura.</p>
 <p>[NVT2012]</p>	<p>NVT [NVT2012]: Soluciones en video análogo híbrido por cable de par trenzado no blindado (UTP), control y transmisión de energía a cámaras.</p>
 <p>[BCD2012]</p>	<p>BCD [BCD2012]: Servidores, arreglos de almacenamiento y estaciones de trabajo HP, optimizados específicamente para soluciones de video.</p>



Capítulo 2

Power Line Communications

2.1 Evolución de la Tecnología PLC

A nivel de telecomunicaciones, se ha venido desarrollando en forma experimental sistemas que permiten el uso de las redes eléctricas para la transmisión de información de alta velocidad. Mediante el uso de una onda portadora, que no es sino un sistema de comunicaciones que consigue reutilizar los cables de media y alta tensión para la transmisión de señales que permitan las comunicaciones en instalaciones alejadas de los núcleos poblados de las empresas eléctricas [SEN2003].

El desarrollo de estos sistemas dio lugar a los sistemas que posteriormente se utilizaron con el mismo objetivo de aprovechar los cables eléctricos de baja tensión para transportar señales de comunicaciones en entornos industriales (bandas 3-148.5KHz) [SEN2003, CAR2006, HRA2004].

Evolucionando a los sistemas PLC de acceso al cliente de 1.6-10MHz para el tramo de acceso fuera del domicilio y de 10-30MHz dentro del domicilio. Esto permite aprovechar la vasta red de distribución de baja tensión de las empresas eléctricas para el servicio de comunicaciones [SEN2003, CAR2006, HRA2004].

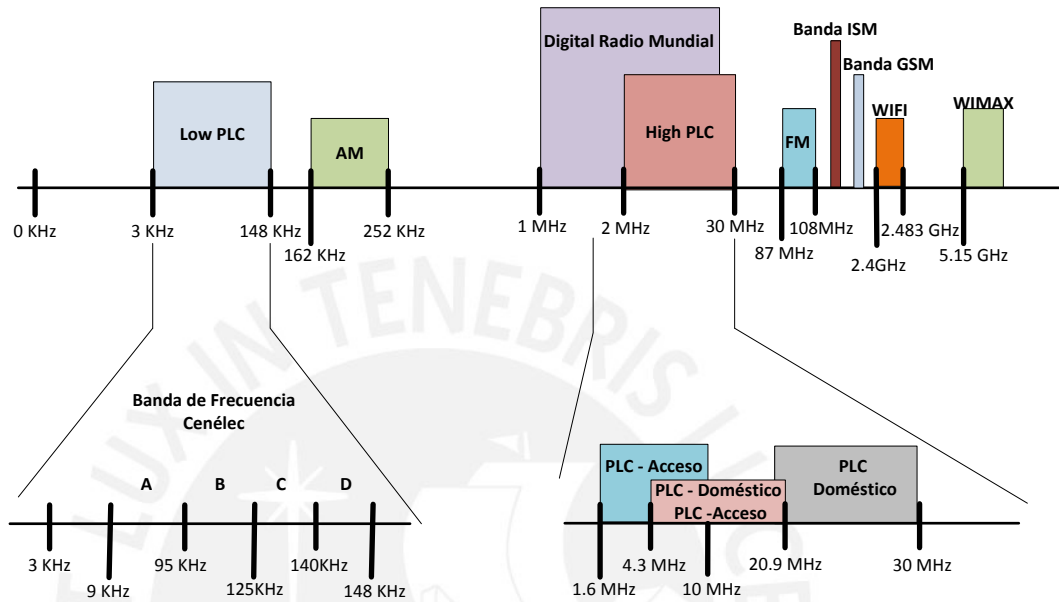


FIGURA 2-1: Bandas de frecuencia usadas para las redes PLC [CAR2006]

2.2 Redes Eléctricas

Las redes eléctricas son las que nos proveen el suministro de energía eléctrica, las cuales se dividen en 3 niveles [HRA2004, HEL2006]:

- Redes de Alta Tensión (High-voltaje), las cuales conectan las estaciones generadoras con los suministros de las regiones. Manejan tensiones de 110 a 380kV.
- Redes de Media Tensión (Medium-voltaje), interconectan los suministros de las regiones con los suministros locales. Manejan tensiones de 10 a 30kV.
- Redes de Baja Tensión (Low-voltaje), interconecta los suministros locales con los usuarios finales. Maneja una tensión de 220/400V.

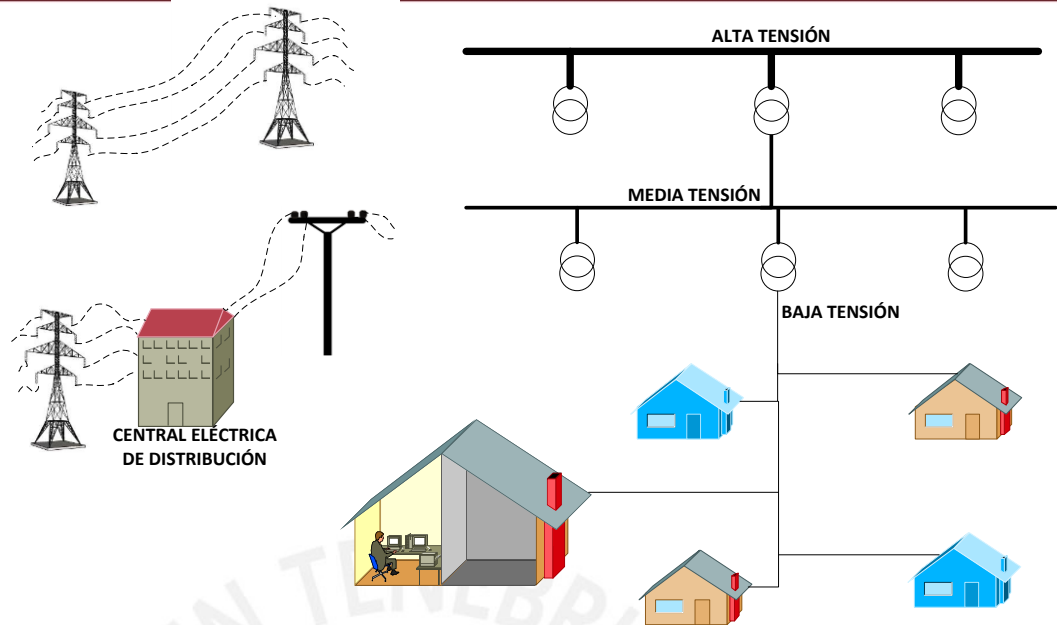


FIGURA 2-2: Estructura de una de red Eléctrica [HRA2004]

2.3 Características de las Redes PLC

2.3.1 Propiedades del canal de Transmisión

2.3.1.1 Ruido

En el canal de transmisión se genera ruido debido a condiciones atmosféricas; dispositivos que consumen alta energía como calefacciones y aire acondicionado ya que la alta corriente que requieren para su funcionamiento induce corriente en la línea; otra fuente de ruido son las señales RF que puedan llegar a recibir la línea eléctrica, debido a que mucho de los conductores que forman la red no poseen protección [HRA2004, HEL2006].

2.3.1.2 Atenuación

Depende de la línea, la longitud y características del conductor eléctrico. Numerosas mediciones han demostrado que la atenuación en la red eléctrica es relativamente aceptable para tramos de 200 a 300m. Además tomar en cuenta que a mayor frecuencia existirá mayor atenuación [HRA2004, HEL2006].

2.3.1.3 Retraso de propagación

Diferentes retrasos con diferentes frecuencias. No es muy importante cuando la distancia de transmisión es corta, entre 200 a 300 m [HEL2006].

2.3.1.4 Efecto del Transformador

El transformador es una gran obstáculo para el paso de la señal a alta frecuencia por lo que se proponen tres alternativas para superarlo, la primera es colocar un acoplador, la segunda es aumentar la intensidad de la señal, y la tercera es sacar la señal usando un transmisor WIFI [HEL2006].

2.3.2 Características de la Perturbación

Donde se debe considerar distintos tipos de ruidos [HRA2004, HEL2006]:

- a) Ruido de color de fondo (Tipo 1).- cuya densidad espectral de potencia (PSD) disminuye al aumentar la frecuencia. Es causado principalmente por numerosas fuentes de ruido de menor intensidad, donde se muestra la fuerte dependencia de la frecuencia considerada, además de ser variante en el tiempo. Revisar gramática
- b) Ruido de banda estrecha (Tipo 2).- generalmente tiene una forma sinusoidal con modulación de amplitud. Ocupa varias sub-bandas relativamente pequeñas a lo largo del espectro de frecuencia. Generadas principalmente por las bandas de radiodifusión de banda corta.
- c) Ruido Impulsivo asíncrono a la frecuencia principal (Tipo 3).- tiene por lo general una tasa de repetición de entre 50 y 200KHz, traduciéndose en el espectro de líneas discretas. Generadas principalmente por fuentes de alimentación conmutadas.
- d) Ruido Impulsivo síncrono a la frecuencia principal (Tipo 4).- son impulsos con frecuencias de repetición de 50 o 100Hz y son síncronos con la frecuencia de la línea eléctrica, tienen corta duración. Estos son causados generalmente por suministros de energía.

- e) Ruido Impulsivo asíncrono (Tipo 5).- causados por los cambios transitorios de la red, tiene una corta duración (us), su densidad espectral puede alcanzar valores de más de 50dB por encima del ruido de fondo, siendo este la principal causa del error en las comunicaciones digitales a través de la red PLC.

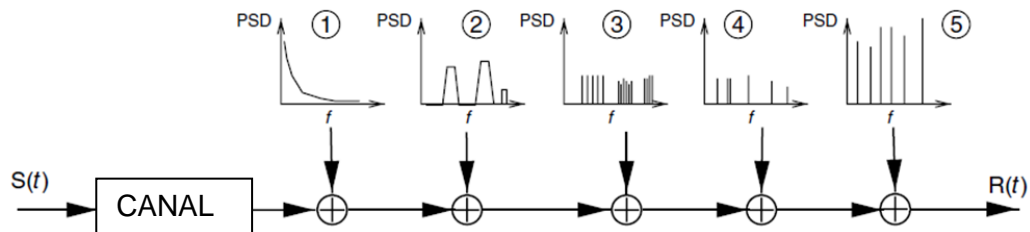


FIGURA 2-3: Tipos de Ruido aditivo en las redes PLC [HEL2006]

2.3.3 Arquitectura de Red

Para el análisis de una red PLC, debemos reconocer las principales áreas, las cuales son dos. Como se observa en la Figura 2-4, donde se muestra el área de acceso, que permitirá a los usuarios conectarse a un *backbone*. Toda área de acceso PLC estará formada por la red de distribución y la red de acceso, siendo la estación base la que limita ambas redes [HRA2004, HEL2006].

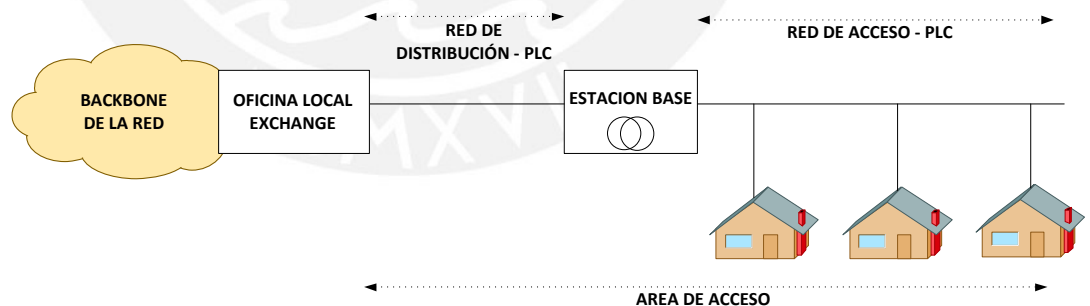


FIGURA 2-4: Conexión al *backbone* de la red [HRA2004]

2.3.4 Redes de Distribución y Administración

La red de distribución: es la red que interconecta las estaciones base con el *backbone*, realizando el símil con una red común de red podemos encontrar los distintos tipos de configuraciones donde se puede observar la

interconexión de las redes de acceso PLC hacia el *backbone* usando la red de distribución [HRA2004, HEL2006, HUS2003].

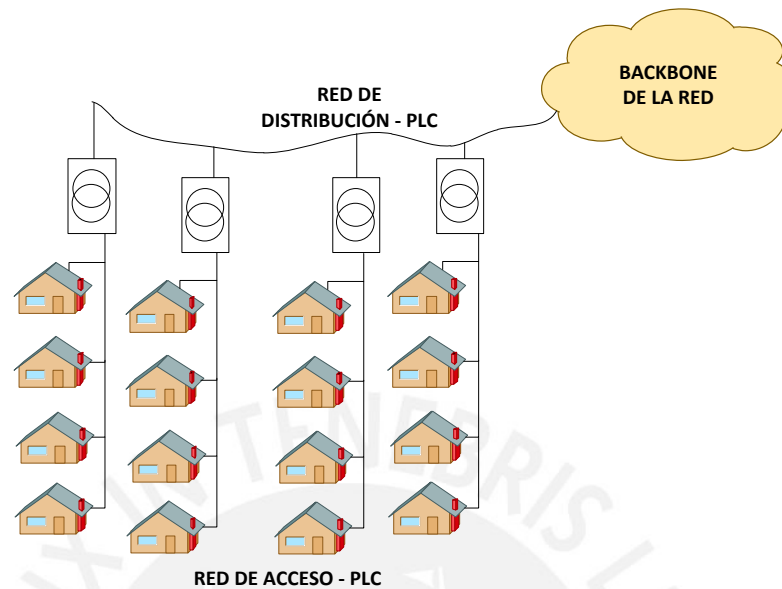


FIGURA 2-5: Red de distribución tipo bus [HRA2004]

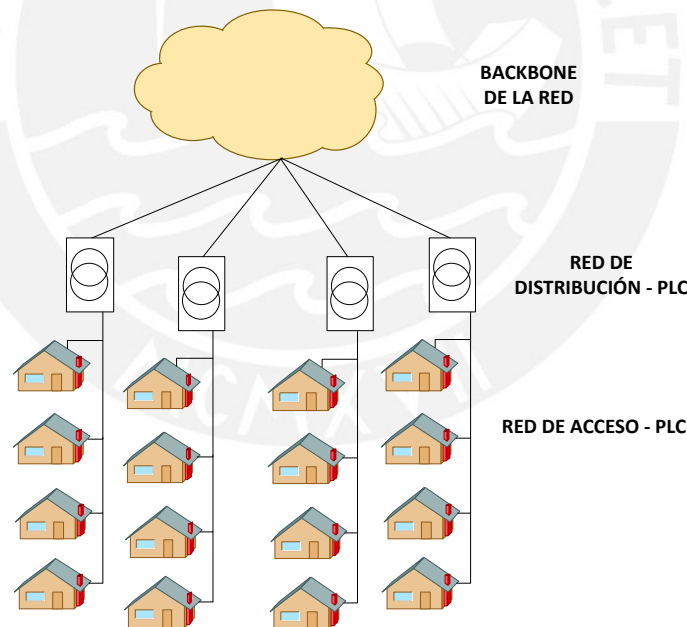


FIGURA 2-6: Red de distribución tipo estrella [HRA2004]

Para el correcto funcionamiento de toda red, no solo se debe tomar en cuenta las redes acceso y las redes de distribución, es primordial considerar elementos de administración de red otorgando un mayor control a toda la red, obteniendo una mayor eficiencia de la misma [HRA2004].

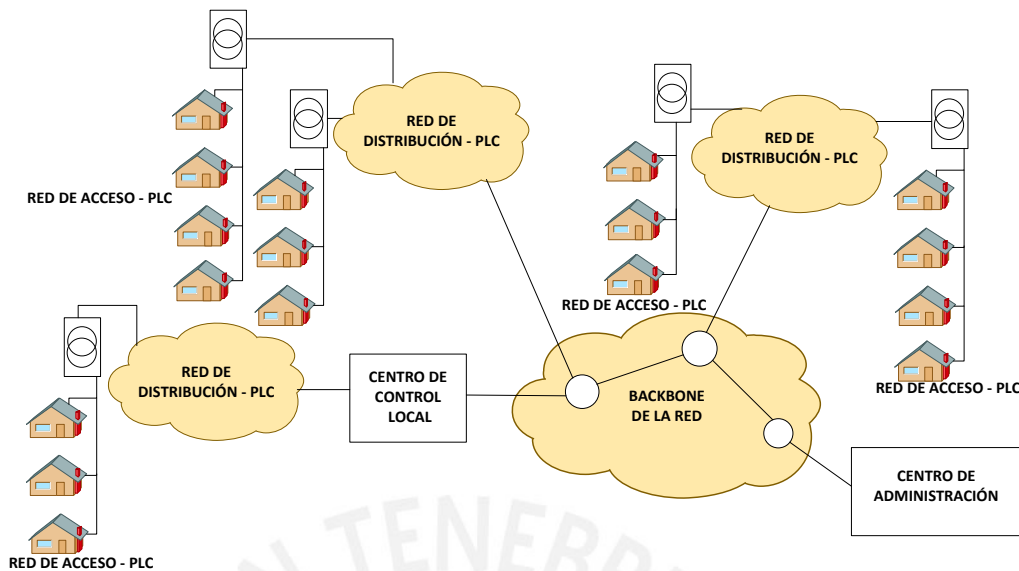


FIGURA 2-7: Red PLC con dispositivos de administración [HRA2004]

2.3.5 Redes de Acceso PLC

Las redes de acceso se dividen en la línea “outdoor”, que se encarga de interconectar la puesta en servicio del usuario final con la estación base, y la línea “in-door o in-home”, es el conjunto de líneas que se despliegan en la ubicación del usuario final.

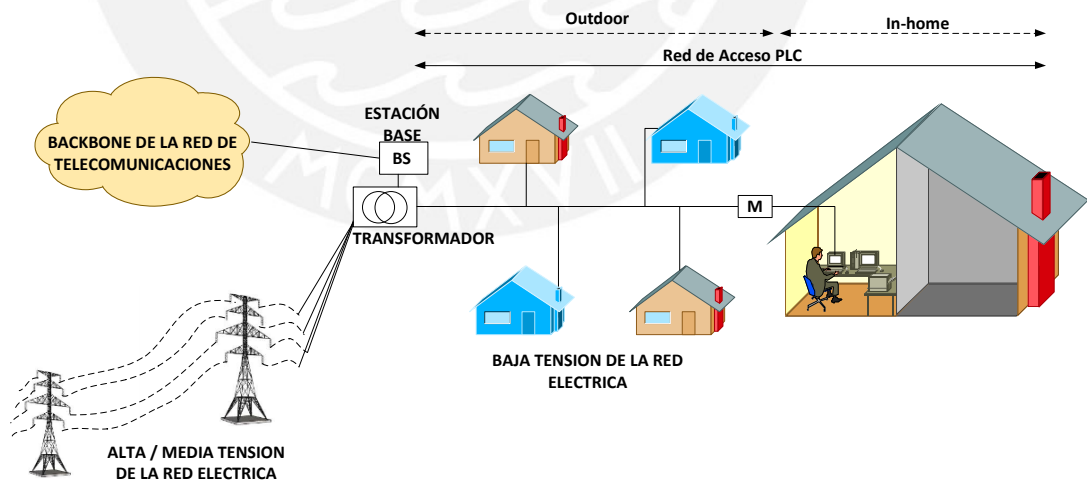


FIGURA 2-8: Estructura de una Red de acceso PLC [HRA2004]

2.3.6 Capas OSI en una red PLC

Una red de acceso PLC se compone de una estación base y un número de abonados los cuales están interconectados a través de módems, estos ofrecen distintas interfaces de usuario para poder conectarse a diferentes

dispositivos de comunicaciones. Esta comunicación que se lleva a cabo es de capa tres, siendo la capa 2 subdivida en (LLC y MAC) por el dispositivo MODEM. En la figura 2-9 se observa la transferencia de la información hacia el *backbone* [HEL2006, HRA2004, HUS2003].

Por otro lado, las interfaces para la conexión a la distribución y las redes troncales, así como a diversos dispositivos de comunicaciones, se realizan de acuerdo a las comunicaciones de las tecnologías aplicadas en el backbone y en los dispositivos finales. La comunicación entre el PLC y otras tecnologías de comunicaciones debe darse en la tercera capa a nivel de TCP/IP como se muestra en la figura 2-9 [HRA2004, HUS2003].

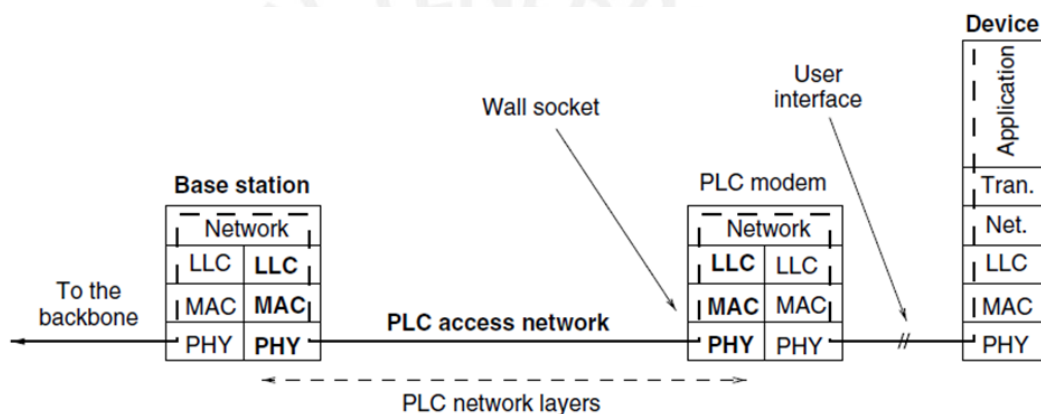


FIGURA 2-9: Comunicación de una red PLC a nivel de capas [HRA2004]

2.3.6.1 Capa Física

La tecnología PLC cuenta con la ventaja de utilizar infraestructura física ya instalada, los cables eléctricos, generando un ahorro en obras de instalación de cableado. Sin embargo, se tiene la limitante de que este medio no fue concebido para soporte de telecomunicaciones, por lo que se hace necesario el uso de equipos con altas velocidades de trabajo y eficiencia espectral para lograr transmisiones confiables [AMI2005].

Se debe considerar una capa física robusta debido a que ésta especifica la modulación, la codificación y el formato de los paquetes. A este nivel, cualquier nodo debe ser capaz de enviar bits a otro nodo conectado a la red eléctrica [CAR2006].

2.3.6.2 Capa Enlace de Datos

Se gobierna generalmente por protocolos de capa 2. Se establecen comunicaciones identificando cada uno de los nodos de la red con una dirección MAC. Al ser 100% compatible con el estándar OSI, PLC puede compartir conexiones con usuarios de Ethernet y otros estándares compatibles [HUS2003, HRA2004].

En el diseño de la MAC es necesario tener dos consideraciones:

- ✓ No hay límite de distancia entre dos nodos.
- ✓ Dos nodos pueden transmitir simultáneamente.

Estos inconvenientes podrían ser subsanados implementando como acceso al medio CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance) tomado de IEEE 802.11. Para diseñar una subcapa MAC PLC, se consideran dos características: la frecuencia variable y las reflexiones producidas [HRA2004]. Los protocolos PLC MAC se dividen en dos tipos:

Protocolos con arbitraje: un controlador central coordina los equipos conectados, determinando cual puede enviar información en cierto momento. Se utiliza el protocolo TDMA.

Protocolo sin arbitraje: no hay controlador central, todos los nodos disminuyen las colisiones. Se utiliza el protocolo CSMA. Protocolos híbridos: protocolo intermedio entre las dos clases anteriores.

En conclusión el equipo PLC puede acceder a dos medios diferentes (Ethernet y PLC) realizando sus enlaces lógicos y de enrutamiento IP. El control o acceso al medio del equipo se puede llevar a cabo utilizando SMTP o el protocolo de control 802.1 [POZ2007].

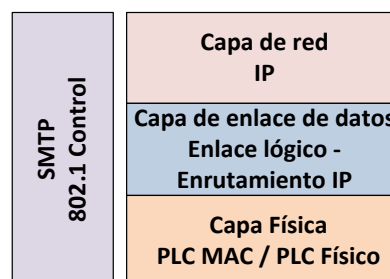


FIGURA 2-10: Pila de Protocolos de la Tecnología PLC [HRA2004]

Para garantizar una comunicación fiable sobre las líneas eléctricas, es necesario tener en cuenta las técnicas de control, corrección de errores y fragmentación de los paquetes grandes en tramas. La MAC indica el modo de transmitir las tramas por el medio. La trama utilizada para la transmisión de datos a través de PLC, consiste en un delimitador inicial, núcleo y delimitador final de la trama [POZ2007].

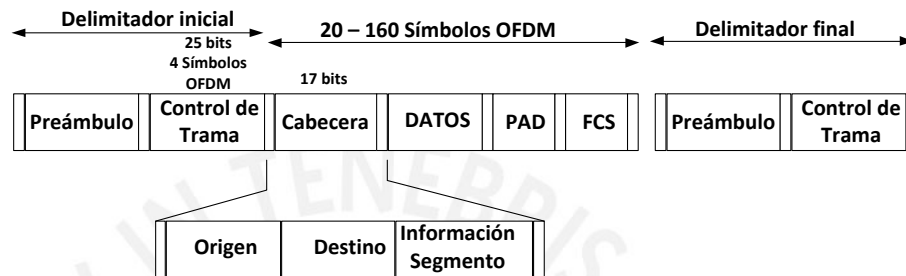


FIGURA 2-11: Trama utilizada en PLC [HRA2004]

El delimitador marca el inicio o fin de la información de temporización. El delimitador de inicio especifica el tiempo de duración de la carga útil y se utiliza en la trama larga. Los primeros 17 bits de la carga útil de la trama contienen la dirección de destino, origen e información de segmentación. El delimitador final indica el final de la trama y el momento esperado para el final de la transmisión, por lo tanto se conoce el tiempo que va a estar ocupado ese canal para la transmisión. La segmentación y el reensamblado permiten trabajar con tramas más cortas, lo que asegura, que el tráfico de alta prioridad no sufra grandes retardos. El control de errores indica cómo proceder cuando se pierde información o ésta sufre algún daño [POZ2007].

2.3.7 Técnicas de Modulación para Sistemas PLC

2.3.7.1 Multiplexación por división de frecuencia ortogonal (OFDM)

Multiplexación por división de frecuencia ortogonal (Orthogonal Frequency Division Multiplexing), es un esquema de modulación digital en el cual se divide el espectro disponible en varios sub-canales de menor ancho de banda, cada uno centrado en una portadora, todas cercanas y ortogonales entre sí [HEL2006, HRA2004, HUS2003].

Gracias a la ortogonalidad de las mismas, se elimina el cross-talk entre los sub-canales, permite una mayor eficiencia en el uso del espectro acercándonos a la capacidad máxima del canal [HEL2006, HUS2003].

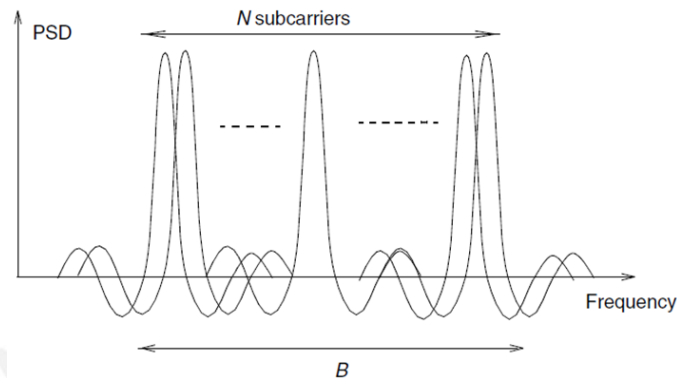


FIGURA 2-12: Señal OFDM en el dominio de la frecuencia [HRA2004]

Para llevar a cabo esta técnica debemos seguir los siguientes procesos [HEL2006, HRA2004]:

- ✓ Coding / Encoding: Es donde se codifica la señal para que pueda ser recuperada en caso se encuentre algún error como por ejemplo: códigos de bloque, convolucionales y turbo-códigos.
- ✓ Interleaving / De-Interleaving: Es la interpolación que se realiza para poder tener una menor proporción de errores de bits.
- ✓ Mapping /De-Mapping: Es el mapeo de la señal, la cual puede usando técnicas M-arias como: M-PSK o M-QAM.
- ✓ Pilot Insertion: Es el conjunto de bits de control.
- ✓ S/P Converter: Convertidor serie – paralelo.
- ✓ FFT: Bloque que se encarga de aplicar la Transformada Rápida de Fourier.
- ✓ P/S Converter: Convertidor paralelo – serie.
- ✓ CP: Conjunto de bits que permiten otorgar la redundancia necesaria para la comunicación.
- ✓ D/A Converter: Convertidor digital- analógico.

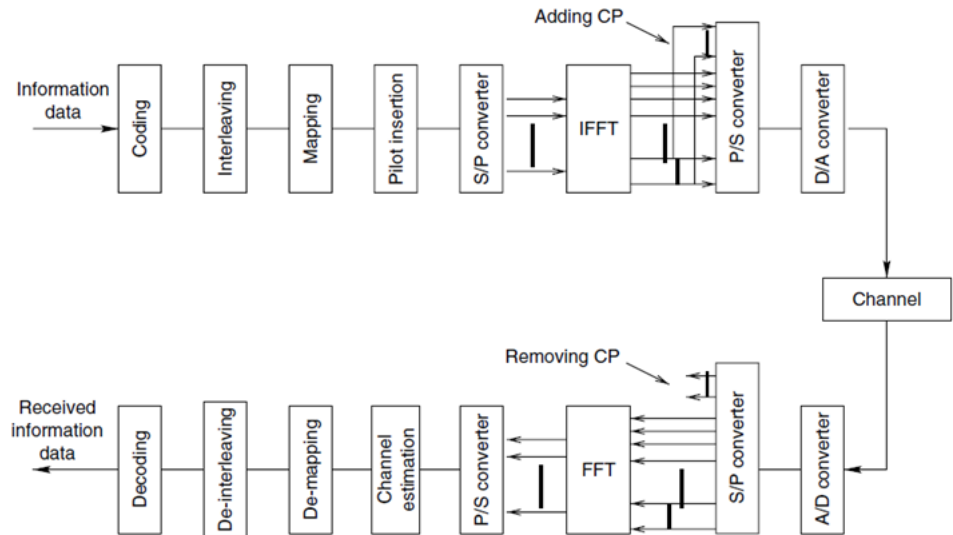


FIGURA 2-13: Proceso de modulación OFDM [HRA2004]

2.3.7.2 Espectro Ensanchado

Las técnicas de espectro ensanchado (Spread Spectrum) son métodos en los cuales la energía generada por un transmisor es distribuida intencionalmente, ya sea en tiempo o en frecuencia.

El ancho de banda utilizado para realizar la transmisión es mucho mayor que el mínimo necesario para enviar la información. Este espectro ensanchado puede obtenerse mediante saltos de frecuencia, mediante modulación con una secuencia directa, o mediante una combinación de ambas técnicas. En cada caso, se utilizan secuencias de números pseudo-aleatorios para determinar y controlar el patrón de ensanchamiento a lo largo de la porción del espectro deseado [HUS2003, POZ2007].

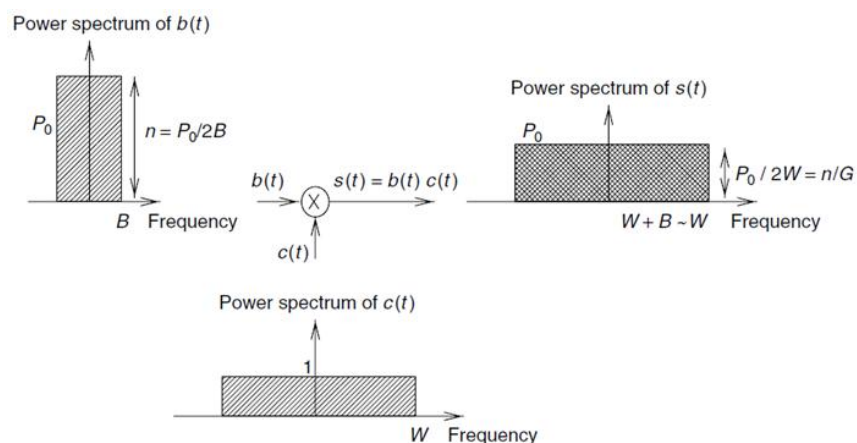


FIGURA 2-14: Principios de la Espectro Ensanchado [HUS2003, POZ2007]

Se muestra un cuadro resumen de las principales modulaciones usadas.

TABLA 2-1: Comparación entre las técnicas de modulación [ROD2004, LEE2006]

Modulación	Eficacia Espectral	Max. Tasa de datos	Robustez en contra de distorsiones sobre el canal	Robustez contra el ruido impulsivo	Flexibilidad y adaptaciones futuras	Compatibilidad Electro-magnética
Técnica Espectro Expandido	<0.1 bps/Hz	≈0.5	Malo	Razonable	Muy malo	Muy bueno
Modulación de una sola portadora en banda ancha	1-2 bps/Hz	≈2	Bueno	Bueno	Razonable	Malo
Modulación de multi-portadoras en banda ancha	1-4 bps/Hz	≈3	Bueno	Razonable	Razonable	Razonable
OFDM	>>1 bps/Hz	>10	Muy bueno	Razonable	Muy bueno	Bueno

2.4 Aplicaciones de una Red PLC

Las aplicaciones que se pueden tener con la tecnología PLC son todas las que se obtienen con la banda ancha tradicional. Los equipos para PLC son transparentes a cualquier aplicación y su función principal es la conversión de medios de datos a la red eléctrica [IGL2007, HRA2004, HUS2003].

Las principales aplicaciones y servicios de telecomunicaciones a los que se pueden acceder a través de la tecnología PLC:

- ✓ **Internet:** Se podrá tener acceso a Internet de banda ancha, con todos los servicios que involucra como: Correo electrónico, Chat, Radio en línea, Telefonía IP, IPTV, Video bajo demanda (VoD), TV digital, entretenimiento, multimedia, juegos en la red etc. Además servicios como:

- **Teletrabajo:** Permite al usuario trabajar desde su hogar a través de una conexión de comunicaciones rápida, económica, segura y permanente.
- **Tele-diagnóstico:** Servicio técnico brindado por empresas que pueden conocer las averías y presupuestar las reparaciones en forma remota, ahorrando costos y molestias.
- Telecontrol, Televigilancia, Telemedicina, Teleducación.
- ✓ **Telefonía:** Se podrá disponer de un servicio de telefonía sin necesidad de conectar un terminal a la línea telefónica convencional.
- ✓ **Mensajería unificada:** Buzón único para todos los mensajes de telefonía fija, Móvil (SMS), Fax y Correo Electrónico.
- ✓ **Uso de sistemas Domóticos:** Para el control de aplicaciones en el hogar tal es el caso de electrodoméstico, sistemas de seguridad y alarmas de robo e incendio conectándola directamente con la central de policía y/o de los bomberos.
 - Formación de una HAN (Home Área Network).
 - Control de dispositivos del hogar.
 - Seguridad: control de intrusos, accidentes.
 - Ahorro energético: regulación lumínica, control de temperatura.
 - Confort: programación horaria para riego, persianas, aire acondicionado.
- ✓ **Creación de entornos LAN y redes privadas virtuales (VPN):** para transmisión de voz y datos en forma privada.
- ✓ **Monitoreo y lectura remota:** de contadores o equipos de control, tanto de la red eléctrica como de la red de datos PLC.

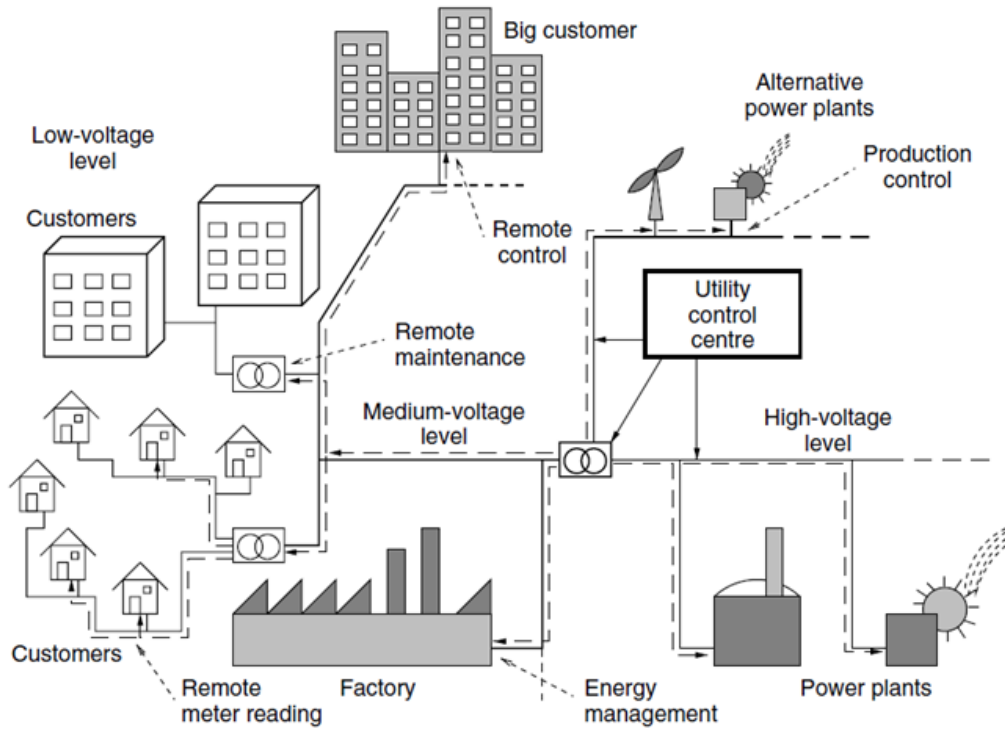


FIGURA 2-15: Estructura general de una red PLC [HRA2003]

2.5 Factibilidad del uso de la tecnología PLC

Cuadro general de las principales tecnologías en el mercado.

TABLA 2- 2: Cuadro resumen de las principales tecnologías [RIF2009]

Características	Tecnologías Cableadas				Tecnologías Inalámbricas	
	PLC	Ethernet	xDSL	Fibra	Wi-Max	Wi-Fi
Acceso	SI	NO	SI	SI	SI	NO
Simetría	SI	SI	NO	SI	NO	NO
Movilidad	SI	NO	NO	NO	SI	SI
Calidad de Servicio	SI	SI	SI	SI	SI	NO
Seguridad Informática	SI	SI	SI	SI	SI	NO

2.6 Estándares PLC

Estándares de Aplicación General:

Estándares para el Acoplamiento a las Líneas Eléctricas:

- **IEC 60481.** DISPOSITIVOS DE ACOPLAMIENTO PARA SISTEMAS DE COMUNICACIÓN POR LÍNEAS ELÉCTRICAS DE POTENCIA.

Estándares de Seguridad:

- **IEC 60950-1.** REQUERIMIENTOS GENERALES DE SEGURIDAD PARA EQUIPO DE INFORMACIÓN TECNOLÓGICA.
- **EN 41003.** REQUERIMIENTOS PARTICULARES DE SEGURIDAD PARA EQUIPO A SER CONECTADO A REDES DE TELECOMUNICACIONES.

Estándares de Aplicación Particular:

Estándares de Compatibilidad Electromagnética:

- **ANSI C63.4.** EMISIONES DE RUIDO DE RADIOFRECUENCIA DE EQUIPO ELÉCTRICO Y ELECTRÓNICO DE BAJO VOLTAJE EN EL RANGO DE 9 KHZ A 40 GHZ.
- FCC PART 15. DISPOSITIVOS DE RADIOFRECUENCIA.
- **ETSI TR 102 324.** EMISIONES RADIADAS Y MÉTODO DE MEDICIÓN EN REDES DE COMUNICACIÓN POR LÍNEAS ELÉCTRICAS DE POTENCIA.
- **ETSI EN 300 386.** REQUERIMIENTOS DE COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA.
- **CENELEC CLC/TS 50217.** GUÍA PARA MEDICIONES DE EMISIÓN DE DISTURBIOS EN SITIO.
- **CISPR 22.** LÍMITES Y MÉTODOS DE MEDICIÓN DE CARACTERÍSTICAS DE RADIO DISTURBIOS EN EQUIPO DE INFORMACIÓN TECNOLÓGICA.
- **CISPR 24.** LÍMITES Y MÉTODOS DE MEDICIÓN DE INMUNIDAD ELECTROMAGNÉTICA PARA EQUIPO DE INFORMACIÓN TECNOLÓGICA.
- **IEEE C62.45.** PRUEBAS SURGE A EQUIPOS CONECTADOS A CIRCUITOS DE C.A. DE BAJA TENSIÓN (1000 V Y MENORES).
- **IEEE C62.43.** GUÍA PARA LA APLICACIÓN DE PROTECTORES SURGE USADOS EN APLICACIONES DE DATOS, COMUNICACIONES Y CIRCUITOS DE SEÑALIZACIÓN DE BAJA TENSIÓN.
- **ANSI C63.16.** GUÍA PARA PRUEBAS DE DESCARGA ELECTROSTÁTICA - METODOLOGÍAS PARA EQUIPO ELECTRÓNICO.
- **IEEE 1613.** PRUEBAS AMBIENTALES Y REQUERIMIENTOS PARA DISPOSITIVOS DE REDES DE COMUNICACIÓN EN SUBESTACIONES ELÉCTRICAS.

Estándares de Desempeño y Seguridad:

- **ETSI TS 101 867.** TELECOMUNICACIONES POR LÍNEAS ELÉCTRICAS (PLT); COEXISTENCIA ENTRE SISTEMAS DE ACCESO Y SISTEMAS PLC DOMÉSTICOS (IN-HOUSE).

- **ETSI TR 102 049.** TELECOMUNICACIONES POR LÍNEAS ELÉCTRICAS (PLT); REQUERIMIENTOS DE CALIDAD DE SERVICIO (QoS) PARA SISTEMAS DOMÉSTICOS (IN-HOUSE).
- **ETSI TR 102 494.** TELECOMUNICACIONES POR LÍNEAS ELÉCTRICAS (PLT); REQUERIMIENTOS TÉCNICOS PARA MODEMS PLC DOMÉSTICOS (IN-HOUSE).
- **IEEE 802.1D.** REDES DE AREA LOCAL Y METROPOLITANA; CONTROL DE ACCESO AL MEDIO (MAC) PARA PUENTES.
- **IEEE 802.3.** PARTE 3: ESPECIFICACIÓN DE LA CAPA FÍSICA Y DEL MÉTODO DE CONTROL DE ACCESO MÚLTIPLE POR SENSADO DE LA PORTADORA CON DETECCIÓN DE COALISIONES (CSMA/CD).

ESFUERZOS DE ESTANDARIZACIÓN

- **IEEE P1901.** ESTÁNDAR PARA REDES DE BANDA ANCHA POR LÍNEAS ELÉCTRICAS DE POTENCIA: ESPECIFICACIÓN DE LAS CAPAS FÍSICA Y DE CONTROL DE ACCESO AL MEDIO.
- **IEEE P1675.** ESTÁNDAR SOBRE DISPOSITIVOS PARA BANDA ANCHA POR LÍNEAS ELÉCTRICAS DE POTENCIA.
- **IEEE P1775.** ESTÁNDAR PARA EQUIPO DE COMUNICACIÓN DE BANDA ANCHA POR LÍNEAS ELÉCTRICAS DE POTENCIA – REQUERIMIENTOS DE COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA – MÉTODOS DE MEDICIÓN Y PRUEBAS.
- **FCC PART 15-SUBPARTE G.** ACCESO A BANDA ANCHA POR LÍNEAS ELÉCTRICAS DE POTENCIA (ACCESO A BPL).

Capítulo 3

Estudio del Condominio para la Implementación del Sistema

3.1 Identificación de las zonas de monitoreo de una red de Vigilancia



FIGURA 3-1: Vista frontal del condominio

Para identificar las zonas, debemos definir las áreas prioritarias en el condominio elegido, el cual se encuentra en la cuadra dos de la Av. Bolívar, siendo el Condominio Jardines de la Católica como se muestra en las figuras 3-1 y 3-2.



FIGURA 3-2: Vista de Nivel del Condominio Jardines de la Católica [GOO2010]

El condominio cuenta con aproximadamente un área de 20900 m², los cuales están distribuidos en 6 bloques de 8 edificios cada uno y un bloque de 10 edificios, teniendo 5 pisos por edificios, lo que llevaría a ser alrededor de 280 familias que forman parte del condominio.



FIGURA 3-3: Condominio Jardines de la Católica [GOO2010]

El condominio cuenta con un sistema básico de CCTV de 6 cámaras (las cuales están graficadas de amarillo), distribuidas como se ve en la figura 3-3; posee 3 entradas peatonales y un ingreso vehicular.

3.1.1 Zonificación del condominio.

➤ Zonas habitables y de esparcimiento(área aproximada = 11200 m²)

Se considera como parte de esta zona las siguientes áreas:

- Los bloques de edificios (58).
- El gimnasio.
- La cancha deportiva.
- Los espacios de recreación infantil (2).

➤ Zona de estacionamiento y veredas(área aproximada = 9000 m²)

Se considera como parte de esta zona las siguientes áreas:

- Los estacionamientos perimetrales.
- Los estacionamientos debajo de cancha deportiva y alrededores.
- El estacionamiento del sótano.
- Los pasajes entre bloques de edificios.

3.1.2 Accesos

Los accesos son muy básicos, se cuentan con un sistema de tarjetas para los invitados, quienes dejan sus documentos de identidad o el ingreso libre siempre y cuando se ingrese con una persona que vive en el condominio.

Se cuenta con dos ingresos peatonales los cuales se encuentran con sus respectivas casetas de seguridad a cargo de 2 personas, encargados de verificar el ingreso de las personas. El ingreso vehicular cuenta con una tranquera de cadena la cual está vigilada por una cámara direccional que forma parte del sistema CCTV básico que posee el condominio.

3.1.3 Problemas de Seguridad en el Condominio

Los problemas que se encontraron son:

- No se toma control de todas las personas que ingresen por las puertas peatonales.

- Las personas extrañas al condominio pueden ingresar fácilmente en vehículos que pertenecen a personas que viven en el condominio.
- Cuentas con 6 cámaras direccionales, las cuales están distribuidas perimetralmente el condominio, no contándose con un sistema de vigilancia dentro del condominio.
- Se observa que no todas las cámaras están en funcionamiento, ya que no se cuenta con el mantenimiento adecuado.
- La necesidad de la implementación del sistema; se requiere, debido a que se cuenta con un número reducido de personal.

3.1.4 Zonas identificadas

Las zonas prioritarias para monitorear se pasarán a mencionar a partir de la figura 3-4 hasta la 3-9, incluyendo una imagen resumen; las cuales son:

- Los pasajes entre los bloques de edificios (P):



FIGURA 3-4: Pasaje interbloque, lado derecho



FIGURA 3-5: Pasaje interbloque, lado izquierdo

- Los estacionamientos de los alrededores del condominio (E):



FIGURA 3-6: Vista de estacionamiento exterior.

- El estacionamiento del sótano (S):



FIGURA 3-7: Vista de estacionamiento del sótano.

- Las zonas de recreación infantil (R):



FIGURA 3-8: Vista de una de las zonas recreativas

Resumen de zonas identificadas para monitorear: se grafica a colores para una mejor identificación.

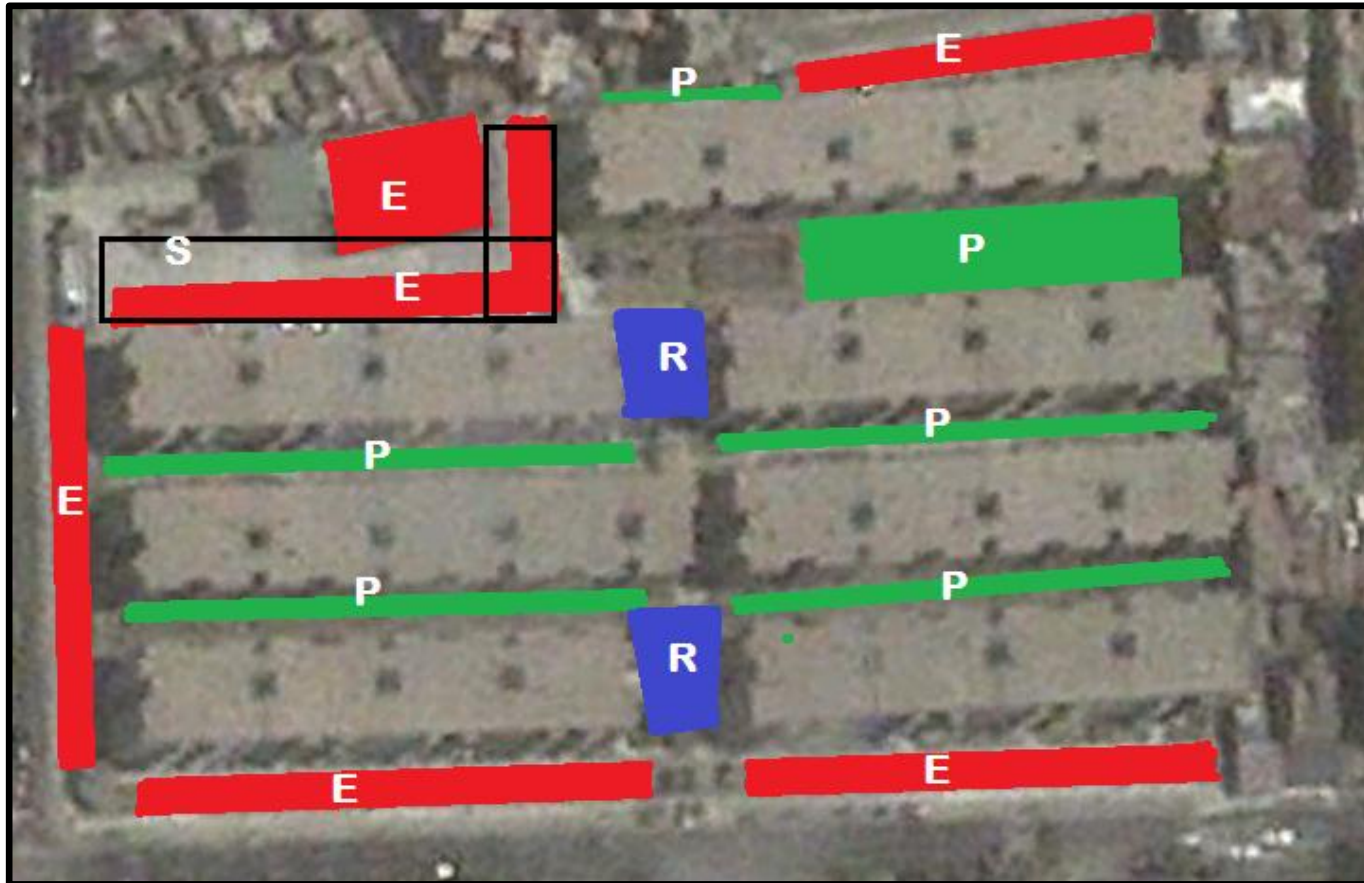


FIGURA 3-9: Resumen de la zonificación del condominio [GOO2010].

3.1.5 Distribución de la red eléctrica:

La red eléctrica en el mencionado condominio, se distribuye por 3 sectores, el proveedor de servicio eléctrico entrega energía independiente a cada sector, es decir, se tiene tres puntos de entrega de servicio por parte del proveedor de servicio eléctrico (Edelnor), los cuales se ubican en los tres ingresos peatonales del condominio los cuales abastecen a un sector del mismo.



FIGURA 3- 10: Sectorización de acuerdo a la puesta en servicio [GOO2010]

La estrella en la figura 3-10, indica la puesta en servicio por parte de la empresa Edelnor para cada sector. Cada caja principal abastece a un conjunto de bloques (de los cuales reparte a cada departamento); además del alumbrado público dentro del condominio, el cual tiene encendido manual.

Se pasará a la descripción eléctrica de uno de los sectores. El sector 2 distribuye a 2 de los bloques de edificios, el alumbrado y el sótano; el tablero del sótano maneja las luminarias y enchufes del mismo como se muestra en la figura 3-11.

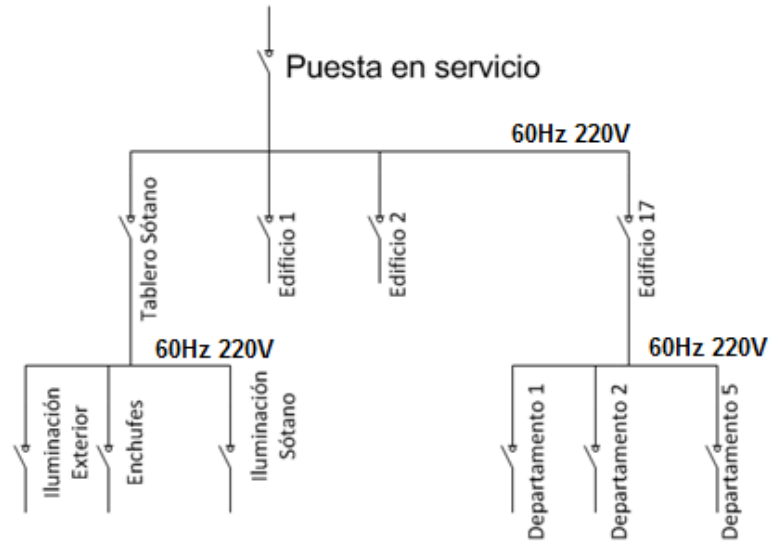
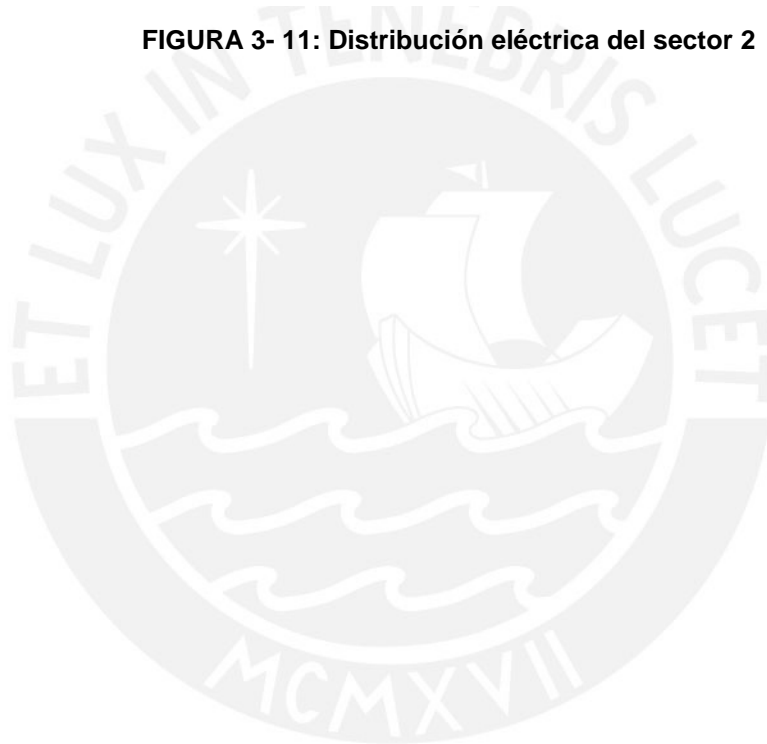


FIGURA 3- 11: Distribución eléctrica del sector 2





Capítulo 4

Diseño de una Red de Vigilancia usando la red PLC

4.1 Consideraciones del diseño

Para el diseño son importantes los principios básicos siguientes.

4.1.1 Red Eléctrica

- Identificar los equipos involucrados en la red residencial. Esto se hará valorando los equipos de acuerdo a los requerimientos del condominio para instalar la red monitoreo de seguridad en el mismo.
- Se debe considerar las condiciones de la infraestructura de las redes de cableado eléctrico del condominio. En cuanto a empalmes hasta llegar al contador de energía los cuales son pocos y los que existen están realizados con normas que registran su correcto funcionamiento.
- Considerar las distancias requeridas de la unidad master hasta los terminales.

- Problemas que se presentan con grandes distancias a cubrir (> a 100 metros), seguridad en las comunicaciones al ser un medio compartido a nivel físico exige la introducción de separación funcional de LANs con técnicas de manejo de etiquetas (VLAN **IEEE 802.1q**).
- Continuidad del medio de comunicación en el caso de que no todos los dispositivos sean servidos con la misma línea y de posibles interferencias EMI/EMC, aprovechando que esta es una única red.
- Considerar tramos de la red eléctrica en los que no puede realizarse el diseño de la red PLC debido a que las instalaciones eléctricas están afectadas por interferencias, lo cual hace que no sea posible la transmisión de datos a través del cableado eléctrico.
- Se debe considerar que el rendimiento de la red PLC residencial depende de la arquitectura de la red eléctrica.
- Problemas de interoperabilidad que se presentan si se usan equipos de diferentes fabricantes.

4.1.2 Red de Datos

- Considerar que el número de dispositivos que formarán parte del sistema de monitoreo se consideran a las cámaras, PCs de monitoreo, PC de administración y un switch que interconectará los sectores del condominio.
- Considerar que el flujo de información que puede atravesar la red dependerá de las aplicaciones a implementarse, debido a esto los sistemas de monitoreo de los módems PLC (SNMP) no requieren grandes capacidades de transmisión como se menciona en la tabla 4-1, lo que generaría más demanda es el sistema de monitoreo de seguridad.

TABLA 4- 1: Valores del Flujo de información que viajará por la Red PLC [SNM2012, TEC2012]

Aplicaciones	Tráfico(Kbps)
Sistema de Monitoreo	17.6
Aplicación multimedia	1500 - 2200

- Considerar que la red eléctrica, al ser un medio compartido, la capacidad que lo logre brindar se comparte entre los usuarios.

- En la zona donde se realice la implementación del sistema se debe considerar un sistema de detección de perturbaciones o interferencias que se originan o introducen en la red por los equipos conectados, estos equipos adicionales como filtros capacitivos o inductivos reducen las frecuencias de interferencia para que no se vea afectada la red de datos.
- Limitar la potencia necesaria para transmitir los datos, garantizando suficiente ancho de banda y limitando los efectos del ruido y la distorsión en la línea. Esto se logra al combinar una señal con las mejores prestaciones posibles y un acoplamiento óptimo de la red PLC a la red de suministro eléctrico.
- Velocidad de transmisión:
Velocidad en la red de acceso 45 Mbps (entre los sectores)
Velocidad para cada dispositivo del sistema de seguridad: 256 kbps a 2 Mbps

4.1.3 Aspectos Técnicos:

Ubicación

Se requiere una adecuada ubicación de los equipos de comunicación para permitir una mayor cobertura en forma práctica, rápida y rentable.

Servicios adicionales

Incluir servicios adicionales como voz, TV que sean soportados a través de la red PLC de acceso, actualmente hay equipos PLC, esto generaría mayor interés de los usuarios.

Alcance

La señal debe tener alta recepción, determinando cual es la máxima distancia propuesta por los fabricantes de los equipos.

Seguridad

Considerar la seguridad en la red como primordial ya que al ser un medio compartido está expuesta a intromisiones, que afectan la confidencialidad de los datos de los clientes e incrementar las tentativas de fraudes por acceso indebido a servicios no autorizados.

Los equipos involucrados en transmisión de datos se conectan a líneas de energía eléctrica que manejan voltajes considerables, esto requiere que la

manipulación de los mismos se realice por personal calificado, además se deben cumplir con las normas de seguridad eléctrica generales y las específicas de los equipos.

4.1.4 Interferencias:

Las redes PLC pueden producir radiaciones secundarias no deseadas o ser interferidos por aparatos cercanos. Se debe de establecer límites para evitar que se produzcan interferencias con otros sistemas de comunicaciones.

4.1.5 Aspectos Financieros

Terminales de red

Se debe considerar el alcance del diseño y de los equipos ya que se puede requerir de equipos adicionales para evitar que se afecte la calidad de la señal. Esto incrementa de manera significativo los costos de implementación.

Costos

El mercado a ingresar y los precios de los equipos para el diseño deben ofrecer una solución que se adapte al sistema a diseñar, ya que se requiere calidad y buenos precios de los equipos y de los servicios a ofertar.

Número de usuarios

Tener una rentabilidad del proyecto depende del número de dispositivos que se instalen por usuario, porque se optimiza la red si se llega a un gran número de usuarios con pocos equipos.

4.1.6 Sostenibilidad

Estándares

Actualmente no existe una estándar definido a nivel internacional de las redes con tecnología PLC, pero es de alta importancia que los equipos operen según las recomendaciones internacionales ya vigentes.

Interoperabilidad

La interoperabilidad entre los equipos se obtiene de manera natural cuando se trata con elementos del mismo fabricante. Sin embargo, en la actualidad la mayoría de los productos ofrecidos por los fabricantes no son compatibles.

Coexistencia

Se provee soluciones aplicables a redes de acceso y redes locales. Se debe considerar la posibilidad de que se empleen equipos de diferentes fabricantes en cada uno de los segmentos, debiendo operar de manera independiente pero garantizando su coexistencia.

Escalabilidad

Es la facilidad de un sistema para expandir o disminuir su capacidad. Para el despliegue de una red PLC el principal problema consiste en elegir la ubicación del equipo de cabecera donde se efectúa la conversión de la red de transporte de telecomunicaciones convencional a la tecnología PLC, el costo del punto de conversión debe ser repartido entre el mayor número de usuarios posible.

Continuidad del servicio

La transmisión en el sistema PLC está soportada por la red eléctrica, las averías que puedan ocurrir en la misma darían lugar a interrupciones del servicio, por ello es recomendable disponer de vías alternativas para dar continuidad al servicio, en caso de interrupciones de los tramos principales de la red de distribución.

4.2 Equipos requeridos en el diseño

4.2.1 Unidades de acoplamiento (UDA)

Este equipo será el encargado de interconectar la señal de datos entre los sectores.

4.2.2 Unidades de usuario (UU)

Este equipo se ubicará en diferentes puntos del condominio donde se implemente la red PLC, con la respectiva configuración de registro.

4.3. Distancias involucradas en el diseño de la red PLC

Para el diseño es fundamental conocer las distancias involucradas en los tramos de tableros generales hasta los dispositivos del sistema de monitoreo de seguridad, ya que de esto depende el número de equipos a instalarse en la red, mostrándose en la figura 4-1 la distribución de las cámaras en el condominio.



FIGURA 4- 1: Distribución de las cámaras en el condominio [GOO2010]

4.3.1 Distancias entre los tableros y las cámaras del sistema.

Pasaremos a definir las distancias aproximadas del par de cobre en la tabla 4-2, que se tiene desde el tablero hasta la ubicación de la cámara. Además indicaremos el tipo de resolución que se manejará, ya que se prioriza los ambientes de recreación infantil y los estacionamientos exteriores.

TABLA 4- 2: Cuadro de distancias de las ubicaciones de las cámaras

SECTOR	Cámara	Distancia (m)	Resolución
1	P1	10.6	800x600
	P2	32.1	640x480
	P7	28.3	800x600
	P8	44.8	640x480
	P13	11.9	800x600
2	P9	86.6	640x480
	P11	10.6	800x600
	P12	34.7	800x600
	P14	15.3	800x600
	S1	72.7	640x480
	S2	28.3	640x480

3	P3	66.3	640x480
	P4	41.0	640x480
	P5	22.0	640x480
	P6	72.7	800x600
	P10	44.8	800x600

Considerando que se tengan que instalar en los postes, se les ha adicionado una distancia aproximada de 3 metros.

4.3.2 Características del cable eléctrico

El par de cable eléctrico, en el Perú es generalmente es de cobre, al igual que este caso, el condominio posee este tipo de cableado de tipo AWG 12.

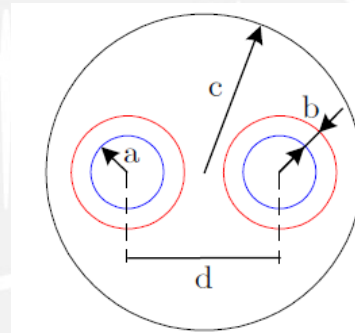


FIGURA 4- 2: Vista transversal de una línea bifilar

Partimos de la definición del modelo lineal invariante de una línea bifilar como se muestra en la figura 4-2; teniendo los siguientes parámetros primarios para una línea bifilar [CAÑ2002]:

$$C = \frac{\pi\epsilon'}{K} \approx \frac{\pi\epsilon}{K} \left[\frac{F}{m} \right]$$

Ecuación 4- 1: Capacitancia de línea bifilar

$$L = \frac{\mu K}{\pi} \left[\frac{H}{m} \right]$$

Ecuación 4- 2: Inductancia de línea bifilar

$$R = \frac{1}{\pi a \sigma \delta} \frac{\frac{d}{2a}}{\sqrt{\left(\frac{d}{2a}\right)^2 - 1}} \left[\frac{\Omega}{m} \right]$$

Ecuación 4- 3: Resistencia de línea bifilar

$$G = \frac{\pi \varepsilon''}{K} \approx 0 \left[\frac{S}{m} \right]$$

Ecuación 4- 4: Conductancia de la línea bifilar

Además debemos considerar algunas otras definiciones como el factor de forma:

$$K = Ln \left[\frac{d}{2a} + \sqrt{\left(\frac{d}{2a} \right)^2 - 1} \right]$$

Ecuación 4- 5: Factor de Forma de línea bifilar

Asumimos que la distribución del campo eléctrico fuese uniforme entre los ejes de los conductores y se concentre entre estos, se considerará la siguiente ecuación [CAÑ2002]:

$$\varepsilon_{eq} = \varepsilon_r \frac{2b}{2b + D - 2(a+b)} + 1 \frac{D - 2(a+b)}{2b + D - 2(a+b)}; \text{ donde } D = 2c$$

Ecuación 4- 6: Estimación de permitividad relativa equivalente

Donde el coeficiente de propagación está dado por la ecuación 4-7:

$$\gamma = \sqrt{(R + j\omega L)(G + j\omega C)} = \sqrt{(R + j\omega L)(j\omega C)}$$

Ecuación 4- 7: Coeficiente de Propagación

Según definición, la función de atenuación está dada por:

$$A(f, l) = e^{-\gamma l}$$

Ecuación 4- 8: Función de la Atenuación

Iniciamos con el análisis de los valores físicos, así como los valores característicos(σ , ε_r , μ) del cobre, además para un AWG 12 tenemos como sección transversal una área igual a 3.31mm², obteniendo los valores en la tabla 4-3.

TABLA 4- 3: Parámetros primarios de línea bifilar

Radio interno del cable eléctrico(a)	1.026[mm]
Grosor de cubierta de polietileno(b*)	1.00[mm]
Radio de conducto (c*)	10[mm]
Distancia entre núcleos del par de cobre (d)	10 [mm]
Conductividad del par de cobre(σ)	5.8x10 ⁷ [S/m]

Permitividad relativa (ϵ_r)	3
Permeabilidad del metal (μ)	$12.56 \times 10^{-7} [\text{H/m}]$
Capacitancia (C)	15.05 [pF/m]
Inductancia (L)	0.906 [uH/m]
Resistencia (R)	$8.28 \times 10^{-5} \sqrt{f} [\Omega/\text{m}]$

(*) Valor aproximado.

Con estos valores simulamos la función de atenuación mostrada en la figura 4-3, en el programa MATLAB®, adjuntando el script de simulación en el anexo 4.

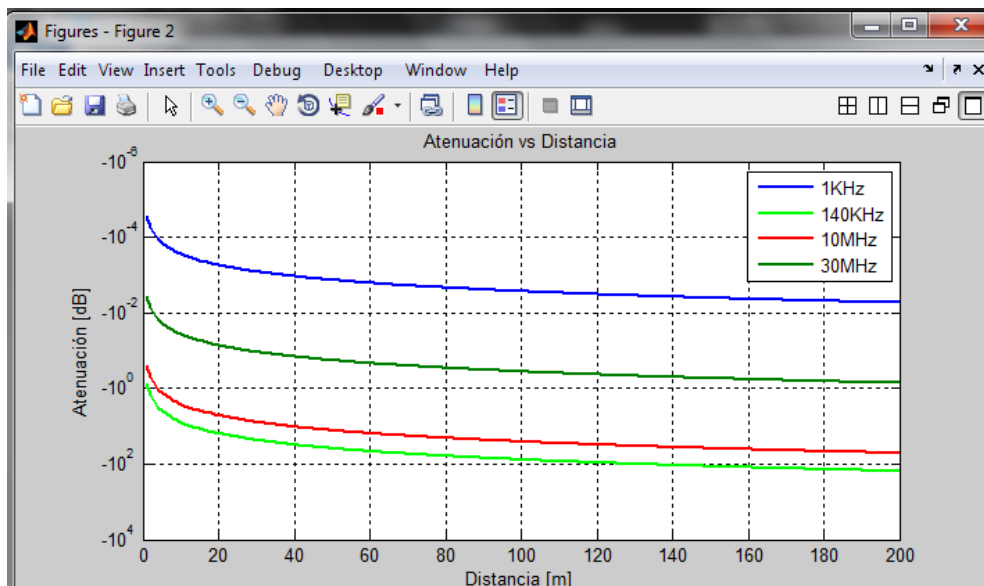


FIGURA 4- 3: Gráfica de atenuación VS Distancia

4.4. Capacidad del canal PLC

Para la descripción teórica del canal, debemos elegir el tipo de canal según la distancia media y la cantidad brazos que tenga la red eléctrica para identificar el tipo de canal PLC [GOT2004], tomando en cuenta la tabla 4-4 que va referenciado en la figura 4-4.

TABLA 4- 4: Cuadro referencial del tipo de canal PLC [GOT2004]

Referencia	Tipo	Longitud	Brazos o distribuciones
Canal 1	Excelente	100 m	0
Canal 2	Bueno	110 m	6
Canal 3	Medio	210 m	8
Canal 4	Malo	Área residencial	Muchos

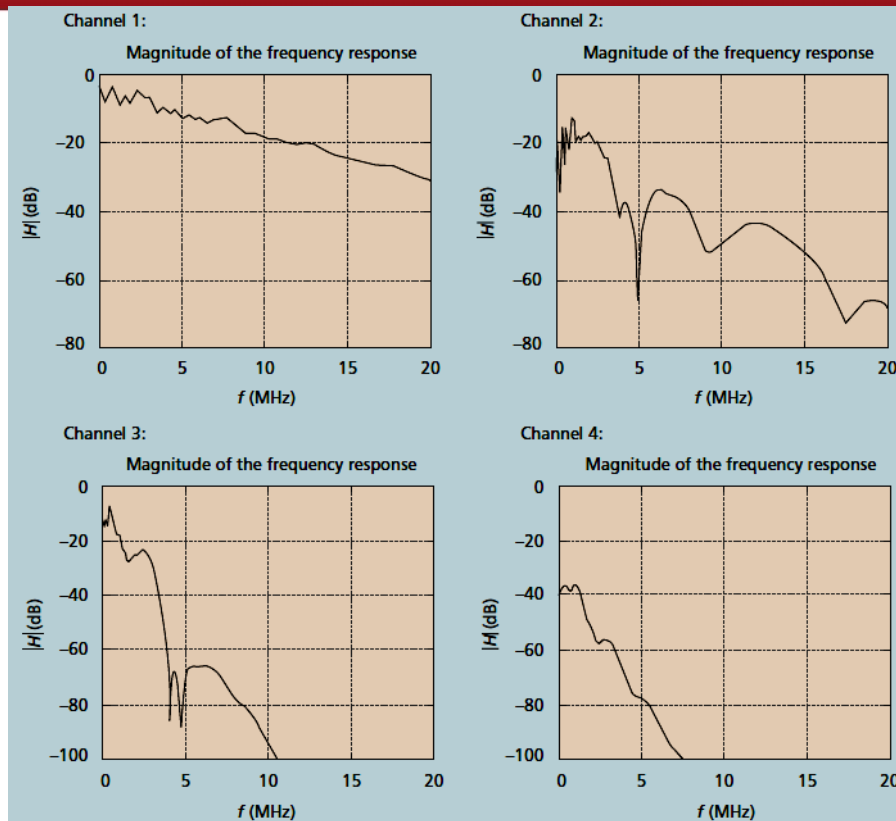


FIGURA 4- 4: Modelos de función de transferencia según tipo de canal [GOT2004]

Por lo cual identificamos nuestra red del tipo canal 3, con cual tendremos una respuesta en frecuencia como se muestra en la figura 4-5.

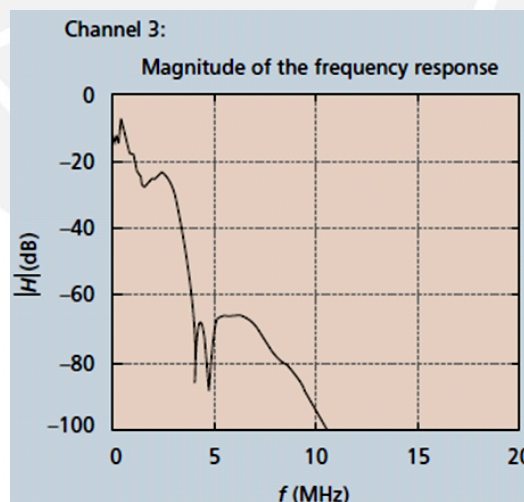


FIGURA 4- 5: Modelo de función de transferencia del canal tipo 3[GOT2004]

Por razones de compatibilidad electromagnética, existen restricciones en la transmisión de datos a través de la línea eléctrica ya que es inevitable que las bandas de frecuencias no sean afectadas. Por lo que las empresas activas en el ámbito de PLC han propuesto la siguiente distribución de bandas:

- Banda A: Rango de frecuencia de 0.5 a 20 MHz

- Banda B: Rango de frecuencia de 0.5 a 10 MHz
- Banda C: equivalente a B, excluyendo bandas de broadcast y las frecuencias de radioaficionados.

Para la potencia espectral se debe tomar en cuenta en no afectar ningún otro servicio de telecomunicaciones por lo que esto lleva a la máxima potencia espectral ubicando los valores de densidad entre -79 a -53 dBV²/Hz [GOT2004] (Según cuadro, referencia en anexo 1). Con base en estos requisitos previos, las estimaciones de la capacidad de los canales de referencia se enumeran en la tabla 4-5, donde las capacidades están dadas en Mbps.

TABLA 4- 5: Cuadro resumen de capacidades [GOT2004].

Channel no. ⇒	1		2		3		4	
Φ_{ss} in dBV ² /Hz ⇒	-53	-79	-53	-79	-53	-79	-53	-79
Frequency A	453.7	284.9	272.7	114.4	92.3	36.0	45.4	9.5
band B	242.9	160.5	164.2	82.5	92.0	36.0	45.4	9.5
C	146.4	97.6	98.7	50.2	55.5	22.6	26.9	4.8

Nuestra red PLC esta propuesto en la banda A (4-24MHz), y ubicándonos en el peor de los casos tenemos una capacidad teórica de 36 Mbps.

4.5. Diseño de la red PLC

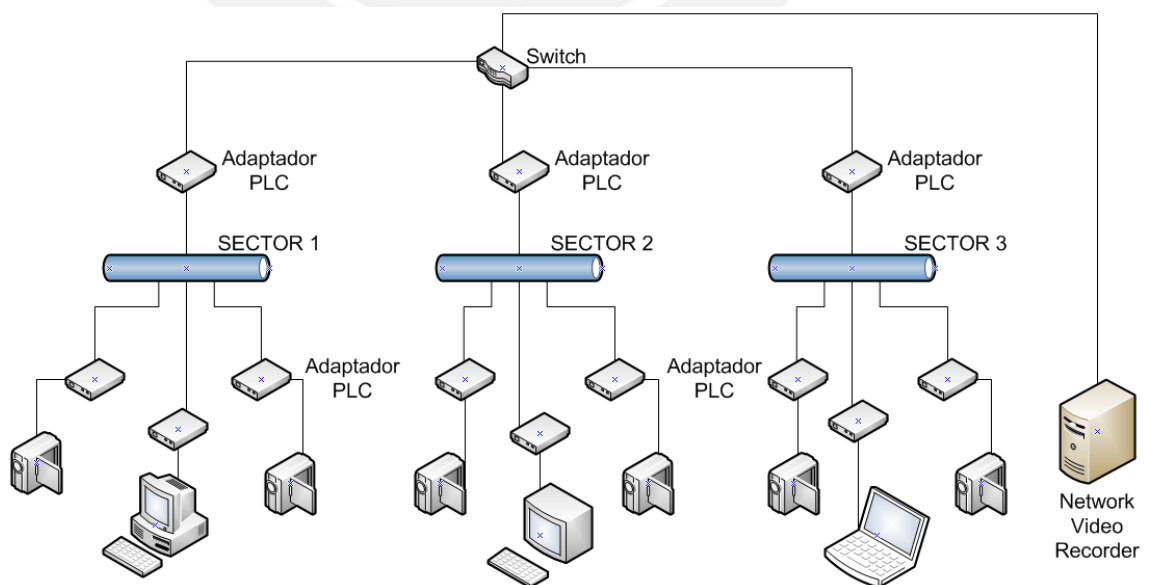


FIGURA 4- 6: Diseño de la red de vigilancia

El diseño de la red cuenta con los siguientes puntos:

- Unidad de acoplamiento, que comunicará los sectores eléctricos.
- Unidades de usuario o terminales finales donde se instalarán las cámaras o las PCs de supervisión y/o administración.

4.5.1 Módulos jerárquicos del diseño

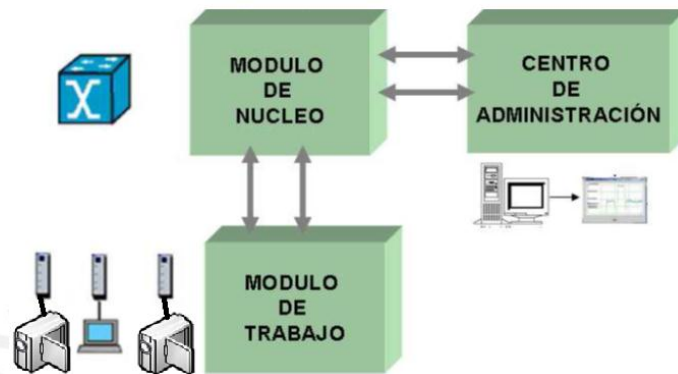


FIGURA 4- 7: Modelo Jerárquico del sistema de monitoreo

- **Módulo Núcleo:** Distribuye los datos de forma organizada a los grupos de trabajo y de acuerdo a los requerimientos. Este módulo está compuesto por un conmutador quien posibilitará versatilidad y escalabilidad a la red PLC.
- **Módulo Centro de Administración:** Debido a que las redes pueden ser utilizadas para diferentes propósitos es necesario tener seguridad en los sistemas, por lo que se debe implementar servicios para administrar y dar seguridad a la red PLC.
- **Módulo de Trabajo:** está compuesto por unidades de usuarios (UU), computadoras, impresoras, medios de almacenamiento y elementos multimedia que permiten facilidad al usuario para acceder a los datos que viajan por la red eléctrica.

4.5.2 Dispositivos que forman parte del sistema

Los dispositivos que conformarán la red son (especificaciones en anexo 2):

- Switch: 1 unidad
Linksys Cisco Srw-208, administrable. Este nos servirá para interconectar nuestro sistema a nivel de los 3 sectores que se mencionaron anteriormente.

- Adaptadores PLC: 23 unidades
De la marca Panasonic BL-PA100 (los cuales 16 para las cámaras, 3 para los puertos del switch, 4 para las PCs)
- Cámaras IP: 16 unidades
 - Cámaras - tipo 1: 8 unidades
Axis modelo M1144-L, cámaras con una resolución de 640x480, video compresión MPEG4 y transmisión a 30fps (Frames por segundo).
 - Cámaras – tipo 2: 8 unidades
Axis modelo P1343, cámaras con una resolución de 800x600, con mayor sensibilidad a la luz, con video compresión MPEG4 y velocidad de transmisión de 30fps.
- PCs:
Las PCs se encontrarán ubicadas en cada puesto de seguridad (3), además se instalará una PC en la oficina del supervisor del condominio, la cual nos servirá para poder administrar de una mejor manera nuestra red PLC, las PCs deben contar con tarjeta de red y de video.
- Network Video Recorder (NVR):
Se usará un NVR básico, el cual constará de una PC corei5 con 8GB de RAM con sistema operativo Windows 7 de 64 bits, al cual se le instalará la plataforma de administración de Milestone (XProtect Essential) tanto para almacenar los videos de vigilancia correspondientes al condominio como para visualizarlas en línea.

Para definir la capacidad de cada sector, trabajando en base a los 36Mbps teóricos; debemos hallar la capacidad mínima de transmisión de la cámara IP usando la ecuación 4-9. Ya que ambos tipos de cámaras usan el tipo de compresión MPEG4, similar al H.264 cuyos valores típicos de compresión están entre 0.06 a 0.1 bit/pixel [RIC2003]. Asumiendo factor de compresión de 0.1 bit/pixel para imágenes cromáticas y un canal por cámara.

$$\text{Capacidad} = \text{Resolución} * \text{factor de compresión} * \text{FPS} * \text{canales [bps]}$$

Ecuación 4- 9: Capacidad mínima de transmisión

Sector 1:

TABLA 4- 6: Tabla de capacidades del sector 1

Cámara	Resolución	FPS	Capacidad [Mbps]
P1	800x600	30	1.44
P2	640x480	30	0.92
P7	800x600	30	1.44
P8	640x480	30	0.92
P13	800x600	30	1.44
TOTAL			6.16

Sector 2:

TABLA 4- 7: Tabla de capacidades del sector 2

Cámara	Resolución	FPS	Capacidad [Mbps]
P9	640x480	30	0.92
P11	800x600	30	1.44
P12	800x600	30	1.44
P14	800x600	30	1.44
S1	640x480	30	0.92
S2	640x480	30	0.92
TOTAL			7.08

Sector 3:

TABLA 4- 8: Tabla de capacidades del sector 3

Cámara	Resolución	FPS	Capacidad [Mbps]
P3	640x480	30	0.92
P4	640x480	30	0.92
P5	640x480	30	0.92
P6	800x600	30	1.44
P10	800x600	30	1.44
TOTAL			5.64

Por tanto se tendría una capacidad por sector según la tabla 4-7, tomándose un 40% más del valor encontrado en las tablas 4-6, 4-7 y 4-8; para asegurar la capacidad de cada sector.

TABLA 4- 9: Cuadro resumen de capacidades

Sector	Capacidad [Mbps]
1	8.62
2	9.91
3	7.90

Ya que contamos con un medio de grabación (NVR), y deseamos almacenar las mismas por un periodo de 7 días, se requerirá una capacidad de almacenamiento de $[7 \text{ días} \times 24 \text{ horas} \times 60 \text{ minutos} \times 60 \text{ segundo} \times (6.16+7.08+5-64) \text{ Mbps} = 604800 \times 18.88 = 1427328 \text{ MB} \approx 1.5 \text{ TB}]$.

4.6 Pruebas realizadas

Se realizan las pruebas usando un par de dispositivos de PLC de la marca Panasonic BL-PA100 cuyas características se adjuntan en anexo 3; y una cámara IP, marca TP-LINK TL-SC3130, cuyas características se adjuntan en el anexo 2, mostrándose en la figura 4-8 el modo de prueba.

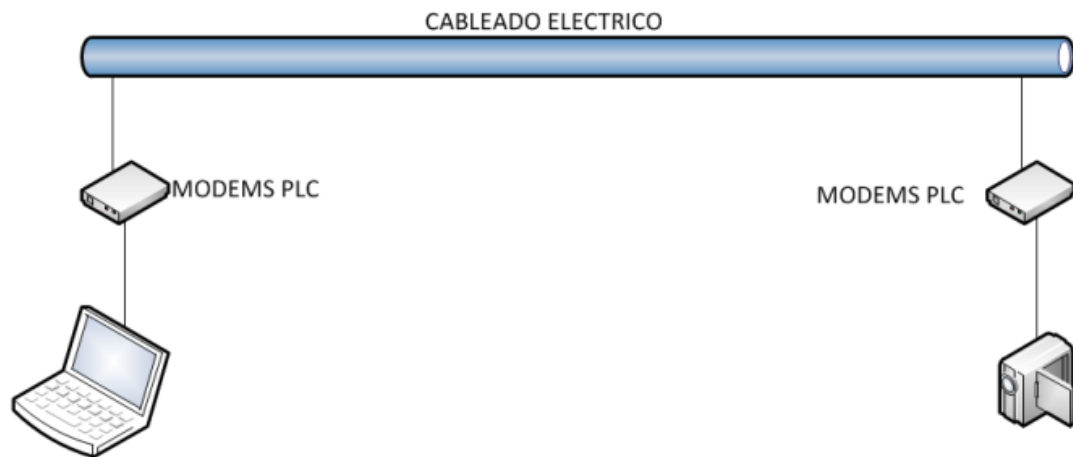


FIGURA 4- 8: Modelo experimental de prueba

Pruebas de conexión de red:

Las pruebas se realizaron en el sótano del condominio por brindar las posibilidades de medición, en donde las figuras 4-11 hasta 4-13 son imágenes in-situ.

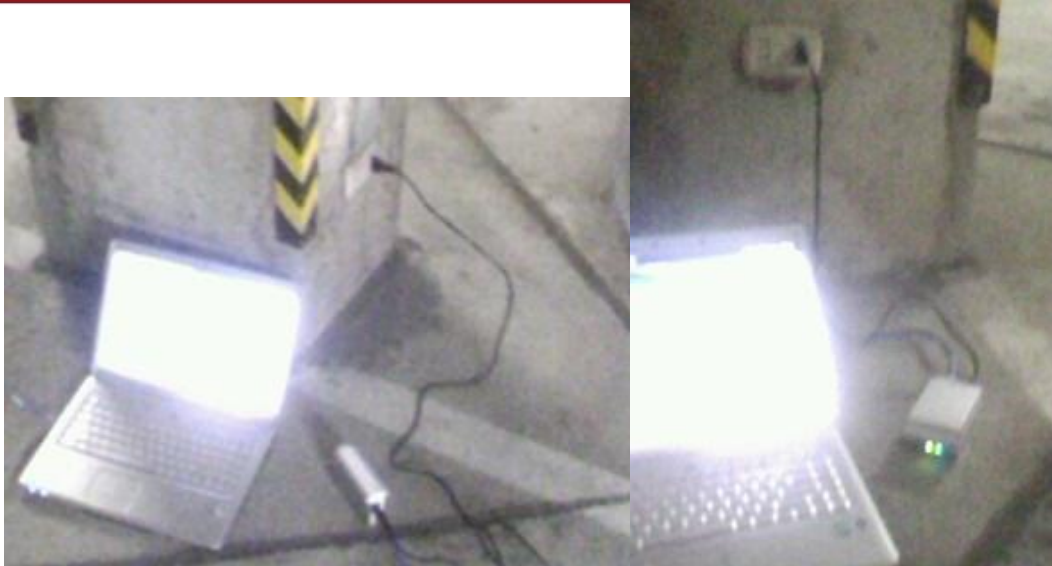


FIGURA 4- 9: Imágenes in-situ de modem con laptop

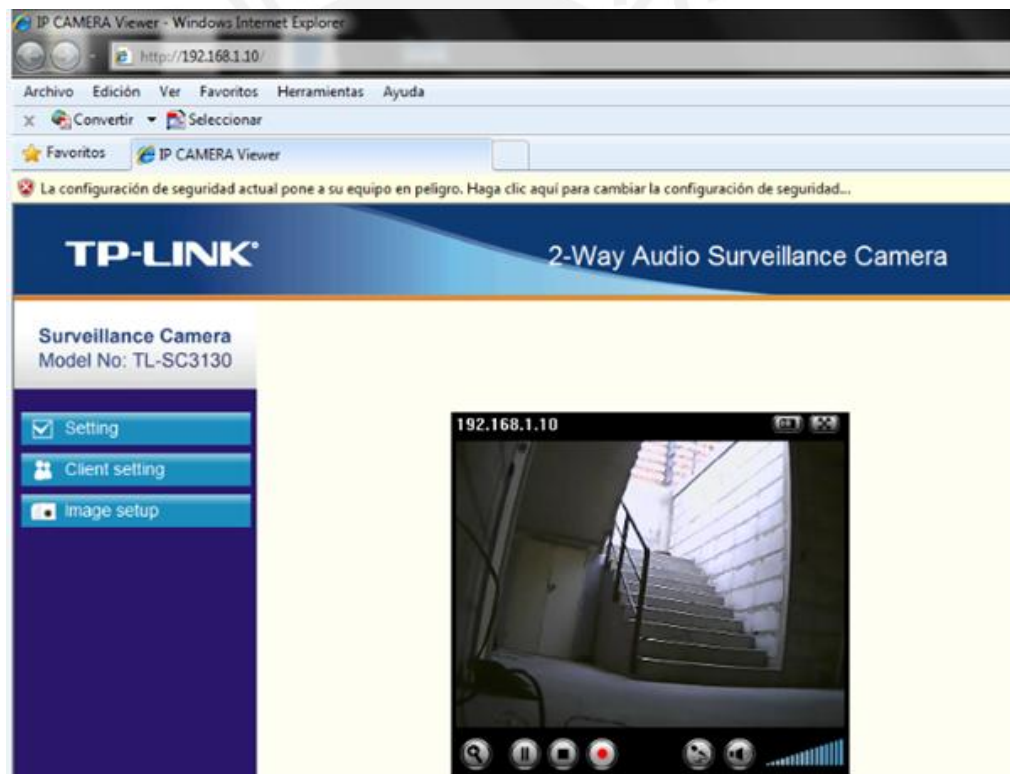


FIGURA 4- 10: Pantallazo de la interfaz de la cámara IP

Se realizó las medidas a lo largo de todo el estacionamiento del sótano a 15, 40.5 y 63 metros; comprobándose conectividad satisfactoria además del funcionamiento correcto de la transmisión de la cámara. Las mediciones son aproximadas con error de $\pm 1\text{m}$.

A 15 metros:



FIGURA 4- 11: Vista a 15 metros del tablero general

C:\Users\MARCO>ping 192.168.1.10

Haciendo ping a 192.168.1.10 con 32 bytes de datos:

Respuesta desde 192.168.1.10: bytes=32 tiempo=1ms TTL=64

Respuesta desde 192.168.1.10: bytes=32 tiempo=1ms TTL=64

Respuesta desde 192.168.1.10: bytes=32 tiempo=1ms TTL=64

Respuesta desde 192.168.1.10: bytes=32 tiempo=1ms TTL=64

Estadísticas de ping para 192.168.1.1:

Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0 (0% perdidos),

Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:

Mínimo = 1ms, Máximo = 1ms, Media = 1ms

A 40.5 metros:



FIGURA 4- 12: Vista a 40.5 metros del tablero general

C:\Users\MARCO>ping 192.168.1.10

Haciendo ping a 192.168.1.10 con 32 bytes de datos:

Respuesta desde 192.168.1.10: bytes=32 tiempo=2ms TTL=254

Respuesta desde 192.168.1.10: bytes=32 tiempo=2ms TTL=254

Respuesta desde 192.168.1.10: bytes=32 tiempo=3ms TTL=254

Respuesta desde 192.168.1.10: bytes=32 tiempo=2ms TTL=254

Estadísticas de ping para 192.168.1.1:

Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0 (0% perdidos),

Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:

Mínimo = 2ms, Máximo = 3ms, Media = 2ms

A 63 metros:



FIGURA 4- 13: Vista a 63 metros del tablero general

C:\Users\MARCO>ping 192.168.1.10

Haciendo ping a 192.168.1.10 con 32 bytes de datos:

Respuesta desde 192.168.1.10: bytes=32 tiempo=4ms TTL=254

Respuesta desde 192.168.1.10: bytes=32 tiempo=3ms TTL=254

Respuesta desde 192.168.1.10: bytes=32 tiempo=4ms TTL=254

Respuesta desde 192.168.1.10: bytes=32 tiempo=3ms TTL=254

Estadísticas de ping para 192.168.1.1:

Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0 (0% perdidos),

Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:

Mínimo = 3ms, Máximo = 4ms, Media = 3ms

Prueba de Velocidad de la Red Eléctrica:

Es una prueba acondicionada para este tipo de adaptadores cuyo procedimiento se adjunta en el anexo 3 del presente documento, llegando a tener, según la tabla 4-10, en el peor de los casos una capacidad experimental de 10 -30 Mbps.

TABLA 4- 10: Resumen de medidas de calidad de velocidad de adaptadores

Punto de medida	Distancia (m)	Calidad
1	15.0	Óptima
2	40.5	Óptima
3	63.0	Mejor

4.7 Modelo Económico:

Para lo cual se realizará una comparación entre las principales tecnologías que se utilizan hoy en día.

Red Inalámbrica:

Deberá realizarse las siguientes consideraciones:

- El sistema debe tener como mínimo de 4 APs, debido a la atenuación que se va a encontrar al estar ubicados entre los bloques de condominio.
- No se puede asegurar alto grado de disponibilidad, ya que como el medio es el aire.
- Se debe considerar que las PCs, deben contar con las tarjetas inalámbricas para poder comunicarse a los APs.

Red Ethernet:

Teniendo las siguientes consideraciones:

- El sistema debe contar con un cableado independiente, el cual está ligado a la realización de obra civil, es decir construcción para la instalación del cableado.
- El tiempo que toma en establecer el sistema es mayor a comparación de las redes PLC y la red inalámbrica.

Los costos de las cámaras son precios promedios del mercado, cuyos modelos y precios unitarios se especifican en el anexo 5; la longitud del cable UTP es aproximada para la red cableada. Por lo que llegaremos a al siguiente cuadro resumen.

TABLA 4- 11: Cuadro económico comparativo

Ítem	Red PLC			Red Inalámbrica			Red Ethernet		
	Costo unitario (\$)	Cantidad [unidades]	Costo (\$)	Costo unitario (\$)	Cantidad [unidades]	Costo (\$)	Costo unitario (\$)	Cantidad [unidades]	Costo (\$)
Cámaras + Licencia	1074.58	16	17193.20	1074.58	16	17193.20	1074.58	16	17193.20
Accesorios WIFI cámaras		0	0.00	2510.51	16	40168.23		0	0.00
Switch	34.00	1	34.00		0	0.00		1	322.00
Access Point		0	0.00	100.00	4	400.00		0	0.00
Adaptadores PLC	70.00	23	1610.00		0	0.00		0	0.00
PCs + Tarjetas de red	600.00	3	1800.00	600.00	3	1800.00	600.00	3	1800.00
Obra civil		0	200.00		1	200.00		1	1600.00
Cable UTP		0	0.00		0	0.00	1.25	400	500.00
NVR(PC+Licencia)		1	1093.33		1	1093.33		1	1093.33
Tiempo de implementación	Corto			Corto			Medio		
TOTAL			21930.53			60854.76			22508.53

La tabla describe el coste y tiempo de implementación aproximado que tendrían las soluciones de CCTV actuales.



Conclusiones, Recomendaciones y Trabajos Futuros

Conclusiones

Finalizado el presente proyecto, se puede llegar a las siguientes conclusiones:

- Se cuenta con una capacidad teórica de 36Mbps, demandando una capacidad en promedio de 10Mbps, por lo que es viable la implementación del sistema.
- Según el modelo económico para la implementación del sistema, usando la tecnología PLC el gasto y tiempo de implementación es menor en comparación con las tecnologías actualmente usadas.
- Se llegó a describir los principales sistemas de monitoreo, concluyendo que el futuro de estos sistemas convergerían en ser netamente digitales, ya que permite mayor escalabilidad.

- Se llegó a identificar las zonas prioritarias, las características de la red eléctrica del condominio y se determinó el uso de una unidad de núcleo (switch), para la interconexión entre sectores.
- Al realizar las pruebas no se presenta distorsión ni discontinuidad en la señal recibida por parte de la cámara IP; además al hacer la prueba de velocidad de red, usando los adaptadores PLC, en promedio para el peor de los casos se obtiene una velocidad de 10 a 30Mbps (Caso Mejor), según tabla del anexo 3.
- La distancia y la frecuencia son factores a tomar en cuenta para realizar el estudio de una red PLC, ya que son factores principales que afectan la señal transmitida.
- El análisis multipath no se realizó debido a que el sistema de monitoreo no se implementa sobre la jerarquía de la red eléctrica (alta, media y baja tensión), sino solo en los tramos terminales (baja tensión).
- PLC se presenta como una atractiva tecnología, al permitir la transmisión de datos por el cableado eléctrico, a tasas que en la actualidad superan los 20 Mbps. Sin embargo, aún persisten problemas de despliegue de esta tecnología, debido principalmente a la falta de estándares y compatibilidad electromagnética.
- El desarrollo alcanzado por los dispositivos PLC *Indoor* le ha dado un nuevo empuje a la tecnología, convirtiéndose este estándar en la línea a seguir para la formulación de un estándar único para PLC.
- El desarrollo alcanzado por PLC en aplicaciones *Indoor*, deja abierta la posibilidad que se pueda ofrecer acceso a Internet con aplicaciones *Outdoor*.
- Las soluciones a desarrollar deben ser económicamente viables, tomando en cuenta la infraestructura y el ornato del espacio a implementar.
- Las características del canal han sido presentadas en base a estudios realizados en otros países con distribuciones eléctricas residenciales similares, por lo tanto son aplicables a nuestra realidad.
- La implementación de la red es sencilla, sin embargo es necesario ciertos conocimientos básicos para la gestión de ésta (ANEXO 3), para poder agregar y retirar usuarios del servicio, etc.

Recomendaciones

Se sugiere, algunas recomendaciones a tener en cuenta sobre el presente proyecto:

- El uso de un mayor número de cámaras de prueba para verificar latencia.
- Realizar un análisis específico por cada red eléctrica, usando instrumentos de muestreo.

Trabajos Futuros

Se proponen a continuación diversos trabajos derivados del presente proyecto:

- Realizar la implementación de internet con banda ancha, y aplicaciones de voz.
- Implementar aplicativos de seguridad como:
 - Reconocimiento de placas.
 - Reconocimiento facial.



Bibliografía

- [ALO2003] ALOHA, JERO (2003). Applicability of Power-Line Communications to data transfer of on-line condition monitoring of electrical drives.
- [ANT2004] ANTUNES, ALESSANDRA (2004). Estudio sobre Comunicaciones de Datos vía Red Eléctrica para aplicaciones de automatización Residencial.
- [AMI2005] AMIRSHAHI, P. and KAVEHRAD, M. (2005).Transmission Channel Model and Capacity of Overhead Multi-conductor Medium-Voltage Power-lines for Broadband Communications.
- [ARZ2006] ARZBERGER, MICHAEL and OTHERs (2006).Fundamental Properties of the Low Voltage Distribution Grid.
- [AXI2003] AXIS Communications (2003). Convertir un Sistema de CCTV Analógico en uno de Vigilancia-IP.
- [AXI2012] Home Page AXIS Provider.
Consulta: 10 de Octubre del 2012
URL: www.axis.com
- [BCD2012] Home Page BCDVideo Provider.
Consulta: 10 de Octubre del 2012
URL: www.bdcvideo.com
- [BOS2007] Bosch Security Systems (2007). El monitoreo permite la revitalización de áreas fundamentales de las ciudades.
- [BOS2012] Bosch Security Systems Home Page.
Consulta: 10 de octubre del 2012.
URL: www.boschsecurity.com

- [CAÑ2002] CAÑETE, FRANCISCO (2002). Caracterización y Modelado de Redes Eléctricas Interiores como Medio de Transmisión de Banda Ancha.
- [CAR2006] CARCELLE, XAVIER (2006). Power Line Communications in Practice. Editorial Artech House.
- [CAS2007] CASTELLS, MANUEL (2007). Communications, Power and Counter-power in the Network Society.
- [CAV2007] CAVOUKIAN, ANN. Guidelines for the Use of Video Surveillance Cameras in Public Places.
- [CCT2007] CCTVCAD Software (2007). The principles of CCTV design in VideoCAD.
- [CHE2005] CHENG, SHHIJIE (2005). Home Network Power-Line Communication Signal Processing Based on Wavelet Packet Analysis.
- [CNB2012] Home Page CNB Provider.
Consulta: 10 de Octubre del 2012
URL: www.cnbtec.com
- [ESM2006] ESMAILIAN, T. and OTHERs (2006). Characteristics of In-building Power Lines at High Frequencies and their Channel Capacity.
- [FLI2012] FLIR Termal Vision Home Page.
Consulta: 10 de Octubre del 2012
URL: www.flir.com
- [GOT2004] GOT, M; RAPP, M and DOSTERT, K (2004). Power Line Channel Characteristics and Their Effect on Communication System Design
- [HEL2006] HELD, GILBERT (2006). Understanding Broadband over Power Line. Editorial Auerbach Publications.

- [HIT2009] HIT Corporation (2009). CCTV Basic Training.
- [HRA2004] HRASNICA, HALID and OTHERs (2004).Broadband Powerline Communications. Network Design. Editorial John Wiley & Sons, Ltd.
- [HUS2003] HUSSAIN, KHURRAM (2003). Power Line Carrier (PLC) Communication Systems. Royal Institute of Technology.
- [IGL2007] IGLESIAS, MARIANO. PLC “La Comunicación a través del tendido eléctrico. Mercado y Oportunidades”.
- [IND2009] Indra Company (2009). Sistema de Seguridad Integrado.
- [KAT2006] KATAYAMA, MASAACKI (2006). A Mathematical Model of Noise in Narrowband Power Line Communication Systems.
- [LAM2007] LAMPE, LUTZ and HUBER, J. (2007). Bandwidth Efficient Power Line Communications Based on OFDM.
- [LAN2009] Lanaccess S.A. (2009). Soluciones integrales IP para sistemas CCTV y videovigilancia.
- [LEE2006] LEE, JAE-JO and OTHERs (2006).Power line Communications network trial and management in Korea.
- [LEO2004] LEÓN, TAMARA (2004). Diseño e implementación de un Sistema de Vigilancia Tecnológica en una empresa de escasos recursos.
- [LIZ2009] LIZANO, WASHINGTON y otros (2009). Estudio y Diseño de un Sistema de Vigilancia de Video en Tiempo Real, sobre una Red IP, para un Terminal de Despacho y Bombeo de Combustible de la Gerencia Regional Sur de PETROCOMERCIAL.
- [MEN2004] MENG, H. and OTHERs (2004).A Transmission Line Model for HIGH-Frequency Power Line Communications Channel.

- [MEN2005] MENG, H. and OTHERs (2005). Modeling and Analysis of Noise Effects on Broadband Power-Line Communications.
- [MER2008] Merit LILIN SPAIN S.L. (2008). Ventajas de los Sistemas de Video Vigilancia LILIN.
- [MIL2012] Home Page Milestone Provider.
Consulta: 10 de Octubre del 2012
URL: www.milestonesys.com
- [NVT2012] Home Page Network Video Technologies Provider.
Consulta: 10 de Octubre del 2012
URL: www.nvt.com
- [PAÑ1999] PAÑOS ÁLVAREZ, A. (1999). Reflexiones sobre el papel de la información como recurso competitivo de la empresa. Revista Anales de la Documentación, No. 2, páginas 21-38.
- [PEL2012] PELCO Home Page Provider.
Consulta: 10 de Octubre del 2012
URL: www.pelco.com
- [PHI2006] PHILIPPS, HOLGER (2006). Modeling of Powerline Communication Channels.
- [POZ2007] POZZEBON, FABIO (2007). Power Line Communication. Facultad de Tecnología de SENAI
- [PRA1998] PRADA, RAFAEL (1998). Profundamente Humanos. Editorial San Pablo. Páginas 28-31.
- [RAG2009] RAGUBALAN, D. (2009). Power Line Communication based Power Theft Detection System.
- [ROD2004] RODRIGUEZ, JOSIAS (2004). Power Line Communications. Universidad Educacional de Minas Gerais.

- [RIC2003] RICHARDSON, IAN (2003). H.264 and MPEG-4 Video Compression. Jhon Wiley & Sons Ltd.
- [RAE2012] Real Academia Española Home page.
Consulta: 10 de Octubre del 2012
URL: www.rae.com.es
- [SEB2000] SEBECK, M. and BUMILLER, G. (2000). A Network Management System for Power-Line Communications and its Verification by Simulation.
- [SEN2003] SENDIN, ALBERTO (2003). Internet por los enchufes: PLC.
- [SNM2012] SNMP RFCs.
Consulta: 10 de mayo del 2012
URL: www.snmp.com/protocol/snmp_rfcs.shtml
- [TEC2012] Media Traffic Network Usage.
Consulta: 10 de mayo del 2012
URL: <http://technet.microsoft.com/en-us/library/gg413004.aspx>
- [SON2012] SONY Home Page Provider.
Consulta: 10 de Octubre del 2012
URL: <http://pro.sony.com/bbsc/ssr/cat-securitycameras/cat-cctv/>
- [UNI2007] University of Wollongong (2007).Closed Circuit Television System. Commissioning Standard CCTV and Lighting Upgrade
- [UME2006] UMEHARA, DAISUKE and OTHERs (2006).Modeling of Impulse Noise for Indoor Broadband Power Line Communications.
- [VOG2006] VOGLGSANG, ALFRED and OTHERs (2006). Measurement, Characterization and Simulation of Noise on Powerline Channels
- [VAN2009] VAN RENSBURG, JANSE (2009). Effective Coupling for Power-Line Communications.