



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO  
FACULTA DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS**

**“ESTUDIO DE LA TECNOLOGÍA DE ACCESO A INTERNET POWERLINE  
COMMUNICATIONS (PLC) Y SU APLICACIÓN EN LA TRANSMISIÓN DE  
DATOS EN TIEMPO REAL MEDIANTE EL TENDIDO DE LAS REDES  
ELÉCTRICAS LOCALES”**

**TESIS DE GRADO**

**Previa la obtención del título de**

**INGENIERO EN SISTEMAS INFORMÁTICOS**

**Presentado por:**

**CARMEN AURORA NARANJO COELLO  
ÁNGEL VINICIO FUENTES CABEZAS**

**RIOBAMBA – ECUADOR**

**2010**

AL ING. DANILO PASTOR Director de Tesis e  
ING. PATRICIO MORENO Miembro de Tesis; nuestro agradecimiento por su  
ayuda y colaboración para la realización de nuestra tesis.

Esta tesis la dedicamos a nuestros padres, porque con su apoyo incondicional, amor y paciencia nos alientan para seguir adelante en los peldaños de nuestra vida alcanzando las metas trazadas.

<b>NOMBRE</b>	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. Iván Menes DECANO DE LA F.I.E.	.....	.....
Ing. Raúl Rosero DIRECTOR DE LA E.I.S.	.....	.....
Ing. Danilo Pastor DIRECTOR DE TESIS	.....	.....
Ing. Patricio Moreno MIEMBRO DEL TRIBUNAL	.....	.....
Tec. Carlos Rodríguez DIRECTOR CENTRO DE DOCUMENTACIÓN	.....	.....
<b>NOTA DE TESIS</b>	.....	

“Nosotros, Carmen Naranjo y Ángel Fuentes, somos los responsables de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta tesis, y el patrimonio intelectual de la misma pertenecen a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO”.

---

Carmen Aurora Naranjo Coello

---

Ángel Vinicio Fuentes Cabezas

# ÍNDICE GENERAL

---

ÍNDICE GENERAL.....	
ÍNDICE DE FIGURAS.....	
ÍNDICE DE TABLAS.....	
INTRODUCCIÓN.....	
CAPÍTULO I.....	
<b>MARCO REFERENCIAL.....</b>	<b>15</b>
1.1 Antecedentes.....	15
1.2 Justificación.....	18
1.3 Objetivos.....	20
1.3.1 Objetivo General.....	20
1.3.2 Objetivos Específicos.....	20
1.4 Hipótesis.....	21
CAPÍTULO II.....	
<b>Estudio de la Arquitectura y Funcionamiento de las Redes Eléctricas y Investigación de la Tecnología Power Line Communications (PLC).....</b>	<b>22</b>
2.1 Estudio de la Arquitectura y Funcionamiento de las Redes Eléctricas.....	23
2.1.1 Estudio de la Arquitectura de la Red Eléctrica.....	23
2.1.1.1 Generación.....	24
2.1.1.2 Transporte.....	25
2.1.1.3 Subestaciones.....	26
2.1.1.4 Distribución de la Energía.....	27
2.1.1.5 Centro de Transformación.....	28
2.1.1.6 Instalación de Enlace.....	29
2.1.2 Redes Eléctricas de Alta, Media y Baja Tensión.....	29
2.1.2.1 Red de Alta Tensión.....	30
2.1.2.2 Red de Media Tensión.....	32
2.1.2.3 Red de Baja Tensión.....	32
2.1.2.4 Transmisión de Datos en Líneas de Energía Eléctrica.....	33
2.1.2.4.1 Parámetros Eléctricos.....	34
2.1.2.4.2 Dificultades del Canal Eléctrico.....	36
2.1.2.4.3 Inmunidad a Interferencias de los Cables con Conductores de Cobre.....	41
2.2 Investigación de la Tecnología Power Line Communications (PLC).....	42
2.2.1 Fundamentos PLC.....	45
2.2.2 Tecnología.....	48
2.2.2.1 Tipos de Modulación de Datos en PLC.....	50
2.2.2.2 Modulación OFDM (Orthogonal Frequency-Division Multiplexing).....	53
2.2.2.2.1 Funcionamiento de OFDM.....	54
2.2.2.2.2 Constelaciones Básicas.....	55
2.2.2.2.3 Ortogonalidad.....	59
2.2.2.2.4 Modulación y Demodulación OFDM.....	60
2.2.2.2.5 Beneficios de OFDM.....	61
2.2.2.3 PLC y el Modelo OSI.....	64
2.2.2.3.1 Capa Física.....	64
2.2.2.3.2 Capa Enlace de Datos.....	65

2.2.2.4	Requerimientos de Seguridad y Calidad de Servicio en las redes PLC .....	68
2.2.2.4.1	Seguridad en Redes PLC .....	68
2.2.2.4.2	Calidad de Servicio QoS .....	70
2.2.3	Arquitectura y Funcionamiento.....	71
2.2.3.1	Arquitectura.....	71
2.2.3.2	Topología del Sistema PLC .....	74
2.2.3.2.1	Topología Física de la Red PLC .....	74
2.2.3.2.2	Topología Lógica de la Red PLC .....	76
2.2.3.3	Funcionamiento .....	76
2.2.3.4	Velocidades de Transmisión.....	78
2.2.3.5	Ámbitos de Aplicación .....	79
2.2.3.5.1	Sistema de Distribución.....	79
2.2.3.5.2	Sistema PLC de Acceso .....	81
2.2.3.5.3	Sistema PLC de Red de Área Local .....	82
2.2.3.5.4	Sistemas de Gestión .....	84
2.2.3.6	Aplicaciones de la Tecnología PLC .....	85
2.2.4	Estándares .....	87
2.2.4.1	Organismos Internacionales de Estandarización .....	89
2.2.5	Ventajas del PLC.....	89
2.2.5.1	Desventajas del PLC .....	91
2.2.6	Posibles Interferencias .....	93
2.2.6.1	Problemas de Interferencia.....	93
2.2.6.2	Procedimiento de Medición de Interferencias .....	95
2.2.7	Requerimientos Técnicos.....	96
2.2.7.1	Acoplamiento de las Líneas Eléctricas .....	96
2.2.7.2	Métodos de Acoplamiento .....	97
2.2.7.2.1	Esquemas de Acoplamientos Capacitivos por Medio del Núcleo.....	97
2.2.7.2.2	Esquemas de Acoplamientos Inductivos .....	98
2.2.7.3	Limitaciones Técnicas de PLC .....	101
<b>CAPÍTULO III .....</b>		
<b>Análisis de la Transmisión de Datos por los Cables Eléctricos .....</b>		<b>104</b>
3.1	Descripción de los Ambientes.....	105
3.1.1	Escala de Valoración Cualitativa .....	105
3.1.2	Escala de Calificación de las Actividades .....	105
3.1.3	Módulo de Pruebas .....	106
3.2	Parámetros a Comparar .....	114
3.3	Análisis Comparativo .....	114
3.3.1	Rendimiento de las Redes .....	114
3.3.1.1	Velocidad de Transmisión .....	115
3.3.1.2	Retardo en la Transmisión.....	117
3.3.1.3	Nivel Bajo de Eco Generado por la TX.....	120
3.3.2	Facilidad de Instalación .....	124
3.3.2.1	Facilidad de Diseñar e Implementar una Red LAN .....	125
3.3.2.2	Facilidad de Conexión .....	127
3.3.2.3	No Requerir de un Experto para Implementar la Red .....	129
3.3.2.4	No Rediseñar la Infraestructura Física del Lugar donde se Implanta la Red.....	131
3.3.2.5	Manipulación Permanente y Total del Tendido de la Red.....	133
3.3.2.6	Ahorro de Recursos .....	135
3.3.2.7	Reducción de Costos.....	136
3.3.2.8	Ahorro de Tiempo .....	137

3.3.3	Portabilidad.....	140
3.3.3.1	Facilidad para Trasladar de Sitio la Red.....	141
3.3.3.2	Reutilización de los Recursos de la Red Antigua.....	143
3.3.3.3	Colaboración de un Experto en Redes para el Traslado de la Red.....	144
3.3.3.4	Uso Mínimo de Tiempo para la Reubicación.....	146
3.3.3.5	Facilidad de Acoplarse la Reda su Nuevo Lugar.....	148
3.3.3.6	Costo de Traslado de la Red.....	149
3.3.4	Integridad.....	152
3.3.4.1	Fiabilidad en Función a la Distancia.....	153
3.3.4.2	Fiabilidad de Red por Saturación Información.....	155
3.3.4.3	Fiabilidad por Saturación de más Usuarios.....	156
3.3.4.4	Fiabilidad por Factores Externos.....	158
3.3.5	Escalabilidad.....	161
3.3.5.1	Facilidad de Aumentar Puntos de Red.....	162
3.3.5.2	Accesibilidad de Recursos para Aumentar puntos de Red.....	163
3.4	Comprobación de Hipótesis.....	167
3.5	Resumen de los parámetros evaluados.....	168
3.6	Resultados.....	170
<b>CAPÍTULO IV.....</b>		
<b>Estudio de Factibilidad para la Implementación de un ISP.....</b>		<b>172</b>
4.1	Factibilidad Operativa.....	173
4.1.1	Estudio del Sector.....	173
4.1.2	Recopilación de Información.....	174
4.1.2.1	Subestación # 3.....	174
4.1.2.1.1	Descripción.....	174
4.1.2.1.2	Equipos.....	176
4.1.2.1.3	Infraestructura Eléctrica.....	177
4.1.2.2	Zona de Servicio.....	177
4.1.3	Mercado Consumidor.....	179
4.1.3.1	Determinación del Índice de Penetración del Servicio.....	179
4.1.3.1.1	Índice de Penetración del Servicio de Internet.....	179
4.1.3.1.2	Número General de Usuarios del Servicio de Internet.....	180
4.1.3.1.3	Número de Usuarios para la Introducción del Servicio PLC.....	181
4.1.4	Proyección del Crecimiento de la Demanda.....	182
4.1.4.1	Definición del Método de Pronóstico.....	182
4.1.4.2	Recopilación de Información.....	183
4.1.4.2.1	Índice de Crecimiento del Acceso a Internet a Nivel Nacional.....	183
4.1.4.2.2	Índice de Crecimiento del Acceso a Internet de Banda Ancha.....	184
4.1.4.3	Definición del Índice de Crecimiento Para el Proyecto PLC.....	184
4.1.5	Requerimientos del ISP.....	186
4.1.5.1	Aplicaciones.....	186
4.1.5.2	Velocidad de Transmisión.....	186
4.1.5.3	Tipo de Línea.....	187
4.2	Factibilidad Técnica.....	187
4.2.1	ISP.....	187
4.2.1.1	Centro de Servicios y Operación ISP - PLC.....	188
4.2.1.2	Servicios del ISP.....	188
4.2.1.3	Topología del centro de operación ISP - PLC.....	189
4.2.1.4	Elementos del ISP.....	191
4.2.1.5	Elementos de Conexión y Protección.....	192



4.2.2	Esquema de Funcionamiento de la Red PLC .....	192
4.2.2.1	Backone .....	193
4.2.2.2	HE o Unidad de Acondicionamiento (UA) .....	194
4.2.2.3	Unidad Repetidora .....	196
4.2.2.4	Unidad de Usuario o Módem PLC .....	197
4.2.2.5	Unidades de Acoplamiento (UDA) .....	198
4.2.3	Definición del Número de Equipos de la Red PLC .....	199
4.2.4	Dimensión del Canal de Acceso .....	201
4.2.5	Instalaciones Aéreas .....	203
4.3	Factibilidad Económica .....	204
4.3.1	Modelos de Servicio PLC .....	204
4.3.2	Definición del Escenario y Costo e Ingresos.....	206
4.3.2.1	Parámetros para la Valoración de Costos .....	207
4.3.2.1.1	Duración del Proyecto .....	207
4.3.2.1.2	Crecimiento de Anual de Clientes .....	207
4.3.2.1.3	Costos de los Equipos de la Red PLC .....	207
4.3.2.1.4	Costos de Operación.....	208
4.3.2.1.5	Costos de Instalación y Mantenimiento .....	208
4.3.2.1.6	Costos Logísticos e Imprevistos .....	209
4.3.2.2	Valoración de Costos.....	209
4.3.2.2.1	Costos de Equipamiento de la Red PLC .....	209
4.3.2.2.2	Costos de Operación.....	210
4.3.2.2.3	Costo de Equipamiento del ISP .....	210
4.3.3	Resumen de Costos de Inversión y Egresos .....	211
4.3.3.1	Operador Global PLC .....	211
4.3.3.2	Sociedad de Servicios Compartidos.....	212
4.3.4	Valoración de Ingresos.....	213
4.3.4.1	Aspectos de Consideración .....	213
4.3.4.2	Calculo de los Valores por Año .....	215
4.3.5	Evaluación Económica del Proyecto .....	216
4.4	Factibilidad Legal .....	221
	<b>CONCLUSIONES .....</b>	
	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	
	<b>RESUMEN .....</b>	
	<b>SUMMARY .....</b>	
	<b>GLOSARIO .....</b>	
	<b>ANEXOS .....</b>	
	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	

# ÍNDICE DE FIGURAS

---

Figura II: 01 Sistema de suministro eléctrico .....	25
Figura II: 02 Estación transformadora elevadora .....	26
Figura II: 03 Transformador final a 127 V C.A. ....	29
Figura II: 04 Tenciones bajas, medias y altas.....	30
Figura II: 05 Postes de corriente eléctrica de alta tensión .....	31
Figura II: 06 Líneas aéreas de transmisión eléctrica .....	31
Figura II: 07 Líneas subterráneas de transmisión eléctrica .....	32
Figura II: 08 Postes de transmisión de media tensión .....	32
Figura II: 09 Cables de baja tensión .....	33
Figura II: 10 Parámetros distribuidos de una línea eléctrica.....	34
Figura II: 11 Atenuación en función de la frecuencia.....	38
Figura II: 12 Esquema de las Líneas de Trasmisión como medio Comunicación .....	41
Figura II: 13 Red condicionada de alta frecuencia de energía .....	46
Figura II: 14 Unidad de Acondicionamiento .....	47
Figura II: 15 Conexión Punto Multipunto.....	48
Figura II: 16 Bandas de frecuencias utilizadas en PLC .....	49
Figura II: 17 Características del medio de transmisión.....	49
Figura II: 18 Subportadoras OFDM.....	53
Figura II: 19 Tipos de Constelaciones QAM .....	56
Figura II: 20 Intervalo de Guarda $\frac{1}{4}$ del período del símbolo.....	57
Figura II: 21 Ortogonalidad de portadoras en OFDM .....	59
Figura II: 22 Diagrama de bloques modulador OFDM .....	60
Figura II: 23 Diagrama de bloques demodulador OFDM .....	61
Figura II: 24 Adaptabilidad de la Señal de datos a las condiciones del canal .....	63
Figura II: 25 Modulación OFDM .....	63
Figura II: 26 Pila de protocolos de la tecnología PLC.....	66
Figura II: 27 Trama utilizada en PLC .....	67
Figura II: 28 Arquitectura de la red PLC.....	71
Figura II: 29 Elementos de una Red PLC .....	72
Figura II: 30 Topología Tipo Árbol de la Red PLC .....	75
Figura II: 31 Topología Lógica Tipo Bus empleada por PLC .....	76
Figura II: 32 Estructura típica de la red de distribución de energía eléctrica .....	77
Figura II: 33 Sistema PLC de Distribución que utiliza la red Media Tensión Eléctrica .....	80
Figura II: 34 Sistema de Acceso .....	81
Figura II: 35 Arquitectura de Outdoor.....	82
Figura II: 36 Sistema Red de Área Local .....	83
Figura II: 37 Arquitectura de Indoor .....	83
Figura II: 38 Panorama estandarizador del PLC.....	88
Figura II: 39 Umbrales de EMI impuestos a PLC por diferentes estándares.....	93
Figura II: 40 Esquema de mediciones de interferencias.....	95
Figura II: 41 Bypass en el Transformador eléctrico .....	96
Figura II: 42 Acoplamientos capacitivos para líneas de Media Tensión .....	98
Figura II: 43 Unidad de acoplamiento capacitivo .....	98
Figura II: 44 Acoplamiento "invasivo" por medio de la pantalla .....	99

Figura II: 45 Acoplamiento “no invasivo” por medio de la pantalla .....	99
Figura II: 46 Acoplamiento “no invasivo” por medio del núcleo .....	100
Figura II: 47 Unidad de acoplamiento inductivo .....	100
Figura III: 48 Conexión de dos Computadoras en Red a través del PLC .....	107
Figura III: 49 Ethernet.....	107
Figura III: 50 Página Web de la ESPOCH .....	108
Figura III: 51 Lectura de la Velocidad de TX por los Cables Eléctricos .....	109
Figura III: 52 Retardo Producido en los Cables Eléctricos .....	111
Figura III: 53 Gráfico de Diseño de la Red PLC.....	111
Figura III: 54 Grafica Analítica de la Transmisión de Paquetes.....	113
Figura III: 55 Gráfica de Barras que Describe el Comportamiento de la TX .....	113
Figura III: 56 Gráfico de Diseño de la Red PLC.....	116
Figura III: 57 Retardo Producido en los Escenarios de Estudio .....	118
Figura III: 58 Errores que Produce en la Transmisión de Archivos .....	121
Figura III: 59 Resultado del Rendimiento de la Red .....	124
Figura III: 60 Comparación de Porcentajes de Facilidad de Instalación.....	140
Figura III: 61 Comparación de Porcentajes de la Portabilidad de la Red .....	152
Figura III: 62 Paquetes Perdidos en los Escenarios de Estudio .....	153
Figura III: 63 Promedio de los Archivos Perdidos en la TX de Diferentes Archivos .....	155
Figura III: 64 Gráfico Comparativo de Fiabilidad de Transmisión de los Datos.....	161
Figura III: 65 Resultado de la Escalabilidad de la Red .....	166
Figura III: 66 Resumen de los Parámetros Evaluados .....	168
Figura IV: 67 Alimentación de 69kV Subestación No 3 .....	175
Figura IV: 68 Subestación de Transformación y Seccionamiento .....	175
Figura IV: 69 Tablero de comando S/E N° 3.....	176
Figura IV: 70 Transformador de potencia 69/13.8kV S/E N° 3 .....	177
Figura IV: 71 Zona de servicio del PLC .....	178
Figura IV: 72 Zona de servicio del PLC .....	178
Figura IV: 73 Evolución y proyección del crecimiento de USR del servicio de Internet 2003 y 2014.....	183
Figura IV: 74 Evolución y Tendencia del crecimiento de USR del servicio de Internet de Banda ncha entre 1996 y 2009 .....	184
Figura IV: 75 Crecimiento de USR servicio PLC para un período de 5 años .....	186
Figura IV: 76 Esquema Básico ISP.....	190
Figura IV: 77 Esquema del diseño de Red PLC .....	202
Figura IV: 78 Inyección de las señales PLC en las líneas de media tención .....	203
Figura IV: 79 Inyección de las señales PLC en las líneas de media tención .....	203
Figura IV: 80 Inyección de las señales PLC en las líneas de media tención .....	203

# ÍNDICE DE TABLAS

---

Tabla II: I Comparación de los diferentes esquemas de modulación para sistemas PLC .....	52
Tabla II: II Número de portadoras para sistemas PLC.....	54
Tabla II: III Constelaciones usadas en PLC .....	56
Tabla II: IV Modelo de referencia OSI.....	64
Tabla II: V Nivel jerárquico que permite el Monitoreo de los equipos en la red PLC .....	75
Tabla II: VI Throughput nominal máximo de distintas tecnologías .....	78
Tabla II: VII Limite de interferencias estipulados por la FCC.....	94
Tabla III: VIII Valoración de Variables.....	105
Tabla III: IX Calificación de Actividades .....	106
Tabla III: X Retardo Producido en los Cables UTP.....	110
Tabla III: XI Retardo Producido en los Cables Eléctricos .....	110
Tabla III: XII Cálculo de Costos.....	112
Tabla III: XIII Promedio de la Velocidad del Tamaño del Archivo.....	115
Tabla III: XIV Promedio de la Velocidad de las Distancias .....	115
Tabla III: XV Valoración de la Velocidad en los Escenarios .....	117
Tabla III: XVI Retardo Producido en los Escenarios de Estudio.....	118
Tabla III: XVII Valoración del Retardo en los Escenarios de Estudio .....	119
Tabla III: XVIII Cálculo de los Errores en la Transmisión de Diferentes Archivos .....	120
Tabla III: XIX Cálculo de los Errores en la TX del Archivo en Función de las Distancias .....	120
Tabla III: XX Valoración del Eco en los Escenarios de Estudio.....	122
Tabla III: XXI Comparativa del Rendimiento de la Red .....	123
Tabla III: XXII Aspectos en el Diseño de la Red .....	125
Tabla III: XXIII Valoración de la Variable Facilidad de Diseño de Red.....	126
Tabla III: XXIV Aspectos en la Conexión de la Red.....	127
Tabla III: XXV Valoración de la Variable Conexión de la Red .....	128
Tabla III: XXVI Aspectos en el Experto en Redes .....	129
Tabla III: XXVII Valoración de la Variable Experto en Redes .....	130
Tabla III: XXVIII Aspectos en el Rediseño .....	131
Tabla III: XXIX Valoración de Variable Rediseñar la Estructura Física .....	132
Tabla III: XXX Aspectos en la Manipulación de la Red.....	133
Tabla III: XXXI Valoración de la Variable Manipulación de la Red .....	134
Tabla III: XXXII Aspectos en el Ahorro de Recursos .....	135
Tabla III: XXXIII Valoración de Variable Ahorro de Recursos .....	136
Tabla III: XXXIV Valoración de la Variable Reducción de Costos .....	137
Tabla III: XXXV Aspectos en el Tiempo de Instalación.....	137
Tabla III: XXXVI Valoración de Variable Ahorro de Tiempo .....	138
Tabla XXXVII Facilidad de Instalación .....	139
Tabla III: XXXVIII Aspectos en el Traslado de la Red .....	141
Tabla III: XXXIX Valoración de la Variable que Traslada la Red .....	142
Tabla III: XL Aspectos en la Reutilización de los Recursos.....	143
Tabla III: XLI Valoración de la Variable Reutilización de Recursos.....	144
Tabla III: XLII Aspectos por el Experto en Redes .....	145
Tabla III: XLIII Valoración de la Variable Colaboración del Experto en Redes.....	146
Tabla III: XLIV Aspectos en el Tiempo de Instalación .....	146

Tabla III: XLV Valoración de Variable Tiempo de Reubicación .....	147
Tabla III: XLVI Aspectos en el Acoplamiento de la Red al Nuevo Sitio .....	148
Tabla III: XLVII Valoración de Variable Acoplamiento al Nuevo Sitio .....	149
Tabla III: XLVIII Aspectos en el Costo del Traslado .....	150
Tabla III: XLIX Valoración de Variable Costo de Traslado .....	150
Tabla III: L Portabilidad de la Red.....	151
Tabla III: LI Promedio de los Paquetes Perdidos en las Pruebas .....	153
Tabla III: LII Valoración de la Variable Fiabilidad en Función de la Distancia .....	154
Tabla III: LIII Promedio de Paquetes Perdidos en la Trasmisión de Archivos Diferentes .....	155
Tabla III: LIV Valoración de la Variable Fiabilidad por Saturación.....	156
Tabla III: LV Promedio de la Pérdida de Paquetes por Conexión de más Terminales .....	157
Tabla III: LVI Valoración de Variable Fiabilidad por Saturación .....	158
Tabla III: LVII Promedio de la Intensidad de la Señal.....	158
Tabla III: LVIII Valoración de la Variable Fiabilidad por Factores Externos.....	159
Tabla III: LIX Comparativa de la Integridad de la Red .....	160
Tabla III: LX Aspectos en el Aumento de Puntos de Red.....	162
Tabla III: LXI Valoración de la Variable Aumentos de Puntos de Red .....	163
Tabla III: LXII Aspectos en el uso de Recursos .....	164
Tabla III: LXIII Valoración de la Variable Accesibilidad de los Recursos.....	165
Tabla III: LXIV Comparativa de la Escalabilidad de la Red .....	165
Tabla III: LXV Resultados de la Comprobación de Hipótesis .....	167
Tabla III: LXVI Resumen de los Parámetros Evaluados.....	169
Tabla IV: LXXVII Características del Primario C S/E No 3.....	178
Tabla IV: LXXVIII Datos Informativos .....	180
Tabla IV: LXXIX Principales proveedoras de acceso a Internet a nivel nacional.....	181
Tabla IV: LXX Crecimiento de usuarios del sistema PLC.....	185
Tabla IV: LXXI Requerimientos de Servidores para el ISP.....	191
Tabla IV: LXXII Características de Elementos de Conexión y Protección.....	192
Tabla IV: LXXIII Detalle de equipos para la etapa de introducción del sistema PLC .....	201
Tabla IV: LXXIV Dimensión de los canales de acceso a Internet.....	202
Tabla IV: LXXV Modelos de Servicio PLC .....	205
Tabla IV: LXXVI Identificación de Costos e Ingresos del Proyecto .....	206
Tabla IV: LXXVII Costos de Dispositivos .....	207
Tabla IV: LXXVIII Tarifas mensuales por el servicio portador .....	208
Tabla IV: LXXIX Cálculo del costo del equipamiento de la red PLC Subestación N° 3 .....	209
Tabla IV: LXXX Costos de Operación.....	210
Tabla IV: LXXXI Costo de Equipamiento e Instalación del ISP-PLC.....	210
Tabla IV: LXXXII Resumen de los Costos de Inversión del Proyecto .....	211
Tabla IV: LXXXIII Egresos anuales.....	212
Tabla IV: LXXXIV Costo de Inversión del Modelo Sociedad Compartida.....	212
Tabla IV: LXXXV Egresos Anuales del Modelo Sociedad Compartida .....	213
Tabla IV: LXXXVI Tarifas Internacionales del servicio de Internet PLC .....	213
Tabla IV: LXXXVII Tarifas del servicio de Internet de banda ancha en Ecuador .....	214
Tabla IV: LXXXVIII Tarifas del servicio de internet del proyecto PLC .....	214
Tabla IV: LXXXIX Ingresos Anuales del Proyecto Modelo Operador Global PLC.....	215
Tabla IV: XC Ingresos Anuales del Proyecto Modelo Sociedad de Servicios Compartidos.....	216
Tabla IV: XCI Utilidad Neta de Operador Global PLC .....	219
Tabla IV: XCII Índice de Rentabilidad de Operador Global PLC .....	219
Tabla IV: XCIII Utilidad Neta .....	219
Tabla IV: XCIV Índice de Rentabilidad.....	220

# INTRODUCCIÓN

---

El presente trabajo tiene por objetivo estudiar y analizar la red eléctrica con tecnología PLC, estableciendo para esto un escenario de comparación con la red tradicional UTP.

En el Capítulo II se estudia ligeramente el tendido de los cables eléctricos y sus diversas características y aplicaciones, luego se centra en el estudio de la Red PLC conociendo cada uno de sus elementos y su funcionamiento, también se investiga sus fundamentos, tecnología, arquitectura, estándares de aplicación y sus posibles interferencias, para luego de todo este estudio establecer sus ventajas y desventajas de la red PLC.

En el capítulo III se analiza la transmisión de los datos por los cables eléctricos, en la cual se describe los ambientes de comparación, y se define los parámetros que miden el rendimiento de la red, la facilidad de instalación, la portabilidad de la red, la integridad de los datos y la escalabilidad, concluido este estudio se procede a analizar los resultados y a comprobar la hipótesis de la tesis.

En el capítulo IV se estudia la posibilidad de implementar un ISP PLC y se analiza la factibilidad operativa, factibilidad técnica, factibilidad económica y factibilidad legal.

Al final de este proyecto se listan las conclusiones y las recomendaciones que se propone para implementar una red PLC.

# CAPÍTULO I

---

## MARCO REFERENCIAL

### 1.1 Antecedentes

La idea de utilizar el cableado eléctrico para la transmisión de datos ya lleva algunos años en el mundo, ya que en sus orígenes se utilizaban para monitorización y control de las lecturas de los contadores. Posteriormente las empresas eléctricas empezaron a utilizar sus propias redes eléctricas para la transmisión de datos de modo interno, hasta llegar a una serie de pruebas realizadas durante los años 90 en distintos países europeos que no alcanzaron los resultados esperados.

Durante finales de los noventa los avances tecnológicos ocurridos como la aparición de altas velocidades en Internet, originaron la tecnología PLC como

solución de acceso alternativa a las redes de telecomunicación tradicionales basadas en la línea telefónica de cobre, esto pone a pensar a todo el mundo ya que la información (voz, video, datos) se transmitía a través del cable de cobre y en las redes eléctricas se utiliza el mismo medio de transmisión, por lo que basta adecuar una red ya desarrollada, cuyo tendido supera a cualquier otra en el mundo, para convertirla en un acceso a Internet a alta velocidad que alcance a todos los hogares y así cubrir sectores donde la línea telefónica es inaccesible.

Las redes eléctricas se dividen en redes de alta, media y baja tensión. La red de alta tensión es una red de transporte que hace llegar la energía desde los centros de producción hasta los de consumo (núcleos de población e industrias). La mayoría de los tendidos de alta tensión son aéreos, y los valores de tensión eléctrica que se manejan en estos tramos son del orden de los cientos de kilovoltios, al permitir estas elevadas tensiones un transporte de la energía más eficiente.

En los puntos de consumo, como las ciudades, suele haber grandes centros de transformación que convierten esta energía eléctrica a unos valores de tensión inferiores, de forma que se origina una segunda red, generalmente enterrada, con valores entre 15 y 20 kilovoltios esta es la red eléctrica de media tensión.

Por último, se produce una nueva transformación para poder suministrar electricidad a los domicilios. En las ciudades existen instalaciones incorporadas



a los edificios o bajo tierra que se conocen como centros de transformación, y en ellos tiene lugar la transformación a los 220-110 voltios que se manejan habitualmente en los hogares. Esto es lo que se conoce como baja tensión.

PLC (Power Line Communications) es una tecnología que facilita la transmisión banda ancha de voz, vídeo y datos a través de las redes eléctricas. Es decir, transporta todos los servicios de telecomunicaciones basados en una red IP (Internet) hasta la toma de corriente de los hogares u oficinas. Para ello hay que conectar la red de telecomunicaciones a la estación de transformación y desde ahí emplear la red eléctrica para llegar al cliente final. Así pues, tanto PLC como ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Loop) utilizan infraestructuras ya desplegadas y muy extendidas, aunque originalmente no pensadas para transmitir datos.

Al usuario le basta un módem PLC conectado a cualquier enchufe para recibir la conexión de banda ancha. Este módem recibe la señal de un repetidor situado en el cuarto de contadores del edificio (que puede atender hasta 256 equipos), que está conectado a su vez a un centro de distribución del que recibe los datos a una velocidad de hasta 200 Mbps (una conexión de Internet doméstica convencional es de 54 Kbps).

La línea eléctrica es un medio muy ruidoso, cambiante y utilizado habitualmente para transmitir energía eléctrica que llega a los usuarios en forma de corriente alterna de baja frecuencia (50 ó 60 Hz), mientras que la

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

El mundo PLC centra su atención en el tramo de baja tensión de la red eléctrica (el equivalente a la "última milla" o bucle de abonado en las redes telefónicas) por un motivo claro: las redes de acceso son el componente más costoso de las redes de telecomunicaciones, por consiguiente, la transformación de las redes eléctricas de baja tensión en redes de acceso para prestar servicios de telecomunicaciones abre nuevas oportunidades de negocio.

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

## **1.2 Justificación**

Existe una necesidad de información que requiere nuestra sociedad, con el advenimiento de la era de la informática, la presentación de nuevos descubrimientos, hechos noticiosos ocurridos en cualquier parte del mundo, avances tecnológicos, son presentados rápidamente y publicados para todas

las personas a través de Internet. No hay lugar a duda, de la gran importancia que juega este medio, para el desarrollo del conocimiento, la comunicación y la información.

Es por esto que nuestra motivación de realizar este estudio, corresponde a la necesidad de indagar y proyectar la capacidad de la tecnología Power Line Communications (PLC) para expandir las redes de telecomunicaciones, y con esto se podría ofrecer el servicio de Internet a sectores donde la línea telefónica es inaccesible, realizando un estudio de factibilidad en la zona de San Gerardo Cantón Guano.

Al estar ya instaladas y operativas las obras civiles de instalación de torres, postes, transformadores y tendido de cables conductores hasta los hogares, no existe la necesidad de cablear la zona requerida para la implementación de la red basada en la tecnología de acceso a Internet Power Line Communications (PLC), logrando una reducción de costos en el abonado final con respecto a las demás tecnologías existentes por lo tanto será considerablemente más económico para el usuario final.

Esta investigación tiene un valor teórico investigativo ya que se va a realizar un estudio de una tecnología de actualidad en el mercado aplicada al campo de la transmisión de datos con la que puedes utilizar la instalación eléctrica para configurar tu propia red de datos. Además tiene un valor práctico ya que se implementara un prototipo de red de dos computadores utilizando la tecnología

PLC porque, conectores para el teléfono o tomas de antena para el televisor, puede haber en el salón y en algún dormitorio, pero ¿enchufes? Enchufes hay en todas las estancias de la casa, por muy antigua que esta sea. Y la tecnología PLC se basa precisamente en esta red eléctrica para la transmisión de datos a alta velocidad, hasta 200 Mbps; en la cual comprobaremos las ventajas y desventajas que tiene la transmisión de datos por este medio.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo General**

Estudiar la Tecnología de acceso a Internet Power Line Communications (PLC) y su aplicación en la transmisión de datos en tiempo real mediante el tendido de las redes eléctricas locales.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Estudiar la arquitectura y funcionamiento de las redes eléctricas.
- Investigar el funcionamiento, requerimientos técnicos, ventajas y desventajas de la tecnología Power Line Communications (PLC).
- Analizar las ventajas y desventajas de la transmisión de datos por los cables eléctricos y comparar con la transmisión que ofrece los cables tradicionales.
- Desarrollar un prototipo de conexión entre dos computadoras.
- Efectuar un estudio de factibilidad para la implementación de un ISP.

## **1.4 Hipótesis**

La Tecnología de acceso a Internet Power Line Communications (PLC) permitirá la transmisión de datos en forma similar que sus medios alternativos en cualquier punto donde exista un tendido eléctrico.

## **CAPÍTULO II**

---

### **Estudio de la Arquitectura y Funcionamiento de las Redes Eléctricas y Investigación de la Tecnología Power Line Communications (PLC)**

Este capítulo comprende el estudio de la arquitectura y funcionamiento de las redes eléctricas, así como también se indica los tipos de perturbaciones más comunes y la forma en que puede afectar a las señales transmitidas en altas frecuencias, se detalla las líneas eléctricas de alta, media y baja tensión como medios de transmisión de datos, involucrado en el diseño de sistemas PLC. Se estudia la tecnología Power Line Communications, fundamentos, topologías de red, funcionamiento, organismos que trabajan para la creación estándares, ventajas, requerimientos técnicos, las cuales permitirán usar correctamente esta tecnología para el diseño de la red; de manera que permita transmitir datos en tiempo real a través de las redes de media y baja tensión.

## **2.1 Estudio de la Arquitectura y Funcionamiento de las Redes Eléctricas**

La generación de la electricidad consiste en transformar algún tipo de energía no eléctrica sea química, mecánica, térmica, luminosa o hidráulica en energía eléctrica, se realiza en centrales hidroeléctricas, termoeléctricas, etc.

Se conduce la electricidad desde las plantas de generación hasta los consumidores finales, a través de miles de Km. de redes de transmisión y distribución, integradas por líneas de conducción de alta, media y baja tensión. En ciertas regiones del país se encuentran subestaciones eléctricas que cambian los parámetros de la electricidad para facilitar su transmisión y distribución hacia distintas poblaciones, regiones o comunidades en donde se colocan transformadores que hacen aún otra conversión para entregar voltaje de corriente eléctrica suficiente para abastecer el consumo promedio de la zona. Cada transformador distribuye energía eléctrica en redes con topología de estrella y sirve entre 200 y 500 clientes en promedio, proveyendo a los domicilio y alimenta algunas decenas de contactos eléctricos desde donde se obtiene la energía necesaria para utilizar equipo eléctrico y electrónico.

### **2.1.1 Estudio de la Arquitectura de la Red Eléctrica**

El sistema de suministro eléctrico comprende el conjunto de medios y elementos útiles para la generación, el transporte y la distribución de la energía eléctrica, está dotado de mecanismos de control, seguridad y protección.

Constituye un sistema integrado que además de disponer de sistemas de control distribuido, está regulado por un sistema de control centralizado que garantiza una explotación racional de los recursos de generación y una calidad de servicio acorde con la demanda de los usuarios, compensando las posibles incidencias y fallas producidas.

Con este objetivo, tanto la red de transporte como las subestaciones asociadas a ella pueden ser propiedad, en todo o en parte y, en todo caso, estar operadas y gestionadas por un ente independiente de las compañías propietarias de las centrales y de las distribuidoras o comercializadoras de electricidad. Asimismo, el sistema precisa de una organización económica centralizada para planificar la producción y la remuneración a los distintos agentes del mercado así, como ocurre actualmente en muchos casos, existen múltiples empresas participando en las actividades de generación, distribución y comercialización. A continuación se describen cada una de las etapas del sistema eléctrico.

En la Figura II:1 se observa un diagrama esquematizado de los distintos componentes del sistema de suministro eléctrico.

#### **2.1.1.1 Generación**

La energía eléctrica se genera en las centrales eléctricas, instalación que utiliza una fuente de energía primaria para mediante un proceso mecánico, químico, luminoso etc., hacer girar una turbina u otros elementos que, a su vez, hace girar un alternador, lo cual causa una transformación de la energía no eléctrica



en electricidad. El voltaje producido en las centrales de generación es de 4 a 13.8 KV, una tensión suficiente para alcanzar distancias de 5 a 25 km.

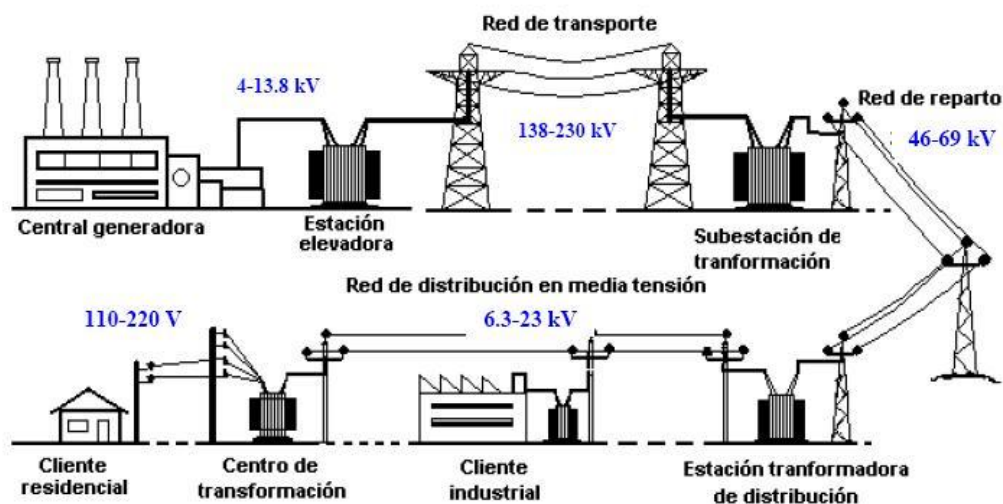


Figura II: 01 Sistema de suministro eléctrico

El hecho de que la electricidad, a nivel industrial, no pueda ser almacenada y deba consumirse en el momento en que se produce, obliga a disponer de capacidades de producción con potencias elevadas que permitan abastecer la demanda de consumo con flexibilidad y calidad.

### ***Tipos de Centrales Eléctricas***

De acuerdo a la fuente de energía primaria utilizada para la generación, se pueden clasificar de la siguiente manera: **Ver ANEXO 1.**

#### **2.1.1.2 Transporte**

La red de transporte se encarga de enlazar las centrales con los puntos de utilización de energía eléctrica. Para un uso racional de la electricidad es necesario que las líneas de transporte estén interconectadas entre sí con

estructura de forma mallada, para que puedan transportar electricidad entre puntos muy alejados, en cualquier sentido y con las menores pérdidas posibles.

### **2.1.1.3 Subestaciones**

Son plantas transformadoras que se encuentran junto a las centrales generadoras y en la periferia de las diversas zonas de consumo, enlazadas entre ellas por la Red de Transporte. En estas últimas se reduce la tensión de la electricidad de la tensión de transporte a la de distribución. No solo eso una subestación es un elemento que está compuesta por protecciones.

#### ***Subestaciones Elevadoras***

Están junto a las centrales generadoras y se encargan de elevar la tensión de la energía eléctrica a un nivel de alta tensión que varía entre 138 KV y 230 KV, lo que facilita su transporte minimizando las pérdidas de energía eléctrica.



**Figura II: 02 Estación transformadora elevadora**

#### ***Subestación de Transformación***

Están formadas por transformadores y circuitos de transmisión que disminuyen el nivel de voltaje a un rango de media tensión comprendido entre 46 KV y 69

KV. La energía es transportada mediante la red de reparto hacia las subestaciones de distribución.

### ***Subestación Distribución***

Grupo de equipos que reciben la energía eléctrica proveniente de la red de reparto y la convierten en la forma adecuada para su distribución a los consumidores, maneja voltajes entre (6.3 KV a 23 KV).

#### **2.1.1.4 Distribución de la Energía**

Desde las subestaciones de distribución ubicadas cerca de las áreas de consumo, el servicio eléctrico es responsabilidad de la compañía distribuidora, que construye y mantiene las líneas necesarias para llegar a los clientes, están realizadas a distintas tensiones, constituyen la red de distribución. Las líneas de la Red de Distribución pueden ser aéreas o subterráneas.

##### ***1. Red de Reparto***

Parte de las subestaciones de transformación, y distribuye la energía a través de una topología de anillo que rodea a los centros de consumo, hasta llegar a las subestaciones de distribución. El voltaje en estas redes se encuentra entre 46 KV y 69 KV, por lo que se denominan líneas de alta tensión.

##### ***2. Red Primaria de Distribución***

Forma una red de topología tipo malla, enlaza las subestaciones de distribución con los centros de transformación, dejando conectados en paralelo todos los

centros de transformación; esto favorece la seguridad y confiabilidad en el servicio eléctrico. Las líneas de distribución usadas en este tramo manejan voltajes nominales de 6.3 KV a 23 KV y corresponden a la última etapa del suministro de media tensión.

### **3. Red Secundaria de Distribución**

Aquí opera el voltaje secundario que es de (110V-220V o 220V-440V) según sean transformadores de distribución monofásicos, bifásicos o trifásicos. Las redes secundarias pueden ser aéreas o subterráneas.

#### **2.1.1.5 Centro de Transformación**

Dotados de transformadores y elementos de protección, alimentados por las líneas de distribución en media tensión, son los encargados de realizar la última transformación, efectuando el paso de las tensiones de distribución a la tensión de utilización. Desde estos centros se distribuye la energía de baja tensión (110V-220V o 220V-440 V) a los hogares mediante una red tipo estrella. El centro de transformación puede ser aéreo o de cámara.

- a. Centro de Transformación Aéreo:** Se lo instala sobre una estructura de soporte en redes aéreas.
- b. Centro de Transformación de Cámara:** Se instala en un local cubierto, el cual es diseñado y construido exclusivamente para el alojamiento de equipos en redes eléctricas subterráneas.



Figura II: 03 Transformador final a 127 V C.A.

### **2.1.1.6 Instalación de Enlace**

Es el punto que une las redes de distribución con las instalaciones interiores de los clientes y está compuesta por: Acometida, Caja general de protección, Líneas repartidoras y Derivaciones individuales.

### **2.1.2 Redes Eléctricas de Alta, Media y Baja Tensión**

Es el medio físico que se encarga del transporte de la energía, constituido por cables de cobre, aluminio o acero; se encuentran suspendidos de postes o altas torres de acero, mediante sucesión de aislantes de porcelana o polímero.

El uso de acero recubierto y altas torres permite que las distancias entre estas puedan ser mayores, esto ayuda a obtener una reducción de los costos en el tendido de las líneas de conducción, en lugares donde los cables aéreos son peligrosos se utilizan cables aislados subterráneos.

Las redes eléctricas se dividen en redes de alta, media y baja tensión.

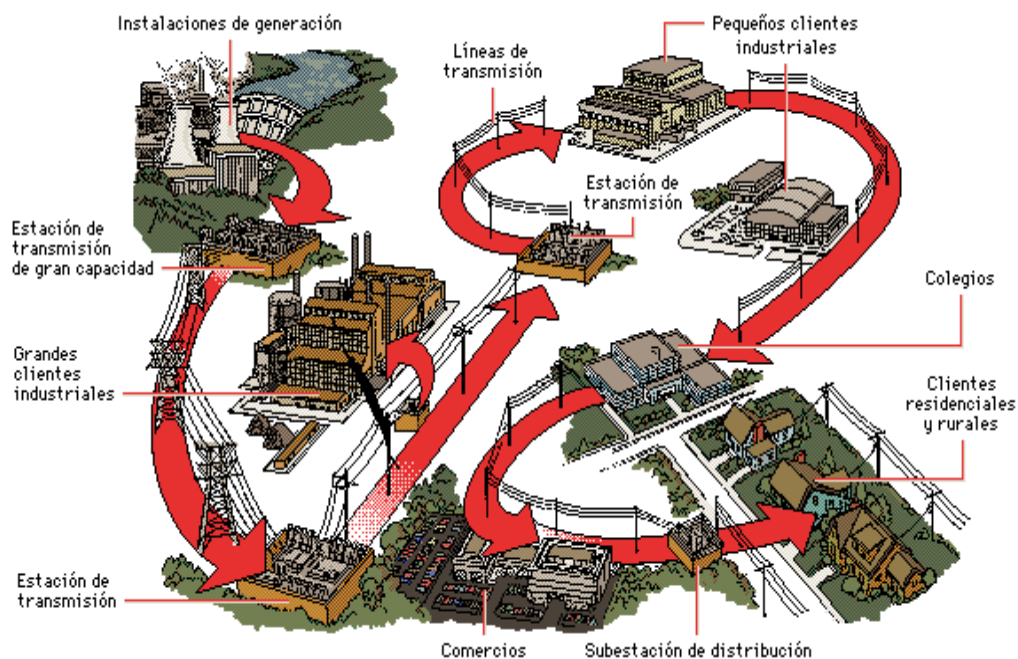


Figura II: 04 Tensiones bajas, medias y altas

### 2.1.2.1 Red de Alta Tensión

Hace llegar la energía desde los centros de generación hasta los de consumo como población e industrias. El tendido es aéreo por cables de gran diámetro que van colgados por grandes torres generalmente metálicas de gran altura, la tensión eléctrica que se manejan son del orden de 138KV o más, permitiendo un transporte de la energía más eficiente.

Para un uso racional y confiable de la electricidad, es necesario que las líneas estén interconectadas entre sí, formando una red tipo malla o anillo de manera que pueda transportar electricidad entre lugares distantes, en cualquier sentido y con las menores pérdidas posibles.



**Figura II: 05 Postes de corriente eléctrica de alta tensión**

Las altas tensiones se engendran preponderantemente en forma trifásica, con frecuencias de 50Hz o 60Hz que se obtienen mediante transformadores elevadores; a partir de la tensión de generación de los alternadores, comprendida entre 140V y 13,8KV.

### ***Transmisión Aérea***

Formada de conductores, estructuras de soporte, aisladores y accesorios usados para sujetar los conductores. Las líneas de alta tensión requieren cables de guarda adicionales para protegerla de las descargas directas de los rayos, es el más utilizado por el menor costo para su construcción.



**Figura II: 06 Líneas aéreas de transmisión eléctrica**

### ***Transmisión Subterránea***

El transporte de la energía se realiza a través de ductos enterrados a más de un 1m de profundidad bajo el nivel del suelo. Es un esquema utilizado en grandes ciudades, debido a que las líneas aéreas representan un peligro.



Figura II: 07 Líneas subterráneas de transmisión eléctrica

### 2.1.2.2 Red de Media Tensión

Luego de las centrales eléctricas se utilizan líneas de media tensión para la transmisión de energía hacia la primera estación transformadora que eleva el voltaje de la energía para posibilitar su óptima transmisión. También en las ciudades, hay grandes centros de transformación que convierten esta energía eléctrica a unos valores de tensión inferiores, de forma que se origina una segunda red, con valores entre 15 y 20 kilovoltios.



Figura II: 08 Postes de transmisión de media tensión

### 2.1.2.3 Red de Baja Tensión

Por último, se produce una nueva transformación para poder suministrar electricidad a los domicilios. En las ciudades existen instalaciones incorporadas a los edificios o bajo tierra que se conocen como centros de transformación, y



en ellos tiene lugar la transformación a los 110V que se manejan usualmente en los hogares. Esto es lo que se conoce como baja tensión.

Se transportan niveles de baja tensión a cortas distancias (200 m), lo que evita pérdidas de potencia. Se posibilita la conexión entre transformadores localizados en los postes y los consumidores finales. Se provee entre 7 y 15 líneas de baja tensión por cada centro de transformación. Los usuarios conectados por cada línea son variables ya que esto depende de la empresa distribuidora de energía eléctrica.



Figura II: 09 Cables de baja tensión

#### **2.1.2.4 Transmisión de Datos en Líneas de Energía Eléctrica**

Las redes eléctricas no han sido diseñadas para transportar datos a altas velocidades y frecuencias; estas redes fueron planificadas para trasladar tensiones y altas corrientes, en bajas frecuencias para dar servicio de energía eléctrica a los usuarios. El principal inconveniente de la red eléctrica para transmitir datos es que el cableado eléctrico no presenta un apantallamiento que evite las interferencias, por lo tanto emite radiaciones electromagnéticas, provocando obstrucciones en otros sistemas de radiocomunicaciones.

### 2.1.2.4.1 Parámetros Eléctricos

Las constantes eléctricas básicas de una línea de transmisión son parámetros por unidad de longitud: resistencia en serie (R), inductancia en serie (L), capacitancia de derivación (C), y conductancia de derivación (G). La resistencia y la inductancia ocurren a lo largo de la línea y constituyen la impedancia distribuida serie, mientras que entre los dos conductores, ocurre la capacitancia y la conductancia que corresponden a la admitancia distribuida en paralelo, se distribuyen de manera uniforme a lo largo de la línea. La resistencia, inductancia y capacitancia aumentan con la longitud de la línea, mientras que la conductancia tiene una fuerte dependencia por el tipo de aislamiento del cable.

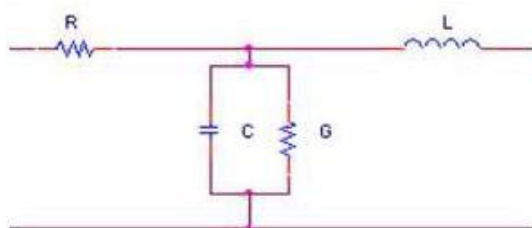


Figura II: 10 Parámetros distribuidos de una línea eléctrica

La R, L, C y G influyen en la capacidad para transmitir datos a través de las líneas de transmisión ya que determinan las propiedades utilizadas para transportar señales de telecomunicaciones.

### ***Impedancia Característica***

Otro parámetro a considerar es la impedancia característica  $Z_0$  de las líneas, la adaptación de la impedancia de línea con los equipos de comunicaciones garantiza que no se produzcan reflexiones u ondas estacionarias que

perjudiquen la calidad de información a ser transmitida o recibida. Las reflexiones son ocasionadas por discontinuidades en los valores de la impedancia característica a lo largo de la línea, por ejemplo variaciones en las distancia entre conductores o una carga no adaptada (interposición de líneas con una carga no aceptada). Cuanto más precisa, estable y uniforme se represente una línea en relación a sus propiedades dimensionales, eléctricas y de construcción, mejor será su desempeño.

Las constantes derivadas de una línea de TX son la Impedancia Característica y la Constante de Propagación y se determinan a partir de las constantes primarias (R, L, C, G).

Las señales de datos se ven afectadas por la impedancia característica  $Z_0$  y la impedancia de carga. La impedancia característica es la relación entre la tensión y corrientes viajeras sobre una línea de TX. La  $Z_0$  se expresa:

**Ecuación II:1**

$$Z_0 = \frac{E_s}{I_s} = \sqrt{\frac{R + j\omega L}{G + j\omega C}} \Omega$$

**Donde:**  **$Z_0$ :** Impedancia característica de la línea ( $\Omega$ )

**R:** Resistencia de la línea ( $\Omega$ )/m

**C:** Capacidad de la línea (Faradios)/m

**L:** Inductancia de la línea (Henrios)/m

**G:** Conductancia (Siemens)/m

**$\omega$ :**  $2\pi f$

**j:** Operador imaginario  $=\sqrt{-1}$

La impedancia de carga modela la impedancia de entrada del equipo que se sitúa al final de la línea para recibir y procesar la señal. Se procura en general que el valor de  $Z_L$  sea el conjugado de  $Z_o$ , esto evita que se produzcan reflexiones de onda en el punto dónde se conectan la línea y el equipo.

### **Constante de Propagación**

Expresar la atenuación (perdida de la señal) y el desplazamiento de fase por unidad de longitud de una línea de transmisión. A medida que se propaga una onda a lo largo de una línea de transmisión, su amplitud se reduce con la distancia recorrida. Se utiliza para determinar la reducción en tensión o corriente por la distancia, conforme una onda electromagnética se propaga a lo largo de una línea de transmisión. Para una línea infinitamente larga toda la potencia incidente se disipa en la resistencia del cable, conforme la onda se propague a lo largo de la línea. La Constante de Propagación se expresa:

Ecuación II:2

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

**Donde:**  $\gamma$ : Constante de Propagación km<sup>-1</sup>

$\alpha$ : Coeficiente de Atenuación N/km (dB/km)

$\beta$ : Coeficiente de Desplazamiento de Fase (rad/km).

#### **2.1.2.4.2 Dificultades del Canal Eléctrico**

Las líneas de TX o el canal eléctrico como medio de TX no presentan características ni parámetros constantes. El ruido, impedancia de canal y atenuación, varían a través del tiempo y frecuencia. Lo que genera un ambiente típico con interferencias, en especial para propósitos de comunicaciones, se

deben considerar las limitaciones de este medio para garantizar la buena TX de señales de alta frecuencia sin perturbar los dispositivos próximos y las frecuencias de la banda de radio de 1 a 30MHz.

La TX de la señal de datos en las líneas de potencia depende de los parámetros, longitud, tipo de acoplamiento, frecuencia de portadora, atenuación y tipo de transformadores utilizados en la red eléctrica. Es muy importancia analizar estos valores al implementar una red de comunicaciones ya que estos factores pueden provocar pérdidas al transmitir datos. El canal eléctrico para transmitir datos se ve afectado por:

- **Atenuación**, es la reducción de la potencia de una señal a medida que se incrementa la distancia y frecuencia. La atenuación de la señal electromagnética en una línea eléctrica es muy alta, ésta se incrementa conforme aumenta la frecuencia, afectando la señal donde viajan los datos. Una señal se ve atenuada conforme pasa por la red eléctrica por las pérdidas resistivas en los conductores (calor), emisión electromagnética al ambiente, pérdidas en el dieléctrico, radiación y acoplamiento, depende de la carga conectada en los tomacorrientes, se atenúa más al existir cargas conectadas en la red. Es el principal factor limitante de la capacidad del canal eléctrico para TX de datos.

En la Figura II:11 se muestra que la atenuación varía con la distancia. Se observa que las pérdidas en dB aumentan a medida que la distancia y frecuencia aumenta.

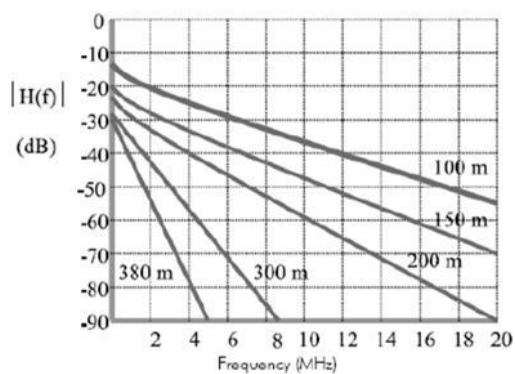


Figura II: 11 Atenuación en función de la frecuencia

- Problemas de seguridad al no haber neutro en las conexiones.
- Eventual presencia de capacitores para corrección de factor de potencia.
- Líneas que actúan como antenas de radio para equipos comerciales cercanos a los 30MHz.
- **Impedancia**, este parámetro varía en cada ciclo de tensión tanto en el tiempo como en la frecuencia por el uso de elementos no lineales. El inconveniente en la adaptación de la impedancia produce reflexiones en la línea eléctrica. Estas desadaptaciones se debe los diversos aparatos conectados a la red de suministro eléctrico. Por otra parte las líneas de comunicaciones presentan eventuales cargas a lo largo de su trayecto que son compensadas por acoplamiento de impedancia, manteniéndola constante en todos sus puntos de alimentación. A lo largo de las líneas MT existen cargas no acopladas que son los circuitos primarios de los transformadores MT/BT. Este representa casi siempre una impedancia elevada para altas frecuencias.
- El valor de la impedancia característica sufre variaciones en los diferentes tramos de la red. La interconexión de tramos con otras redes con

impedancia características menores, presentando discontinuidades que pueden ocasionar reflexiones de señales.

- Es importante conocer la calidad, antigüedad y estado de mantenimiento de la red eléctrica ya que esto afecta directamente la TX de datos. Si la red esta deteriorada, hay cables en mal estado o con empalmes mal hechos, seguramente no será posible usar esta tecnología.
- Un problema de aislamiento, la instalación eléctrica de una casa es muy sensible a las interferencias que se produzcan en las frecuencias de TX de datos, alrededor de los 30 MHz. La red eléctrica no está protegida contra las ondas de radio, pero tampoco contra el ruido electromagnético que puede introducir la televisión o el propio PC. Todos estos aparatos se protegen a sí mismos de lo que pueda venir de la línea eléctrica (subida de tensión) con filtros y fusibles, pero nadie se preocupa de lo que vierten en ella.
- Influencia de los Transformadores: Las redes de MT están alimentadas por líneas de AT sobre transformadores y estas a su vez, a través de transformadores de BT. Las líneas de AT son muy estables, tanto en el camino que recorren como en el tipo de medio conductor, las líneas de MT y BT se distinguen por muchas interconexiones y diferentes tipos de conductor. La propagación de señales de radiofrecuencia por estos medios a grandes distancias no es recomendable, por la excesiva pérdida de señal y la resistencia de los materiales al paso de la corriente. Hasta frecuencias de 20KHz, los transformadores son barreras debido a que desacoplan las interferencias de las redes de AT, de las de MT, y éstas de las de BT. Los transformadores que se utilizan en la redes eléctricas pueden ser:

autoprotegidos y convencionales. El autoprotegido tiene incorporados los elementos de protección contra sobretensiones, sobrecargas y elementos para aislarlo de la red en caso de falla. El convencional no contiene ningún tipo de protección incluida, por lo tanto los pararrayos y la protección de sobrecorriente, se deben adquirir adicionalmente. La influencia que ejercen los transformadores es alta ya que actúan como carga a la red eléctrica y afectarán la TX de datos.

- **Ruido**, son la causa más común de interferencia en la línea eléctrica producida por la variedad de dispositivos conectados a esta o por aisladores defectuosos (aproximadamente 1 MHz) dado por la vibración mecánica de los mismos. Para que la comunicación se lleve a cabo de forma confiable se requiere minimizar los efectos de los diferentes ruidos presentes en la red, el comportamiento del ruido depende de la frecuencia y el momento en que aparecen es impredecible.

Aparte de la atenuación del cable, de los tipos de ruido, la desadaptación de impedancias y las reflexiones causadas por diversos tipos y tamaño de cable de TX, contribuye a la interferencia total (Figura II:12) que se presenta en las líneas eléctricas e impide poder emplearlas como un canal de TX de datos.

Varias de las señales que interfieren en las líneas eléctricas se generan de las cargas conectadas, muchas interconexiones, diferentes tipos de conductor teniendo así diferentes orígenes y características. Si la cantidad de las señales que interfieren son demasiado grandes, con respecto a la señal atenuada y a la



señal distorsionada, los receptores tendrían dificultades para reproducir la información original con fiabilidad suficiente.

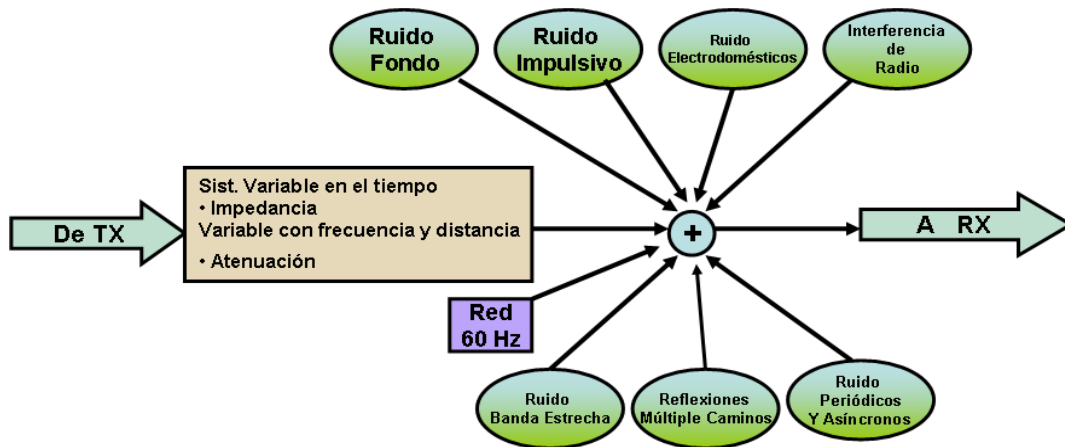


Figura II: 12 Esquema de las Líneas de Trasmisión como medio Comunicación

#### 2.1.2.4.3 Inmunidad a Interferencias de los Cables con Conductores de Cobre

Se debe considerar que a mayores valores de frecuencias de TX en un sistema de cableado, más críticas son las propiedades referentes a la inmunidad a interferencias.

##### ***Tipos de Inmunidad a Interferencias***

Se distinguen tres variantes de la Inmunidad a interferencias:

- Contra sobretensiones transitorias.
- Por descarga de electricidad estática.
- Contra campos electromagnéticos radiados y llevados por líneas eléctricas.

Las magnitudes de interferencias que se producen con mayor frecuencia para una red de datos son campos radiados, la pérdida de los paquetes de datos

transmitidos en caso de perturbación teniendo que volver a transmitirlos, esto aumenta la carga de red del sistema.

Se debe considerar que las características de HF de la instalación eléctrica de los hogares no han sido especificadas contrariamente de los que sucede en teléfonos, antenas o cables de red. Esto se debe a que los valores de la red eléctrica son inconstantes al no contar con blindaje, al cambio continuo de la impedancia, los factores de interferencia por conectar o desconectar equipos, además se obtienen muy diferentes entornos, esto muestra que no se puede garantizar al 100% el desempeño o el alcance de una red de datos a través de las líneas de transmisión eléctrica.

## **2.2 Investigación de la Tecnología Power Line Communications (PLC)**

Una de las tecnologías que crea más expectativa hoy en día es el Power Line Communications (PLC), Internet sobre red eléctrica, considerada de banda ancha al alcanzar altas velocidades de TX del orden de los Megabits, es posible ofrecer servicios multimedia a un mayor número de usuarios, especialmente en áreas distantes permitiendo alcanzar los rincones donde solo llega la electricidad, empezando a considerarla como solución de acceso alternativa a las redes de telecomunicación tradicionales.

PLC son las siglas de Power Line Communications, es una tecnología que permite la transmisión de datos, voz y video ofreciendo servicios multimedia de banda ancha a través de la red eléctrica existente.

Aunque no es tan reciente como puede suponerse, ha sido usada desde hace tiempo para comunicaciones que utilizaban un pequeño ancho de banda. PLC es objeto de gran atención en los últimos años, y el hecho de que se están desarrollando pruebas y despliegues más o menos extensos en cerca de ochenta países es un síntoma claro de su potencial y del interés que despierta.

La tecnología PLC se denomina en forma diferente dependiendo del país y el organismo que la estudie.

- **PLC/PLT** Power Line Communications/Power Line Transmisión según ETSI (European Telecommunications Standard Institute) en Europa.
  
- **DPL/BPL** Digital Power Line/ Broadband over Powerline según FCC (Federal Communications Commission) en los Estados Unidos.

La idea esencial consiste en utilizar la línea eléctrica para la TX de datos, de forma que se puedan ofrecer servicios de telecomunicación basados en tecnología IP (Internet Protocol), como Internet a alta velocidad y con él la integración de todos los servicios que oferta, como son: la telefonía IP, mensajería, videoconferencia, televisión interactiva, radio y música, juegos en red, domótica, la creación de redes privadas etc. La ventaja de este enfoque es evidente, al plantear la utilización de una infraestructura ya existente y de muy extensa cobertura, como es la red eléctrica.

### ***Historia PLC***

Utilizar el cable eléctrico como medio de TX de datos no es nueva, las empresas eléctricas empezaron a utilizar sus propias redes eléctricas para la TX interna de datos de medida procedentes de las lecturas de los medidores, supervisión de sistemas, control de líneas eléctricas, limitados a velocidades de transferencia de datos relativamente bajas típicamente menos de 500Kbps.

Hace muchos años que empresas e ingenieros están tratando de hacer realidad esta idea porque se trata de aprovechar la red existente (más de 3.000 millones de personas cuentan con energía eléctrica en todo el mundo). De esta manera, las compañías eléctricas incrementarían su rentabilidad al aumentar el valor agregado de sus servicios con una mínima inversión, aprovechando su infraestructura.

A partir de entonces el mundo PLC centra su atención en el tramo de BT de la red eléctrica, por un motivo claro: las redes de acceso son el componente más costoso de las redes de telecomunicaciones, estimándose que la inversión como el gasto operativo en red de acceso suponen más del 80% de los totales asociados a la red, siendo eficaz y competitivo en costos como sistemas de “última milla” para servicios de telecomunicaciones en banda ancha. Por consiguiente, la transformación de las redes eléctricas de BT en redes de acceso abre nuevas oportunidades de negocio. Los sistemas PLC pueden estar agregados a la instalación eléctrica, sujetos a varias limitaciones, proporcionando conexiones entre distintos puntos de la red eléctrica.

## 2.2.1 Fundamentos PLC

Las redes de distribución eléctrica y las instalaciones eléctricas en casas u oficinas, no fueron diseñadas para llevar datos a gran velocidad en altas frecuencias, éstas llevan tensiones y corrientes altas con frecuencias bajas para poder entregar a los consumidores importantes cantidades de energía.

PLC utiliza las mallas eléctricas de MT y BT para su distribución, además de producir también su conmutación, para constituirse en una alternativa de acceso para proveer conectividad de banda ancha, así como de red local en el interior de las viviendas, consiste en dispositivos terminales que se enchufan en la red de suministro eléctrico, no sólo para alimentarse sino para utilizar ésta como medio del enlace de datos a otros terminales ubicados en la red.

Con el acondicionamiento adecuado de la infraestructura eléctrica, se puede transmitir señales de LF y otras por encima de la banda de 1MHz, sin que se vea afectado el rendimiento eléctrico. Las señales de LF (50Hz ó 60Hz) son las encargadas de la TX de la energía, mientras que las señales de HF (1.6MHz–30MHz) se utilizan para la TX de datos, circulando ambas simultáneamente a través del hilo de cobre, esto supone que la posibilidad de interferencias entre ambas señales es prácticamente nula.

Se utiliza un HFPCN (Red condicionada de alta frecuencia de energía), para transmitir datos y señales eléctricas. Un HFPCN (Figura II:13) utiliza una serie de unidades de acondicionamiento o concentración (UC) para filtrar esas

señales separadas. El UC envía electricidad y datos a los tomacorrientes, y una vez decodificados los datos, los envía a un módulo de comunicación o a una unidad de usuario (UU). La unidad de usuario proporciona los canales múltiples para los datos, voz, video, teléfono, etc.

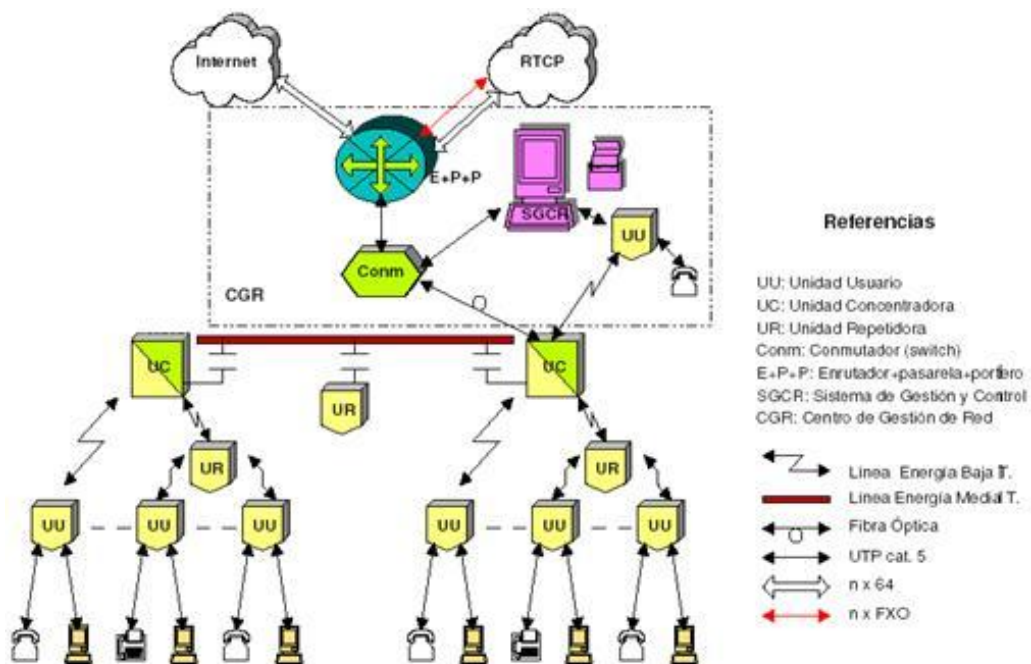


Figura II: 13 Red condicionada de alta frecuencia de energía

Las UU proporcionan interfaces para datos (USB, Ethernet), Las UU reportan a UC, y estas a su vez a enrutadores y/o switches de una red de transporte clásica (SDH/Sonet o Gigabit Ethernet) para producir conmutación local o hacia otras redes (Telefonía Pública, Internet, etc.). Las UC suelen tener la capacidad de establecer entornos VLAN, pudiendo prescindir del enrutador.

### **Unidad de acondicionamiento**

Tanto las UC (Figura II:14) como las UU poseen un equipamiento que contiene filtros para las señales de electricidad y de los datos, lo que facilita el

acoplamiento entre los clientes y una subestación eléctrica. Este elemento recibe la señal proveniente de la red eléctrica sea de MT o BT, la cual se introduce en un Filtro Pasa-Bajo que permite pasar señales de LF donde viajan las señales de energía eléctrica, enviándolas al puerto de distribución eléctrica (PDE) para su distribución, cancelando la señal de HF. Otro Filtro Pasa-Alto extrae la señal de HF donde viajan los datos y cancela las señales de LF. Este filtro libera los datos a través del puerto de distribución de comunicaciones (PDC) mediante interfaz Ethernet, USB, Wireless 802.11b u otro que el equipo PLC posea, facilitando el tráfico bidireccional entre el cliente y la red. El filtro pasa bajos también sirve para atenuar los ruidos provocados por las aplicaciones eléctricas, ya que si se dejaran pasar estos ruidos se provocaría distorsiones significativas en la red.

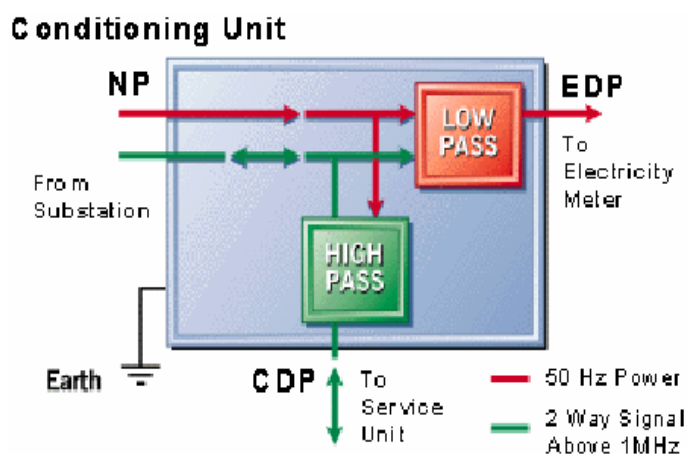


Figura II: 14 Unidad de Acondicionamiento

Tanto como tecnología de acceso como de red local presenta una topología punto-multipunto (Figura II:15) entre un elemento central y el conjunto de usuarios, si bien en redes locales el MAC se puede programar para funcionamiento peer-to-peer.

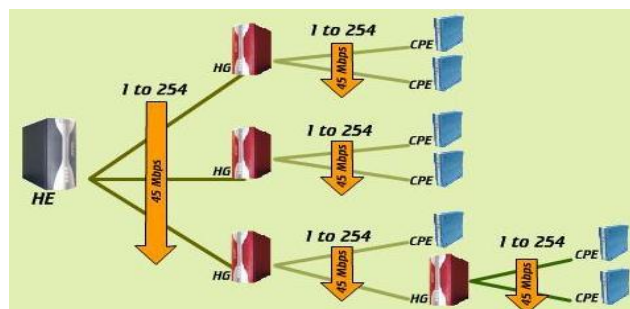


Figura II: 15 Conexión Punto Multipunto

La utilización del PLC implica el desarrollo de la tecnología dentro de dos capas principales, la física o de energía eléctrica de consumo y la de datos o de comunicaciones. La integración de la tecnología de red y de la capa física o eléctrica permite que los datos de alta velocidad sean transmitidos sobre las líneas de energía, para uso general directamente a la premisa de los usuarios de forma ininterrumpida, sin errores, de manera intacta y asegurada (cifrado), esta comunicación es protegida por algoritmos propietarios implementados en hardware y transcurre en el tramo de BT.

Los sistemas utilizan técnicas de acceso al medio muy modernas y eficientes, con altos rendimientos Bit/Baudio, inmunidad al ruido y tolerancia a los cambios eléctricos del medio (DSSS, OFDM). A nivel de usuario la conectividad está proporcionada en base al conjunto de protocolos TCP/IP, proveyendo a los equipos terminales capacidades multimedia.

## 2.2.2 Tecnología

No existe un standard PLC para la interoperabilidad de equipos, por lo que las tecnologías PLC disponibles son todas propietarias. El estado del arte ofrece



chipsets en este caso capaces de proporcionar 180Mbps en 30MHz. En realidad se trata de 3 bloques de 10MHz (1.6-10), (10-20) y (20-30), en donde se ofrecen 60Mbps brutos (up+down) por bloque. Para su uso en redes de cliente se suele usar la banda superior de 20-30MHz (tendencia recomendada) porque a pesar de que el cable eléctrico presenta una mayor atenuación, las distancias a cubrir son suficientemente cortas (<50m) como para hacerlas compatibles con esta banda, los 2 bloques inferiores suelen ubicarse para aplicaciones de acceso. En todo caso, los chipsets disponibles en el mercado permiten su programación para funcionar en cualquiera de estos 3 bloques.



Figura II: 16 Bandas de frecuencias utilizadas en PLC

La capa física OFDM ofrece la posibilidad de extraer el mayor partido del canal, habida cuenta de las condiciones tan hostiles de propagación encontradas con contribuciones importantes de múlticamino, atenuación y retardo.

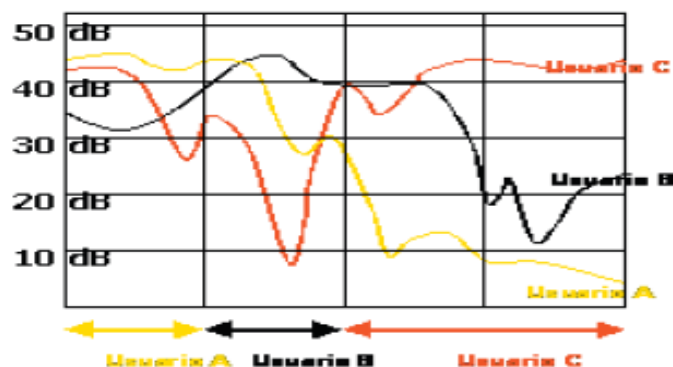


Figura II: 17 Características del medio de transmisión

Los 60Mbps pueden programarse para ser distribuidos entre los 2 sentidos de la TX en base a un esquema de duplexación TDD con frontera dinámica, lo que posibilita el manejo optimizado de tráfico asimétrico. Las características que garantizan los 60Mbps a compartir entre los nodos de la red local de cliente hasta distancias de 100m más relevantes a nivel de capa física son:

- OFDM con posibilidad de ajustar el nivel de energía a transmitir a nivel de subportadora individual (asignación de banda dinámica en función de las condiciones del canal con granularidad a nivel subportadora),
- Periodo de refresco de estimación de canal cada 10ms,
- Codificación robusta de canal,
- Modulación adaptativa.

Las más relevantes a nivel MAC es el programar su funcionamiento topológico (anillo, master/slave o peer-to-peer). Espera flujos Ethernet e IP a nivel superior, por lo que el overhead introducido para procesar flujos de esta naturaleza es mínimo y provee calidad de Servicio (QoS) para acomodar aplicaciones de video, voz sobre IP (VoIP) y acceso a Internet.

### **2.2.2.1 Tipos de Modulación de Datos en PLC**

Para optimizar la TX de datos sobre la red eléctrica y conseguir máximas capacidades con el mínimo consumo de ancho de banda, se han planteado varias técnicas de modulación para PLC, las cuales deben ser robustas (las técnicas de modulación convencionales como ASK, PSK o FSK normalmente

son excluidos por la conducta hostil del canal de PLC) y utilizar una correcta asignación de frecuencias para evitar la interferencia externa y ocuparse de la atenuación desconocida, así como de los cambios de fase desconocidos, entonces el receptor puede simplificarse. El problema es combinar estos requisitos con una alta tasa de bits. Los tipos más favorables para PLC son:

- **DSSM (Direct Sequence Spread Spectrum Modulation):** Modulación de espectro ensanchado, distribuye la potencia de la señal a lo largo de un amplio espectro de frecuencias. Opera con baja densidad de potencia espectral (PSD), lo que resulta beneficioso respecto a la compatibilidad electromagnética, teniendo un nivel de radiación débil sobre todo el espectro utilizado. Posee una gran inmunidad a interferencias, distorsiones y desvanecimientos del canal. El inconveniente es que para distribuir la potencia hace uso de un gran ancho de banda reduciendo la velocidad de los datos. Otro problema es que al ser adaptadas las señales al canal de transmisión PLC, se presentan reflexiones debido a los múltiples caminos que puede seguir la señal.
  
- **GMSK (Gaussian Minimum Shift Keying):** Técnica de modulación binaria simple en banda estrecha, que hace una manipulación espectral a MSK sin perder la característica constante de la envolvente, consiste en aplicar un prefiltrado gaussiano, reduciendo de esta forma los lóbulos secundarios que aparecen en el espectro de la señal, previo a la modulación se logra optimizar el uso del ancho de banda.

- **OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplex):** Sistema adaptativo que consiste en modular un gran número de portadoras de banda estrecha distribuida. Soluciona problemas de reflexiones debido a las diferentes rutas que puede seguir la señal y cambios de impedancia. Maneja el ruido de manera especial permitiendo además obtener alta eficiencia espectral.

**Tabla II: I Comparación de los diferentes esquemas de modulación para sistemas PLC**

MODULACIÓN	Eficiencia Espectral [bps / Hz]	Máx. Tasa de Datos [Mbps]	Robustez frente a Distorsiones sobre el Canal	Robustez frente a Ruido Impulsivo	Flexibilidad y Características Adaptativas	Compatibilidad Electromagnética y Regulación
<b>Técnica Spread Spectrum</b>	< 0.1	≈ 0.5	Malo	Razonable	Muy Malo	Muy Bueno
<b>Modulación de portadora única en banda ancha</b>	1-2	≈ 2	Bueno	Bueno	Razonable	Malo
<b>Modulación de multiportadoras en banda ancha</b>	1-4	≈ 3	Bueno	Razonable	Razonable	Razonable
<b>OFDM</b>	>> 1	> 10	Muy Bueno	Razonable	Muy Bueno	Bueno

La modulación más extendida para PLC que basa su comunicación en un medio de TX lleno de ruidos e interferencias, la señal de datos se ve atenuada conforme realiza su recorrido por lo que es necesario implementar una tecnología fiable capaz de asegurar una buena TX independientemente de las variaciones del medio es OFDM, debido a que utiliza una codificación adaptativa que es capaz de reconocer la calidad del canal en un momento dado, con el fin de monitorear y extraer información estadística que se utiliza para mejorar la relación de velocidad y confiabilidad en la red, ésta actúa mejor a las interferencias que se presentan en la estructura de las redes eléctricas.

### 2.2.2.2 Modulación OFDM (Orthogonal Frequency-Division Multiplexing)

OFDM Multiplexación por División de Frecuencia Ortogonal, tiene su analogía con la multiplexación FDM, donde las múltiples fuentes ocupan un mismo espectro, pero con OFDM cada fuente se convierte a una banda de frecuencia diferente; es decir, utilizando portadoras de diferente frecuencia que se transmiten simultáneamente por un solo medio de TX, distribuye los datos sobre un número grande de portadoras que están espaciadas en frecuencias determinadas. Este espacio proporciona la ortogonalidad que impide al demodulador ver frecuencias que no sean las propias. Así todos los canales de banda angosta (Figura II:18) se pueden transmitir en un sistema de TX de banda ancha, lo cual se logra asignando a cada canal una portadora diferente.

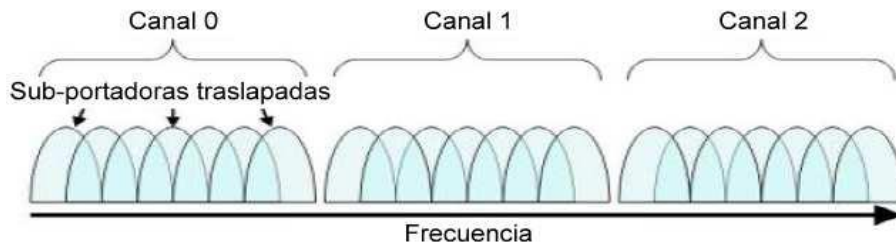


Figura II: 18 Subportadoras OFDM

Con comunicaciones de gran ancho de banda se tiene que los canales para la TX son susceptibles por razones de propagación de la señal, por lo que al dividir el ancho de banda total en canales paralelos más angostos y cada uno en diferente frecuencia se reduce la posibilidad de desvanecimiento por respuesta no plana en la subportadora. Si además, estas subportadoras poseen un espaciamiento que les proporciona "ortogonalidad" en frecuencia, se tendrá dos portadoras en la misma frecuencia sin que éstas se interfieran entre

ellas, con ello se reduce el ancho de banda total requerido en el canal, logrando mayor eficiencia espectral y una menor distorsión.

El número de portadoras y la distribución en el espectro de frecuencia depende del diseñador tecnológico de equipos PLC como se muestra en la Tabla II:II.

Tabla II: II Número de portadoras para sistemas PLC

SISTEMA O ESTÁNDAR	NÚMERO DE PORTADORAS	FRECUENCIAS MHZ	VTX (MBPS)
HOMEPLUG	84	4.5 - 21	Máxima = 14 Efectiva = 6 -7
DS2	1280 768 ascendente 512 descendente Con 0, 2, 4, 6, u 8 bits de Información por portadora.	Hasta 30	45 y 200

OFDM es un sistema multiportadora que resulta eficiente y flexible para trabajar en un medio como la red eléctrica, ya que el rango espectral queda dividido en ranuras (slots), cuyo ajuste permite que los equipos se adapten dinámicamente a las condiciones del medio, potenciando aquellas frecuencias donde el ruido es menor y anulando el uso de frecuencias donde el ruido es elevado; es decir, OFDM puede usar o dejar de usar cualquier subcanal de frecuencia con el fin de mantener una óptima tasa de error. Además la flexibilidad de este sistema facilita la posibilidad de reajustar el margen espectral de trabajo de los equipos para no interferir en otros servicios.

#### 2.2.2.2.1 Funcionamiento de OFDM

Utiliza múltiples portadoras ortogonales, cada una modulada en amplitud y fase. Emplea N portadoras, por lo que se requiere, por lo menos, N muestras

complejas en tiempo discreto para representar un símbolo OFDM. La forma de onda para OFDM se genera a partir de la IFFT (Inverse Fast Fourier Transform): Transformada Inversa Rápida de Fourier, a cuya entrada se introducen los símbolos que han de modular la portadora. La duración de cada símbolo es inversamente proporcional al espacio que existe entre la subportadora en la que se incluye ese símbolo y las subportadoras adyacentes. En el receptor, la recuperación de la información se lleva a cabo mediante la FFT: Transformada Rápida de Fourier.

Cada señal viaja dentro de su único rango de frecuencia; es decir, el portador que se modula contiene datos que pueden ser de texto, voz y video, etc. Utiliza un sistema de modulación que se conoce como Modulación en Cuadratura de Fase o Multiplexado en Cuadratura de Fase y se designa QAM (Quadrature Amplitude Modulation) por lo que es posible transmitir dos señales, como una señal única de doble banda lateral, sin portadora, multiplexada o modulada en cuadratura. La modulación en cuadratura, al igual que todos los esquemas de modulación con portadora suprimida, impone requisitos en lo que respecta a la reinserción de la portadora local en el receptor. Un pequeño error en la fase o la frecuencia de la portadora reinsertada en el detector provoca distorsión o pérdida de la señal, también produce interferencia entre canales.

#### **2.2.2.2 Constelaciones Básicas**

Para conseguir la modulación OFDM los datos de entrada se “mapean” en símbolos OFDM, lo que significa que modulan a cada una de las subportadoras

individualmente. Esta modulación puede ser de diferentes tipos, en PLC las constelaciones empleadas son:

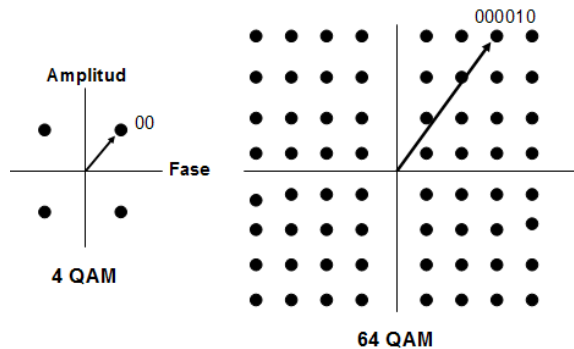


Figura II: 19 Tipos de Constelaciones QAM

Tabla II: III Constelaciones usadas en PLC

TÉCNICA	SÍMBOLOS	BITS/SÍMBOLO	UTILIZACIÓN
QPSK 4QAM	4	2	CATV ascendente, satélite, LMDS
16QAM	16	4	CATV ascendente, LMDS
64QAM	64	6	CATV descendente

Dependiendo de la constelación utilizada cada subportadora transportará 2, 4, o 6 bits de información. Cada punto de la constelación se puede representar por un número complejo. Así el primer paso del proceso de OFDM es el de mapear los grupos de 2, 4, 6 bits en la componente real o imaginaria que corresponde al número complejo de la constelación.

Cada constelación tiene una robustez propia con respecto a la relación:

$$\frac{C}{N} \left\{ \frac{\text{Amplitud y fase de la información a transmitir}}{\text{Número de subportadoras y Muestras en el dominio del tiempo utilizadas}} \right\}$$

Que es la mínima que puede tolerarse para una demodulación correcta. En términos aproximados, 4QAM es de 4 a 5 veces más robusta que 64QAM.



Los números complejos corresponden a una representación en el dominio de la frecuencia y para trasladarlos al dominio de tiempo es necesario aplicar la IFFT. En el receptor se aplica la FFT al símbolo OFDM en el dominio del tiempo. La señal original transmitida se reconstruye comparando cada subportadora con 1 referencia, de amplitud y fase conocida e igual frecuencia. OFDM evita el empleo de filtros, a causa de la ortogonalidad de la señal. Para preservar la “ortogonalidad” en OFDM y combatir la presencia de ecos causados por las reflexiones en la TX, se introduce un intervalo de guarda. En la Figura II:20 se muestra el período de integración de una señal en el receptor si su tiempo de duración se extiende a dos símbolos. Se producirá ISI (Interferencia entre Símbolo) sobre la subportadora correspondiente al símbolo que se pretenda integrar, además habrá Interferencia entre Subportadoras (ICI) y, por consecuencia, destrucción de la información. Para evitar esa situación se agrega el intervalo de guarda.

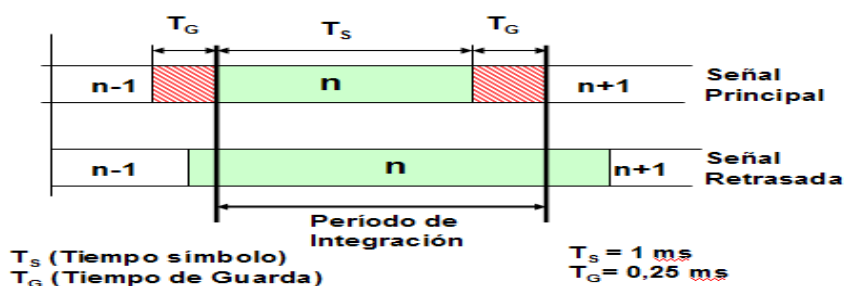


Figura II: 20 Intervalo de Guarda  $\frac{1}{4}$  del período del símbolo

La duración del símbolo se aumenta de modo que exceda el período de integración del receptor,  $T_s$ , de modo que también sea la señal modulada completa. Todas las subportadoras son cíclicas durante  $T_s$ , de modo que también lo es la señal modulada completa. Por ello el segmento que se añade

al inicio del símbolo para formar el intervalo de guarda, es igual al segmento al final del símbolo. En tanto que el retardo sufrido por la señal a lo largo de cualquier trayecto, con respecto al trayecto más corto sea menos que el intervalo de guarda. Todas las componentes de la señal durante el período de integración proceden del mismo símbolo satisfaciendo así la condición de “ortogonalidad”. Tanto el ISI como el ICI ocurrirán solamente cuando el retardo exceda la duración del intervalo de guarda.

El intervalo de guarda se elige de acuerdo al retardo esperado en el medio en particular de propagación en que se lleva a cabo la comunicación. En entornos interiores la dispersión de retardo (TG) puede llegar a decenas de nanosegundos, mientras que en entornos exteriores, a distancias relativamente mayores, la dispersión de retardo puede alcanzar hasta 50  $\mu$ s o más. La inserción del (TG) reduce la tasa binaria efectiva por lo que no debe consumir una fracción importante del símbolo  $T_s$  ya que reduciría considerablemente la tasa binaria y la eficiencia espectral. El intervalo de guarda extiende la duración del símbolo transmitido y, por consecuencia, reduce ligeramente el caudal efectivo. Los valores de intervalos de guarda usados son 1/4, 1/8, 1/16, o 1/32; estos valores son la fracción equivalente a la duración del símbolo.

Para demodular correctamente las señales, el receptor debe muestrearlas durante el período útil del símbolo OFDM, no durante el intervalo de guarda, ya que el demodulador ignoraría la portadora. Por ende, la ventana de tiempo debe situarse con precisión en el instante en que se presenta el símbolo.

### 2.2.2.2.3 Ortogonalidad

Se dice que dos señales son ortogonales en un intervalo  $[t_1, t_2]$  cuando cumplen la condición:

Ecuación II:3

$$\int_{t_1}^{t_2} f(t)g(t)dt = 0$$

Si esto se cumple, es posible hacer que utilicen simultáneamente el mismo ancho de banda sin interferirse entre sí. En OFDM, la ortogonalidad es necesaria para que los espectros de las sucesivas portadoras activas no se interfieran entre si debido a la superposición de sus varios espectros infinitos. Es decir la ortogonalidad significa que cuando el espectro de una señal asociada con una portadora se encuentra en un máximo, el espectro de la portadora adyacente pasa por cero y no se interfiere con la portadora vecina. Las subportadoras que cumplen con la ortogonalidad pueden ser distinguidas una de la otra en el receptor.

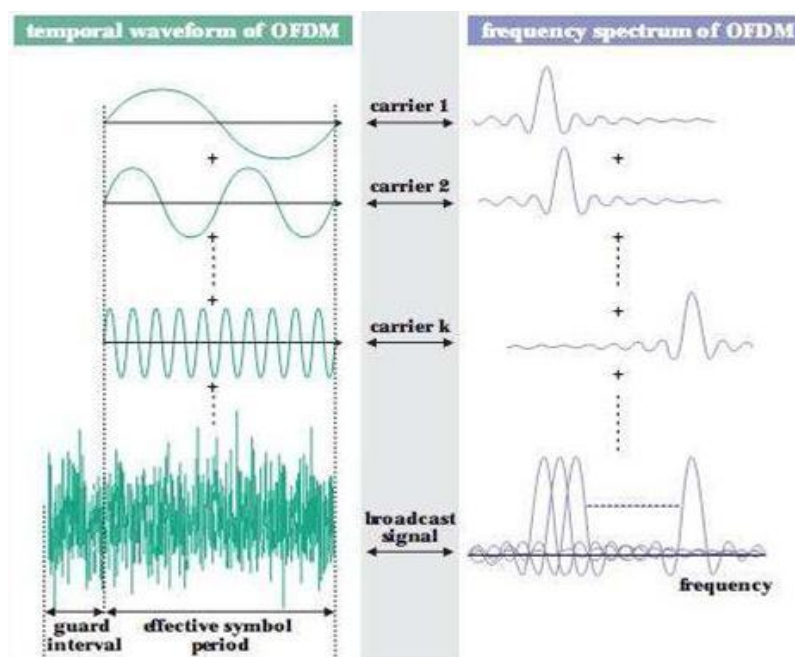


Figura II: 21 Ortogonalidad de portadoras en OFDM

#### 2.2.2.2.4 Modulación y Demodulación OFDM

La señal de entrada al modulador OFDM es un flujo binario continuo, éste se segmenta en símbolos. De acuerdo a la constelación a utilizar se obtiene un mapa de símbolo, representado ahora por números complejos, que representan a la señal en el dominio de la frecuencia. Si se van a modular  $N$  subportadoras simultáneamente, la primera operación debe ser la conversión del flujo binario de entrada, en serie, en un flujo de coeficientes complejos en paralelo. El siguiente paso es realizar la IFFT sobre esos  $N$  coeficientes para obtener una señal en el dominio del tiempo y, luego debe volver a realizarse la transformación del flujo binario a serie. A la salida del conversor paralelo serie se inserta el intervalo de guarda, lo que hace que las señales retrasadas a causa de los efectos multi-trayecto caigan en el intervalo de guarda y sean ignoradas por el receptor.

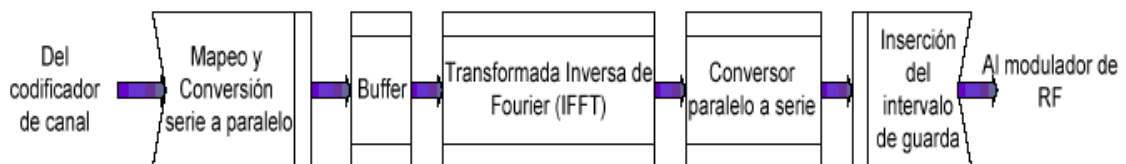


Figura II: 22 Diagrama de bloques modulador OFDM

La demodulación de la señal que viene del transmisor es amplificada y luego filtrada. En un proceso posterior se procede a retirar el intervalo de guarda. El receptor conoce el intervalo de guarda introducido por el transmisor que frecuentemente es  $\frac{1}{4}$ . Se recupera la señal en fase y cuadratura. Esto se consigue con el demodulador que emplea la FFT para recuperar la portadora. Con un conversor paralelo-serie, se convierte en una secuencia de símbolos en

serie los cuales serán transformados a secuencia de bits de acuerdo a la modulación QAM.

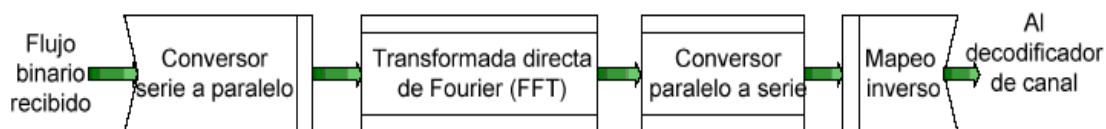


Figura II: 23 Diagrama de bloques demodulador OFDM

#### 2.2.2.2.5 Beneficios de OFDM

Brinda múltiples ventajas y ofrece mayor robustez frente a las características de ruido del medio eléctrico que emplea PLC:

- Alta eficiencia espectral.
- Tasa de datos de hasta 45Mbps.
- Escalable para altas tasa de datos.
- La sincronización es más robusta y simple.
- Eficiencia de modulación de hasta 7,25bps/Hz.
- Es resistente a la interferencia de Radiofrecuencia.
- Excelente mitigación de los efectos de dispersión en el tiempo.
- El alto número de portadoras permite sincronización robusta y sencilla.
- Minimización de los efectos de interferencias dentro de banda estrecha.
- Tiene un mejor comportamiento frente al ruido sea selectivo o impulsivo.
- Excelente rendimiento ICI, no requiere complejos canales de ecualización.
- Puede operar con anchos de banda 10MHz, 20MHz, 30MHz, transmitiendo entre 2MHz a 34MHz.

- Adapta el canal a las condiciones de TX, a través del monitoreo continuo, mediante las configuraciones del canal para obtener buena velocidad y fiabilidad.
- Flexible y adaptable (las subportadoras de banda estrecha pueden ser moduladas usando varios formatos de modulación, con posibles anchos de banda y tasa de datos adaptables de acuerdo al número de bits presente en cada portadora).
- Todos los rangos del espectro que están disponibles son muy usados y no existe interferencia, excepto para el ruido de conexión a tierra, aunque generalmente no afecta debido a que suele ser muy débil, comparado a la potencia de transmisión.
- Muy robusta frente al multi-trayecto (multipath), que es muy habitual en los canales de radiodifusión, frente a las atenuaciones selectivas en frecuencia y a las IRF. Debido a las características de esta modulación, es capaz de recuperar la información de entre las distintas señales con distintos retardos y amplitudes (fading) que llegan al receptor.
- La que mejor se adapta a las condiciones de las redes eléctricas: Interferencias con otras aplicaciones eléctricas o servicios de radio. Pérdida de energía debido a la desadaptación de impedancias. Medio cambiante con el tiempo, con aplicaciones eléctricas plugged/unplugged. El espaciamiento entre portadoras confiere "ortogonalidad" para evitar que las frecuencias se traslapen. Los subcanales están solapados, así se consigue un eficiente uso del espectro ahorrando ancho de banda.

- En condiciones donde el nivel de ruido es bajo, la señal se transmite con mayor eficiencia y se envían paquetes con mayor cantidad de bits (máximo 8 bits/portadora por c/uno de los envíos). Conforme aumenta la distancia de TX se atenúan más las señales entonces la calidad del canal baja y se empieza a reducir la cantidad de bits que se transmiten en c/uno de los tonos portadores. Esto optimiza la TX, es adaptable a las condiciones de la red por lo que puede utilizar mas bits/subcanal cuando la Relación Señal a Ruido SNR requiera e incluso se podría adaptar la potencia de TX de cada subcanal. Las tasas de datos/subportadoras se adaptan dependiendo de SNR detectado. Esta característica da una excepcional adaptabilidad a las condiciones del canal.

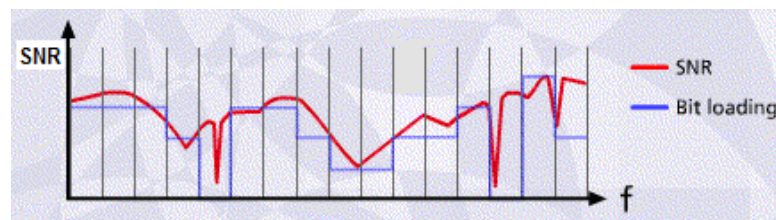


Figura II: 24 Adaptabilidad de la Señal de datos a las condiciones del canal

La modulación OFDM es un sistema que analiza el canal por el que se va a transmitir la señal, evaluando cuál es el número máximo de puntos que se pueden crear para cada uno de los rangos de frecuencia con el cual se divide la señal. De este modo, maximiza la velocidad de TX y minimiza los errores.

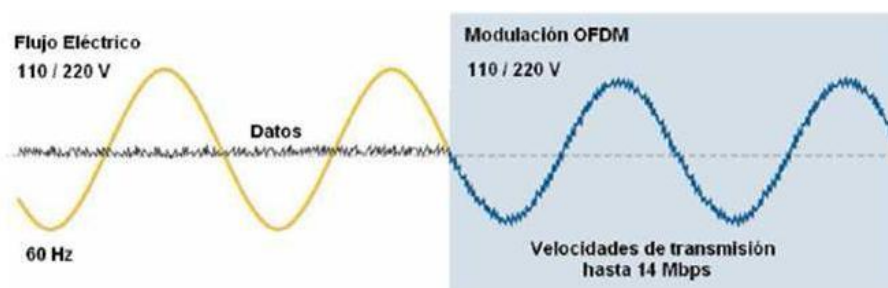


Figura II: 25 Modulación OFDM

### 2.2.2.3 PLC y el Modelo OSI

Para la descripción de la operación de los sistemas de telecomunicaciones modernos, generalmente se utiliza el modelo de referencia OSI (“Open Systems Interconnection”) promovido por la ISO para definir la forma en que se comunican los sistemas abiertos de telecomunicaciones, es decir, los sistemas que se comunican con otros sistemas. Consiste en 7 capas que se visualizan generalmente como bloques apilados, por lo que también se le conoce como el “OSI Protocol Stack”. PLC trabaja principalmente en la capas 1 y 2, es decir en la capa física y en la capa de enlace de datos.

Tabla II: IV Modelo de referencia OSI

CAPA	DETALLES
7. APLICACIÓN	Soporta aplicaciones que utiliza directamente el usuario.
6. PRESENTACIÓN	Toma los datos de red, y los presenta a las aplicaciones para darles el formato adecuado para ser usados.
5. SESIÓN	Establece y maneja las conexiones lógicas o sesiones.
4. TRANSPORTE	Manejo de los mensajes de sesión entre los puntos de la red.
3. RED	Manejo de las conexiones lógicas, direccionamiento enrutamiento y manejo del trafico.
2. ENLACE DE DATOS	Manejo y entrega de datos entre dos nodos de la red.
1. FÍSICA	Conexiones y medio físico de la red.

#### 2.2.2.3.1 Capa Física

Se encarga de las conexiones físicas, es decir, el nivel básico que se compone generalmente por el cableado. La tecnología PLC cuenta con la ventaja de utilizar infraestructura física ya instalada; los cables eléctricos, como su capa física se genera 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 TX confiables.



Se debe considerar una capa física robusta debido a que esta específica la modulación, la codificación y el formato de los paquetes, es la encargada de definir las especificaciones eléctricas, mecánicas y funcionales para activar y mantener un enlace físico entre varios elementos. A este nivel, cualquier nodo debe ser capaz de enviar bits a otro nodo conectado a la red eléctrica. La capa física de PLC utiliza OFDM como técnica de modulación para contrarrestar esta desventaja del canal de comunicaciones, además entrega una velocidad de 14Mbps donde 8Mbps corresponden a la capa MAC (Control Acceso al Medio) y 6Mbps se refieren a TCP (Protocolo para el control de la transmisión).

#### **2.2.2.3.2 Capa Enlace de Datos**

PLC se gobierna mayoritariamente por protocolos de capa 2. En esta capa, se realiza la organización de los datos en paquetes lógicos que serán convertidos a señales binarias para inyectarlas al medio físico y viceversa. Además, 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.

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. Un eficiente protocolo de acceso a la capa de red que controla la división de los medios de transmisión entre muchos clientes.

Para diseñar una subcapa MAC PLC, se consideran dos características: la frecuencia variable y las reflexiones producidas. Los protocolos PLC MAC se dividen en dos tipos:

- a) **Protocolos con Arbitraje:** un controlador central coordina los equipos conectados o usuarios, determinando cual puede enviar información en cierto momento. Se requiere acceso a todos los equipos conectados. Se utiliza el protocolo TDMA.
- b) **Protocolo sin Arbitraje:** no hay controlador, todos los nodos tratan de colaborar para disminuir las colisiones. Se utiliza el protocolo CSMA.
- c) **Protocolos Híbridos:** protocolo intermedio entre las dos clases anteriores que pretenden quedarse con la parte buena de ambas.

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.

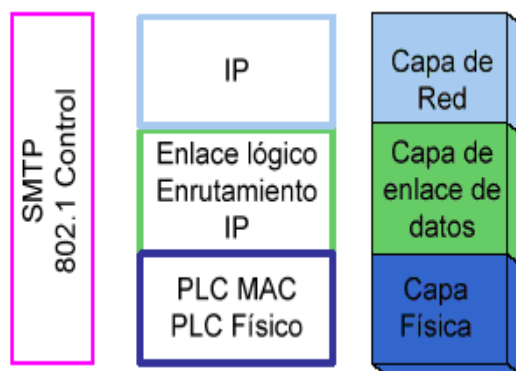


Figura II: 26 Pila de protocolos de la tecnología PLC

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 TX de las tramas por el medio. La trama utilizada para la TX de datos a través de PLC, consiste en un delimitador inicial, núcleo y delimitador final de la trama.

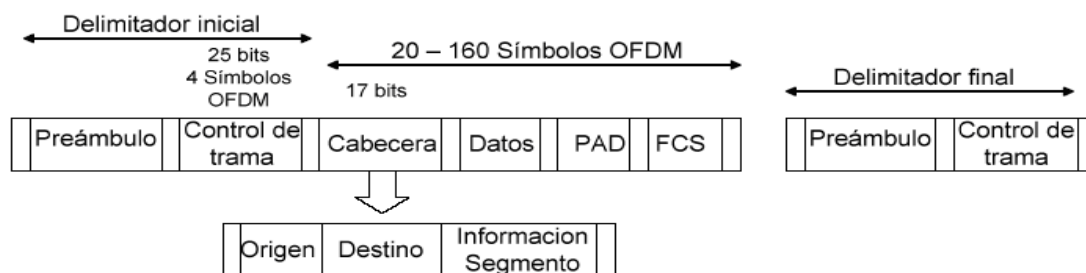


Figura II: 27 Trama utilizada en PLC

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 contiene 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 TX, por lo tanto se conoce el tiempo que va a estar ocupado ese canal para la TX. 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 como proceder cuando se pierde información o ésta sufre algún daño. Algunos mecanismos de control de errores son:

- **ARQ (Automatic Repeat Request):** la fuente no reenvía información hasta que no reciba un reconocimiento positivo por parte del otro extremo (ACK, Acknowledgment); en caso contrario, retransmitirá el mismo paquete. La recepción de un reconocimiento negativo (NACK,

Negative Acknowledgment) de un paquete, indica que éste ha sido recibido por el destino pero existe algún error en el paquete.

- **Go back N:** este mecanismo de control de errores es conocido como vuelta atrás, en donde existen N paquetes esperando el reconocimiento por parte del destino. Si no existen errores en la TX, el destino envía un reconocimiento positivo RR (receiver ready), por otro lado si existieran errores en alguna trama, se enviaría el reconocimiento negativo REJ (Reject) y se rechazaría cualquier otra trama hasta que no reciba una versión válida de la trama errónea.

#### **2.2.2.4 Requerimientos de Seguridad y Calidad de Servicio en las redes PLC**

Como todo medio de TX público, se van a presentar problemas de seguridad en la TX de datos a través de las redes eléctricas. PLC parte de la base que múltiples viviendas compartirán un mismo centro de transformación y la misma línea eléctrica. La red de TX de datos que pertenezca a un usuario va a circular por la vivienda de otro, no obstante la tecnología PLC ha sido pensada de tal manera que se minimice la cantidad de información que pueda transmitirse por la línea de otros usuarios. Para poder interceptar el tráfico de datos de una red PLC sería necesario haber accedido previamente a la red eléctrica.

##### **2.2.2.4.1 Seguridad en Redes PLC**

El hardware para la implementación física de la tecnología PLC incluye mecanismos de encriptación, de tal manera que todos los paquetes son

encriptados antes de su TX, de esta manera cada uno de los usuarios vería la señal del otro como ruido. Esto se logra al tener cada usuario una “llave” única para la decodificación de las señales y todo lo que se transmita en su propia LAN será visible para él mientras que no lo será para el resto de los usuarios.

La tecnología PLC contempla una encriptación de datos para impedir la interceptación del tráfico de datos, denominado DES (Data Encryption Standard) es un algoritmo de cifrado, que cifra información para dar seguridad, ha sido sometido a un intenso análisis académico lo que dio un concepto moderno del cifrado por bloques y su criptoanálisis. En criptografía el 3DES hace triple cifrado del DES. Una encriptación de 56Bit puede ser insegura (normalmente es el sistema de cifrado que viene en la mayoría de equipos PLC). Para solucionar el problema con la longitud de la clave es preferible el algoritmo 3DES, que consiste en utilizar tres veces DES. La clave utilizada por 3DES es de 128bits (112 de clave y 16 de paridad); es decir, dos claves de 64 bits (56 de clave y 8 de paridad) de los utilizados en DES. El motivo de utilizar este tipo de clave es la compatibilidad con DES. Si la clave utilizada es el conjunto de dos claves DES iguales, el resultado será el mismo para DES y para 3DES.

Para aplicaciones que manejan datos sensibles, se recomienda mejorar más la seguridad mediante conexiones SSL y VPN. Además la seguridad dentro de la red PLC está garantizada por medio de mecanismos de autenticación basados en protocolos cliente/servidor; en estos el servidor actúa controlando el tráfico hacia y desde los clientes y aquellos mantienen su privacidad por medio de la

implementación de redes virtuales (VLAN). Con un nivel de seguridad así, se considera casi imposible que alguien pueda acceder a los datos.

#### **2.2.2.4.2 Calidad de Servicio QoS**

Los requisitos para obtener una QoS están relacionados de acuerdo al tipo de datos como por ejemplo la reproducción en tiempo real de vídeos, música, voz o datos. Para una QoS excelente para reproducir datos, los niveles de prioridad pueden ser configurados colocando etiquetas al principio de los tramas de datos, c/aplicación debe contar con el ancho de banda adecuado para asegurar la QoS. Antes, esto no representaba un problema puesto que c/aplicación tenía una línea dedicada, pero hoy que todas están integradas, se debe identificar el contenido de los diferentes paquetes, ya que se requiere asignar el ancho de banda adecuado, para que las aplicaciones no se vean afectadas entre sí.”

Debido a la competencia del mercado, la tecnología PLC debe ofrecer una amplia gama de servicios, QoS y precio razonable, garantizando a los usuarios bajos niveles de retardo en la TX de datos en una red de extremo a extremo no excediendo un nivel específico de tiempo y que garantice un ancho de banda específico para un servicio. Las redes eléctricas son un medio hostil para medidas de QoS debido a su variabilidad con el tiempo. La QoS a partir de configuraciones definidas por la red eléctrica, debe ser analizada por el desempeño en la variación de los siguientes parámetros:

- Tipos de aplicación
- Protocolo de transporte

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

Los parámetros mínimos recomendables son:

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

## 2.2.3 Arquitectura y Funcionamiento

Mediante equipos PLC se enlaza las redes eléctricas de MT/BT a una red troncal de datos o Backbone esto permite la interacción de redes de datos externas con las redes eléctricas hasta llegar a los usuarios como una red de acceso de gran alcance.

### 2.2.3.1 Arquitectura

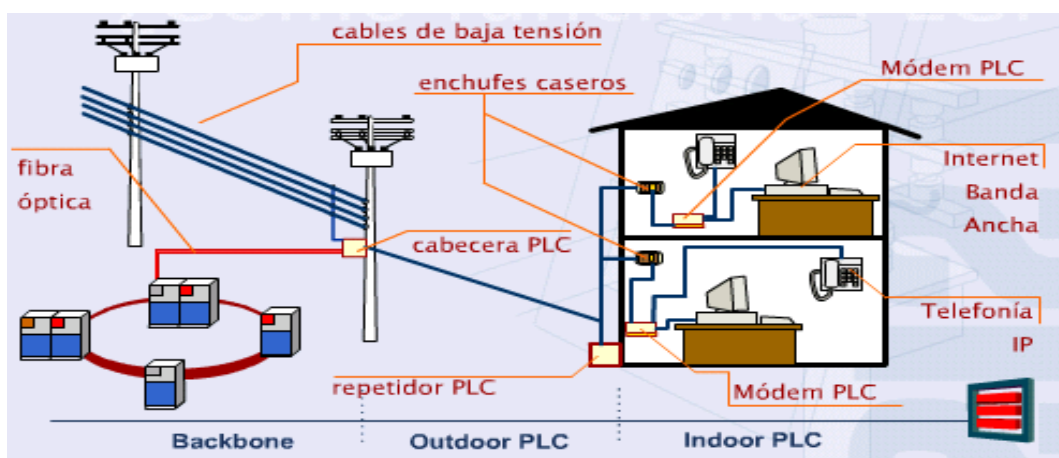


Figura II: 28 Arquitectura de la red PLC

La arquitectura de una red PLC consta de dos sistemas formados por tres elementos:

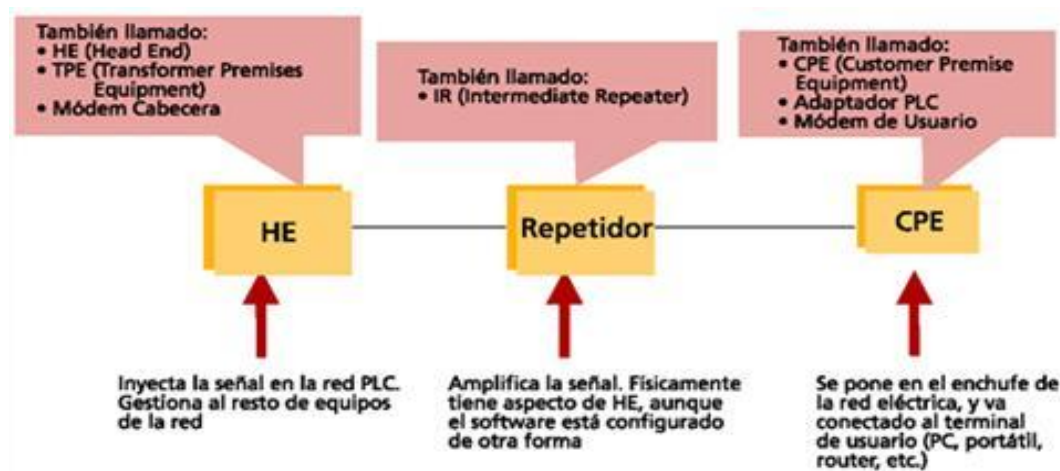


Figura II: 29 Elementos de una Red PLC

El **primer sistema** denominado "Outdoor" o de Acceso, cubre el tramo de la red eléctrica que va desde el lado de BT del transformador de distribución hasta el medidor de la energía eléctrica. Éste es administrado por un **Módem Cabecera**, que se suele denominar también TPE (Transformer Premises Equipment) o Head End **primer elemento** principal de la red PLC; actúa como maestro y autentica, coordina la frecuencia y actividad del resto de equipos que conforman la red PLC de forma que se mantenga constante en todo momento el flujo de datos a través de la red eléctrica. Además permite conectar al sistema con la red externa o backbone (WAN, Internet, etc.), de esta manera inyecta a la red eléctrica la señal de datos que proviene de la red de telecomunicaciones por lo que es el interfaz adecuado entre las dos redes. La elección de su ubicación es un aspecto clave de la arquitectura de una red PLC, ya que es esencial que la inyección de datos se produzca de forma ventajosa y permita proporcionar la máxima cobertura posible dentro de la red.



El **segundo sistema** se denomina “Indoor” o de Red Local, y cubre el tramo que va desde el medidor del usuario hasta todos los tomacorrientes ubicados al interior de los hogares. Para ello, se utiliza como medio de TX el cableado eléctrico interno. Para comunicar estos dos sistemas, se utiliza un equipo **repetidor**, también denominado IR (Intermediate Repeater), **segundo elemento** de la red PLC, normalmente se instala en el entorno del medidor de energía eléctrica, está compuesto de un módem terminal y equipo cabecera. El primer componente de este repetidor recoge la señal proveniente del equipo cabecera del sistema Outdoor y el segundo componente se comunica con la parte terminal del repetidor e inyecta la señal en el tramo Indoor.

En función de la solución PLC empleada, así como de la calidad y nivel de ruido de la instalación eléctrica de BT, la distancia entre equipos oscila entre los 150m y los 400m sin necesidad de dispositivos intermedios regeneradores. Para los casos en los que el tendido eléctrico supera esas distancias se utilizan los IR, extendiendo así el alcance de la red, regenerando la señal, altamente degradada por la atenuación provocada por los cables eléctricos, asegurando la calidad en el enlace PLC. Por tanto, el repetidor aumenta la cobertura del servicio ofrecido y consigue unos elevados valores de throughput en lugares alejados del HE.

El **tercer y último elemento** de la red PLC lo constituye el **módem terminal** también conocido como CPE (Customer Premises Equipment), adaptador de usuario o cliente permite conectar un equipo a la red de datos establecida gracias al HE, recogiendo la señal directamente de la red eléctrica a través del

tomacorriente. De esta manera tanto la energía eléctrica como las señales de datos que permiten la TX de información, comparten el mismo medio de TX, es decir el conductor eléctrico. Su misión es convertir cada toma eléctrica en un punto de red al cual poder conectar un equipo informático.

### **2.2.3.2 Topología del Sistema PLC**

Es realmente la topología de la red de provisión de energía eléctrica, usada como medio de transmisión, y dependerá de algunos factores como son:

- **Ubicación:** El campo que podría abarcar un sistema PLC depende del tipo de sector ya sea comercial, residencial o industrial. Esto tendrá relación con el tipo de usuarios y sus requerimientos.
- **Densidad de Uso:** # de usuarios de la red, la cantidad de usuarios serán de baja densidad, en casas y de muy alta densidad en apartamentos, torres comerciales u oficinas de varios edificios.
- **Longitud:** Distancia entre usuario y transformador, que depende de la clase de red o si es zona urbana o rural.

#### **2.2.3.2.1 Topología Física de la Red PLC**

La topología de la red eléctrica es tipo árbol y una red PLC también se estructura de esa forma, sea que los equipos PLC se ubiquen en lugares centrales, en las cercanías del usuario PLC o en cualquier lugar de la red. La consideración que se debe tomar en cuenta es la distancia entre los equipos

PLC centrales y los equipos de usuario, para evitar la instalación de elementos extras que incrementan los costos de la red.

Un nodo de enlace troncal: Unidad de Acondicionamiento, desde el se ramifican los demás nodos, que serían las Unidades de Usuario si la distancia es corta, o Unidades Repetidoras a distancias mayores de 300m para la red de MT y 150m para la red de BT. La comunicación entre las UA y UU o UR se da mediante una configuración full-duplex, punto a multipunto.

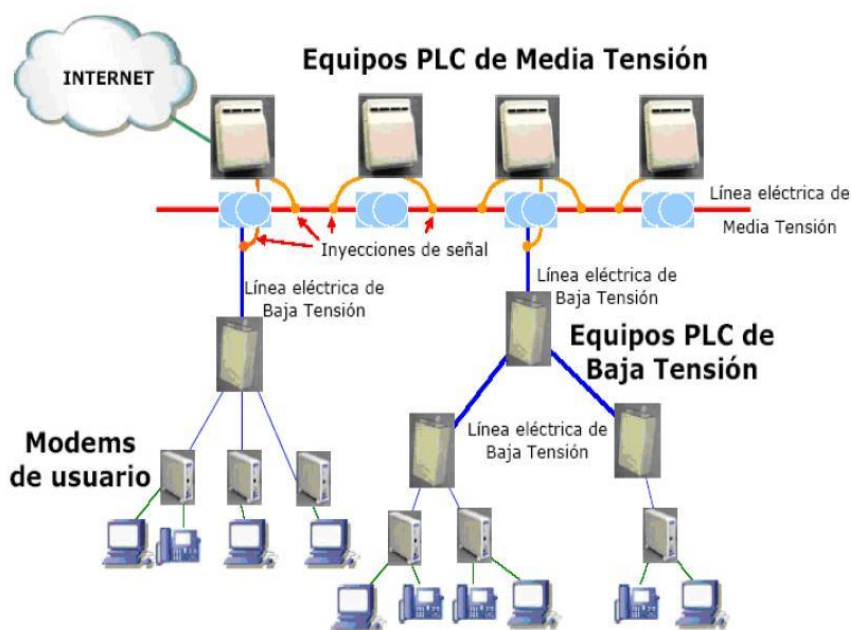


Figura II: 30 Topología Tipo Árbol de la Red PLC

En la Tabla II:V se indica la interacción que se efectúa entre los equipos conectados a la red PLC, y el nivel jerárquico que presentan.

Tabla II: V Nivel jerárquico que permite el Monitoreo de los equipos en la red PLC

INICIO		FIN		
		UA	UR	UU
UA	NO	SI	SI	
UR	SI	SI	SI	
UU	SI	SI	NO	

### 2.2.3.2.2 Topología Lógica de la Red PLC

Se refiere a como la información viaja por los medios del cableado eléctrico. En el sistema PLC se considera dos tipos de transmisiones:

- La información que viaja de la estación maestra a los usuarios
- La información que viaja de los usuarios a la estación maestra.

Estos dos tipos de TX son considerados como tipo bus lógico; es decir, conectando las estaciones de red con una estación maestra, la cual provee la comunicación a toda la red de distribución eléctrica. Cada nodo supervisa la actividad de la línea. La información que va de la estación maestra es detectada por todos los nodos aunque solamente es aceptada por el nodo o los nodos hacia los que va dirigido. Como una red en bus se basa en una "autopista" de datos común, un nodo averiado sencillamente deja de comunicarse; esto no interrumpe la operación.

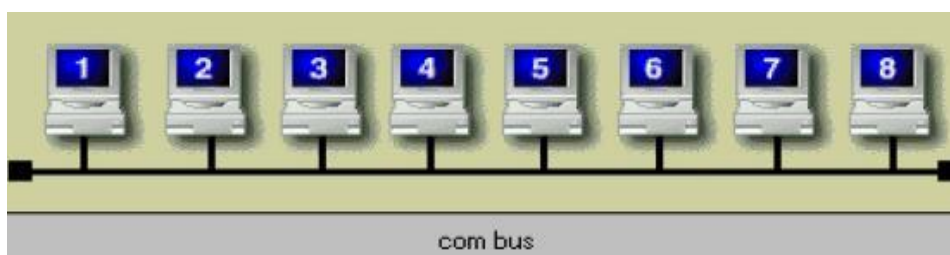


Figura II: 31 Topología Lógica Tipo Bus empleada por PLC

### 2.2.3.3 Funcionamiento

Para el funcionamiento se debe integrar el sistema eléctrico y la tecnología PLC teniendo en cuenta que la red eléctrica no es uniforme, por lo que hay que diferenciar los tramos que la conforman. La red de transporte de AT de 138KV

a 230KV, este tramo no es relevante para la tecnología PLC. La red transporte de MT de 6.3KV a 23KV da acceso a poblaciones, barrios, edificios e industrias y para la tecnología PLC se presenta como una red de distribución sobre la cual se puede implementar la tecnología PLC. La red de BT de 110V a 220V es equivalente a la "última milla" como en las redes telefónicas, conecta los hogares con los transformadores de MT/BT.

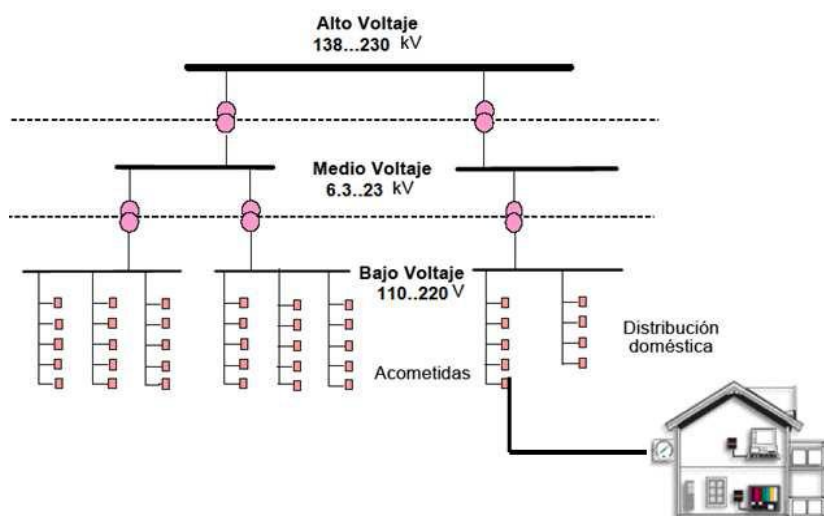


Figura II: 32 Estructura típica de la red de distribución de energía eléctrica

El lugar de integración del sistema eléctrico y de comunicación se da en el transformador o en la subestación de distribución, los dispositivos principales dentro de la capa física son los acopladores, la función principal de éstos es la de acoplar señales PLC entre las líneas de baja y media tensión. Aquí se produce el acoplamiento de la red eléctrica con equipos complementarios que en un extremo se enlazan a una conexión de alta velocidad proporcionada por un proveedor de servicio de Internet (ISP), ya sea mediante fibra óptica o cualquier otro medio, y por el otro extremo al control de la red PLC, el resultado final es similar a una Red de área local (LAN).

### 2.2.3.4 Velocidades de Transmisión

La capacidad de TX del PLC varía en función del fabricante, de la tecnología empleada y del estado de las líneas eléctricas, pero suele establecerse en los 45Mbps (27Mbps en el sentido red de datos-usuario “Downstream”, y 18Mbps en el sentido usuario-red de datos “Upstream”), con lo que la comunicación es asimétrica. La velocidad que actualmente puede alcanzar la tecnología PLC con los equipos de usuario oscila en un rango de 2Mbps y 10Mbps, cuyo ancho de banda es suficiente para dar Internet o servicios multimedia.

El ancho de banda disponible se debe compartir entre todos los usuarios conectados a la misma línea de distribución eléctrica, de manera que si se tiene 10Mbps en el Centro de transformación de distribución y se conectan unos 50 usuarios a la línea mediante las UU, se reduciría a 200Kbps el ancho de banda para c/usuario. Sin embargo los equipos de 3ª generación elevan el límite por encima de los 200Mbps, lo que permite al PLC competir con otros sistemas de comunicaciones de banda ancha. En la Tabla II:VI se muestra la tasa de transferencia de las tecnologías empleadas en redes de área local.

Tabla II: VI Throughput nominal máximo de distintas tecnologías

TECNOLOGÍA	THROUGHPUT
Ethernet	10 Mbps
Fast Ethernet	Hasta 100 Mbps
Gigabit Ethernet	Hasta 1000 Mbps
IEEE 802.11b	Hasta 11 Mbps
IEEE 802.11g	Hasta 54 Mbps
PLC (1ª generación)	Hasta 45 Mbps
PLC (2ª generación)	Hasta 130 Mbps
PLC (3ª generación)	Hasta 200 Mbps

### **2.2.3.5 Ámbitos de Aplicación**

Dependiendo del segmento de la red eléctrica en que se aplique la tecnología PLC se pueden crear diferentes sistemas o redes PLC.

#### **2.2.3.5.1 Sistema de Distribución**

Esta sección conecta los equipos PLC instalados en diferentes subestaciones transformadores de la red eléctrica de distribución. Esta interconexión se puede realizar mediante conexiones PLC de media tensión, enlaces de fibra óptica u otras tecnologías como xDSL o LMDS. En algún nodo de la red de distribución, hay un enlace a la red del proveedor de servicios, permitiendo el acceso a los contenidos y servicios de banda ancha.

Los servicios y aplicaciones que se pueden obtener son: acceso a Internet, telefonía convencional, servicios de Voz sobre IP entre otros. El equipo utilizado en esta sección depende del tipo de servicio a ofrecer pero ha de ser necesario algún tipo de switch para realizar las conexiones.

Una red de distribución PLC utiliza las líneas de MT que trabajan en el rango de 45KV y 66KV con salida a 13,8KV, se lleva la señal hasta los centros de transformación de distribución con entrada en 13,8KV y salida entre 110/220V BT, desde donde se distribuye la señal para uso doméstico, comercial e industrial. En este sistema las Unidades de Acondicionamiento se interconecta entre si. El sistema PLC de MT tiene una velocidad aproximada de 135Mbps.

La tecnología utilizada en los equipos de MT es la misma que los equipos de BT, pero adaptados para mejorar su rendimiento, fiabilidad y latencia (retardo).

Esto es adecuado en lugares en los que a causa de una baja densidad de clientes, no es rentable desplegar toda una red de distribución. Un backbone con tecnología PLC representa un importante ahorro ya que implica no hacer una inversión en la instalación de nueva infraestructuras ofreciendo un rápido despliegue. La desventaja es que no es una tecnología masiva y presenta problemas de interferencia y calidad.

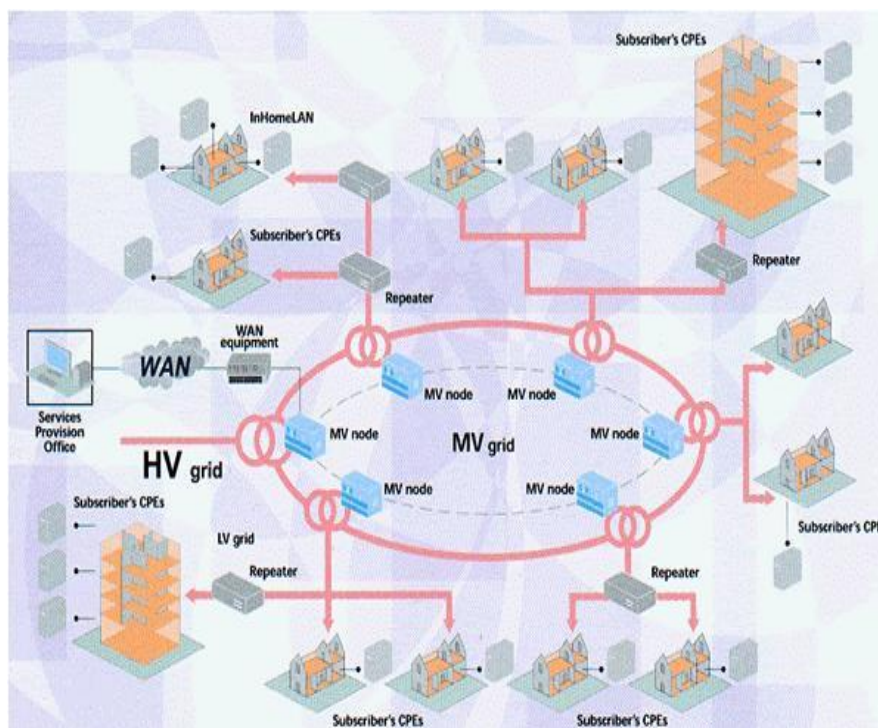


Figura II: 33 Sistema PLC de Distribución que utiliza la red Media Tensión Eléctrica

La red de distribución PLC no tiene problemas técnicos pero sólo se utiliza para transportar datos, no llega a la última milla. La implementación de ésta red no es viable ya que el problema radica en las distancias a cubrir, lo que incurriría en la colocación de un gran número de repetidores que encarecerían esta red.



### 2.2.3.5.2 Sistema PLC de Acceso

La Red de Acceso utiliza el tendido eléctrico de BT y comprende desde el transformador de distribución hasta el medidor de energía eléctrica. El acceso a Internet mediante PLC es referido por algunos fabricantes como "tramo de calle" y utiliza las frecuencias entre 3 y 12MHz, que están dentro del espectro PLC, aquellas con mejor respuesta a la distancia. La tecnología PLC tiene mejores alcances en este tramo de la red eléctrica.

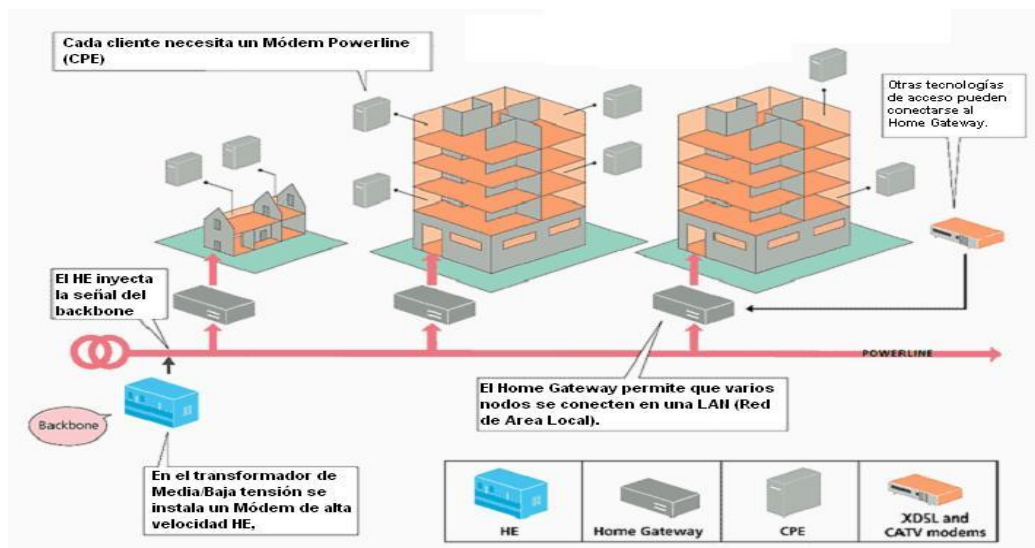


Figura II: 34 Sistema de Acceso

Para utilizar PLC como acceso, en los centros de transformación de MT a BT de las compañías eléctricas deben instalarse los dispositivos HE, comunicados a su vez con el ISP generalmente a través de conexiones de fibra Óptica. Estos terminales pueden ubicarse en la estación con una estructura típica de rack, y cada uno puede ofrecer servicio a unos 64 usuarios aproximadamente, ofreciéndoles un espectro cercano a los 20MHz en el caso de clientes próximos, o entre 1MHz y 10MHz para clientes lejanos, transmite velocidades de 45Mbps.

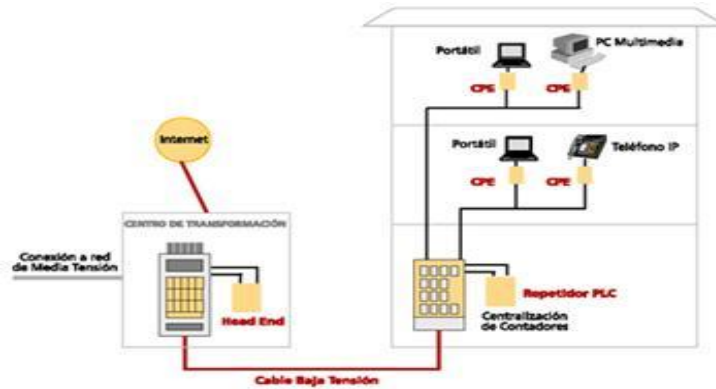


Figura II: 35 Arquitectura de Outdoor

Usualmente la señal PLC que llega a los domicilios ha de ser amplificada mediante repetidores, que suelen ubicarse en los cuadros de distribución de los edificios, justo después de los medidores. En edificios de gran altura puede ocurrir que la señal llegue sin problemas hasta un cierto piso, circunstancias análogas pueden tener lugar en edificios de topología complicada y que impongan amplias distancias eléctricas. En ambos casos se requiere la instalación de un repetidor adicional, o bien la configuración del modem de alguno de los clientes como repetidor para el resto de usuarios.

Puesto que las señales de datos PLC no soportan una transformación de tensión, los centros de transformación deben contar con dispositivos HE. Así, la inversión necesaria por usuario está directamente relacionada con el número de domicilios servidos por cada transformador de media a baja tensión.

### 2.2.3.5.3 Sistema PLC de Red de Área Local

También conocido como Red In-Home o Doméstica, comprende el tramo que va desde el medidor de energía hasta los tomacorrientes al interior de los

hogares, PLC utiliza el rango espectral comprendido entre 13MHz y 30MHz (frecuencias con mejor respuesta frente al ruido, debido a que es más susceptible a la distancia) para transmitir datos. Típicas fuentes de ruido para la señal PLC en aplicaciones indoor son motores, fluorescentes, lámparas halógenas, interruptores, etc.



Figura II: 36 Sistema Red de Área Local

El PLC, convierte la línea eléctrica interior del hogar en una red de área local y saca partido por tanto del hecho de que la infraestructura de conectividad ya existe, y con una instalación muy sencilla puede convertirse cualquier toma eléctrica en un auténtico puerto de datos, permitiendo velocidades de TX de 2Mbps compartido entre los usuarios que acceden a la red.

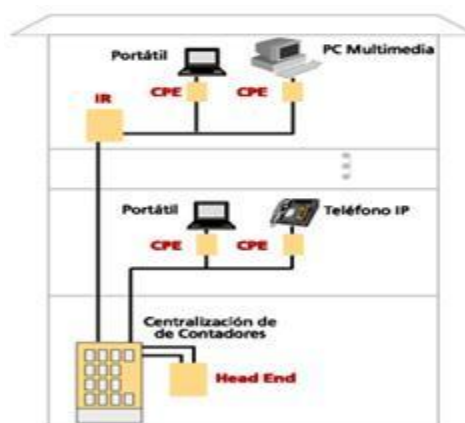


Figura II: 37 Arquitectura de Indoor

A través de la red eléctrica y con los dispositivos PLC adecuados se pueden comunicar dos o más ordenadores entre sí sin necesidad de realizar nuevos cableados. El esquema es análogo al del PLC outdoor o acceso, pero diferenciadas por las dimensiones: la distancia a cubrir es menor (del orden de 100m) y el número de ramas también es menor y más corto, adaptándose a la configuración básica ya descrita, en la que un HE se instala siempre en cabecera, con tantos módems CPE como usuarios. En este caso el HE debe situarse en el cuadro eléctrico del edificio, en donde se encuentra la acometida principal y tras los medidores de la compañía eléctrica. Conviene inyectar la señal después del interruptor de potencia principal con el objeto de minimizar interferencias, se disponen tantos módems PLC de usuario como puntos de red se desean y se utilizan repetidores para mejorar la calidad de la señal en todos aquellos casos en que sean necesarios.

#### **2.2.3.5.4 Sistemas de Gestión**

La administración de la red es de vital importancia ya que se debe garantizar la mejor utilización del medio de TX compartido y a la vez proveer una QoS satisfactoria. Los sistemas PLC presentan normalmente interfaces de gestión como el Protocolo de administración simple de la red SNMP, navegador de red (http) o Telnet que permiten el monitoreo del estado de la red para recoger las estadísticas que proporcionan los datos, diagnósticos, configuración y actualizaciones. Estos componentes soportan otras capacidades como la prioridad de tráfico, la asignación de ancho de banda, la QoS y VLANs.

El propósito del Monitoreo de la red PLC es medir la variación de la respuesta del canal a través del tiempo. Las características de un canal de PLC varían con el tiempo, por tanto, el canal no es constante, lo que afecta el rendimiento de la TX. Este efecto significa que el equipo PLC requiere tener un mecanismo para adaptar sus parámetros a las características reales de ese vínculo, a fin de optimizar la TX de información entre los dos puntos del enlace.

### ***Herramientas de Administración***

A través de una herramienta de SW de interoperabilidad se puede configurar el equipamiento, administrar y realizar el mantenimiento remoto de toda la red PLC. Este sistema de gestión centralizada de redes permite:

- Perfecta integración con las redes IP.
- Infraestructura y herramientas de apoyo.
- Mayor flexibilidad y la funcionalidad del sistema.
- Interoperabilidad (a nivel de dispositivos como del sistema o servicio)
- Verdadera conectividad de extremo a extremo entre personas y dispositivos usando las redes eléctricas.
- Plataforma robusta que permita la instalación, configuración, vigilancia y el control de las redes eléctricas que llevan las señales de datos.

### **2.2.3.6 Aplicaciones de la Tecnología 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. Incluso, esta tecnología permite aplicaciones como acceso a Telefonía IP, enlaces VPN, Escritorio Remoto, etc. Las soluciones de PLC más aplicables para redes son:

- **Ethernet Bridge:** Conecta la red de datos a la red eléctrica por medio de una interfaz (tarjeta de red) convencional Ethernet RJ45.
- **USB Bridge:** Conecta los equipos con salida USB a la red eléctrica.
- **AP-PLC:** Acces Point inalámbrico Wi-Fi. Permite conectar a usuarios Wi-Fi a la red eléctrica PLC.

Principales aplicaciones y servicios de telecomunicaciones a los que se puede acceder a través de la tecnología PLC:

- **Internet avanzado:** Acceso a Internet de banda ancha, con todos los servicios que involucra como: Email, 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 rápida, económica, segura y permanente.
  - **Telediagnóstico:** 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 tales 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 Area 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 VPN:** TX de voz, datos en forma privada.
- **Monitoreo y lectura remota:** de medidores o equipos de control, tanto de la red eléctrica como de la red de datos PLC.

## 2.2.4 Estándares

Varias organizaciones a nivel mundial han demostrado interés en la tecnología PLC, por lo que desde hace varios años se han creado grupos de trabajo que han implementado algunas normas para regular esta tecnología.

Para el desarrollo y aplicación de la tecnología PLC es necesario disponer de un marco regulatorio, entre los organismos encargados de desarrollar una normalización de PLC se encuentra el PLC Forum que presenta sus iniciativas

a los foros europeos CENELEC y ETSI. HomePlug es otra entidad encargada de los aspectos de PLC In-home, la cual ha editado especificaciones de equipo. Finalmente los estándares de la IEEE los cuales regulan la tecnología.

Las normas especifican aspectos como: protocolos de la red, impedancia de equipos, niveles de potencia y rangos de frecuencia a los que deben operar los transmisores con la finalidad de evitar interferencias con otras tecnologías. Entre las principales organizaciones que impulsan el desarrollo de PLC están:

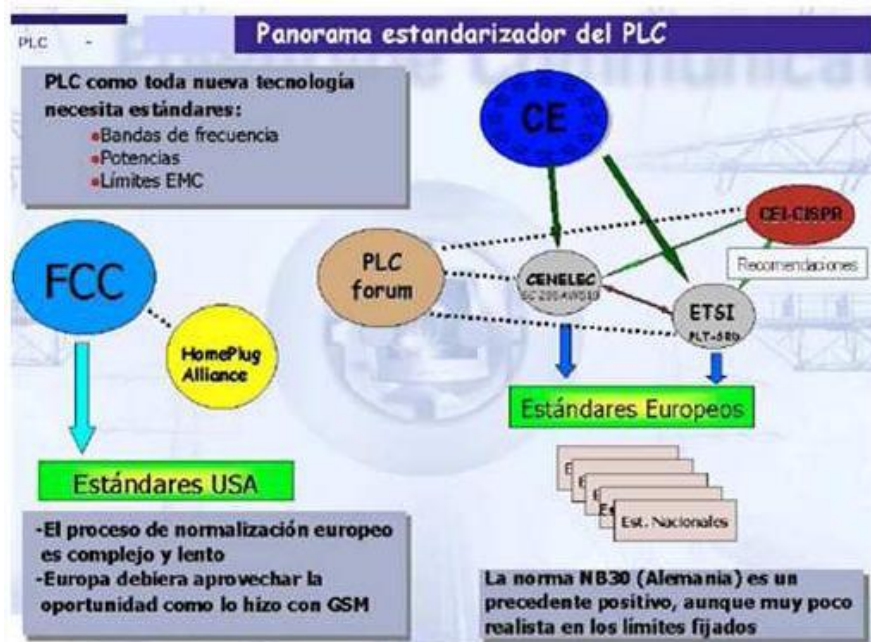


Figura II: 38 Panorama estandarizador del PLC

En el Ecuador actualmente no hay regulaciones o normalización que se especifiquen para la implementación de la tecnología PLC, pero se cuenta con las normas que deben cumplir las redes de acceso o tecnología de última milla definidas por los entes reguladores de las telecomunicaciones en el país como CONATEL - Consejo Nacional de Telecomunicaciones y el organismo del sistema eléctrico ecuatoriano CELEC Corporación Eléctrica del Ecuador.



### **2.2.4.1 Organismos Internacionales de Estandarización**

Ver ANEXO 2.

### **2.2.5 Ventajas del PLC**

- Emplea la infraestructura eléctrica existente teniendo la posibilidad de extender la red telecomunicaciones sin tener que realizar obra civil ni cableado adicional, sobretodo una excelente alternativa válida de conexión en aquellos lugares donde la implementación de las otras tecnologías como WLAN, XDSL, etc. se convierte en un problema por la estructura de construcción, permitiendo un despliegue masivo de la tecnología PLC, a zonas de difícil acceso alámbrico, por cuanto utiliza un sistema de cableado universal y la red ya está implantada implicando menores costos.
- En el domicilio del usuario, aprovecha el cableado eléctrico para implementar redes locales, ahorrando así en nuevo cableado UTP, cada contacto eléctrico se convierte en un puerto de datos para establecer conexiones exteriores, permite movilidad para los usuarios en redes hogareñas ofreciendo una instalación simple y rápida para el proveedor y en casa solo es necesario conectar un Módem PLC a la toma eléctrica.
- Gran ancho de banda con velocidades de TX de hasta 200 Mbps en el tramo de la MT y BT, compartidos entre todos los usuarios del transformador de BT, Permitiendo la TX simultanea pudiendo integrar una

gran variedad de servicios sobre un mismo medio; originando la prestación de múltiples servicios, tales como: acceso a Internet de Banda Ancha, telefonía IP, mensajería, videoconferencia, televisión interactiva, radio y música, vídeo y audio bajo demanda, juegos en red, domótica, etc. y a la vez permite seguir prestando el suministro eléctrico con el mismo nivel de calidad sin ningún problema.

- Nuevas oportunidades de negocio para las compañías eléctricas que podrán diversificar sus operaciones entrando en el mercado de las telecomunicaciones, permitiendo a los usuarios no tener que recurrir a un proveedor de energía eléctrica, Internet o televisión por separado ya que con la Red PLC podrá tener todo junto a través de cualquier toma eléctrica.
- Escasa competencia en las infraestructuras de acceso. Es posible combinarla con otras tecnologías. PLC puede actuar como alternativa o complemento de otras tecnologías ya implementadas.
- Una plataforma flexible que soporta cualquier dispositivo o aplicación que utilice el Protocolo de Internet estándar, escalable dando la posibilidad de crecimiento modular; pueden agregarse usuarios simplemente adquiriendo más repetidores, seguro los datos están encriptados y protegidos contra intrusiones externas y las emisiones electromagnéticas equiparables a ADSL y muy inferiores a la telefonía móvil.

### **2.2.5.1 Desventajas del PLC**

- Infraestructura de la red eléctrica deteriorada en interiores y exteriores, es un problema para la tecnología PLC, ya que se deben establecer niveles de confiabilidad y seguridad, la calidad del funcionamiento de la red PLC depende de las condiciones en que se encuentre la red eléctrica, esto se refiere al estado de las líneas, en caso que las líneas estén deterioradas existan cables en mal estado, la tecnología no se podría establecer, requiere un permanente mantenimiento de la infraestructura de red. Sólo puede usarse en instalaciones eléctricas de una misma fase.
  
- No se dispone de un marco normativo y regulatorio totalmente definido que permita el continuo desarrollo de esta tecnología. No existen estándares tecnológicos para la interoperabilidad con equipos que usan tecnologías ya consolidadas. Actualmente varias empresas trabajan en desarrollar esta tecnología, cada una con sus propios estándares incompatibles entre ellas.
  
- Limitada producción de equipos, la mayoría son de tipo propietario, lo que hace que la producción de equipos sea todavía limitada y su costo en comparación a los de redes telefónicas es alto.
  
- No presenta estabilidad frente a EMI y ruido eléctrico de la red. Para obtener una TX óptima de datos la distancia debe ser corta ya que en el caso contrario será necesario instalar repetidores para garantizar transmisiones y recepciones óptimas.

- Debido que el cable eléctrico es una línea metálica que puede actuar como antena de radiación, puede generar interferencia a otras señales en la misma banda de frecuencia, como las de radio comunicaciones que trabajan en la banda de 3 a 30MHz. La radiación que se produce es mínima, la potencia de emisión es de 1mW, muy por debajo de los 2W de telefonía móvil. Dependiendo de las frecuencias utilizadas y de la tecnología elegida, produce radiación en bandas HF, interfiriendo en frecuencias correspondientes a las fuerzas de seguridad, frecuencias de emergencia de la aviación civil y bandas de radioaficionados que se encuentra entre 7 MHz, 21 MHz y 28 MHz.
  
- Ancho de banda compartido entre los usuarios de un transformador lo que provocaría tasas de transferencia relativamente bajas. Además se puede considerar como no segura ya que trabaja en un medio compartido.
  
- La variabilidad en los niveles de atenuación e impedancia originados por la conmutación de equipamientos eléctricos son frecuentes, puede causar atenuación de la señal de datos, mientras esta se desplaza por el medio.
  
- Seguridad de la información con PLC. El cable eléctrico es susceptible para los denominados hacker ya que al no ser diseñado para transmitir datos puede absorber o irradiar en forma de antena afectado la privacidad y confidencialidad de la comunicación.

## 2.2.6 Posibles Interferencias

PLC ha sido y es objeto de amplios debates con respecto a su comportamiento como fuente originaria de problemas de interferencia por su radiación electromagnética. La Figura II:39 muestra los niveles definidos en las administraciones nacionales pioneras en Europa (MPT1570 en UK, NB30 en Alemania) para los niveles de radiación (a los que PLC debería someterse), así como los niveles definidos por la FCC en USA. Se observa que la normativa FCC es mucho más relajada que las europeas. En realidad los niveles EMI/EMC de PLC deberían ser del orden de los esperados para el VDSL.

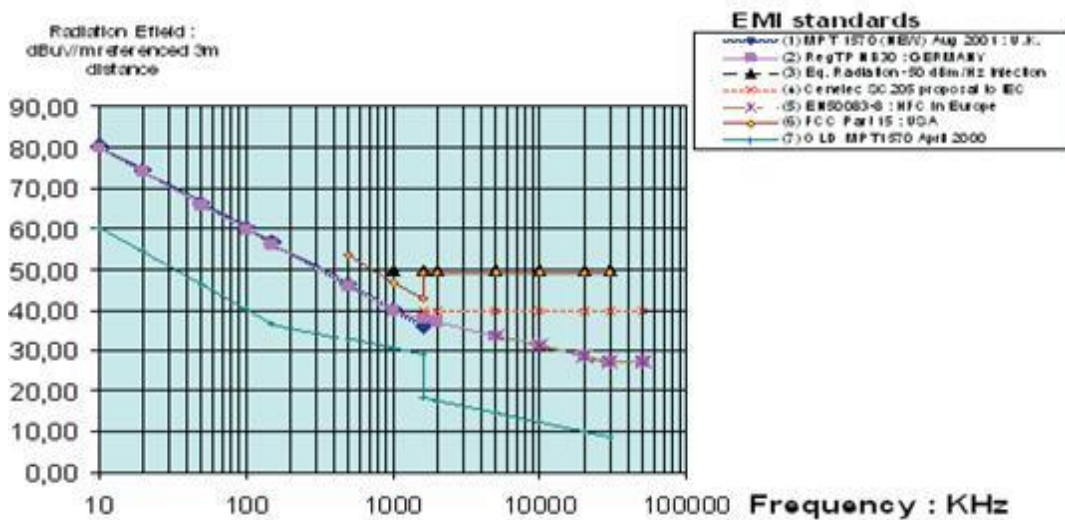


Figura II: 39 Umbrales de EMI impuestos a PLC por diferentes estándares

### 2.2.6.1 Problemas de Interferencia

En los despliegues realizados de la tecnología PLC se han registrado interferencias y perturbaciones en otros servicios como las comunicaciones de radio en las bandas de HF y VHF, los cables conductores comienzan a emitir señales generando interferencia.

- La interferencia en la tecnología PLC es provocada por varias fuentes, siendo las más frecuentes las que se crean al inyectar los datos en la red eléctrica, mediante la modulación de la señal, lo que genera que algunas de estas señales salgan de la red eléctrica, otro tipo de interferencia es la que se obtiene de otros equipos que transmiten en las mismas frecuencias. Estas emisiones de señales fuera de la red eléctrica causan pérdida de los datos e interfieren con otras señales: en frecuencias correspondientes a las fuerzas de seguridad, aviación civil, bandas de radioaficionados, equipo de radio de taxistas ó ambulancias se ven afectadas por esta interferencia.
- Otra causa de interferencia es la característica del cable eléctrico que funciona como una antena al no estar cubierto por un aislante. Realizar mediciones para determinar las interferencias conducidas en PLC de acceso, es difícil ya que existe un peligro de seguridad debido a las altas tensiones en las redes eléctricas. En la Tabla II:VII se muestran los valores límite de radiación que debería emitir la señal PLC para no causar interferencias con otras frecuencias.

Tabla II: VII Limite de interferencias estipulados por la FCC

Uso	Frecuencia (MHz)	Limite de Radiación (uV/metros)	Distancia (m)	Ancho de Banda (kHz)
Portadora MT/BT	1.705 - 30	30	30	9
Comercial MT	30 - 88	90	10	120
Residencial BT	30 - 88	100	3	120

- **Interferencias por los tipos de Ruido:** debido a que la red no se encuentra protegida contra las ondas de radio ni contra el ruido electromagnético se producen interferencias debido a los tipos de ruido que

pueden generarse. La causa más común del ruido en una línea eléctrica son los múltiples dispositivos domésticos o industriales conectados a la misma. Una característica común a todos estos tipos de ruido es que su comportamiento depende de la frecuencia y el instante en que aparecen es impredecible. El ruido y perturbaciones en la red eléctrica incluyen sobrevoltaje, bajo voltajes, variaciones de frecuencia.

### 2.2.6.2 Procedimiento de Medición de Interferencias

La FCC (Federal Communications Commission) de la USA ha desarrollado pruebas que permiten realizar mediciones para determinar los valores de interferencias y radiación presentes en la red PLC. La medición se realiza debajo de tres puntos representativos de la red eléctrica aérea ó subterránea. En el caso de la Red de acceso, instalado en las líneas eléctricas aéreas, el equipo de medición es una antena la cual se coloca debajo del punto de inyección y se mueve en forma paralela a los cables eléctricos hasta alcanzar una distancia de 30m para frecuencias menores de los 30MHz. La distancia entre la línea eléctrica y la antena de medición es conocida como “distancia de inclinación” como se muestra en la Figura II:40.



Figura II: 40 Esquema de mediciones de interferencias

## 2.2.7 Requerimientos Técnicos

### 2.2.7.1 Acoplamiento de las Líneas Eléctricas

Las unidades de acoplamiento son elementos que permiten físicamente, adaptar e inyectar la señal digital PLC a la red eléctrica de MT o BT en niveles de hasta 24KV. Los circuitos de acoplamiento deben ser cuidadosamente diseñados para así entregar la señal específica de TX con el apropiado ancho de banda y el nivel de seguridad requerido. Los transformadores de distribución atenúan significativamente la mayoría del espectro de RF utilizado por PLC ya que actúa como circuito abierto. Una solución es crear un camino para el paso de la señal de HF en la que viajen los datos este camino se denomina bypass.

Es fundamental que este camino se limite sólo a la señal PLC y no a los 60Hz de electricidad. Las ventajas del bypass es su bajo costo, facilidad de instalación, mantenimiento y que no disminuye la fiabilidad eléctrica. El bypass, como se muestra en la Figura II:41 está compuesto de un acoplador inductivo de MT, una UA y un acoplador BT que puede ser inductivo o capacitivo. Es preferible la instalación de soluciones inductivas por comodidad.

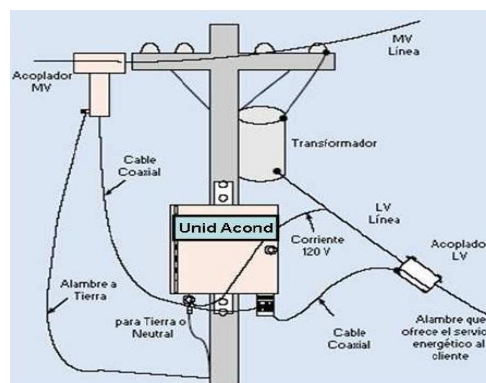


Figura II: 41 Bypass en el Transformador eléctrico



## **2.2.7.2 Métodos de Acoplamiento**

Uno de los retos de los sistemas PLC es el método a utilizar para acoplar la señal de comunicaciones en la red eléctrica. En el receptor se desea un fuerte rechazo de banda para bloquear la señal de 110V, 60Hz, pero sin atenuar las señales de HF. En el lado del transmisor se desea tener propiedades de paso amplio a la señal de comunicaciones para que no sea atenuada o sea pequeña se desea que el acople tenga una impedancia muy parecida.

Las características principales son: el costo debe ser razonable para la aplicación dada y las dimensiones deben ser pequeñas de manera que se pueda instalar, donde el espacio permitido es reducido. Existen dos métodos de acoplamiento de señales a líneas de media tensión:

- Capacitivo paralelo a la red eléctrica o
- Inductivo mediante el uso de un núcleo magnético

### **2.2.7.2.1 Esquemas de Acoplamientos Capacitivos por Medio del Núcleo**

Los Acoplamientos Capacitivos para tecnología PLC sobre líneas de MT, son unidades altamente compactas que incluyen en los mismos dispositivos, el condensador de acoplo y el circuito de sintonía. El alto aislamiento brinda la más completa seguridad, ya sea dando protección a los operarios y/o a los equipos de comunicaciones, el costo es razonable para este tipo de aplicaciones.

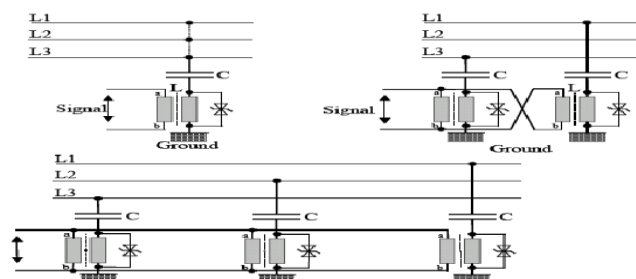


Figura II: 42 Acoplamiento capacitivo para líneas de Media Tensión

### **Unidades de Acoplamiento Capacitivo**

Inyecta la señal en las líneas eléctricas por contacto directo permitiendo el acoplamiento mediante tensión a través del núcleo, maximizan el ancho de banda, optimizando la adaptación de impedancias entre la línea de MT ó BT y el equipo de comunicaciones PLC. Este tipo de acoplamiento es muy utilizado para líneas aéreas y en instalaciones de interiores, presenta una mínima atenuación de la señal, es de tamaño reducido, ideal para lugares poco espaciosos, etc. y se conecta entre fase y neutro. Tienen menor pérdida que los inductivos, pero su manipulación exige eliminar la corriente por los cables durante su instalación.



Figura II: 43 Unidad de acoplamiento capacitivo

### **2.2.7.2.2 Esquemas de Acoplamientos Inductivos**

Puede ser un método muy utilizable conociendo exactamente las características de la red y si hay un profundo conocimiento de la propagación de la señal. Hay tres tipos principales de Acopladores Inductivos utilizados para

inyectar la señal. Los primeros dos métodos (inductivos) se acoplan a la línea por corriente y el último mediante tensión a través del núcleo magnético.

1. Acoplamiento “invasivo” por medio de la pantalla del cable: este método realiza la comunicación entre la tierra y la pantalla, como si fuera un sistema de un solo conductor.

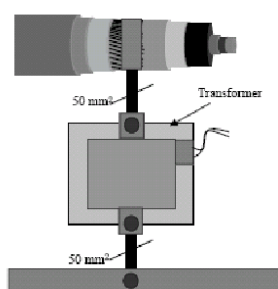


Figura II: 44 Acoplamiento “invasivo” por medio de la pantalla

2. Acoplamiento “no invasivo” por medio de la pantalla del cable: es igual que el anterior pero entrega normalmente una señal más débil.

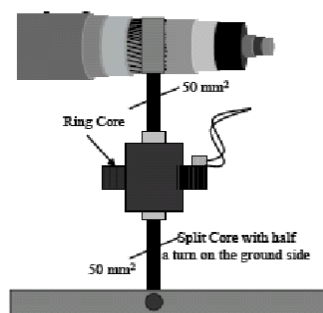


Figura II: 45 Acoplamiento “no invasivo” por medio de la pantalla

3. Acoplamiento “no invasivo” por medio del núcleo del cable: este método trabaja sobre todos los cables, pero tiene una gran desventaja con respecto a los otros acoplamientos, que el acoplador muestre una alta dependencia de la corriente en el conductor debido a la saturación magnética del núcleo.

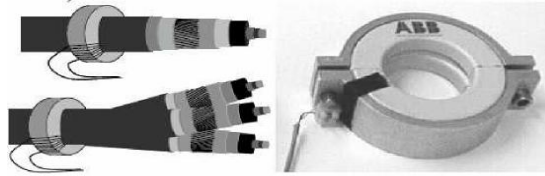


Figura II: 46 Acoplamiento “no invasivo” por medio del núcleo

Todos los métodos inductivos tienen una gran desventaja, es que dependen de la carga. El Acoplamiento más afectado por este tema es el acoplador “no invasivo” por medio del núcleo, el menos influenciado es el acoplamiento “invasivo” por medio de la pantalla.

### ***Unidades de Acoplamiento Inductivo***

Inyectan la señal sin contacto directo, mediante la inducción de un campo magnético. Permite acoplarse a diversos niveles de corriente (50A-150A) sin necesidad de interrumpir el servicio de energía eléctrica, que la señal PLC no se pierda por la presencia de transformadores en redes de MT a BT continuando así el camino hasta el domicilio del usuario.



Figura II: 47 Unidad de acoplamiento inductivo

Para completar la instalación de una red PLC se emplea además:

- **Cajas de distribución:** se emplean cuando debe acoplarse más de un cable en modo capacitivo, o dos en modo inductivo.
- **Filtros de Coexistencia:** Dado que secciones contiguas de la red de distribución utilizan diferentes frecuencias portadoras para transmitir la

señal PLC, se utilizan antes de inyectar en la red la señal que viene de las tarjetas de MT o BT de los equipos PLC.

- **Filtros de Bloque y Unidades de Adaptación de Impedancias:** Es necesario colocar filtros de bloque para eliminar las interferencias que se pueden inducir a otros usuarios u otras partes del edificio, así como, en ocasiones, usar unidades de adaptación de impedancias en la conexión eléctrica del domicilio.

### **2.2.7.3 Limitaciones Técnicas de PLC**

Considerando que las redes eléctricas no han sido creadas con el propósito de transmitir información, estas representan un medio hostil para la transferencia de datos. PLC al ser una tecnología emergente se enfrenta a varios inconvenientes que deterioran su desempeño y limitan su implantación.

Dos de los problemas más importantes que enfrenta esta tecnología son los niveles excesivos de ruido y la atenuación de la señal en las frecuencias de interés. Para que funcione adecuadamente, debe ser capaz de evitar o sobreponerse a los diferentes tipos de ruido que ocurren a diferentes frecuencias y en cualquier momento, la atenuación en las líneas de potencia muchas veces es alta e impredecible. Además es muy difícil obtener un modelo significativo de este canal debido a su drástica variación con el tiempo, por la constante conexión y desconexión de dispositivos.

Entre los aspectos técnicos que hacen difícil el desarrollo de un sistema de comunicaciones PLC se destacan:

- **El mal estado de las instalaciones eléctricas:** Cuando una línea eléctrica está llena de empalmes, no se encuentra debidamente aislada, se ha humedecido por la entrada de agua en los ductos eléctricos, el sistema está mal aterrizado o no dispone de uno, el cable es antiguo lo cual hace que se deterioren sus características físicas y eléctricas, esto hace que la TX de la señal no se de en forma confiable hacia los conectores de la casa, siendo necesario analizar el cableado eléctrico para eliminar o aislar los problemas.
- **PLC tiene limitantes en cuanto a distancia:** La distancia que una señal de PLC puede viajar varía y depende de muchos factores, los principales son:
  - **Impedancia:** Describir la oposición que un componente electrónico ofrece a la corriente eléctrica. La impedancia depende en gran parte del tipo de metal y del diámetro del cable, los de cobre o acero poseen impedancias relativamente bajas en comparación con el aluminio que tiene una impedancia mayor. Entre mayor sea la impedancia menor será la distancia que viajará la señal a lo largo del medio.
  - **Atenuación:** Es la pérdida de potencial de una señal cuando transita por cualquier medio de TX. Al introducir una señal con potencia en un circuito pasivo, como puede ser un cable, esta sufrirá una atenuación y al final de dicho circuito obtendremos una potencia diferente.
  - **Relación Señal-a-ruido (SNR):** Es el valor en decibelios de la relación entre el ruido de alta frecuencia natural en cualquier medio y la señal. Una relación señal a ruido muy baja dificulta la distinción entre la señal y el ruido de las líneas. La utilización de filtros puede mejorar la SNR, sin

embargo la implementación de tales filtros es compleja. En cualquier sistema de comunicaciones, la SNR limita la capacidad de TX en Mbps.

- **Número de hogares servidos por transformador:** Debido a que las señales de datos de PLC no sobreviven al pasar por un transformador, solo se utilizan en la última milla, en Europa se coloca un transformador por cada 150 hogares aproximadamente, mientras que en Ecuador se tiene un promedio de 50 hogares por transformador de BT. Esto hace que sea necesario instalar una UA por c/transformador del sistema eléctrico y cuanto menor sea el número de usuarios por c/transformador, más se elevarán las inversiones necesarias para establecer la red.
- **Barreras de Conexión para la señal de datos en la red eléctrica:** Existen barreras en forma directa e indirecta como:
  - Los medidores atenúan la señal tanto que es prácticamente imposible tener una comunicación libre de errores a través de ellos.
  - La caja de distribución representa otra barrera de conexión. Este nodo central entre diferentes instalaciones muestra una extrema baja impedancia y acaba con la mayoría de la señal de alta frecuencia impidiendo una comunicación PLC.

Existe el riesgo de que los cables de una instalación estén a pocos metros de los de una instalación ajena en el mismo ducto, ya que por la falta de blindaje, las líneas se comportan como antenas y pueden transmitir señales interceptables entre los dos sitios. Además podría alguien con malas intenciones conectarse al contador de energía para acceder a la red.

## **CAPÍTULO III**

---

### **Análisis de la Transmisión de Datos por los Cables Eléctricos**

En este capítulo se analiza la comparación de la transmisión de los datos usando la tecnología PLC y los cables tradicionales UTP categoría 5. Ambas tecnologías son sometidas a pruebas similares como el rendimiento de las red tanto para el cable eléctrico y el cable UTP, facilidad de instalación de la tecnología PLC con respecto a las redes LAN tradicionales, portabilidad física que ofrece cada uno de ellos, integridad de los datos con respectos a la saturación de usuarios, distancia y la escalabilidad de las dos tecnologías.



### 3.1 Descripción de los Ambientes

El análisis de la transmisión de los datos y el estudio de su instalación e implementación están orientados a:

- Red de cables eléctricos con tecnología PLC.
- Red tradicional LAN con cables UTP categoría 5.

#### 3.1.1 Escala de Valoración Cualitativa

La Tabla III:VIII muestra el valor que se asigna a cada una de las variables listadas por cada parámetro, dependiendo del resultado del análisis pueden obtener desde 1 punto hasta 4 puntos, esta escala refleja el cumplimiento del objetivo de las variables establecidas.

Tabla III: VIII Valoración de Variables

VARIABLES A CUANTIFICAR	1	2	3	4
	0 - 25%	25% - 50%	50% - 75%	75% - 100%
Rendimiento/Integridad	No Cumple	Cumple Insatisfactoriamente	Cumple Aceptablemente	Cumple Plenamente
Facilidad de instalación	En Desacuerdo	Parcialmente de Acuerdo	Mayoritariamente de Acuerdo	Totalmente de Acuerdo
Escalabilidad/Portabilidad	Inadecuado	Más o Menos	Adecuado	Muy Adecuado
Resultado final	Regular	Bueno	Muy bueno	Excelente

#### 3.1.2 Escala de Calificación de las Actividades

La tabla III:IX se usa en la calificación de las actividades que intervienen en el análisis del cumplimiento de cada una de las variables, los parámetros que hacen referencia a esta tabla son la Facilidad de instalación, la Portabilidad y

la Escalabilidad de la red, esta calificación debe reflejar de manera clara y precisa el uso de la actividad en la variable del parámetro.

Tabla III: IX Calificación de Actividades

EQUIVALENCIA	RANGO DE CALIFICACIÓN
No	0 – 6
Poco	7 – 13
Mayormente	14 – 20
Si	21 – 25

### 3.1.3 Módulo de Pruebas

En esta sección se describe las pruebas realizadas para comparar la red LAN con cable UTP y la red eléctrica con tecnología PLC, cabe recalcar que ambas tecnología fueron sometidas a los mismos ambientes de pruebas, a continuación se detalla las pruebas realizadas. Ver **ANEXO 3**.

#### ***Prueba del Rendimiento de la Red***

Para comparar el rendimiento de la red de las dos tecnologías se tomó en cuenta la distancia, la carga de información en la red y la saturación de usuarios, se describe brevemente el ambiente de la prueba.

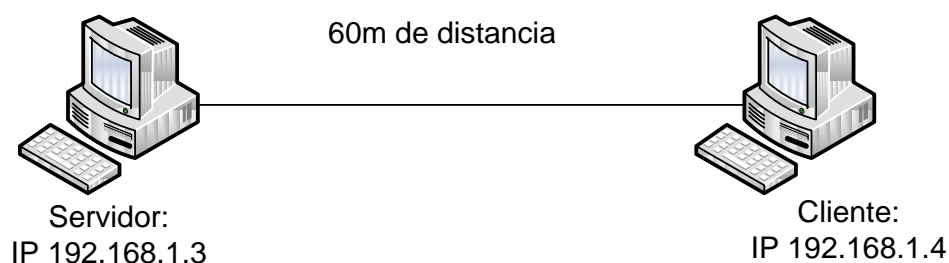
Suministros Hardware a utilizar:

- Un Switch.
- Módems PLC.
- Cables UTP 60m.
- 100m de cable eléctrico sólido.
- Computadoras con Windows XP.

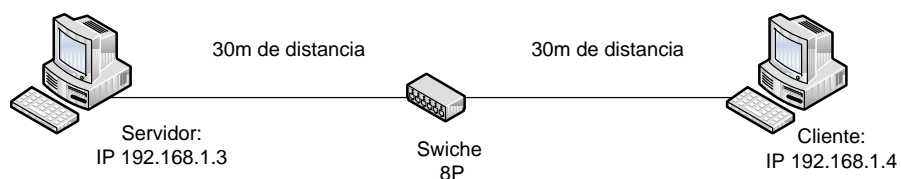
- Adaptadores de conectores, de redondo a plano.

Suministros Software a utilizar:

- Microsoft Visio.
- SO Windows XP.
- Colasoft Capsa 6.9.
- Página web de la ESPOCH instalada en el servidor WEB.



**Figura III: 48 Conexión de dos Computadoras en Red a través del PLC**



**Figura III: 49 Ethernet**

En el servidor se levanta el Servicio de Internet Information Server (IIS), y con el sniffer Colasoft Capsa 6.9 Enterprise se analiza el comportamiento de la red. Para lo cual el cliente accede a una página web y descarga archivos como se muestra en la Figura III:50, al mismo tiempo el sniffer realiza el monitoreo de la red presentando reportes de la velocidad paquetes/segundos y bits/segundos.

El Sniffer Colasoft Capsa 6.9, tiene múltiples funciones y herramientas pudiendo observar las maquinas que están conectadas en red, un reporte general del flujo de datos, tiempos de conexión, conversaciones a nivel físico que realizan las máquinas, conversaciones de los protocolos IP, TCP y UDP, también se pueden obtener gráficas donde reflejan la cantidad de paquetes erróneos al momento de la transmisión.

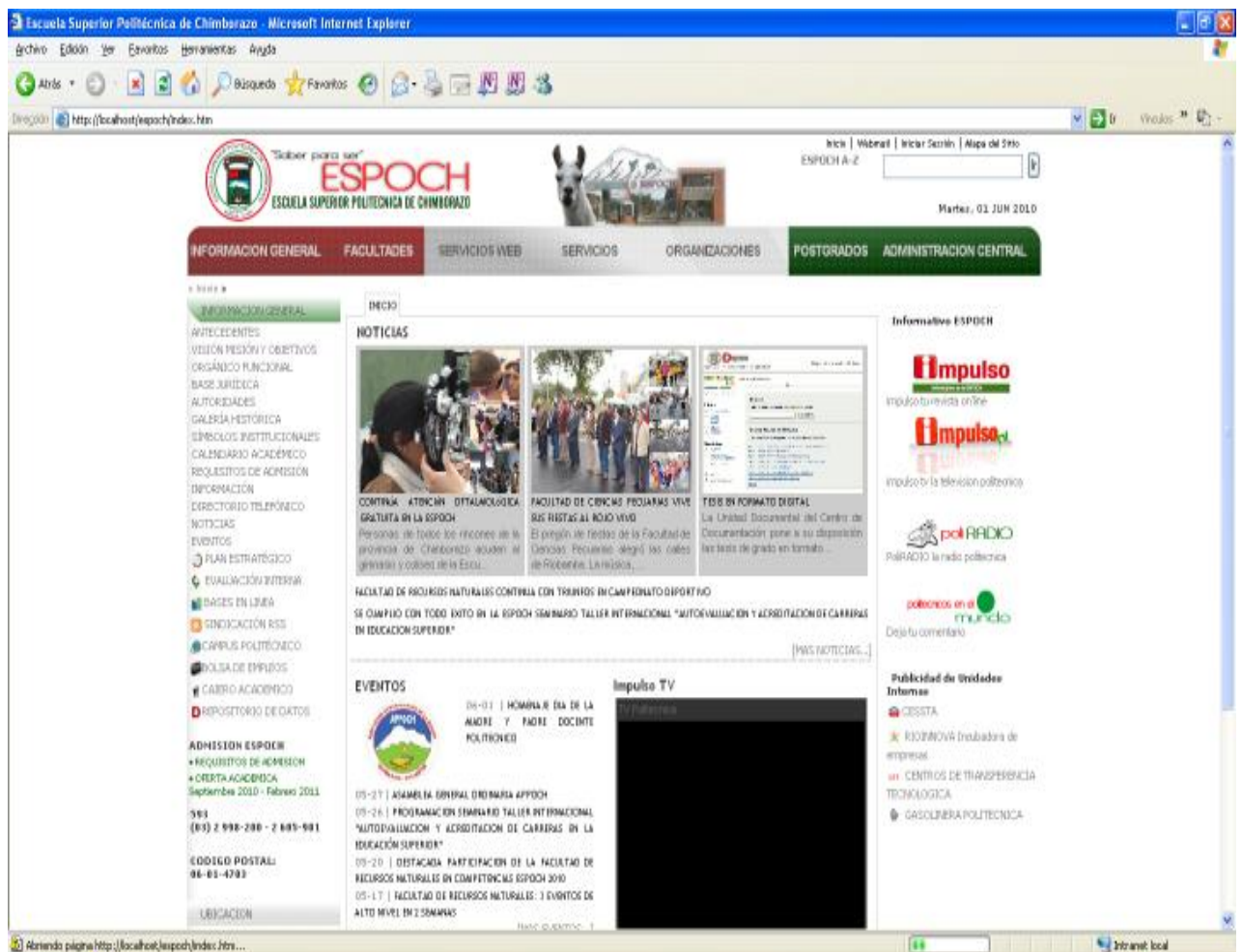


Figura III: 50 Página Web de la ESPOCH

En el **ANEXO 4**, se muestra las velocidades obtenidas en las diferentes pruebas. Los tiempos que se tarda en enviar y recibir paquetes es lo que

conocemos como retardo, se probó enviando paquetes de diferentes tamaños tanto en el cable eléctrico como en el cable UTP, recalando que la distancia que se estableció es de 30 metros.

The screenshot displays the 'velocidad cables' software interface. The main window is titled 'velocidad cables - Colasoft Capsa [Stopped]'. The interface includes a menu bar (File, Edit, View, Project, Tools, Window, Help) and a toolbar with various icons for file operations and network analysis. The left sidebar shows a tree view of the network topology, including 'Protocol Explorer (1)', 'Ethernet II (2)', 'Physical Explorer (2)', 'Local Segment (3)', 'Broadcast Addresses (1)', 'IP Explorer (2)', 'Local Subnets (1)', and 'Broadcast Addresses (1)'. The 'Project Status' panel shows statistics: 'No filters enabled', 'Error packets: 0', 'Packets captured: 88,731', 'Packets lost: 0', 'Packets accepted: 88,731', 'Packets rejected: 0', and 'Buffer usage: 16,380 KB'. The 'Conversations' panel shows a table with columns: Endpoint1 ->, <- Endpoint2, Duration, Bytes, Bytes/Sec, First Time Sent, and Last Sent. The 'Packets' panel shows a table with columns: No., Relative Time, Source, Destination, Size, and Decode. The status bar at the bottom indicates '192.168.1.4 <-> 192.168.1.3 \Packets: 11,187/88,704'.

Endpoint1 ->	<- Endpoint2	Duration	Bytes	Bytes/Sec	First Time Sent	Last Sent
192.168.1.4	SERVIDOR	00:03:00	120,701 MB	703,133 KBps	23:49:16	23:52:16
ASPIRES000	255.255.255.255	00:02:40	847 B	5 Bps	23:49:31	23:52:11
SERVIDOR	255.255.255.255	00:02:40	1.125 KB	7 Bps	23:49:19	23:51:59
192.168.1.4	192.168.1.255	00:02:30	1.591 KB	10 Bps	23:49:22	23:51:52
SERVIDOR	192.168.1.255	-	225 B	225 Bps	23:49:22	23:49:22

No.	Relative Time	Source	Destination	Size	Decode
88718	22.358599	192.168.1.4:1376	SERVIDOR:www-http	64	
88719	22.358605	SERVIDOR:www-http	192.168.1.4:1376	4,154	
88720	22.363359	192.168.1.4:1376	SERVIDOR:www-http	64	
88721	22.363924	192.168.1.4:1376	SERVIDOR:www-http	64	
88722	22.363947	SERVIDOR:www-http	192.168.1.4:1376	4,154	
88723	22.373669	192.168.1.4:1376	SERVIDOR:www-http	64	
88724	22.374324	192.168.1.4:1376	SERVIDOR:www-http	64	
88725	22.374338	SERVIDOR:www-http	192.168.1.4:1376	4,154	
88726	22.374621	192.168.1.4:1376	SERVIDOR:www-http	64	
88727	22.375141	192.168.1.4:1376	SERVIDOR:www-http	64	
88728	22.375150	SERVIDOR:www-http	192.168.1.4:1376	939	
88729	22.381938	192.168.1.4:1376	SERVIDOR:www-http	64	
88730	22.382593	192.168.1.4:1376	SERVIDOR:www-http	64	
88731	22.539676	192.168.1.4:1376	SERVIDOR:www-http	64	

Figura III: 51 Lectura de la Velocidad de TX por los Cables Eléctricos

En la Tabla III:X se muestra el retardo producido en los cables UTP.

Tabla III: X Retardo Producido en los Cables UTP

Tamaño de Paquetes	Tiempo Mínimo (ms)	Tiempo Máximo (ms)	Promedio (ms)	Paquetes Perdidos	Retardo (ms)
8000	1	1	1	0	0.5
10000	2	2	2	0	1.0
21000	4	4	4	0	2.0
27000	5	5	5	0	2.5
32000	5	6	5	0	2.5
40000	7	7	7	0	3.5
49000	8	9	8	0	4.0
50000	9	9	9	0	4.5
65500	11	11	11	0	5.5

El retardo en los cables UTP es mínimo ya que recién hay una variación a partir de los paquetes con longitud de 10000. En la Tabla III:XI se muestra el retardo en los cables eléctricos.

Tabla III: XI Retardo Producido en los Cables Eléctricos

Tamaño de Paquetes	Tiempo Mínimo (ms)	Tiempo Máximo (ms)	Promedio (ms)	Paquetes Perdidos	Retardo (ms)
8000	18	222	69	0	34.5
10000	22	23	22	1	11.0
21000	47	47	47	1	23.5
27000	59	59	59	2	29.5
32000	65	66	65	1	32.5
40000	87	88	87	1	43.5
49000	106	116	109	1	54.5
50000	103	103	103	1	51.5
65500	133	136	134	1	67.0

El retardo que existe en el cable eléctrico es mucho mayor que en el cable UTP, se observa que el menor paquete que se transmite supera largamente al máximo del paquete que se transmite en el cable UTP.

En el **ANEXO 4**. Están más pruebas en la cual se observa claramente el retardo que existe.

El eco que produce la TX de datos en el cable eléctrico y en el cable UTP se determina a través del Sniffer Colasoft Capsa 6.9, la misma que proporciona una ventana indicando los errores de paquetes producidos en la TX.

802.3 Errors	Count
802.3 Total Errors	217,887
802.3 One Collision	1,398
802.3 More Collisions	216,474
802.3 Max Collisions	15
802.3 Deferrals	0

Figura III: 52 Retardo Producido en los Cables Eléctricos

En la Figura III:52 se observa los errores y colisiones que se produce al momento que se transmiten los datos en el cable eléctrico.

### ***Pruebas de Facilidad de Instalación***

Tanto para el diseño del cableado UTP como para la red PLC se utilizó el escenario de un edificio de 3 plantas en la cual se analiza, los recursos requeridos, el tiempo de instalación, el costo que lleva tender una red, y se describe si es o no es necesario la ayuda de una persona que tenga conocimientos avanzados sobre implementación de una red.

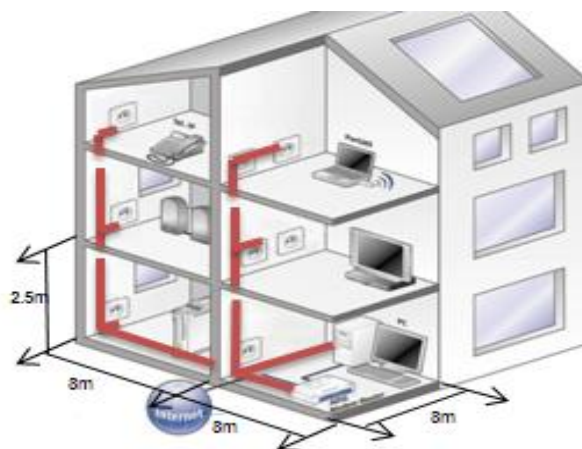


Figura III: 53 Gráfico de Diseño de la Red PLC

### **Calculo de Costos de la Red PLC y UTP**

Tabla III: XII Cálculo de Costos

RECURSOS REQUERIDOS	PLC		UTP	
	Cantidad	Valor	Cantidad	Valor
Cable UTP Cat. 5	6m	3.00	70m	35.00
Conectores RJ45	12	3.00	24	6.00
Switch	0	0.00	1 de 8 P	12.00
Cajetines	0	0.00	6	6.00
Canaletas	0	0.00	35	105.00
Módems PLC para C/CPU	6	240.00	0	0.00
Otros	Si	10.00	Si	20.00
Costo de diseño e implementación	Si	20.00	Si	150.00
<b>Valor Total</b>		<b>276.00</b>		<b>334.00</b>

En la Tabla III:XII se muestran costos de los recursos que se utilizan para implementar una red LAN con cables UTP y utilizando Módems DLAN DUO (PLC), en caso de utilizar la segunda opción se asume que ya no se tiene que tomar en cuenta el cableado eléctrico y sus demás accesorios afines, porque en la edificación ya están implementados.

#### ***Pruebas de Integridad de la Red***

Para poder realizar esta prueba, se necesita transmitir datos a diferentes distancias, saturar la red, para analizar el comportamiento tanto en la tecnología PLC y los cables UTP.

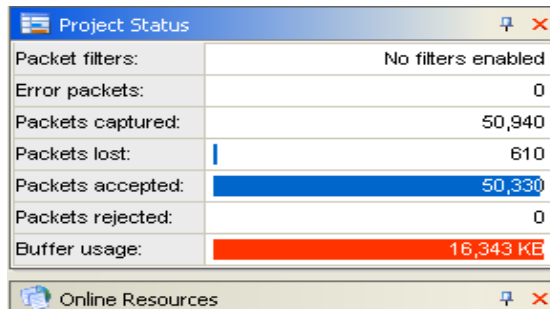
#### **Recursos Hardware:**

- Un switch.
- 2 módems PLC.
- 60m de cable UTP.
- 60m de cable eléctrico sólido Nro. 12.
- Dos computadoras, uno es el servidor y el otro es el cliente.

**Recursos Software:** El programa Colasoft Capsa 6.9 Enterprise.



El programa instalado en el servidor, actuará como sniffer, el cual captura los paquetes y presenta una estadística de todo lo que ocurrió en la transmisión de paquetes, tanto de manera gráfica como analítica, en la Figura III:54 se muestra su comportamiento.



Project Status	
Packet filters:	No filters enabled
Error packets:	0
Packets captured:	50,940
Packets lost:	610
Packets accepted:	50,330
Packets rejected:	0
Buffer usage:	16,343 KB

Figura III: 54 Grafica Analítica de la Transmisión de Paquetes

El sniffer, presenta de forma gráfica (Figura III:55) el número de los paquetes transmitidos de manera normal, los paquetes erróneos, y los paquetes erróneos a nivel físico.

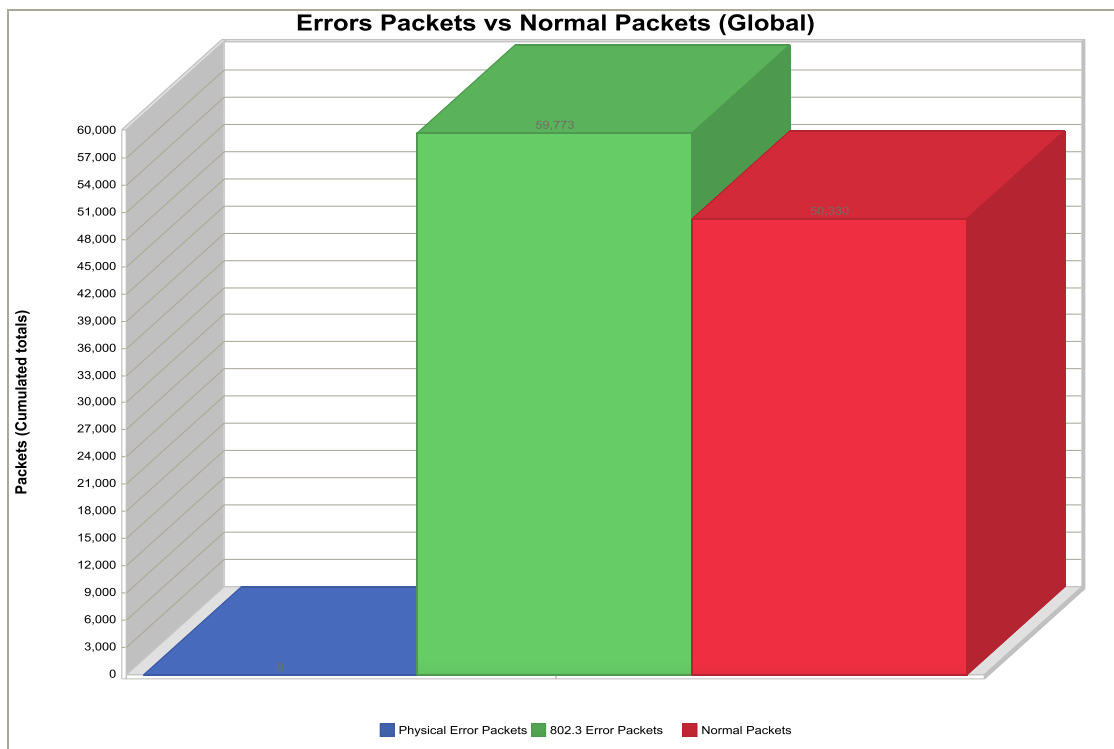


Figura III: 55 Gráfica de Barras que Describe el Comportamiento de la TX

## 3.2 Parámetros a Comparar

Los parámetros a comparar se definen a continuación:

- Rendimiento de las redes
- Facilidad de instalación
- Portabilidad
- Integridad
- Escalabilidad

## 3.3 Análisis Comparativo

Los dos ambientes definidos con anterioridad son aplicados a cada uno de los parámetros que se lista, al mismo tiempo cada parámetro tiene sus variables que son aplicadas a cada una de las tecnologías estudiadas.

### 3.3.1 Rendimiento de las Redes

El rendimiento de la transmisión de datos se analiza en la red con cable UTP y en la red eléctrica con tecnología PLC, recalcando que las variables que se ajustaron a dichas tecnologías son la velocidad, el retardo, y el eco.

#### **Determinación de Variables:**

- a) Velocidad de transmisión
- b) Retardo de transmisión
- c) Nivel bajo de eco generado por la TX.

A cada variable se le asigna un valor que determina la importancia que tiene en la prueba, este valor es necesario al momento de calcular las estadísticas de todas las variables utilizadas.

### 3.3.1.1 Velocidad de Transmisión

El rendimiento de la red depende directamente de la velocidad de transmisión, mientras más velocidad tenga la transmisión mayor es el rendimiento de la red.

Tabla III: XIII Promedio de la Velocidad del Tamaño del Archivo

TAMAÑO ARCHIVO	VELOCIDAD(Mbps)	
	UTP	PLC
120MB	38,873	5,503
100MB	37,490	5,407
80MB	38,589	5,736
50BM	36,459	5,203
30MB	37,926	5,603
<b>Sumatoria</b>	189,337	27,452
<b>Promedio</b>	<b>37,867</b>	<b>5,490</b>

Tabla III: XIV Promedio de la Velocidad de las Distancias

DISTANCIA EN METROS	VELOCIDAD (Mbps)	
	UTP	PLC
10	17,073	3,640
20	16,432	3,945
30	16,593	3,675
60	17,359	3,603
<b>Total</b>	<b>67,46</b>	<b>14,86</b>
<b>Promedio</b>	<b>16,86</b>	<b>3,72</b>

En las Tablas III:XIII, III:XIV se observa que la velocidad que genera el cable UTP es mucho mayor que la velocidad de transmisión en el cable eléctrico, también se visualiza en las tablas las velocidades que casi son constantes para los dos ambientes de pruebas.

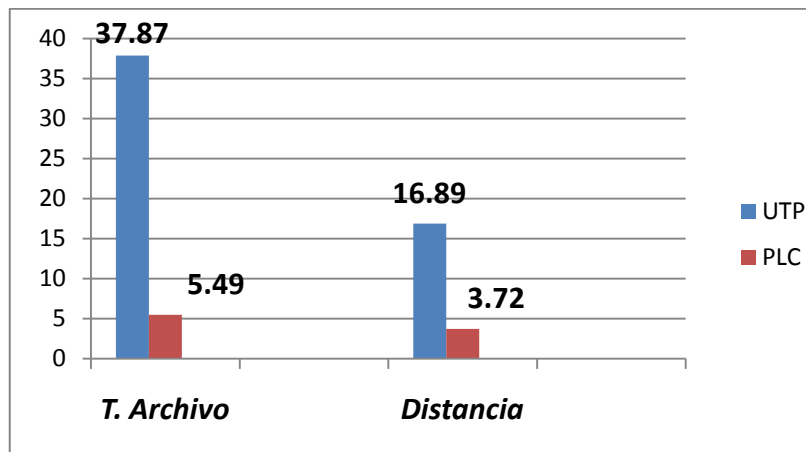


Figura III: 56 Gráfico de Diseño de la Red PLC

En el escenario UTP la velocidad promedio que se obtiene después de las pruebas es 37,87 Mbps en la transmisión de diferentes tamaños de archivos y 16,89Mbps en la transmisión del mismo archivo en diferentes distancias.

En el escenario PLC la velocidad promedio que se obtiene es 5.49 Mbps en la transmisión de diferentes tamaños de archivos y 3.72Mbps en la transmisión del mismo archivo en diferentes distancias.

- Análisis del resultado de la prueba de velocidad en la transmisión de diferentes tamaños de archivos en la misma distancia.

37, 87Mbps es la mayor velocidad del UTP

37,87Mbps → 100% Equivalente a Excelente por lo tanto en cable UTP

Cumple Plenamente.

$$\frac{(5.49 \text{ Mbps} \times 100\%)}{37.87 \text{ Mbps}} = 14.49\%$$

5.49Mbps → 14.49% Equivalente a Regular por lo tanto en el cable eléctrico No Cumple

- Análisis del resultado de la prueba de velocidad en la transmisión de del mismo archivo en diferentes distancias.

16.89Mbps es la mayor velocidad del UTP

16.89Mbps → 100% Equivalente a Excelente por lo tanto en cable UTP

Cumple Plenamente.

$$\frac{(3.72 \text{ Mbps} \times 100\%)}{16.89\text{Mbps}} = 22.02\%$$

3.72Mbps → 22.02% Equivalente a Regular por lo tanto el cable en el cable eléctrico No Cumple

**Tabla III: XV Valoración de la Velocidad en los Escenarios**

VARIABLE	PLC	VALOR	UTP	VALOR
Velocidad de TX	No se Cumple	1	Cumple Plenamente	4

En la tabla III:XV se resume que en el escenario PLC ambas pruebas alcanzan una calificación de regular debido a su baja velocidad lo que conlleva a tener una valoración de 1 punto, en cambio en el ambiente UTP ambas pruebas tienen una calificación de excelente por lo que su valoración es de 4 puntos. Valoración (1,4)/4

### 3.3.1.2 Retardo en la Transmisión

El retardo que existe en la transmisión de datos es otro indicador que regula el rendimiento de la red, el retardo es el tiempo que se demora en enviar o recibir los datos entre una y otra computadora, la relación que existe con el

rendimiento es de forma inversa, es decir mientras menor sea el tiempo de retardo mayor es el rendimiento de la red.

Tabla III: XVI Retardo Producido en los Escenarios de Estudio

TAMAÑO DE PAQUETES	RETARDO (ms)	
	UTP	PLC
8000	0,5	34,5
10000	1,0	11,0
21000	2,0	23,5
27000	2,5	29,5
32000	2,5	32,5
40000	3,5	43,5
49000	4,0	54,5
50000	4,5	51,5
65500	5,5	67,0
<b>Sumatoria</b>	<b>26,00</b>	<b>347,50</b>
<b>Promedio</b>	<b>2,89</b>	<b>38,61</b>

En la Tabla III:XVI se compara el retardo que existe en la red UTP y en la red eléctrica con tecnología PLC, la misma que muestra un promedio bastante bajo para la primera tecnología y un promedio bastante alto para el segundo escenario.

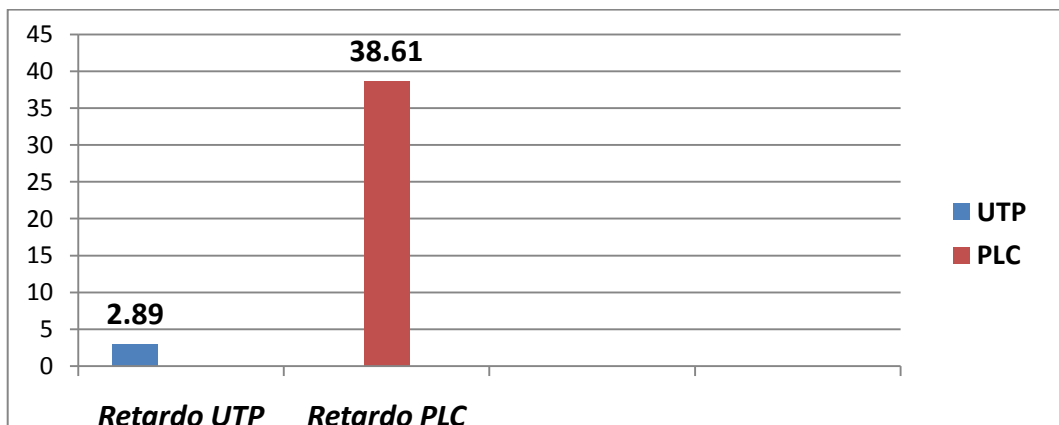


Figura III: 57 Retardo Producido en los Escenarios de Estudio

En la Figura III:57 se muestra que el promedio del retardo en el cable UTP es 2,89ms mientras que el retardo en el cable eléctrico es de 38.61ms

▪ **Análisis del Retardo**

Esta relación es inversa, es decir cuando menor es el retardo mayor es el rendimiento de la red. Por lo que utilizamos la siguiente relación.

$$\left(1 - \frac{X}{100}\right) * 100\%$$

▪ **Retardo en el cable UTP**

$$\left(1 - \frac{2.89}{100}\right) * 100\% = 97.11\%$$

97.11% → Equivale a Excelente por lo tanto el cable UTP Cumple Plenamente.

▪ **Retardo en el Cable Eléctrico**

$$\left(1 - \frac{38.61}{100}\right) * 100\% = 61.39\%$$

61.39% → Equivale a Muy Bueno por lo tanto el retardo en el cable eléctrico Cumple Aceptablemente.

**Tabla III: XVII Valoración del Retardo en los Escenarios de Estudio**

<b>VARIABLE</b>	<b>PLC</b>	<b>VALOR</b>	<b>UTP</b>	<b>VALOR</b>
Retardo	Cumple Aceptablemente	3	Cumple Plenamente	4

Los valores que se listan en la tabla III:XVII tienen su fundamento en el siguiente análisis. El retardo que existe en la transmisión de datos en el cable eléctrico tiene un promedio de 38.61ms, de 9 pruebas realizadas, por lo que este indicador en este escenario cumple aceptablemente y obtiene un valor de 3 puntos, en cambio en el cable UTP el promedio de retardo es de apenas de 2,89ms cumpliendo plenamente las exigencias de la transmisión por lo que se asigna un valor de 4 puntos. Valoración (3,4)/4.

### 3.3.1.3 Nivel Bajo de Eco Generado por la TX

Sabiendo que el eco es una señal que no encuentra su destino y regresa a su origen provocando así un error en la transmisión, este indicador determina el rendimiento de la red, su relación es inversa, es decir mientras menor sea el eco mejor es el rendimiento de la red.

Tabla III: XVIII Cálculo de los Errores en la Transmisión de Diferentes Archivos

TAMAÑO ARCHIVO	ERRORES DEPAQUETES	
	UTP	PLC
120MB	0	6.556
100MB	0	5.874
80MB	0	5.269
50MB	0	4.879
30MB	0	3.871
<b>Sumatoria</b>	<b>0</b>	<b>6.556</b>
<b>Promedio</b>	<b>0</b>	<b>5.874</b>

Tabla III: XIX Cálculo de los Errores en la TX del Archivo en Función de las Distancias

DISTANCIA EN METROS	ERRORES DEPAQUETES	
	UTP	PLC
10	0	59.344
20	0	59.773
30	0	57.921
60	12.970	54.648
<b>Sumatoria</b>	<b>12.970,0</b>	<b>231.686,0</b>
<b>Promedio</b>	<b>3.242,5</b>	<b>57.921,5</b>

Las Tablas III:XVIII, III:XIX muestran claramente que en todas las pruebas realizadas existen errores de transmisión en el escenario PLC. En el escenario UTP, solo se encuentra errores de transmisión en la prueba de la distancia de 60 metros.

En la Figura III:58 se observa los valores promedios que alcanzan cada una de la tecnologías.



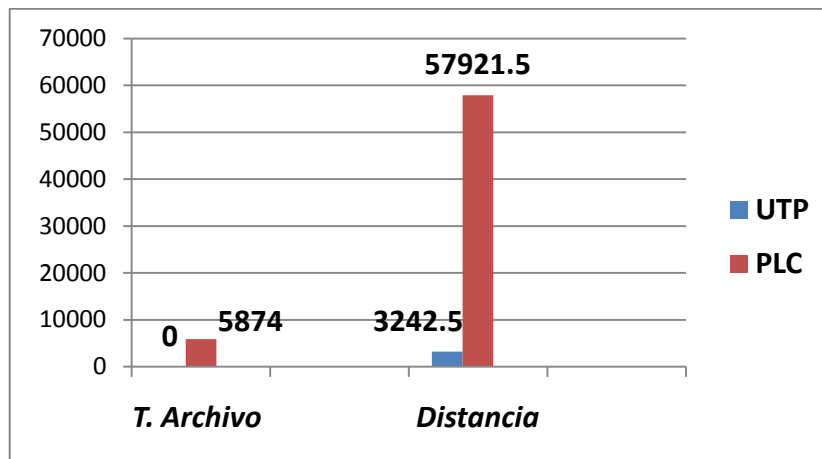


Figura III: 58 Errores que Produce en la Transmisión de Archivos

En la transmisión de diferentes tamaños de archivos a una misma distancia se obtiene:

- 0.0 Errores en el cable UTP.
- 5874 Errores en el cable eléctrico.

En la transmisión del mismo archivo a diferentes distancias se obtiene:

- 3242.5 Errores para el cable UTP.
- 57921.5 errores para el cable eléctrico.

### Análisis de los Resultados

Como el eco y el rendimiento tiene una relación inversa, es decir mientras menor sea el eco mayor es el rendimiento, aplicamos la siguiente formula.

$$\left(1 - \frac{X}{100}\right) * 100\%$$

Eco en el cable UTP en la primera prueba (Tamaño de archivo)

$$\left(1 - \frac{0}{100}\right) * 100\% = 100\%$$

100% → Equivale a Excelente por lo tanto el cable UTP Cumple Plenamente.

Eco en el cable eléctrico en la primera prueba (Tamaño de archivo)

$$\left(1 - \frac{5874,5}{100\ 000}\right) * 100\% = 5.87\%$$

5.87% → Equivale a Regular por lo tanto el cable eléctrico No Cumple.

Eco en el cable UTP en la segunda prueba (Distancia)

$$\left(1 - \frac{3242,5}{100\ 000}\right) * 100\% = 96.75\%$$

96.75% → Equivale a Excelente por lo tanto el cable UTP Cumple Plenamente.

Eco en el cable eléctrico en la segunda prueba (Distancia)

$$\left(1 - \frac{57921,5}{100\ 000}\right) * 100\% = 42.07\%$$

42.07% → Equivale a Bueno por lo tanto el cable eléctrico Cumple Insatisfactoriamente.

En el escenario UTP en ambas pruebas se obtiene las equivalencias de Excelente.

En el escenario PLC en las dos pruebas se obtiene unas equivalencias de Regular y Bueno respectivamente, por lo que el promedio de la equivalencia final es Bueno.

Tabla III: XX Valoración del Eco en los Escenarios de Estudio

VARIABLE	PLC	VALOR	UTP	VALOR
Nivel bajo de eco generado por la TX	Cumple Insatisfactoriamente	2	Cumple Plenamente	4

Los valores que se listan en la Tabla III:XX se fundamentan en el siguiente análisis. La red eléctrica produce un elevado número de eco lo que incurre a tener un elevado número de errores, este indicador no cumple con las expectativas puestas en este escenario, por lo que se otorga un valor de 2 puntos. En el escenario UTP se puede encontrar hasta 0 ecos lo que implica a tener 0 errores, por lo que cumple plenamente con este indicador. Valoración (2/4)/4

Con todos los resultados que se obtiene y se muestra en la Tabla III:XXI se procede a realizar el cálculo estadístico del rendimiento de la red.

**Tabla III: XXI Comparativa del Rendimiento de la Red**

<b>VARIABLE</b>	<b>PLC</b>	<b>VALOR</b>	<b>UTP</b>	<b>VALOR</b>
Velocidad de TX	No Cumple	1	Cumple Plenamente	4
Bajo nivel de retardo en la TX	Cumple Aceptablemente	3	Cumple Plenamente	4
Nivel bajo de eco generado por la TX	Cumple Insatisfactoriamente	2	Cumple Plenamente	4
<b>TOTAL</b>		<b>6</b>		<b>12</b>

**Calificación:**

$$Pr = \sum(w) = 4 + 4 + 4 = 12$$

$$P_{PLC} = \sum(y) = 1 + 3 + 2 = 6$$

$$P_{UTP} = \sum(x) = 4 + 4 + 4 = 12$$

$$P_{PLC} = (P_{PLC} / P_c) * 100 = (6/12)*100 = 50\%$$

$$P_{UTP} = (P_{UTP} / P_c) * 100 = (12/12)*100 = 100\%$$

**Dónde:**

- **Pr:** Es el puntaje referente obtenido de la sumatoria de los valores de las variables.
- **PPLC:** Es puntaje obtenido de la sumatoria de las calificaciones alcanzadas de las variables aplicadas en el cable eléctrico.
- **PUTP:** Es el puntaje obtenido de la sumatoria de las calificaciones alcanzadas de las variables aplicadas en el cable UTP.
- **P\_PLC:** Porcentaje de la calificación obtenido en la red PLC.
- **P\_UTP:** Porcentaje de la calificación obtenido en la red UTP.

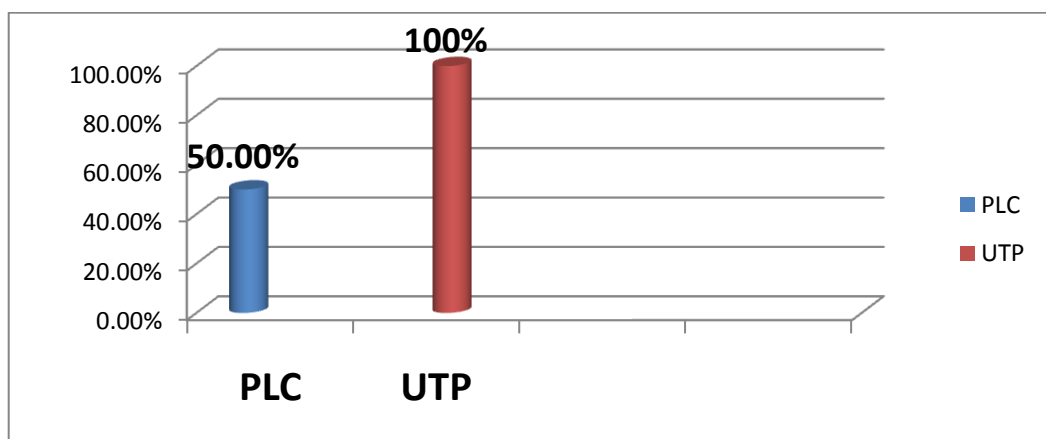


Figura III: 59 Resultado del Rendimiento de la Red

### 3.3.2 Facilidad de Instalación

Realizar o implementar una LAN en una edificación o vivienda implica tener que realizar un estudio previo del diseño, un cálculo aproximado del costo, una readecuación del espacio físico, en este parámetro se orienta a analizar las facilidades y dificultades que prestan estas dos tecnologías al momento de instalar y configurar una LAN.

### Determinación de Variables:

- a) Facilidad de diseñar e implementar una red LAN
- b) Facilidad de conexión
- c) No requerir de un experto para implementar la red
- d) No rediseñar la infraestructura física del lugar donde se implantará la red
- e) Manipulación permanente y total del tendido de la red
- f) Ahorro de recursos
- g) Reducción de costos
- h) Ahorro de tiempo

### 3.3.2.1 Facilidad de Diseñar e Implementar una Red LAN

Para diseñar e implementar una red se debe tener un conocimiento pleno del asunto, este indicador trata de comprobar cuál de las dos tecnologías ofrece más facilidades para el diseño, este aspecto es muy importante ya que al no tener que recurrir de un diseño previo ahorra tiempo y dinero.

Tabla III: XXII Aspectos en el Diseño de la Red

ASPECTOS A TOMAR EN CUENTA PARA EL DISEÑO DE LA RED	AMBIENTES DE COMPARACIÓN			
	UTP		PLC	
	Necesario	Puntaje /25	Necesario	Puntaje /25
Distancia.	Si	25	No	0
Estudio del lugar físico	Si	25	No	0
Experto en diseño/red	Si	25	Poco	7
Tiempo de diseño	Si	25	No	0
<b>Total</b>		<b>100</b>		<b>7</b>

En la Tabla III:XXII se observa que el resultado del ambiente PLC es de 7 puntos, debido a que esta tecnología no necesita de un diseño de red, y lo único que se hace es revisar el estado de las conexiones eléctricas. En el

ambiente UTP es necesario tener un diseño completo de la red, por lo que en todos sus puntos se califica con la máxima puntuación permitida.

### **Análisis de los Resultados**

Mientras menos requerimientos se utilicen en el diseño de la red, la facilidad de instalación aumenta considerablemente, esta relación que existe es de forma inversa, por lo que aplicaremos la siguiente ecuación.

$$\left(1 - \frac{X}{100}\right) * 100\%$$

- **En el ambiente UTP**

$$\left(1 - \frac{100}{100}\right) * 100\% = 0\%$$

0% → Equivale a Regular por lo tanto el cable UTP con este indicador está En Desacuerdo.

- **En el ambiente PLC**

$$\left(1 - \frac{7}{100}\right) * 100\% = 93\%$$

93% → Equivale a Excelente por la tecnología PLC con este indicador está Totalmente de Acuerdo.

**Tabla III: XXIII Valoración de la Variable Facilidad de Diseño de Red**

<b>VARIABLES</b>	<b>PLC</b>	<b>VALOR</b>	<b>UTP</b>	<b>VALOR</b>
Facilidad de diseñar e implementar una LAN	Totalmente de Acuerdo	4	En Desacuerdo	1

Los valores que obtienen cada una de las tecnologías y se muestran en la Tabla III:XXIII tienen su fundamento en el siguiente análisis. Implementar o diseñar una LAN en el sistema del cableado eléctrico resulta mucho más fácil,

ya que obvia muchos aspectos que es necesario tomar en cuenta si se diseña una LAN con cable UTP como son distancias, estudio previo del lugar físico, el requerimiento de un experto para diseñar e implementar la red, por todos estos aspectos la tecnología PLC tiene un valor de 4 puntos, mientras que a la red con cable UTP a pesar que es la más utilizada y la más conocida se le da el valor de 1 punto. Valoración (4,1)/4

### 3.3.2.2 Facilidad de Conexión

Conectar dos o más computadoras en red conlleva a tener en cuenta aspectos importantes como son configuración lógica de las computadoras y conocimiento del tipo de conexión que se va a llevar a cabo (Nivel físico), por estos aspectos anotados este indicador es indispensable para las pruebas que demostrarán en cuál de las dos tecnologías es más fácil la conexión.

Tabla III: XXIV Aspectos en la Conexión de la Red

ASPECTOS A TOMAR EN CUENTA EN LA CONEXIÓN	AMBIENTES DE COMPARACIÓN			
	UTP		PLC	
	Necesario	Puntaje /25	Necesario	Puntaje /25
Conocer el orden de los cables (código de colores)	Si	25	No	0
Usar herramientas especiales	Si	25	No	0
Usar canaletas, cajetines, taladro, etc.	Si	25	No	0
Usar Switch/Router	Si	25	No	0
<b>TOTAL</b>		<b>100</b>		<b>0</b>

La Tabla III:XXIV muestra los requerimientos que se debe tomar en cuenta al momento de elaborar una red, en el caso UTP es necesario todos los aspectos listados, es por eso que tiene un acumulado de 100 puntos, mientras que en el

ambiente PLC no se necesitan estos requerimientos que muestra la Tabla III:XXVII, por esta razón tiene un acumulado de 0 puntos.

### **Análisis de los Resultados**

La relación que existe es inversa entre la conexión de computadoras en red y la facilidad de instalación, es decir mientras menos requerimientos exija mayor es la facilidad de instalación.

$$\left(1 - \frac{X}{100}\right) * 100\%$$

- **En el ambiente UTP**

$$\left(1 - \frac{100}{100}\right) * 100\% = 0\%$$

0% → Equivale a Regular por lo tanto el cable UTP con este indicador está En Desacuerdo.

- **En el ambiente PLC**

$$\left(1 - \frac{0}{100}\right) * 100\% = 100\%$$

100% → Equivale a Excelente por lo tanto la tecnología PLC con este indicador está Totalmente de Acuerdo.

**Tabla III: XXV Valoración de la Variable Conexión de la Red**

<b>VARIABLES</b>	<b>PLC</b>	<b>VALOR</b>	<b>UTP</b>	<b>VALOR</b>
Facilidad de Conexión	Totalmente de Acuerdo	4	En Desacuerdo	1

Los valores que se listan en la Tabla III:XXV se fundamentan en el siguiente análisis. Las conexiones que se realizan en el cable eléctrico no requiere de un avanzado conocimiento, el modem PLC y el cable eléctrico funcionan como un



Switch permitiendo conectar más terminales al cable eléctrico, el proceso de conexión es igual para 2 o más computadoras, es por esta facilidad que se le otorga 4 puntos, mientras que en el cable UTP tiene que saber necesariamente todos los aspectos que involucran conectar varias computadoras en red, es por esta razón que se otorga 1 punto. Valoración (4,1)/4.

### 3.3.2.3 No Requerir de un Experto para Implementar la Red

Para implementar la red es necesario contar con un experto en redes o a su vez tener plenos conocimientos sobre el tema, ya que se debe tener en cuenta aspectos importantes como rediseñar el espacio físico, ponchar los cables UTP con los conectores RJ-45, cajetines, configurar de manera lógica la CPU, etc. Este indicador es necesario para comparar las dos tecnologías estudiadas y establecer si necesariamente se debe tener un experto al frente.

Tabla III: XXVI Aspectos en el Experto en Redes

ASPECTOS A TOMAR EN CUENTA POR EL EXPERTO	AMBIENTES DE COMPARACIÓN.			
	UTP		PLC	
	Necesario	Puntaje /25	Necesario	Puntaje /25
Diseñar el espacio físico	Si	25	No	0
Usar herramientas especiales	Si	25	No	0
Configuración lógica de las CPUs	Si	25	Si	25
Considerar costos de cables UTP, conectores RJ-45, cajetines, swiche, canaletas	Si	25	No	0
<b>Total</b>		<b>100</b>		<b>25</b>

En la Tabla III:XXVI se puede observar que en el escenario UTP es necesario tomar en cuenta todos los aspectos puestos en consideración en su totalidad por lo que acumula 100 puntos. Mientras que en el escenario PLC solo es necesario la configuración lógica de las CPUs por lo que acumula 25 puntos.

### **Análisis de los Resultados**

Mientras menos aspectos de los listados ocupe el experto mayor es la facilidad de instalación, existe una relación inversa para la cual aplicamos la siguiente formula.

$$\left(1 - \frac{X}{100}\right) * 100\%$$

- **En el ambiente UTP**

$$\left(1 - \frac{100}{100}\right) * 100\% = 0\%$$

0% → Equivale a Regular por lo tanto el cable UTP con este indicador está En Desacuerdo.

- **En el ambiente PLC**

$$\left(1 - \frac{25}{100}\right) * 100\% = 75\%$$

75% → Equivale a Muy bueno por lo tanto la tecnología PL con este indicador está Mayoritariamente de Acuerdo.

**Tabla III: XXVII Valoración de la Variable Experto en Redes**

<b>VARIABLES</b>	<b>PLC</b>	<b>VALOR</b>	<b>UTP</b>	<b>VALOR</b>
No requerir de un experto para implementar la red	Mayoritariamente de Acuerdo	3	En Desacuerdo	1

En la Tabla III:XXVII se listan los valores que alcanzan cada una de las tecnologías en estudio, estos resultados se fundamentan en el siguiente análisis. A pesar de que la red PLC no necesita de muchos recursos, si es necesario contar con un experto para configurar la computadoras de forma lógica, ya que se necesita configurar un servidor de red, establecer permisos de conexión y configurar las maquinas clientes, por este motivo tiene una

calificación de 3 puntos. Mientras que el escenario UTP requiere de un experto en toda la fase, desde el inicio hasta el final de su implementación, por este motivo tiene una calificación de 1 punto. Valoración (3,1)/4.

### 3.3.2.4 No Rediseñar la Infraestructura Física del Lugar donde se Implanta la Red

Dejar intacto el ambiente físico después de implementar la red es imposible, ya que con el tendido de los cables conlleva a realizar perforaciones de las paredes para conectar a los clientes, tender canaletas, buscar el sitio más adecuado para instalar el Switch/Router, instalar cajetines.

Tabla III: XXVIII Aspectos en el Rediseño

ASPECTOS A TOMAR EN CUENTA PARA EL REDISEÑO	AMBIENTES DE COMPARACIÓN			
	UTP		PLC	
	Necesario	Puntaje /25	Necesario	Puntaje /25
Perforación de paredes	Si	25	No	0
Usar canaletas y cajetines	Si	25	No	0
Distancia	Si	25	Poco	7
Considerar costos	Si	25	No	0
<b>Total</b>		<b>100</b>		<b>7</b>

La Tabla III:XXVIII muestra el acumulado del ambiente UTP que es de 100 puntos, porque en los aspectos que considera alcanzan 25 puntos cada uno, lo que demuestra la importancia de los mismos. Mientras que en el ambiente PLC el acumulado total es 7 puntos lo que indica las importancia o la necesidad de los mismos.

### Análisis de los Resultados

Mientras menos aspectos de los listados se utiliza en el rediseño mayor es la facilidad de instalación, existe una relación inversa para la cual aplicamos la siguiente formula.

$$\left(1 - \frac{X}{100}\right) * 100\%$$

▪ **En el ambiente UTP**

$$\left(1 - \frac{100}{100}\right) * 100\% = 0\%$$

0% → Equivale a Regular por lo tanto el cable UTP con este indicador está En Desacuerdo.

▪ **En el ambiente PLC**

$$\left(1 - \frac{7}{100}\right) * 100\% = 93\%$$

93% → Equivale a Excelente por lo tanto la tecnología PLC con este indicador está Totalmente de Acuerdo.

**Tabla III: XXIX Valoración de Variable Rediseñar la Estructura Física**

<b>VARIABLES</b>	<b>PLC</b>	<b>VALOR</b>	<b>UTP</b>	<b>VALOR</b>
No rediseñar la infraestructura física del lugar donde se implanta red	Totalmente de Acuerdo	4	En Desacuerdo	1

La tabla III:XXIX muestra los valores que alcanzan los dos tecnologías en estudio, este resultado es producto del siguiente análisis. El ambiente PLC utiliza el diseño de la red eléctrica que además de conectar a las oficinas aledañas ya se encuentra tendido en el interior de los mismos, este es el motivo de obviar el rediseño del espacio físico, por lo que esta variable obtiene 4 puntos. Por lo contrario su competidor UTP necesita acoplar el espacio físico a la red en su totalidad, por lo que su calificación es de 1 punto. Valoración (4,1)/4

### 3.3.2.5 Manipulación Permanente y Total del Tendido de la Red

Manipular de manera física la red, permite corregir algunos detalles del diseño, poder cambiar de sitio un terminal o conectar y desconectar la red hace que este indicador sea indispensable para el estudio de las dos tecnologías y establecer cual permite su manipulación física permanentemente.

Tabla III: XXX Aspectos en la Manipulación de la Red

ASPECTOS A TOMAR EN CUENTA EN LA MANIPULACIÓN	AMBIENTES DE COMPARACIÓN			
	UTP		PLC	
	Necesario	Puntaje /25	Necesario	Puntaje /25
Corregir errores de diseño	Poco	7	Mayormente	14
Cambiar de sitios los terminales	No	0	Si	25
Conexión y desconexión de la red	No	0	Si	25
Tomar en cuenta la Distancia (atenuación)	Si	25	Poco	7
<b>Total</b>		<b>32</b>		<b>71</b>

En la Tabla III:XXX se observa que el ambiente UTP alcanza una puntuación de 32 puntos, lo que quiere decir que es baja su manipulación, En el ambiente PLC alcanza un total de 71 puntos, lo que indica que si es manipulable pero teniendo en cuenta la distancia que aunque la atenuación en el cable eléctrico es a los 200m no hay que descuidar este punto.

#### Análisis de los Resultados

Mientras más aspectos de los listados se utiliza en la manipulación mayor es la facilidad de instalación, existe una relación directa para la cual aplicamos la siguiente formula.

$$\left(\frac{X}{100}\right) * 100\%$$

- **En el ambiente UTP**

$$\left(\frac{25}{100}\right) * 100\% = 25\%$$

32% → Equivale a Bueno por lo tanto el cable UTP con este indicador está Parcialmente Acuerdo.

- **En el ambiente PLC**

$$\left(\frac{71}{100}\right) * 100\% = 71\%$$

71% → Equivale a Muy Bueno por lo tanto la tecnología PLC con este indicador está Mayoritariamente de Acuerdo.

Con los valores que alcanzan cada una de las tecnologías en estudio y se muestra en la Tabla III:XXXI se puede decir que la tecnología PLC ofrece toda la posibilidad de manipular su red, mientras que la red UTP es estática y una vez implementada no se puede hacer nada más.

**Tabla III: XXXI Valoración de la Variable Manipulación de la Red**

<b>VARIABLES</b>	<b>PLC</b>	<b>VALOR</b>	<b>UTP</b>	<b>VALOR</b>
Manipulación permanente y total del tendido de la red	Mayoritariamente de Acuerdo	3	Parcialmente de Acuerdo	2

A pesar que el escenario PLC permite manipular la red a nuestros requerimientos hay que tener en cuenta la atenuación que existe por distancia y por las interferencias que proporcionan los equipos eléctricos conectados, por lo que la calificación que tiene este indicador en el ambiente PLC es de 3 puntos, la red UTP presta alguna posibilidad de manipular la red por lo que su calificación es de 2 puntos. Valoración (3,1)/4.

### 3.3.2.6 Ahorro de Recursos

Al no tener tantos recursos que utilizar en la implementación de una red conlleva a reducir costos y tiempo, por lo que este indicador es necesario para estudiar cuál de las dos tecnologías ahorra más recursos.

Tabla III: XXXII Aspectos en el Ahorro de Recursos

ASPECTOS A TOMAR EN EL AHORRO DE RECURSOS	AMBIENTES DE COMPARACIÓN			
	UTP		PLC	
	Necesario	Puntaje /25	Necesario	Puntaje /25
Recuso humano	No	0	Si	25
Infraestructura de conexión	No	0	Si	25
Tiempo de conexión	No	0	Si	25
Recurso económico	No	0	no	0
<b>Total</b>		<b>0</b>		<b>75</b>

La red UTP utiliza necesariamente todos los aspectos listados en la Tabla III:XXXII por lo que no ahorra ni un solo recurso, es por eso que su puntaje en el ahorro es de 0 puntos. En la red PLC si existe ahorro de recursos por lo que su acumulado total es 100 puntos.

#### Análisis de los Resultados

Mientras más aspectos de los listados se utiliza en el ahorro de recursos mayor es la facilidad de instalación, existe una relación directa para la cual aplicamos la siguiente formula.

$$\left(\frac{X}{100}\right) * 100\%$$

- **En el ambiente UTP**

$$\left(\frac{0}{100}\right) * 100\% = 0\%$$

0% → Equivale a Regular por lo tanto el cable UTP con este indicador está En Desacuerdo.

▪ **En el ambiente PLC**

$$\left(\frac{75}{100}\right) * 100\% = 75\%$$

75% → Equivale a muy bueno por lo tanto la tecnología PLC con este indicador está Mayoritariamente de Acuerdo.

**Tabla III: XXXIII Valoración de Variable Ahorro de Recursos**

<b>VARIABLES</b>	<b>PLC</b>	<b>VALOR</b>	<b>UTP</b>	<b>VALOR</b>
Ahorro de recursos	Mayoritariamente de Acuerdo	3	En Desacuerdo	1

Los valores que se muestran en la Tabla III:XXXIII tienen su fundamento en el siguiente análisis. El escenario PLC ahorra mayoritariamente los recursos, por lo que su valor es de 3 puntos, mientras que el ambiente UTP tiene que ocupar necesariamente todos los recursos que impuestos para la elaboración de una red, por lo que su calificación es de 1 puntos. Valoración (3,1)/4.

### **3.3.2.7 Reducción de Costos**

El costo es un indicador necesario, ya que depende del valor propuesto para que el cliente tome la decisión si se implementa o no la red.

En el módulo de pruebas esta la comparación entre los dos escenarios propuestos en la cual se evidencia que si existe un ahorro para el tendido eléctrico.



**Tabla III: XXXIV Valoración de la Variable Reducción de Costos**

<b>VARIABLES</b>	<b>PLC</b>	<b>VALOR</b>	<b>UTP</b>	<b>VALOR</b>
Reducción de costos	Totalmente de Acuerdo	4	Mayoritariamente de Acuerdo	3

La Tabla III:XXXIV muestra los valores de las tecnologías en estudio, este resultado tiene su fundamento en el siguiente análisis. Existe una diferencia de 60 dólares a favor del ambiente PLC convirtiéndole la más barata por lo que recibe la calificación 4 puntos. Mientras que su competidor recibe 3 puntos porque a pesar de que su costo es elevado es la más utilizada. Valoración (4,3)/4.

### 3.3.2.8 Ahorro de Tiempo

El tiempo que tarda en implementar una red es muy importante, ya que en muchas ocasiones es un factor de decisión que conlleva a elaborar la red. Siendo un indicador indispensable, es el ideal para comparar cuál de las dos tecnologías se demora más en implementar una red.

**Tabla III: XXXV Aspectos en el Tiempo de Instalación**

<b>ASPECTOS A TOMAR EN EL DE TIEMPO INSTALACIÓN</b>	<b>AMBIENTES DE COMPARACIÓN</b>			
	<b>UTP</b>		<b>PLC</b>	
	<b>Necesario</b>	<b>Puntaje /25</b>	<b>Necesario</b>	<b>Puntaje /25</b>
Diseño/estudio de la red	Si	25	No	0
Estudio del ambiente físico	Si	25	Poco	7
Tendido de cables	Si	25	No	0
Instalación de recursos para la red(canaletas, cajetines, etc.)	Si	25	No	0
<b>Total</b>		<b>100</b>		<b>7</b>

En la Tabla III:XXXV se muestra que los aspectos que toma en cuenta la red UTP la red PLC no utiliza, es por eso que reciben una puntuación de 100 y 7 puntos respectivamente.

### **Análisis de los Resultados**

Mientras menos aspectos de los listados se utiliza mayor es la facilidad de instalación, existe una relación inversa para la cual aplicamos la siguiente formula.

$$\left(1 - \frac{X}{100}\right) * 100\%$$

- **En el ambiente UTP**

$$\left(1 - \frac{100}{100}\right) * 100\% = 0\%$$

0% → Equivale a Regular por lo tanto el cable UTP con este indicador está En Desacuerdo.

- **En el ambiente PLC**

$$\left(1 - \frac{7}{100}\right) * 100\% = 93\%$$

93% → Equivale a Excelente por lo tanto la tecnología PLC con este indicador está Totalmente de Acuerdo.

**Tabla III: XXXVI Valoración de Variable Ahorro de Tiempo**

<b>VARIABLES</b>	<b>PLC</b>	<b>VALOR</b>	<b>UTP</b>	<b>VALOR</b>
Ahorro de tiempo	Totalmente de Acuerdo	4	En Desacuerdo	1

La Tabla III:XXXVI muestra los valores que alcanzan cada una de las tecnologías en estudio, en el siguiente análisis se justifica el resultado. En el

ahorro del tiempo, la tecnología propuesta gana mayoritariamente, ya que para tender una red con cables UTP se demora como mínimo un día, ya que implica el tendido de cables, y la readecuación físico del ambiente, mientras que utilizando los módems PLC consumiría 2 horas como máximo. (4,1)/4.

En la Tabla III:XXXVII se muestra el resumen de los indicadores con sus respectivos valores obtenidos en cada una de las pruebas, con estos valores se realizara el cálculo de sus respectivas estadísticas.

**Tabla XXXVII Facilidad de Instalación**

VARIABLES	PLC	VALOR	UTP	VALOR
Facilidad de diseñar e implementar una red LAN	Totalmente de Acuerdo	4	No Cumple	1
Facilidad de conexión	Totalmente de Acuerdo	4	No Cumple	1
No requerir de un experto para implementar la red	Mayoritariamente de Acuerdo	3	No Cumple	1
No rediseñar la infraestructura física del lugar donde se implantará la red	Totalmente de Acuerdo	4	No Cumple	1
Manipulación permanente y total del tendido de la red	Mayoritariamente de Acuerdo	3	Parcialmente de Acuerdo	2
Ahorro de recursos	Mayoritariamente de Acuerdo	3	No Cumple	1
Reducción de costos	Totalmente de Acuerdo	4	Mayoritariamente de Acuerdo	3
Ahorro de tiempo	Totalmente de Acuerdo	4	No Cumple	1
<b>Total</b>		<b>29</b>		<b>11</b>

**Calificación:**

$$Pr = \sum(w) = 4 + 4 + 4 + 4 + 4 + 4 + 4 + 4 = 32$$

$$P_{PLC} = \sum(y) = 29$$

$$P_{UTP} = \sum(x) = 11$$

$$P_{PLC} = (P_{PLC} / P_c) * 100 = (29/32)*100 = 90.62\%$$

$$P_{UTP} = (P_{UTP} / P_c) * 100 = (11/32)*100 = 34.37\%$$

**Dónde:**

- **Pr:** Es el puntaje referente obtenido de la sumatoria de los valores de las variables.
- **PPLC:** Es puntaje obtenido de la sumatoria de las calificaciones alcanzadas de las variables aplicadas en el cable eléctrico.
- **POTP:** Es el puntaje obtenido de la sumatoria de las calificaciones alcanzadas de las variables aplicadas en el cable UTP.
- **P\_PLC:** Porcentaje de la calificación obtenido en la red PLC.
- **P\_ UTP:** Porcentaje de la calificación obtenido en la red UTP.

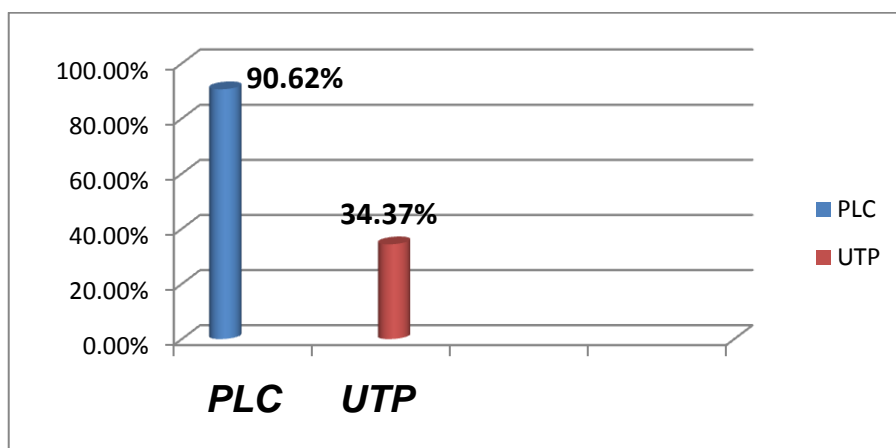


Figura III: 60 Comparación de Porcentajes de Facilidad de Instalación

### 3.3.3 Portabilidad

Se refiere a la facilidad de trasladar a diferentes localizaciones físicas toda la red implementada. Se trata de la capacidad de reubicarla misma red a una habitación aledaña o trasladar a un piso diferente (arriba o abajo), inclusive se trata de estudiar la posibilidad de trasladar fuera de una ciudad.

**Determinación de Variables:**

- a) Facilidad para trasladar de sitio la red.
- b) Reutilización de los recursos de la red antigua.
- c) Colaboración de un experto en redes para el traslado de la red.
- d) Uso mínimo de tiempo para la reubicación.
- e) Facilidad de acoplarse la red a su nuevo lugar.
- f) Costo de traslado de la red.

**3.3.3.1 Facilidad para Trasladar de Sitio la Red**

Se refiere a cambiar de sitio toda la infraestructura de la red, este indicador es indispensable para evaluar cuál de las dos tecnologías en competición puede ofrecer este servicio.

Tabla III: XXXVIII Aspectos en el Traslado de la Red

ASPECTOS A TOMAR EN EL TRASLADO DE LA RED	AMBIENTES DE COMPARACIÓN			
	UTP		PLC	
	Necesario	Puntaje /25	Necesario	Puntaje /25
Estudio del nuevo lugar.	Si	25	Poco	7
Realizar un diseño del nuevo lugar.	Si	25	No	0
Presencia de un experto	Si	25	No	0
Rediseñar físicamente el nuevo sitio.	Si	25	No	0
<b>Total</b>		<b>100</b>		<b>7</b>

En la Tabla III:XXXVIII se puede encontrar que el ambiente UTP necesita mayoritariamente cada uno de los aspectos citados, es por eso que alcanza un total de 100 puntos. En el escenario PLC solo necesita de un pequeño estudio del lugar para proyectarse al traslado de la red, por lo que acumula un total de 7 puntos.

### **Análisis de los Resultados**

Mientras menos aspectos se usen para trasladar la red mejora notablemente la portabilidad de la red.

$$\left(1 - \frac{X}{100}\right) * 100\%$$

- **En el ambiente UTP**

$$\left(1 - \frac{100}{100}\right) * 100\% = 0\%$$

0% → Equivale a Regular por lo tanto el escenario UTP es Inadecuado.

- **En el ambiente PLC**

$$\left(1 - \frac{7}{100}\right) * 100\% = 93\%$$

93% → Equivale a Excelente por lo tanto la tecnología PLC es Muy Adecuado.

**Tabla III: XXXIX Valoración de la Variable que Traslada la Red**

<b>VARIABLES</b>	<b>PLC</b>	<b>VALOR</b>	<b>UTP</b>	<b>VALOR</b>
Facilidad para trasladar de sitio la red.	Muy Adecuado	4	Inadecuado	1

El resultado que se lista en la Tabla III:XXXIX se fundamenta en el siguiente análisis. La facilidad para trasladar de un lugar a otro las veces que sea necesario, es bastante interesante, ya que si se utiliza la tecnología PLC solo se tiene que desenchufar de los tomacorrientes los módems y colocar en los tomacorrientes elegidos, por esta característica toma un valor de 4 puntos. Por lo contrario en el escenario UTP, es una red rígida incapaz de trasladarse de un lugar a otro, pues en su diseño se establece que los cables y canaletas están pegados a la pared. Valoración (4,1)/4.

### 3.3.3.2 Reutilización de los Recursos de la Red Antigua

Es un punto muy importante, ya que la reutilización de los recursos de la red antigua implica un ahorro significativo en el tiempo y en el costo.

Tabla III: XL Aspectos en la Reutilización de los Recursos

ASPECTOS A TOMAR EN LA REUTILIZACIÓN DE LOS RECURSOS	AMBIENTES DE COMPARACIÓN			
	UTP		PLC	
	Necesario	Puntaje /25	Necesario	Puntaje /25
Posibilidad de que los recursos antiguos estén en perfecto estado.	No	0	Mayormente	14
Posibilidad de que los recursos antiguos acoplen al nuevo sitio.	No	0	Si	25
Posibilidad de que se necesite de un experto.	Si	25	Poco	7
Posibilidad de que se use el diseño de la red antigua	No	0	Si	25
<b>Total</b>		<b>25</b>		<b>71</b>

En la Tabla III:XL se muestra que en el ambiente UTP alcanza un total de 25 puntos lo que significa que en su mayor parte de la red antigua no es reutilizable. Mientras que en el ambiente PLC alcanza un total de 71 puntos lo que quiere decir que en su mayor parte de la red antigua si es reutilizable.

#### Análisis de los Resultados

Mientras más recursos antiguos se reutilicen aumenta notablemente la portabilidad de la red, esta es una relación directa, por lo que utilizaremos la siguiente formula.

$$\left(\frac{X}{100}\right) * 100\%$$

- **En el ambiente UTP**

$$\left(\frac{25}{100}\right) * 100\% = 25\%$$

37% → Equivale a Regular por lo tanto el escenario UTP es Inadecuado.

- **En el ambiente PLC**

$$\left(\frac{71}{100}\right) * 100\% = 71\%$$

81% → Equivale a Muy Bueno por lo tanto la tecnología PLC es Adecuado.

**Tabla III: XLI Valoración de la Variable Reutilización de Recursos**

<b>VARIABLES</b>	<b>PLC</b>	<b>VALOR</b>	<b>UTP</b>	<b>VALOR</b>
Reutilización de los recursos de la red antigua.	Adecuado	3	Inadecuado	1

Los valores que se listan en la Tabla III:XLI es producto del siguiente análisis. La red PLC reutiliza todos sus componentes de red como son los módems PLC y cable UTP, solo se necesita de la colaboración de un experto, por lo anotado este indicador recibe el valor de 3 puntos. Para el escenario UTP no podremos hacer uso de sus recursos en su totalidad, ya que depende mucho del sitio a trasladarse y el requerimiento del cliente, cables con rediseño, switch o router son algunos recursos que se reutilizaría, por lo expuesto este indicador tiene el valor de 1 punto. Valoración (3,1)/4.

### **3.3.3.3 Colaboración de un Experto en Redes para el Traslado de la Red**

Se refiere si para trasladar una red es necesario que esté presente una persona con conocimientos avanzados en este tema.



Tabla III: XLII Aspectos por el Experto en Redes

ASPECTOS A TOMAR EN CUENTA POR EL EXPERTO	AMBIENTES DE COMPARACIÓN			
	UTP		PLC	
	Necesario	Puntaje /25	Necesario	Puntaje /25
Estudiar el nuevo sitio	Si	25	No	0
Diseñar la red para el nuevo sitio.	Si	25	No	0
Hacer un análisis de los recurso a utilizar	Si	25	No	0
Costos por reubicar la red.	Si	25	Poco	7
<b>Total</b>		<b>100</b>		<b>7</b>

En la Tabla III:XLII el ambiente UTP alcanza 100 puntos porque necesariamente necesita de un experto para el traslado de la red. En el ambiente PLC alcanza 7 puntos debido a que el costo que tiene por el traslado es relativamente bajo.

### Análisis de los Resultados

Mientras menos recursos ocupe el experto para trasladar la red aumenta notablemente la portabilidad de la red, es una relación inversa, por lo que aplicamos la siguiente formula.

$$\left(1 - \frac{X}{100}\right) * 100\%$$

- **En el ambiente UTP**

$$\left(1 - \frac{100}{100}\right) * 100\% = 0\%$$

0% → Equivale a Regular por lo tanto el escenario UTP es Inadecuado.

- **En el ambiente PLC**

$$\left(1 - \frac{7}{100}\right) * 100\% = 93\%$$

93% → Equivale a Excelente por lo tanto la tecnología PLC es Muy Adecuado.

**Tabla III: XLIII Valoración de la Variable Colaboración del Experto en Redes**

VARIABLES	PLC	VALOR	UTP	VALOR
Colaboración de un experto en redes para el traslado de la red.	Muy Adecuado	4	Inadecuado	1

Los valores que se lista en la Tabla III:XLIII tiene su fundamento en el siguiente análisis. En el ambiente PLC solo se tiene que pedir ayuda si las CPUs necesitan que se revise la configuración lógica caso contrario no se lo necesita por lo que su valoración es de 4 puntos. En el caso de la red UTP es necesario que un experto esté presente en el traslado de la red de un lugar a otro, ya que se debe realizar un nuevo estudio y diseño, por lo que su calificación es de 1 punto. Valoración (4,1)/3

### 3.3.3.4 Uso Mínimo de Tiempo para la Reubicación

Es el tiempo que se emplea en trasladar de sitio la red, esta variable es muy importante para evaluar cuál de las tecnologías emplea menos tiempo.

**Tabla III: XLIV Aspectos en el Tiempo de Instalación**

ASPECTOS A TOMAR EN CUENTA EN EL TIEMPO DE INSTALCCIÓN	AMBIENTES DE COMPARACIÓN			
	UTP		PLC	
	Necesario	Puntaje /25	Necesario	Puntaje /25
Estudiar el nuevo sitio	Si	25	No	0
Diseñar la red para el nuevo sitio.	Si	25	No	0
Hacer un análisis de los recurso a utilizar	Si	25	No	0
Instalación de la red en el nuevo sitio.	Si	25	Poco	7
<b>Total</b>		<b>100</b>		<b>7</b>

El escenario UTP emplea tiempo en todos los aspectos listados en la Tabla III:XLIV, es por eso que alcanza 100 puntos. El escenario PLC emplea un pequeño tiempo en la instalación por lo que alcanza un total de 6 puntos.

### Análisis de los Resultados

Mientras menos tiempo ocupa el traslado de la red la portabilidad aumenta considerablemente, esta es una relación inversa, por lo que aplicamos la siguiente formula.

$$\left(1 - \frac{X}{100}\right) * 100\%$$

- **En el ambiente UTP.**

$$\left(1 - \frac{100}{100}\right) * 100\% = 0\%$$

0% → Equivale a Regular por lo tanto el escenario UTP es Inadecuado.

- **En el ambiente PLC.**

$$\left(1 - \frac{7}{100}\right) * 100\% = 93\%$$

93% → Equivale a Excelente por lo tanto la tecnología PLC es Muy Adecuado.

Tabla III: XLV Valoración de Variable Tiempo de Reubicación

VARIABLES	PLC	VALOR	UTP	VALOR
Uso mínimo de tiempo para la reubicación.	Muy Adecuado	4	Inadecuado	1

La Tabla III:XLV muestra los valores que obtienen cada una de las tecnologías en estudio, dichos resultados tienen su fundamento en el siguiente análisis. La red PLC puede trasladarse de manera rápida y efectiva, pudiendo realizar esta operación en tan solo horas como mucho, por esta razón recibe una calificación de 4 puntos. No sucede lo mismo con la red UTP, ya que su tiempo depende del sitio, del nuevo diseño, y la nueva configuración todos estos aspectos conlleva a utilizar mucho tiempo (días). Valoración (4,1)/4.

### 3.3.3.5 Facilidad de Acoplarse la Reda su Nuevo Lugar

Se refiere a la capacidad de la red de acoplarse a su nuevo sitio sin tener que hacer cambios físicos considerables en el lugar de la instalación.

Tabla III: XLVI Aspectos en el Acoplamiento de la Red al Nuevo Sitio

ASPECTOS A TOMAR EN CUENTA EN EL ACOPLAMIENTO	AMBIENTES DE COMPARACIÓN			
	UTP		PLC	
	Necesario	Puntaje /25	Necesario	Puntaje /25
Estudiar el nuevo sitio	Si	25	No	0
Diseño del nuevo sitio	Si	25	No	0
Distancias de las conexiones	Si	25	No	0
Nuevos recursos	Mayormente	15	No	0
<b>Total</b>		<b>90</b>		<b>0</b>

En la Tabla III:XLVI muestra que el escenario UTP alcanza un total de 90 puntos lo que quiere decir que requiere de muchos recursos para acoplarse a la nuevo sitio. En el escenario PLC no requiere de ningún adicional para acoplarse al nuevo lugar.

#### Análisis de los Resultados

Mientras menos recursos se ocupan para el acoplamiento la portabilidad aumenta considerablemente, esta es una relación inversa, por lo que aplicamos la siguiente formula.

$$\left(1 - \frac{X}{100}\right) * 100\%$$

- **En el ambiente UTP**

$$\left(1 - \frac{90}{100}\right) * 100\% = 10\%$$

10% → Equivale a Regular por lo tanto el escenario UTP es Inadecuado.

- **En el ambiente PLC**

$$\left(1 - \frac{0}{100}\right) * 100\% = 100\%$$

100% → Equivale a Excelente por lo tanto la tecnología PLC es Muy Adecuado.

**Tabla III: XLVII Valoración de Variable Acoplamiento al Nuevo Sitio**

<b>VARIABLES</b>	<b>PLC</b>	<b>VALOR</b>	<b>UTP</b>	<b>VALOR</b>
Facilidad de acoplarse la red a su nuevo lugar.	Muy Adecuado	4	Inadecuado	1

La Tabla III:XLVII muestra los valores que obtienen cada una de las tecnologías en estudio, estos resultados se sustentan en el siguiente análisis. El escenario PLC se adapta favorablemente al acoplamiento, solo se tiene que revisar si existe alguna anomalía en la conexión eléctrica, cosa que no ocurre con los cables UTP, ya que nuevamente se tiene que hacerse algunas modificaciones al espacio físico, como son tendido de los cables, uso de canaletes, conexión de nuevos cajetines, etc. Valoración (4,1)/4.

### **3.3.3.6 Costo de Traslado de la Red**

Es importante analizar este punto, ya que el usuario final o el cliente, lo primero que busca, es economizar en dicho trabajo y dependiendo de este resultado se toma la acción de trasladar o no.

En la Tabla III:XLVIII muestra que el ambiente UTP alcanza una calificación de 90 puntos lo que indica que su costo es relativamente alto, mientras en el caso

del PLC su calificación es 7 puntos, lo que indica que su costo es relativamente bajo.

Tabla III: XLVIII Aspectos en el Costo del Traslado

ASPECTOS A TOMAR EN CUENTA EN EL COSTO DEL TRASLADO	AMBIENTES DE COMPARACIÓN			
	UTP		PLC	
	Necesario	Puntaje /25	Necesario	Puntaje /25
Estudiar el nuevo sitio	Si	25	No	0
Diseño del nuevo sitio	Si	25	No	0
Costo de recursos	Si	25	No	0
Mano de obra	Si	25	Poco	7
<b>Total</b>		<b>90</b>		<b>7</b>

### Análisis de los Resultados

Mientras menor sea el costo la portabilidad aumenta considerablemente, esta es una relación inversa, por lo que aplicamos la siguiente formula.

$$\left(1 - \frac{X}{100}\right) * 100\%$$

- **En el ambiente UTP**

$$\left(1 - \frac{90}{100}\right) * 100\% = 10\%$$

10% → Equivale a Regular por lo tanto el escenario UTP es Inadecuado.

- **En el ambiente PLC**

$$\left(1 - \frac{7}{100}\right) * 100\% = 93\%$$

93% → Equivale a Excelente por lo tanto la tecnología PLC es Muy Adecuado.

Tabla III: XLIX Valoración de Variable Costo de Traslado

VARIABLES	PLC	VALOR	UTP	VALOR
Bajo costo de traslado de la red.	Muy Adecuado	4	Inadecuado	1

Los valores que se muestran en la Tabla III:XLIX se fundamenta en el siguiente análisis. En el caso del PLC su costo es relativamente bajo, ya que se reutiliza en su totalidad los recursos, lo que implica cero costo en recursos, solo se gastaría si por algún caso se desconfiguraría las direcciones IP, mientras que en el caso de los cables UTP existe un costo relativamente alto que va desde los recursos hasta la adecuación del espacio físico a trasladarse. Valoración (4,1)/4.

En Tabla III:L se muestra el resumen de los valores de los indicadores de la portabilidad de la red PLC y UTP.

Tabla III: L Portabilidad de la Red

VARIABLES	PLC	VALOR	UTP	VALOR
Facilidad para trasladar de sitio la red.	Muy Adecuado	4	Inadecuado	1
Reutilización de los recursos de la red antigua.	Adecuado	3	Inadecuado	1
Colaboración de un experto en redes para el traslado de la red.	Muy Adecuado	4	Inadecuado	1
Uso mínimo de tiempo para la reubicación.	Muy Adecuado	4	Inadecuado	1
Facilidad de acoplarse la red a su nuevo lugar.	Muy Adecuado	4	inadecuado	1
Bajo costo de traslado de la red.	Muy Adecuado	4	Inadecuado	1
<b>Total</b>		<b>23</b>		<b>6</b>

**Calificación:**

$$Pr = \sum(w) = 4 + 4 + 4 + 4 + 4 + 4 = 24$$

$$PPLC = \sum(y) = 23$$

$$PUTP = \sum(x) = 6$$

$$P\_PLC = (PPLC / Pr) * 100 = (23/24)*100 = 95.83\%$$

$$P\_PLC = (PUTP / Pr) * 100 = (6/24)*100 = 25.00\%$$

**Dónde:**

- **Pr:** Es el puntaje referente obtenido de la sumatoria de los valores de las variables.
- **PPLC:** Es puntaje obtenido de la sumatoria de las calificaciones alcanzadas de las variables aplicadas en el cable eléctrico.
- **PUTP:** Es el puntaje obtenido de la sumatoria de las calificaciones alcanzadas de las variables aplicadas en el cable UTP.
- **P\_PLC:** Porcentaje de la calificación obtenido en la red PLC.
- **P\_ UTP:** Porcentaje de la calificación obtenido en la red UTP.

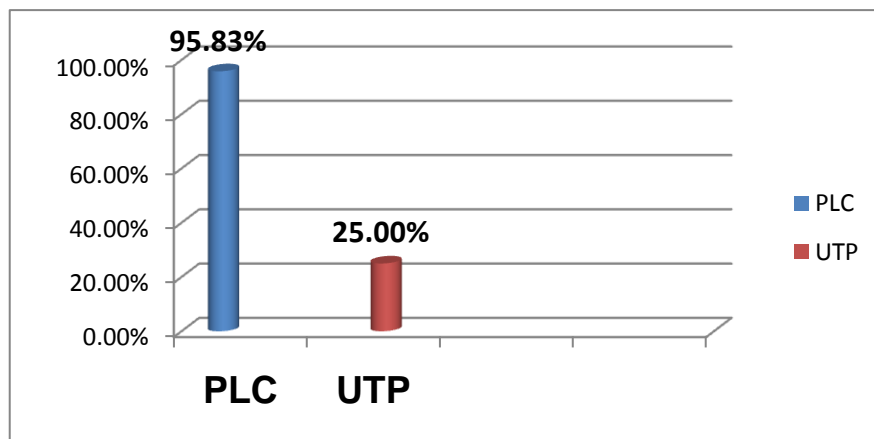


Figura III: 61 Comparación de Porcentajes de la Portabilidad de la Red

### 3.3.4 Integridad

Es importante determinar el grado de fiabilidad de los datos transmitidos en el escenario UTP y en el escenario PLC.

**Determinación de Variables:**

- a) Fiabilidad en función de la distancia.



- b) Fiabilidad de la red por saturación de información
- c) Fiabilidad de la red por saturación de más usuarios.
- d) Fiabilidad por factores externos.

### 3.3.4.1 Fiabilidad en Función a la Distancia

La distancia en la que se encuentran las computadoras para transmitir información es un factor muy importante, este indicador evalúa la fiabilidad de la red en función a la distancia, de las dos tecnologías estudiadas.

Tabla III: LI Promedio de los Paquetes Perdidos en las Pruebas

DISTANCIA EN METROS	PAQUETES PERDIDOS	
	UTP	PLC
10	806	1.603
20	610	1.608
30	486	2.086
60	707	8.014
<b>Sumatoria</b>	<b>2609</b>	<b>13.311</b>
<b>Promedio</b>	<b>652,25</b>	<b>3.327,75</b>

En la Tabla III:LI se observa que el escenario PLC el promedio de pérdidas de paquetes es mayor que los paquetes perdidos en el ambiente UTP.

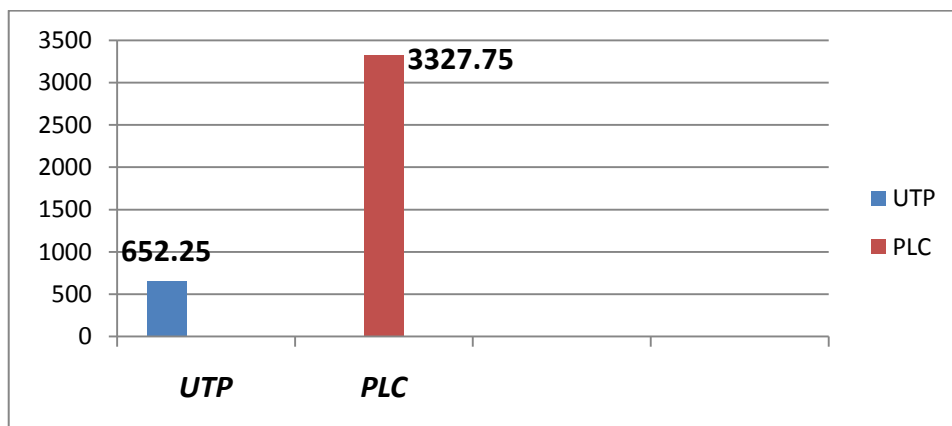


Figura III: 62 Paquetes Perdidos en los Escenarios de Estudio

### **Análisis de los Resultados**

Mientras menor sean los paquetes perdidos mayor es la fiabilidad de la red, esta es una relación inversa, por lo que aplicamos la siguiente formula.

$$\left(1 - \frac{X}{100}\right) * 100\%$$

- **En el ambiente UTP**

$$\left(1 - \frac{652.25}{1000}\right) * 100\% = 65.22\%$$

65% → Equivale a Muy Bueno por lo tanto el escenario UTP Cumple Aceptablemente.

- **En el ambiente PLC**

$$\left(1 - \frac{3.327,75}{100000}\right) * 100\% = 3.33\%$$

3.33% → Equivale a Regular por lo tanto la tecnología PLC No Cumple.

**Tabla III: LII Valoración de la Variable Fiabilidad en Función de la Distancia**

<b>VARIABLES</b>	<b>PLC</b>	<b>VALOR</b>	<b>UTP</b>	<b>VALOR</b>
Fiabilidad en función a la distancia.	No Cumple	1	Cumple Aceptablemente	3

En la Tabla III:LII se observan los valores que se obtienen producto del siguiente análisis. En ambos escenarios existen perdidas de paquetes, el escenario PLC recibe la calificación de 1 punto porque existen paquetes perdidos relativamente altos. El ambiente UTP recibe la calificación de 3 puntos ya que existen perdidas de paquetes pero relativamente bajo. (1,3)/4.

### 3.3.4.2 Fiabilidad de Red por Saturación Información

Se trata de saturar o llenar el ancho de banda con información, esta prueba es muy importante, ya que con este indicador se define cuál tecnología es más fiable.

Tabla III: LIII Promedio de Paquetes Perdidos en la Trasmisión de Archivos Diferentes

TAMAÑO ARCHIVO	PAQUETES PERDIDOS	
	UTP	PLC
120MB	0	806
100MB	0	605
80MB	0	478
50MB	0	367
30MB	0	157
<b>Sumatoria</b>	<b>0</b>	<b>2.413</b>
<b>Promedio</b>	<b>0</b>	<b>482,6</b>

En la Tabla III:LIII se muestra que en el escenario UTP no existe perdida de paquetes, mientras que en el escenario PLC existen muchos paquetes perdidos.

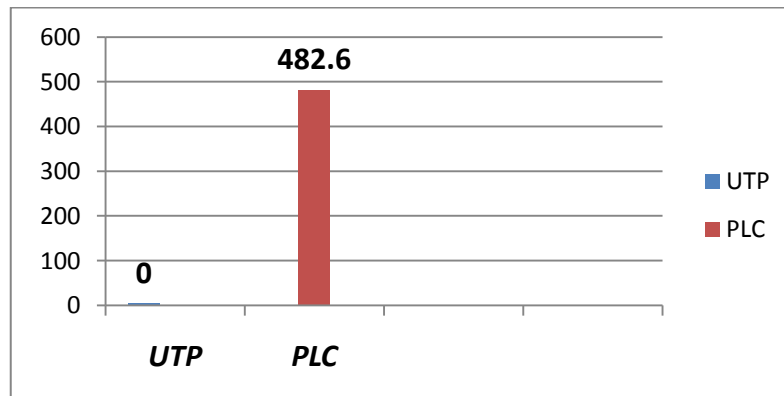


Figura III: 63 Promedio de los Archivos Perdidos en la TX de Diferentes Archivos

#### Análisis de los Resultados

Mientras menor sean los paquetes perdidos mayor es la fiabilidad de la red. Esta es una relación inversa, por lo que aplicamos la siguiente formula.

$$\left(1 - \frac{X}{100}\right) * 100\%$$

▪ **En el ambiente UTP**

$$\left(1 - \frac{0}{100}\right) * 100\% = 100\%$$

100% → Equivale a Excelente por lo tanto el escenario UTP Cumple Plenamente.

▪ **En el ambiente PLC**

$$\left(1 - \frac{482.6}{1000}\right) * 100\% = 48.26\%$$

48.26% → Equivale a Bueno por lo tanto la tecnología PLC Cumple Insatisfactoriamente.

**Tabla III: LIV Valoración de la Variable Fiabilidad por Saturación**

<b>VARIABLES</b>	<b>PLC</b>	<b>VALOR</b>	<b>UTP</b>	<b>VALOR</b>
Fiabilidad de red por saturación de información	Cumple Insatisfactoriamente	2	Cumple Plenamente	4

Los valores que se muestra en la Tabla III:LIV es producto del siguiente análisis. El ambiente PLC existe muchos paquetes perdidos por lo que obtiene una calificación de 2 puntos, mientras que el ambiente UTP no se encuentra ningún paquete perdido por lo que obtiene una calificación de 4 puntos. Valoración (2,4)/4.

### **3.3.4.3 Fiabilidad por Saturación de más Usuarios**

Este es un factor importante, ya que establece los accesos máximos permitido de terminales o usuarios sin que afecte al tráfico de datos en la red.

Tabla III: LV Promedio de la Pérdida de Paquetes por Conexión de más Terminales

CONEXIONES DE TERMINALES	PAQUETES PERDIDOS	
	UTP	PLC
2 CPU	0	985
3 CPU	0	762
4 CPU	0	369
<b>Sumatoria</b>	<b>0</b>	<b>2116</b>
<b>Promedio</b>	<b>0,00</b>	<b>705,33</b>

Los errores en el ambiente PLC continúan, con la característica que mientras más computadoras se conecten menos es la pérdida de paquetes. Mientras que en el cable UTP no se registra pérdidas, En la Tabla III:LV se muestra los resultados que se obtienen producto de las pruebas que se realiza.

### **Análisis de los Resultados**

Mientras menor sean los paquetes perdidos mayor es la fiabilidad de la red. Esta es una relación inversa, por lo que aplicamos la siguiente formula.

$$\left(1 - \frac{X}{100}\right) * 100\%$$

- **En el ambiente UTP**

$$\left(1 - \frac{0}{1000}\right) * 100\% = 100\%$$

100% → Equivale a Excelente por lo tanto el escenario UTP Cumple Plenamente.

- **En el ambiente PLC**

$$\left(1 - \frac{705.33}{1000}\right) * 100\% = 70.53\%$$

70.53% → Equivale a Muy Bueno por lo tanto la tecnología PLC Cumple Aceptablemente.

**Tabla III: LVI Valoración de Variable Fiabilidad por Saturación**

<b>VARIABLES</b>	<b>PLC</b>	<b>VALOR</b>	<b>UTP</b>	<b>VALOR</b>
Fiabilidad de red por saturación de más usuarios.	Cumple Aceptablemente	3	Cumple Plenamente	4

El resultado que se obtiene y se lista en la Tabla III:LVI se fundamenta en el siguiente análisis. Saturar a la red con más usuarios, o más clientes en la red eléctrica provocan un comportamiento igual a lo descrito al punto anterior, es decir se mantienen pérdidas de paquetes en el escenario PLC y en el ambiente UTP no existen pérdidas de paquetes. Valoración (3,4)/4.

### 3.3.4.4 Fiabilidad por Factores Externos

Se trata de analizar la red con relación prácticamente al ruido, baja de tensión eléctrica y los diferentes electrodomésticos conectados.

**Tabla III: LVII Promedio de la Intensidad de la Señal**

<b>CONEXIONES DE TERMINALES</b>	<b>INTENSIDAD DE SEÑAL (Mbps)</b>	
	<b>UTP</b>	<b>PLC</b>
4 Equipos eléctricos conectados	37,490	5,407
4 Equipos eléctricos conectados + ruido de radio	37,490	5,400
10 Equipos eléctricos conectados + ruido de radio y televisión	37,490	3,69
<b>Sumatoria</b>	<b>112,470</b>	<b>13,497</b>
<b>Promedio</b>	<b>37,490</b>	<b>4,50</b>

La tendencia es mientras más equipos eléctricos se conecten a la red PLC la señal de datos va disminuyendo, mientras que en el cable UTP por más equipos que se conecten esta mantiene su señal, ya que es una red aparte. En la Tabla III:LVII se muestra claramente la constante y la variación que existe en el escenario UTP y PLC respectivamente.

### **Análisis de los Resultados**

Mientras mayor sea la intensidad de la señal más es la fiabilidad de la red.

Esta es una relación directa, por lo que aplicamos la siguiente formula.

$$\left(\frac{X}{100}\right) * 100\%$$

- **En el ambiente UTP**

$$\left(\frac{37.49}{37.49}\right) * 100\% = 100\%$$

100% → Equivale a Excelente por lo tanto el escenario UTP Cumple Plenamente.

- **En el ambiente PLC**

$$\left(\frac{4.5}{37.49}\right) * 100\% = 12\%$$

12% → Equivale a Regular por lo tanto la tecnología PLC No Cumple.

**Tabla III: LVIII Valoración de la Variable Fiabilidad por Factores Externos**

<b>VARIABLES</b>	<b>PLC</b>	<b>VALOR</b>	<b>UTP</b>	<b>VALOR</b>
Fiabilidad por factores externos	No Cumple	1	Cumple Plenamente	4

Los valores que se observa en la Tabla III:LVIII es producto del siguiente análisis. La fiabilidad de la transmisión en relación a los factores externos como son el ruido, baja de tensión eléctrica, y aparatos conectados en los enchufes existe una baja de intensidad de transmisión, se mantiene los paquetes perdidos pero llega la información, es decir cumple con su misión, mientras que el otro escenario realiza su trabajo plenamente. Valoración (1,4)/4

En la Tabla III:LIX se muestra el resumen de la integridad y fiabilidad de la red PLC y UTP.

**Tabla III: LIX Comparativa de la Integridad de la Red**

<b>VARIABLES</b>	<b>PLC</b>	<b>VALOR</b>	<b>UTP</b>	<b>VALOR</b>
Fiabilidad en función a la distancia.	No Cumple	1	Cumple Insatisfactoriamente	3
Fiabilidad de red por saturación de información	No Cumple	2	Cumple Plenamente	4
Fiabilidad de red por saturación de más usuarios.	Cumple Insatisfactoriamente	3	Cumple Plenamente	4
Fiabilidad por factores externos.	No Cumple	1	Cumple Plenamente	4
<b>Total</b>		<b>7</b>		<b>15</b>

**Calificación:**

$$Pr = \sum(w) = 4 + 4 + 4 + 4 = 16$$

$$PPLC = \sum(y) = 7$$

$$PUTP = \sum(x) = 15$$

$$P\_PLC = (PPLC / Pr) * 100 = (7/16)*100 = 43.75\%$$

$$P\_PLC = (PUTP / Pr) * 100 = (15/16)*100 = 93.75\%$$

**Dónde:**

- **Pr:** Es el puntaje referente obtenido de la sumatoria de los valores de las variables.
- **PPLC:** Es puntaje obtenido de la sumatoria de las calificaciones alcanzadas de las variables aplicadas en el cable eléctrico.
- **PUTP:** Es el puntaje obtenido de la sumatoria de las calificaciones alcanzadas de las variables aplicadas en el cable UTP.
- **P\_PLC:** Porcentaje de la calificación obtenido en la red PLC.
- **P\_UTP:** Porcentaje de la calificación obtenido en la red UTP.



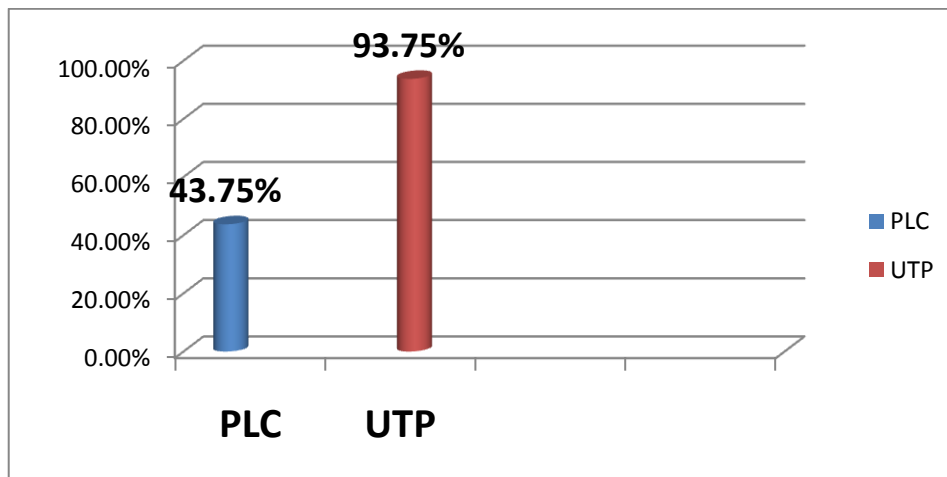


Figura III: 64 Gráfico Comparativo de Fiabilidad de Transmisión de los Datos

### 3.3.5 Escalabilidad

A continuación se estudia qué tan accesible es para cada una de las tecnologías poder aumentar más puntos de red, es decir si la misma red tal y como esta soporta más puntos de acceso sin que afecte su diseño. La red eléctrica puede soportar hasta 16 módems o terminales por cada repetidor de señal, pero existen repetidores que pueden alcanzar hasta 256 terminales.

La red con los cables UTP, se diseñan con anterioridad, definiendo de antemano el número de terminales y las distancias estudiadas, por tal motivo expertos en redes aconsejan dejar uno o dos terminales libres como solución en caso de que se quiera conectar algún periférico de red.

#### Determinación de variables:

- a) Facilidad de aumentar puntos de red
- b) Accesibilidad de recursos para aumentar puntos de red

### 3.3.5.1 Facilidad de Aumentar Puntos de Red

Aumentar más puntos de red sin la necesidad de contar con un experto establece la facilidad y la flexibilidad de una red, este es una variable importante para determinar cuál de las tecnologías en estudio brindan este atributo.

Tabla III: LX Aspectos en el Aumento de Puntos de Red

ASPECTOS A TOMAR EN CUENTA EN EL AUMENTOS DE PUNTOS DE RED	AMBIENTES DE COMPARACIÓN			
	UTP		PLC	
	Necesario	Puntaje /25	Necesario	Puntaje /25
Estudiar el diseño de la red	Si	25	No	0
Rediseñar la red	Si	25	No	0
Distancia de conexión	Si	25	No	0
Mano de obra	Si	25	Poco	7
<b>Total</b>		<b>100</b>		<b>7</b>

Aumentar más puntos de red en el escenario UTP resulta difícil, ya que se necesita de un rediseño de la red. En el escenario PLC resulta relativamente fácil, ya que solo se necesita de un poco de la mano de obra. En la Tabla III:LX se observa que el escenario UTP tiene una calificación de 100 puntos, mientras que el escenario PLC alcanza una calificación de 7 puntos.

#### Análisis de los Resultados

Mientras menos recursos se ocupen para aumentar puntos de red, la escalabilidad aumenta considerablemente, esta es una relación inversa, por lo que aplicamos la siguiente formula.

$$\left(1 - \frac{X}{100}\right) * 100\%$$

- **En el ambiente UTP**

$$\left(1 - \frac{100}{100}\right) * 100\% = 0\%$$

0% → Equivale a Regular por lo tanto el escenario UTP es Inadecuado.

- **En el ambiente PLC**

$$\left(1 - \frac{7}{100}\right) * 100\% = 93\%$$

93% → Equivale a Excelente por lo tanto la tecnología PLC es Muy Adecuado.

**Tabla III: LXI Valoración de la Variable Aumentos de Puntos de Red**

<b>VARIABLES</b>	<b>PLC</b>	<b>VALOR</b>	<b>UTP</b>	<b>VALOR</b>
Facilidad de aumentar puntos de red	Muy Adecuado	4	Inadecuado	1

El resultado que se obtiene y se lista en la Tabla III:LXI tiene su fundamento en el siguiente análisis. La facilidad de aumentar puntos de red en la tecnología PLC, es relativa mente fácil, ya que solo necesitamos conectar el modem a la red eléctrica y configurar la dirección IP del computador, mientras que la otra red depende mucho de la planificación que se tome en ese momento. (4,1)/4

### **3.3.5.2 Accesibilidad de Recursos para Aumentar puntos de Red**

Ser refiere a la facilidad de disponer los recursos para aumentar más terminales en la red.

Tabla III: LXII Aspectos en el uso de Recursos

ASPECTOS A TOMAR EN CUENTA EN LOS RECURSOS QUE AUMENTAN PUNTOS DE RED	AMBIENTES DE COMPARACIÓN			
	UTP		PLC	
	Necesario	Puntaje /25	Necesario	Puntaje /25
Estudiar el diseño	Si	25	No	0
Distancias	Si	25	No	0
Rediseño de la implantación	Si	25	No	0
Recurso humano	Si	25	Poco	7
<b>Total</b>		<b>90</b>		<b>7</b>

En la Tabla III:LXII se observa que el ambiente UTP necesariamente necesita recursos para aumentar más terminales en la red. En el escenario PLC son pocos los recursos que se toman en cuenta para aumentar más clientes.

### Análisis de los Resultados

Mientras menos recursos se ocupen para aumentar puntos de red, la escalabilidad aumenta considerablemente, esta es una relación inversa, por lo que aplicamos la siguiente formula.

$$\left(1 - \frac{X}{100}\right) * 100\%$$

- **En el ambiente UTP.**

$$\left(1 - \frac{100}{100}\right) * 100\% = 0\%$$

0% → Equivale a Regular por lo tanto el escenario UTP es Inadecuado.

- **En el ambiente PLC.**

$$\left(1 - \frac{7}{100}\right) * 100\% = 94\%$$

97% → Equivale a Excelente por lo tanto la tecnología PLC es Muy Adecuado.

**Tabla III: LXIII Valoración de la Variable Accesibilidad de los Recursos**

VARIABLES	PLC	VALOR	UTP	VALOR
Accesibilidad de recursos para aumentar puntos de red.	Muy Adecuado	4	Inadecuado	1

Los valores que muestra la Tabla III:LXIII tiene su fundamento en el siguiente análisis. Los recursos implicados para poder realizar esta acción son: en el caso PLC solo se necesita el modem PLC, y una persona que tenga conocimientos básicos de redes. Mientras que el escenario UTP necesita desde cable UTP, conectores, canaletas, cajetines, la disponibilidad del Swiche/Router y una persona con conocimientos avanzados en redes. Valoración (4,1)/4.

En la Tabla III:LXIV se muestra la escalabilidad que ofrecen las tecnologías de la red PLC y UTP, en la misma se muestra los indicadores con sus respectivos valores los mismos que son utilizados para analizar estadísticamente.

**Tabla III: LXIV Comparativa de la Escalabilidad de la Red**

VARIABLES	PLC	VALOR	UTP	VALOR
Facilidad de aumentar puntos de red	Muy Adecuado	4	Inadecuado	1
Accesibilidad de recursos para aumentar puntos de red.	Muy Adecuado	4	Inadecuado	1
<b>Total</b>		<b>8</b>		<b>2</b>

**Calificación:**

$$Pr = \sum(w) = 4 + 4 = 8$$

$$P_{PLC} = \sum(y) = 8$$

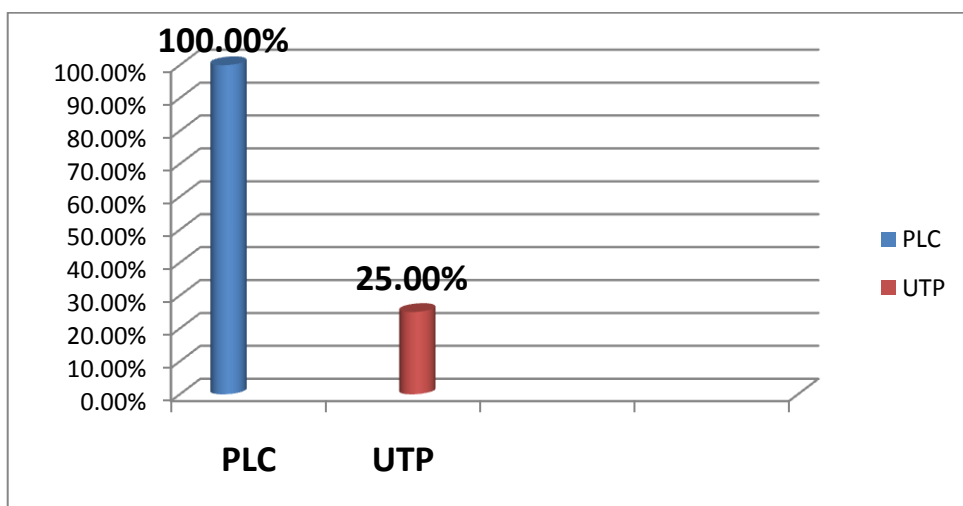
$$P_{UTP} = \sum(x) = 2$$

$$P_{PLC} = (P_{PLC} / Pr) * 100 = (8/8)*100 = 100\%$$

$$P_{UTP} = (P_{UTP} / Pr) * 100 = (2/8)*100 = 25\%$$

**Dónde:**

- **Pr:** Es el puntaje referente obtenido de la sumatoria de los valores de las variables.
- **PPLC:** Es puntaje obtenido de la sumatoria de las calificaciones alcanzadas de las variables aplicadas en el cable eléctrico.
- **PUTP:** Es el puntaje obtenido de la sumatoria de las calificaciones alcanzadas de las variables aplicadas en el cable UTP.
- **P\_PLC:** Porcentaje de la calificación obtenido en la red PLC.
- **P\_UTP:** Porcentaje de la calificación obtenido en la red UTP.



**Figura III: 65 Resultado de la Escalabilidad de la Red**

### 3.4 Comprobación de Hipótesis

Hipótesis: La Tecnología de acceso a Internet Power Line Communications (PLC) permitirá la transmisión de datos en forma similar que sus medios alternativos en cualquier punto donde exista un tendido eléctrico.

Para comprobar la hipótesis, se utiliza los resultados de las pruebas realizadas en el rendimiento de la red y la integridad de los datos transmitidos. En la Tabla III:LXV se realiza una breve explicación de los valores que se obtienen de las diferentes pruebas realizadas.

Tabla III: LXV Resultados de la Comprobación de Hipótesis

VARIABLES	DESCRIPCIÓN	PLC	UTP
Velocidad	La velocidad con que se transmiten los datos en los cables UTP supera 8 veces a la velocidad que genera el cable eléctrico por lo que el escenario PLC no cumple con esta condición.	1	4
Retardo de transmisión.	Existe mucho retardo en los cables eléctricos, su tiempo llega hasta 12 veces más de lo que se tarda en los cables UTP, el escenario PLC cumple insatisfactoriamente	3	4
Nivel bajo de eco generado por la TX.	De igual manera el eco producido en el los cables eléctricos es mucho mayor que en los cables UTP, el ambiente PLC no cumple con esta condición	2	4
Integridad de los datos transmitidos.	Existe mucho paquetes perdidos en el ambiente PLC, mientras que en el escenario UTP son mínimos los paquetes perdidos, pero el cable eléctrico cumple con su objetivo, ya que si bien es cierto existen errores y pérdidas de paquetes la información llega plenamente a sus destinos finales.	2	4
<b>TOTAL</b>		<b>8</b>	<b>16</b>

La TX de los datos en los cables eléctricos, utilizando la tecnología PLC con los módems Dlan Duo de Devolo, no muestran similitud en la TX de los datos en cualquier punto del tendido eléctrico, los cables UTP demuestran mejor rendimiento, el puntaje total obtenido supera dos veces a la TX de los datos en los cables eléctricos con tecnología PLC. Por ende la hipótesis no se cumple.

### 3.5 Resumen de los parámetros evaluados

El puntaje final y el porcentaje que se ha obtenido para cada tecnología, obtenemos con el siguiente procedimiento.

$$PT = \sum (Pr)$$

$$PT_{PLC} = \sum (P_{PLC})$$

$$PT_{UTP} = \sum (P_{UTP})$$

$$Cc_{PLC} = (PT_{PLC} / PT) * 100$$

$$Cc_{UTP} = (PT_{UTP} / P_c) * 100$$

$$PT = \sum (Pr) = 12+32+24+16+8 = 92$$

$$PT_{PLC} = \sum (P_{PLC}) = 6+29+23+7+8 = 73$$

$$PT_{UTP} = \sum (P_{UTP}) = 12+11+6+15+2 = 46$$

$$Cc_{PLC} = (PT_{PLC} / PT) * 100 = (73 / 92) * 100 = 79.34\%$$

$$Cc_{UTP} = (PT_{UTP} / P_c) * 100 = (46 / 92) * 100 = 50\%$$

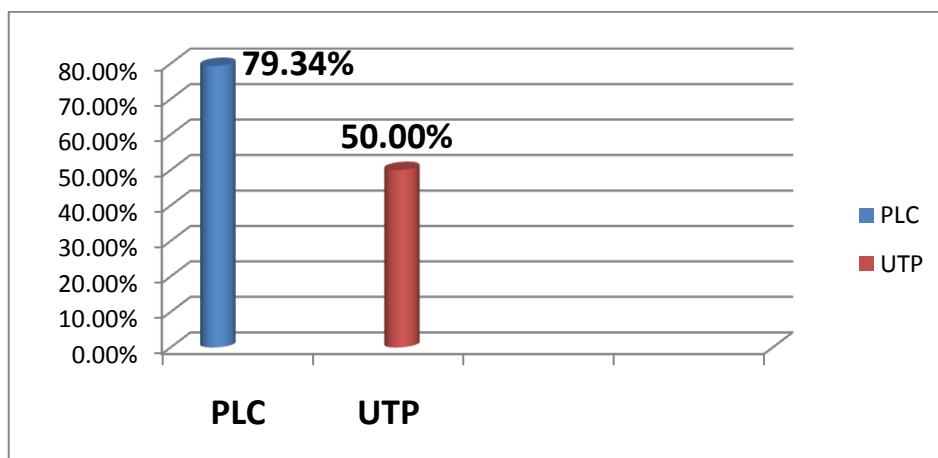


Figura III: 66 Resumen de los Parámetros Evaluados



Tabla III: LXVI Resumen de los Parámetros Evaluados

PARÁMETROS	VARIABLE	PLC	UTP
Rendimiento de las redes	Velocidad de transmisión	1	4
	Retardo de transmisión	3	4
	Nivel bajo de eco generado por la TX	2	4
Facilidad de instalación	Facilidad de diseñar e implementar una red LAN	4	1
	Facilidad de conexión	4	1
	No requerir de un experto para implementar la red	3	1
	No rediseñar la infraestructura física del lugar donde se implantará la red	4	1
	Manipulación permanente y total del tendido de la red	3	2
	Ahorro de recursos.	3	1
	Reducción de costos	4	3
Portabilidad	Ahorro de tiempo	4	1
	Facilidad para trasladar de sitio la red	4	1
	Reutilización de los recursos de la red antigua	3	1
	Colaboración de un experto en redes para el traslado de la red	4	1
	Uso mínimo de tiempo para la reubicación	4	1
	Facilidad de acoplarse la red a su nuevo lugar	4	1
Integridad	Costo del traslado de la red	4	1
	Fiabilidad en función de la distancia	1	3
	Fiabilidad de la red por saturación de información	2	4
	Fiabilidad de la red por saturación de más usuarios	3	4
Escalabilidad	Fiabilidad por factores externos	1	4
	Facilidad de aumentar puntos de red	4	1
	Accesibilidad de recursos para aumentar puntos de red	4	1
<b>TOTAL</b>		<b>69</b>	<b>45</b>

- La tecnología PLC alcanza un resultado de 75% equivalente a muy bueno
- Usando la tecnología tradicional, es decir con el cable UTP, alcanzamos una calificación de 48.91% equivalente a regular.

## 3.6 Resultados

- En el análisis de la velocidad de transmisión se observa que el cable UTP supera ampliamente a su competidor (8 veces más rápido), si bien es cierto que el cable eléctrico con tecnología PLC genera velocidades bajas, también es cierto que los archivos que se transmiten en la red no son excesivamente grandes y no se exige de manera drástica la red, por lo que esta tecnología aunque insatisfactoriamente si cumple con el objetivo que es transmitir.
- El retardo que se produce en la red PLC es mucho mayor que el retardo que se produce en la red UTP, debido a que en los cables eléctricos existen bifurcaciones, artefactos conectados e instalaciones defectuosas, cada uno de esto se convierten en verdaderos obstáculos que los datos en el cable eléctrico debe de sortear, a pesar de estas barreras los datos llegan a su destino, claro está que no es un tiempo optimo, pero se puede decir que cumple aceptablemente.
- La atenuación que existe en el cable eléctrico supera los 100m que la red UTP pone como estándar, un modem PLC puede emitir la señal hasta los 200m, si en la red PLC el cable eléctrico fuera único y no existieran conexiones, bifurcaciones, etc. la señal alcanza perfectamente esa distancia, pero como la red eléctrica no es así es recomendable que se considere como distancia máxima los 160m.

- Los errores y la pérdida de paquetes en la transmisión que se produce en la red PLC, no influyen en la fiabilidad de la red, ya que al final la información si llega sus destinos.
- La instalación de la red PLC es mucho más fácil, ya que no se utiliza ninguna infraestructura de las que utiliza la red UTP, además no se necesita de conocimientos avanzados para diseñar e implementar la red, relativamente es más barata, más rápida, es ideal para hacer una red familiar.
- El cable eléctrico puede soportar hasta 16 módems PLC, lo que significa que el mismo cable se usa como un Switch, de largo alcance, ya que la señal PLC puede llegar hasta los 200m superando largamente al cable UTP
- Poder trasladar la red PLC de un lugar a otro demuestra que esta tecnología es flexible a la manipulación permanente, a la facilidad de implementar más puntos de red, lo que no permite la red UTP que más bien es estática y no tiene las mismas opciones.
- El costo de instalación de la red PLC con respecto a la red UTP, no varía mucho, es más casi son iguales, pero si se analiza de mejor manera, con solo enchufar un modem PLC toda la vivienda, departamento o la oficina se convierte en una LAN, es como si se hubiera cableado con el cable UTP hasta el último rincón, lo que implica que al final se tenga un ahorro económico significativo.

## **CAPÍTULO IV**

---

### **Estudio de Factibilidad para la Implementación de un ISP**

El presente estudio de factibilidad examina los condicionantes operativos, tecnológicos, económicos y regulatorios que permiten implementar un sistema de comunicaciones mediante el uso de la tecnología “Power Line Communications” (PLC), la que es nueva para nuestro medio. Para lo cual, se toma como referencia la infraestructura de la red eléctrica de distribución de la Empresa Eléctrica Riobamba S.A. en la zona de la Parroquia San Gerardo.

## **4.1 Factibilidad Operativa**

Se sabe que las líneas de transmisión eléctricas llegan al 94% de la población en el Ecuador, por lo que hace pensar que su cobertura llega a todos los pueblos aledaños a las ciudades, este es el caso de la Parroquia San Gerardo que se encuentra a 4 Km. de la ciudad de Riobamba, y en la actualidad no existe la conexión a internet.

### **4.1.1 Estudio del Sector**

San Gerardo, es una parroquia que pertenece al cantón Guano, la misma que cuenta con 295 viviendas según los datos proporcionados por la Lic. Gioconda Arévalo, secretaria de la Junta Parroquial de San Gerardo, en la parroquia, existen habitantes que han incursionado en el ámbito de los negocios y estudiantes, que cuando requieren el servicio de internet se ven obligados a viajar a la ciudad de Riobamba para acceder al servicio.

La CNT (Corporación Nacional de Telecomunicaciones) podría ser una de las principales competencias en el sector con su plan FastBoy de acceso a internet, servicio que no prestan porque existe alta demanda en la ciudad, replegando así a los pueblos aledaños, además las operadoras Movistar, Porta tienen un alto costo y su rendimiento no satisface a los usuarios.

## **4.1.2 Recopilación de Información**

Para el estudio de factibilidad, se toma como referencia la infraestructura eléctrica y los usuarios correspondientes a la Subestación N° 3 de la EERSA para conocer las características de la zona de servicio de estas subestaciones, inicialmente se ha desarrollado una etapa de reconocimiento físico de sus instalaciones y equipamiento. De manera posterior y con el objetivo de identificar parámetros como: número de usuarios, equipos conectados, transformadores, distancias y conductores se ha empleado un archivo de información de la Empresa Eléctrica Riobamba S.A., la cual permite un conocimiento actual y detallado de dichos puntos obteniendo el plano que detalla la ubicación de las subestaciones sobre la base geográfica y la topología de la red de distribución primaria y secundaria correspondiente.

### **4.1.2.1 Subestación # 3**

#### **4.1.2.1.1 Descripción**

Está ubicada en el cantón Riobamba, entre la calle Av. Edelberto Bonilla y Parque Industrial. Se incorpora en el sistema de distribución por medio de la alimentación a través de líneas de aéreas a la tensión de 69kV. Su configuración básica está integrada por tres líneas principales de alimentación,



**Figura IV: 67 Alimentación de 69kV Subestación No 3**

De acuerdo a su función es una subestación de transformación y seccionamiento, pues está encargada de transformar el nivel de voltaje de alto a medio para su transmisión y posterior consumo. Cubre el servicio a la Parroquia San Gerardo.



**Figura IV: 68 Subestación de Transformación y Seccionamiento**

La Figura IV:69 se muestra el tablero de comando existente en la cabina de control, a través del cual es posible conocer los niveles de voltaje que ingresan a través de las líneas de alimentación de alto voltaje y la potencia consumida por los usuarios de la red.



Figura IV: 69 Tablero de comando S/E N° 3

#### 4.1.2.1.2 Equipos

- Disyuntores (S10, S30, S40, S50, S60)
- Seccionar tripolar (L33, L43)
- Seccionar de puesta a tierra
- Transformador 2 devanados conexión en triángulo 20/26.7/33 MVA
- Alimentadores primarios de distribución (A, B, C)
- Banco de capacitares de 3 y 4.5 MVAR
- Tablero de comando y equipo de medición.





Figura IV: 70 Transformador de potencia 69/13.8kV S/E N° 3

#### 4.1.2.1.3 Infraestructura Eléctrica

- Línea de baja tensión de calibre 54-33 mm<sup>2</sup>
- Transformador de distribución 13.8 KV
- El promedio de usuarios por transformador es 15
- La longitud máxima de la acometida es 165 m
- Longitud típica de acometida 35 m

#### 4.1.2.2 Zona de Servicio

La zona de servicio se enfoca al área de cobertura del primario C de la Subestación N° 3 de la Empresa Eléctrica Riobamba S.A., que alimenta a la Parroquia San Gerardo que tiene una superficie aproximada de 15 km<sup>2</sup> por tal motivo este primario será usado para caracterizar la topología de la red y el desarrollo del diseño.

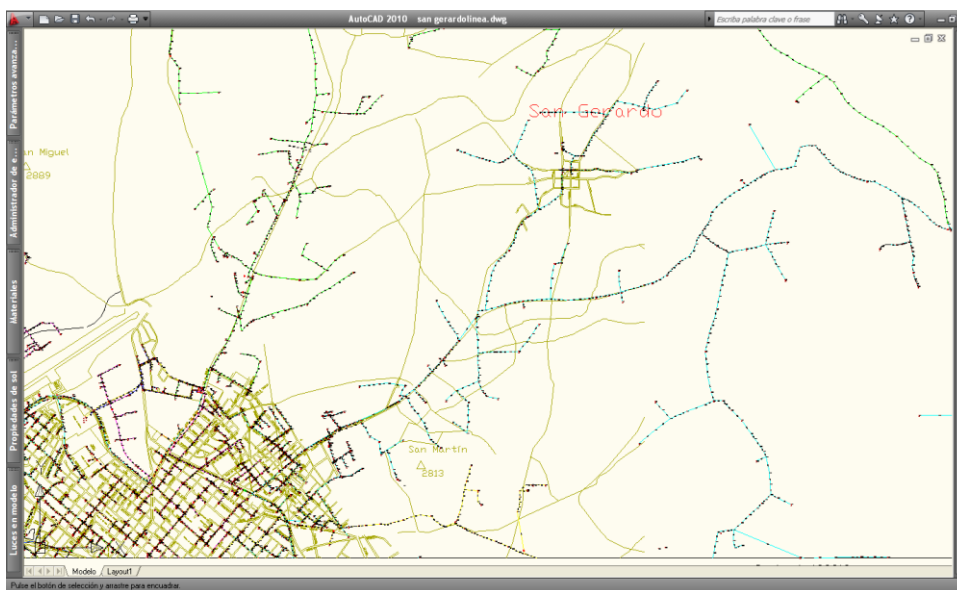


Figura IV: 71 Zona de servicio del PLC

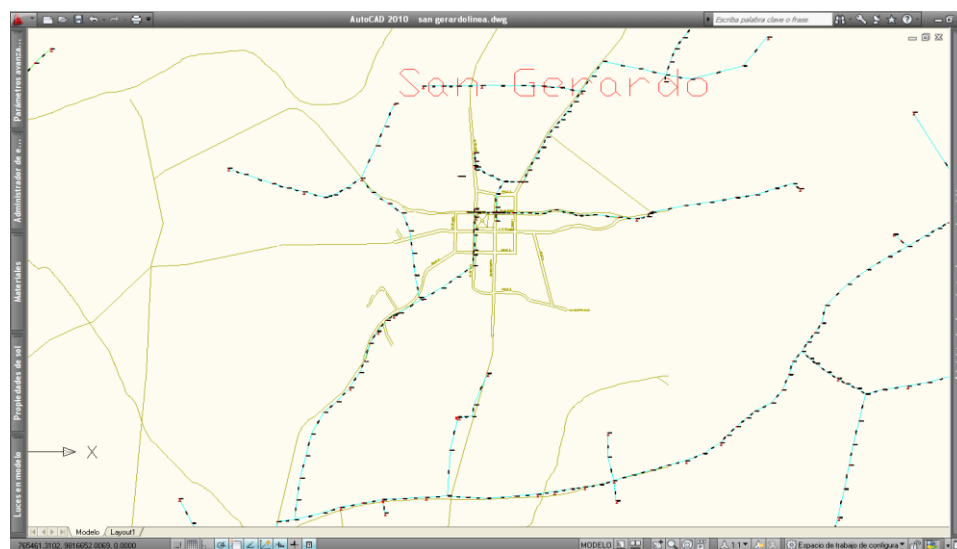


Figura IV: 72 Zona de servicio del PLC

A continuación se muestra las características del primario C.

Tabla IV: LXVII Características del Primario C S/E No 3

PRIMARIO	LONGITUD [km]	NÚMERO DE USUARIOS	NÚMERO DE TRANSFORMADORES
<b>C</b>	5.8	295	28
<b>TOTAL:</b>	5.8	295	28

### **4.1.3 Mercado Consumidor**

Se estima el número de posibles usuarios del sistema de comunicaciones PLC, con el objeto de dimensionar el número de terminales, equipos y la capacidad de la red. La estimación de los usuarios iniciales y futuros del sistema se realiza a través de la aplicación de criterios generales y métodos cualitativos de proyección, los que nos permiten reflejar el comportamiento del mercado ante la posible implementación del ISP.

#### **4.1.3.1 Determinación del Índice de Penetración del Servicio**

La cobertura del servicio eléctrico en la zona de San Gerardo es del 100 %, por lo cual el servicio de comunicaciones PLC puede alcanzar la totalidad de usuarios ubicados en esta zona. Sin embargo, es necesario considerar que en nuestro país, el índice de penetración de los servicios de telecomunicaciones y en particular de Internet es moderado, lo cual reduce el número total de usuarios que optarían por acceder a los servicios PLC.

##### **4.1.3.1.1 Índice de Penetración del Servicio de Internet**

Se determina el índice de penetración del servicio de Internet en la provincia de Chimborazo. El cual se toma como referencia debido a que la zona piloto a servir se encuentra ubicada en esta provincia y que el Internet es el principal servicio de banda ancha que se proveerá.

Tabla IV: LXVIII Datos Informativos

PROVINCIA	NÚMERO DE HABITANTES	USUARIOS DE INTERNET
Chimborazo	403632	98527

El **Índice de Penetración del Servicio de Internet** en la provincia es aproximadamente del **4%**.

#### 4.1.3.1.2 Número General de Usuarios del Servicio de Internet

Para determinar el número general de usuarios que accede al servicio de Internet en la zona de cobertura, se aplica la siguiente relación empírica:

$$U_I = U_E \cdot I$$

**Donde:** **UI:** Número de usuarios del servicio de Internet

**UE:** Número de usuarios del servicio eléctrico

**I:** Índice de penetración del servicio de Internet

A continuación se muestra los resultados para la subestación N<sup>o</sup> 3, en la línea que cubre la Parroquia San Gerardo:

$$U_I = 295 \times 4\%$$

$$U_I = 11.8$$

#### **NÚMERO MÁXIMO DE USUARIOS PLC**

Usuarios sistema eléctrico S/E N<sup>o</sup> 3: 295

Usuarios PLC S/E N<sup>o</sup> 3 totales 11.8 ~ 12

**Total usuarios totales PLC: 12**

#### 4.1.3.1.3 Número de Usuarios para la Introducción del Servicio PLC

El número total de usuarios de Internet se estimó anteriormente. Sin embargo, no todos estos usuarios optarían de manera única y definitiva por el sistema PLC ofertado, debiendo considerar que existen otras tecnologías de acceso en el mercado, cabe mencionar que en la parroquia de San Gerardo ninguna operadora da su servicio. La Tabla IV:LXIX muestra el porcentaje de distribución del mercado de los principales operadores de servicio de acceso a Internet en el país.

Tabla IV: LXIX Principales proveedoras de acceso a Internet a nivel nacional

OPERADORA	PORCENTAJE [%]
CNT	36,70
ETAPA	1,81
SURATEL	57,72
TELCONET	1,86
OTRAS	1,91
<b>VALOR PROMEDIO:</b>	20

Al tratarse de un diseño que permitirá introducir la tecnología PLC en el mercado de manera inicial, se toma como referencia el promedio de los porcentajes descritos antes, es decir el **20 %**, como un índice de aceptación adecuado para el proveedor de servicios PLC en su primera etapa. En base a este porcentaje, los usuarios definidos mediante el cálculo 1 se reducen a:

#### NÚMERO DE USUARIOS PLC EN ETAPA DE INTRODUCCIÓN

$$UI_I = U_I \cdot I_{OP}$$

**Donde:**  $UI_i$ : Número de usuarios del servicio de Internet PLC Iniciales

$U_i$ : Número de usuarios del servicio de Internet

$I_{OP}$ : Índice de distribución de operadores de servicios de Internet

$$UI_i = 12 \cdot 20\%$$

$$UI_i = 2.4$$

Usuarios PLC S/E N° 3 iniciales 2,4 ~ 2

**Total usuarios PLC iniciales: 2**

## **4.1.4 Proyección del Crecimiento de la Demanda**

### **4.1.4.1 Definición del Método de Pronóstico**

Para el desarrollo de este proyecto es imprescindible identificar y cuantificar el crecimiento de la demanda de los servicios inherentes a PLC. Sin embargo, éste es un parámetro difícil de definir con exactitud, ya que varía en función de otros factores como: densidad de usuarios de Internet, densidad de computadores, tarifas de acceso, calidad de servicio, oferta y competencia.

Para este estudio, debido a que se trata de la introducción de un servicio nuevo en el mercado, emplearemos un método cualitativo, es decir que usa criterios personales y relaciones para transformar la información cualitativa en estimados cuantitativos. La técnica específica se denomina *analogía histórica*, ya que se basa en el análisis comparativo de la introducción y crecimiento de productos similares, para ello se recopila la información histórica disponible y se buscan posibles tendencias o ciclos evolutivos.

## 4.1.4.2 Recopilación de Información

### 4.1.4.2.1 Índice de Crecimiento del Acceso a Internet a Nivel Nacional

En Ecuador, el Internet ha tenido un crecimiento sostenido desde su introducción, así lo muestran las cifras publicadas por la SUPTTEL, institución que realizar un seguimiento del número de usuarios de este servicio, ha determinado índices aproximados de crecimiento. Es así, como durante el período comprendido entre 1998 y 2010, el porcentaje de crecimiento total del servicio es de 49112.60%, lo que indica que ha existido una gran evolución, y es posible estimar un porcentaje promedio anual de crecimiento del 67.63%.

El proceso de cálculo de estos índices se muestra con detalle en el **Anexo 5**.

La Figura IV:73 muestra el número de usuarios por año durante el período de operación del servicio de Internet y su curva de tendencia.

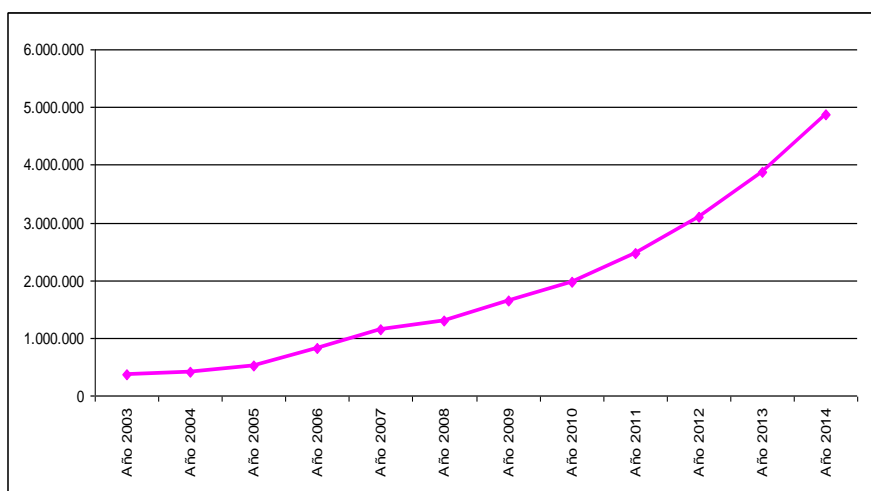


Figura IV: 73 Evolución y proyección del crecimiento de USR del servicio de Internet 2003 y 2014

#### 4.1.4.2 Índice de Crecimiento del Acceso a Internet de Banda Ancha

Las tecnologías de banda ancha iniciaron su promoción en el mercado ecuatoriano, en el 2001. De acuerdo a la SUPTEL, la siguiente ha sido su evolución en cuanto al número de usuarios.

La Figura IV:74 define un porcentaje de crecimiento total de la banda ancha durante el período 2001 y 2010 de 46691.44% y un porcentaje promedio anual de 98.01%, lo que refleja una tendencia de alto incremento de usuarios, como muestra a continuación.

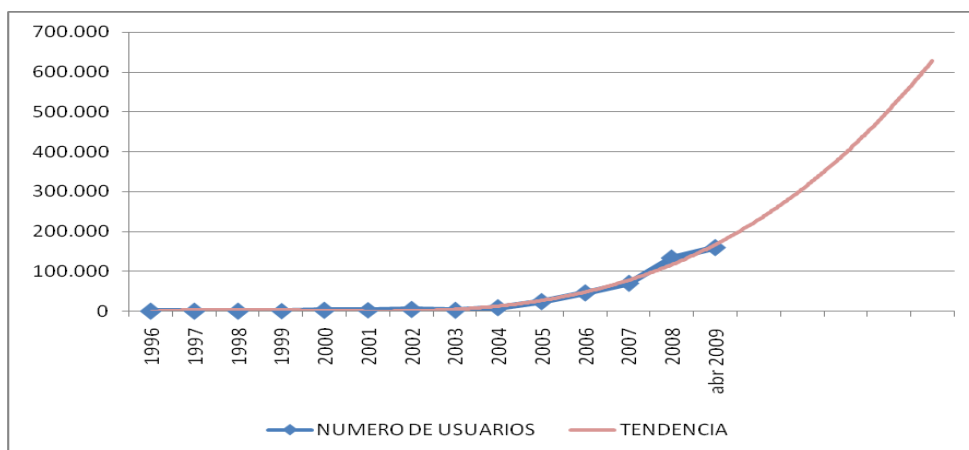


Figura IV: 74 Evolución y Tendencia del crecimiento de USR del servicio de Internet de Banda Ancha entre 1996 y 2009

#### 4.1.4.3 Definición del Índice de Crecimiento Para el Proyecto PLC

En base a la información anterior, es posible definir el siguiente entorno de mercado para los servicios inherentes a PLC:



- El crecimiento de la demanda nacional por servicios de Internet se mantendrá por los siguientes años y fortalecerá con el apareamiento de tecnologías complementarias, lo que además motivará al crecimiento de las conexiones de banda ancha debido a la proliferación de nuevas aplicaciones que requieren mayor capacidad.
- En la etapa de introducción del servicio PLC, la demanda será moderada, debido al desconocimiento de la tecnología por parte de los usuarios y a los altos costos iniciales de implementación.

Con lo que finalmente, se define un índice de crecimiento del 67.63% para los dos primeros años, posteriores a la etapa de introducción del servicio, en los que la tecnología PLC se dará a conocer en el mercado. Luego de este período se espera un crecimiento del 100% anual por los siguientes dos años, acorde a lo proyectado por consultoras internacionales. Para posteriormente estabilizar su demanda en un porcentaje de 98.01% anual por los años siguientes.

A continuación, la Tabla IV:LXX muestra los resultados de la estimación de la demanda del proyecto para un período de cinco años posteriores a su implementación.

Tabla IV: LXX Crecimiento de usuarios del sistema PLC

SUBESTACIÓN	PRIMARIO	USUARIOS PLC					
		Introducción	1	2	3	4	5
Nº 3	C	2	3	5	10	20	40
	TOTAL	2	3	5	10	20	40

La Figura IV:75 muestra la curva de tendencia de la demanda aproximada del proyecto, donde el eje vertical mide el número de usuarios del servicio y el eje horizontal indica los años o períodos de crecimiento, para mayor referencia se indica el número de usuarios al inicio y al fin de cada año.

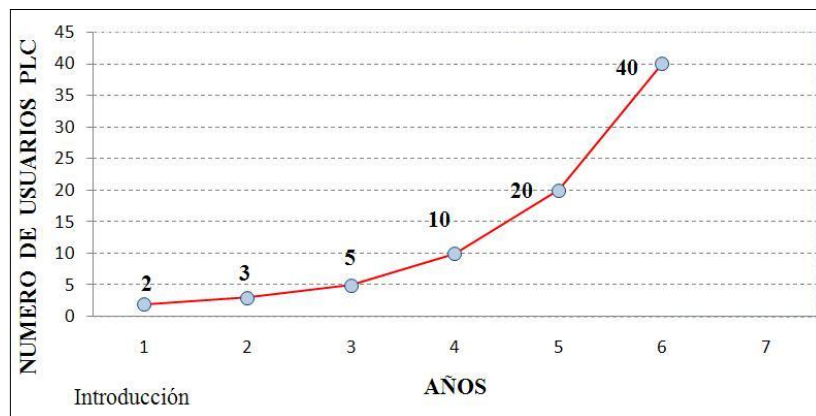


Figura IV: 75 Crecimiento de USR servicio PLC para un período de 5 años

## 4.1.5 Requerimientos del ISP

### 4.1.5.1 Aplicaciones

El sistema de comunicaciones PLC está orientado a ofrecer servicios de:

- Acceso a Internet a velocidades de banda ancha
- Conexión permanente
- Creación de entornos tipo LAN en el hogar

### 4.1.5.2 Velocidad de Transmisión

Velocidad de usuario para acceso a Internet: 256 kbps a 2 Mbps

Velocidad de usuario para entornos LAN: 2 Mbps

### **4.1.5.3 Tipo de Línea**

El tipo de línea determina la dirección de la transmisión de datos. El sistema PLC empleará líneas full dúplex punto a multipunto, que permiten transmitir datos en direcciones simultáneas (subida y bajada).

De acuerdo a los resultados obtenidos del estudio de factibilidad operativa, si bien existen 295 viviendas no todas la requieren este servicio, para lo cual se estima que el número de usuarios iniciales de internet es 2 usuarios, teniendo una proyección a cinco años de 40 usuarios de acuerdo a los índice de penetración del servicio, por lo que no representaría los costos de inversión en cuanto a la tecnología y recurso humano.

## **4.2 Factibilidad Técnica**

Se identifican los equipos necesarios para adecuar la infraestructura de red PLC sobre la red eléctrica con el fin de ofrecer una solución de conectividad.

### **4.2.1 ISP**

Proveedor de Servicios de Internet (ISP) es un canalizador de información desde y hacia Internet, brinda acceso a páginas de Internet, correo electrónico y otros servicios como chat, videoconferencia y alojamiento de páginas web. Existen varias arquitecturas y diseños diferentes para el establecimiento de un ISP, por lo que se define una arquitectura general y básica.

#### **4.2.1.1 Centro de Servicios y Operación ISP - PLC**

El sistema PLC requiere de un centro de servicios y operación, el cual se ubicará en la subestación de distribución, en este punto concluye la red eléctrica y se realiza la conexión con redes externas de transporte hacia Internet. Este centro dispone de todos los sistemas necesarios para la gestión, explotación de la red y el suministro de servicio a los usuarios.

Para este diseño es posible la integración de los equipos del ISP con el servidor de administración del sistema PLC en un sólo cuarto de equipos. Estas instalaciones deben proveer facilidades y garantías para el correcto desempeño de las actividades de comunicación, incluyendo: sistema de puesta a tierra, ventilación, alimentación, adecuada ubicación e instalación del hardware y conexiones normalizadas de cableado estructurado.

#### **4.2.1.2 Servicios del ISP**

Los servicios que provee el ISP dependen de las necesidades de los usuarios del sistema, para la etapa de introducción del sistema se sugieren los siguientes servicios básicos:

- Servicio de correo electrónico
- Servicio de transferencia de archivos
- Servicio de web hosting

### 4.2.1.3 Topología del centro de operación ISP - PLC

Para el diseño del ISP se deben tener en cuenta los siguientes factores:

- **Crecimiento:** Para cumplir con las necesidades de los usuarios tanto en la etapa de introducción, como para los requerimientos futuros se dimensiona la capacidad de los servidores de acuerdo al número de usuarios estimados para el quinto año de operación del sistema.
- **Seguridad:** Se emplea equipos que cumplen con las funciones de protección y autenticación de los usuarios de la red.
- **Capacidad de gestión:** Monitoreo continuo del tráfico y calidad de servicio por medio de servidores de administración.

Los equipos del centro de operación se integran mediante la instalación de una red interna, la que puede tener varias configuraciones. Una opción es el establecimiento de una red Fast Ethernet de alta capacidad, 100/1000 Mbps, ya que parte del tráfico que maneja todo el sistema PLC cursa esta red, especialmente hacia los servidores web y de correo electrónico.

La salida del ISP hacia el Internet se realiza a través de un router que se enlaza por medio de una Unidad Terminal de Datos DTU a la red del portador contratado. A su vez, los equipos de cabecera PLC se conectan a diferentes puertos de este mismo equipo. La estructura básica del ISP es la siguiente:

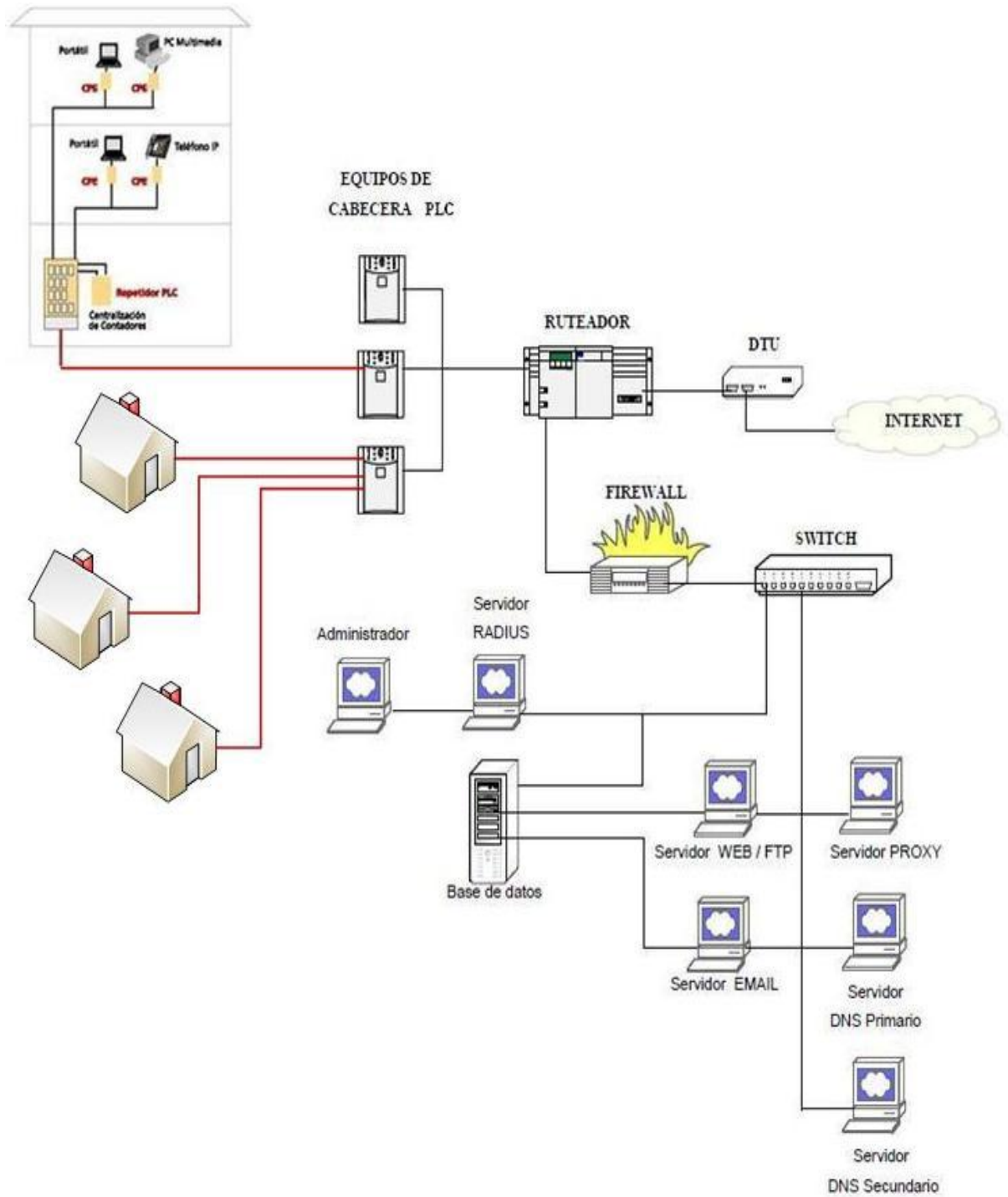


Figura IV: 76 Esquema Básico ISP

#### 4.2.1.4 Elementos del ISP

Tabla IV: LXXI Requerimientos de Servidores para el ISP

EQUIPO	HARDWARE	SOFTWARE
<b>SERVIDOR EMAIL</b>	Procesador Pentium IV (3.2GHz / Bus 700MHz) Memoria caché de 512kB Memoria RAM 512MB Tipo Ultra 160 SCSI 10000 RPM Interfaz Ethernet 10/100/1000 Capacidad de disco duro 20GB	<b>Sendmail</b> Qmail iPlanet Messaging Server Openwave Email
<b>SERVIDOR FTP</b>	Procesador Pentium IV (3.2GHz / Bus 700MHz) Memoria caché de 512kB Memoria RAM 512MB Tipo Ultra 160 SCSI 10000 RPM Interfaz Ethernet 10/100/1000 Capacidad de disco duro 60GB	<b>WU-FTP</b> Serv-U FTP ProFTPD FTP Server
<b>SERVIDOR WEB</b>		<b>Apache</b> iPlanet Web Server WebSphere AnalogX
<b>SERVIDOR PROXY</b>	Procesador Pentium IV (3.2GHz / Bus 700MHz) Memoria caché de 512kB Memoria RAM 512MB Capacidad de disco duro 100 GB (X 4) Tipo Ultra 160 SCSI 10000 RPM Interfaz Ethernet 10/100/1000	<b>CSM Proxy Plus</b> Basilisk II 1.0 Squid 2.5 – Stable 12 Web Cleaner 2.35
<b>SERVIDOR DNS</b> <i>Primario y Secundario</i>	Procesador Pentium IV (3.2GHz / Bus 700MHz) Memoria caché de 512kB Memoria RAM 512MB Capacidad de disco duro 20GB Tipo Ultra 160 SCSI 10000 RPM Interfaz Ethernet 10/100/1000	<b>BIND v8</b> Mara DNS 1.2.03.4 DNRD 2.20.1 DNS Tools 2.0b5
<b>SERVIDOR RADIUS</b>	Procesador Pentium IV (3.2GHz / Bus 700MHz) Memoria caché de 512kB Memoria RAM 512MB Capacidad de disco duro 20GB Tipo Ultra 160 SCSI 10000 RPM Interfaz Ethernet 10/100/1000	<b>Steel-Belted Radius</b> Knoda 0.8.1 PhpQLADin 2.3.1
<b>SERVIDOR ADMINISTRADOR</b>	Procesador Pentium IV (3.2 GHz / Bus 700 MHz) Memoria caché de 512kB Memoria RAM 512 MB Capacidad de disco duro 20 GB Tipo Ultra 160 SCSI 10000 RPM Interfaz Ethernet 10/100/1000	Propio del hardware

#### 4.2.1.5 Elementos de Conexión y Protección

Tabla IV: LXXII Características de Elementos de Conexión y Protección

EQUIPO		CARACTERÍSTICAS
<b>FIREWALL</b>	CISCO PIX 535	Puerto de consola: RS-232, 9600bps, RJ-45 14 interfases 10/100 Fast Ethernet 9 interfases Gigabit Ethernet 4 slots PCI de 64-bit/66MHz Capacidad sobre 1.7Gbps Conexiones consecutivas: 500,000 3 unidades rack (3RU)
<b>SWITCH</b>	CISCO 3750-48TS-E	48 puertos 10/100Mbps 4 puertos Gigabit Ethernet Alta velocidad en el bus 32Gbps 1 unidad rack montable Ruteo IP dinámico
<b>RUTEADOR</b>	CISCO 805	Puerto serial compatible con EIA/TIA-232, 449, 530, 530A, X.21, V.35 Capacidad IPsec con encriptación de datos 128- o 56-bit Conexión a redes Ethernet 10BASE-T (10Mbps) 4MB de memoria flash y 8MB de memoria DRAM

#### 4.2.2 Esquema de Funcionamiento de la Red PLC

La señal de Power Line Communications puede coexistir en el mismo medio del tendido eléctrico con la señal de energía, gracias a la diferencia de frecuencia por donde es enviada la señal de Internet y la energía eléctrica. Mientras que la energía eléctrica llega a los hogares en la frecuencia de entre los 50-60Hz, la señal de Internet viaja en frecuencias muy superiores, esto posibilita, que ninguna de ellas se interfiera. En el País generalmente, la tecnología PLC viaja en la frecuencia de 1.6 a 18Mhz (outdoor) y de 18 a 30Mhz (indoor).

Para que el envío y recepción de las señales operen de forma óptima, se debe contar con una serie de dispositivos a lo largo del tendido eléctrico que mantengan la señal viva, no sufra grandes interferencias ni interrupciones, y



pueda viajar en ambos sentidos por grandes distancias. Para ello es requerido que existan 4 componentes en la red PLC:

- Backone;
- HE o Unidad de Acondicionamiento (UA)
- Unidad Repetidor
- Unidad de Usuario o Módem PLC
- Unidades de Acoplamiento (UDA)

#### **4.2.2.1 Backone**

Se denomina Backone, a la infraestructura de una red de alta velocidad basada en tecnología 100% ATM, es una plataforma que permite brindar todo tipo de servicios, como transmisión de datos, voz, interconexión de redes de alta velocidad y aplicaciones multimedia que exijan calidad de servicio. De modo más simple de explicar, el Backone será el proveedor de acceso a Internet, quien pondrá a disposición de la tecnología PLC, un enlace dedicado de fibra óptica de un mínimo de 10Mbps, para que sea distribuido a través de la red de baja tensión a los usuarios que utilicen dicho servicio.

Diferentes opciones pueden ser usadas para enlazar las Subestación de distribución de media/baja tensión a la WAN-*Wide Area Network*- (enlaces inalámbricos, satelitales, de cobre o bien de fibra óptica). El despliegue de una red de transmisión de telecomunicaciones es primordial en el diseño ya que dependiendo de la capacidad de esta se estimará los valores de capacidad a

ofrecer a los usuarios. Esta red de distribución interconectará redes internas y externas de energía eléctrica con redes de telecomunicaciones.

#### **4.2.2.2 HE o Unidad de Acondicionamiento (UA)**

Es el componente principal en la topología de una red PLC, emite señales de baja potencia (50mW) y coordina las frecuencias y actividades del resto de equipos que conforman la red de manera que se mantenga constante el flujo de datos durante la TX. Además conecta el sistema de la red a un Backbone de telecomunicaciones o al proveedor de servicios de Internet (ISP), por lo que es el interfaz entre la red de datos y la red eléctrica.

Las UA PLC se ubican en cada subestación de distribución eléctrica, cerca al transformador de media a baja tensión. Esto depende realmente del modelo del sistema PLC que se implemente. Una UA puede llegar a contener unas 64 unidades transmisoras con una estructura típica de armario o rack, integradas en un mismo módulo. Los datos ingresan a estas estaciones y son incorporados a la señal eléctrica. La elección de su ubicación es un aspecto clave de la arquitectura de una red PLC, ya que es esencial que la introducción del flujo de datos tenga la máxima cobertura o alcance posible.

Existen Unidades de Acondicionamiento de MT que transmiten las señales a una distancia de 1500 m y las Unidades de Acondicionamiento de BT tienen un alcance de 150 m.

Estos equipos poseen varias tarjetas, lo que permite flexibilidad en el desarrollo del diseño.

- **Tarjetas BT (Baja tensión):** Inyectan la señal de datos a los cables de baja tensión.
- **Tarjetas MT (Media tensión):** Permiten la interconexión de subestaciones utilizando como red de distribución las redes de MT.
- **Tarjetas “Fast Ethernet” o “Gigabit Ethernet”:** Permiten la interconexión de subestaciones a través de interfaces RJ-45 o GbE convencionales.

Esta tarjeta permitirá la conexión del enlace de FO a la UA.

- Velocidad máxima de 100 Mbps de ancho de banda.
- Posibilidad de manejo de 1024 direcciones MAC.
- DHCP/DNS/FTP Server/ Cliente
- Posee una interfaz Ethernet 10/100 base T

La UA poseen los equipos más robustos y costosos de la red, por lo que deben ubicarse en un lugar que cumpla requisitos de seguridad y fácil alcance. Su función es inyectar la señal que proviene de la red de distribución de FO a la red de acceso. En la dirección de bajada, es decir hacia los usuarios, se transmitirán las señales de datos desde la UA a las Unidades Repetidores o a las Unidades de Usuario UU en una configuración “dúplex” total de punto a multipunto. En el diseño la UA operará entre la red de Acceso PLC y la red de distribución de FO.

### **4.2.2.3 Unidad Repetidora**

Se usa para extender el alcance de la señal de datos o mejorar el ancho de banda disponible se conecta a las líneas eléctricas mediante acopladores eléctricos. Es requerido cuando existe una distancia considerable (> 300m) entre la Unidad Acondicionadora y la Unidad de Usuario. Su función es regenerar la señal afectada por la atenuación del medio de transmisión debido a la distancia, consigue altas velocidades de TX en lugares alejados de la UA.

En general se trata de evitar el uso de los repetidores tanto como sea posible, ya que agregan costos adicionales a la red PLC.

- Permite velocidades de 45 Mbps
- Permite 32 conexiones simultáneas (esclavos).
- Posibilidad de manejo de 64 direcciones MAC.
- Alta sensibilidad del receptor para asegurar su cobertura.
- Fácil sistema que emplea el concepto de VLAN y servicios QoS.

La señal viene desde la UA a una frecuencia de 1.6 Mhz a 18 Mhz, el repetidor toma esta señal, y eleva la señal a la frecuencia de 18 Mhz 30Mhz. En los equipos se establece una separación de frecuencias entre Red de Acceso y Red Domiciliaria. Las UR se instalarán en los cuartos de medidores de cada edificio de la zona del diseño o en lugares intermedios entre la Subestaciones y el hogar del usuario.

#### **4.2.2.4 Unidad de Usuario o Módem PLC**

Dispositivos terminales que se enchufan en la Red de suministro eléctrico, para utilizar esta como medio del enlace de datos. Permite conectar un equipo a la red de datos establecida por la UA. Se ubica en los hogares de los usuarios donde se implemente la Red PLC. Su función es convertir cada toma de corriente en un punto de conexión de terminal de usuario.

Este adaptador eléctrico es un dispositivo pasivo. Que se encarga de inyectar la señal de HF de datos en la red eléctrica. Consta de unidades acondicionadoras (UA) que filtran las señales para hacer fluir la energía eléctrica a través de las tomas de corriente y a su vez dejar pasar los datos, liberándolos mediante un interfaz USB, Ethernet (RJ45), Wireless LAN u otros, facilitando el tráfico bidireccional entre el cliente y la red. Este equipo sería el equivalente al “splitter” de ADSL. Las UU reportan sus actividades a las unidades de acondicionamiento.

Su arquitectura interior esta conformada de tres partes:

1. Filtros y acoplamientos de la señal
2. Procesamiento interno de la señal (DSP)
3. Interfaz de conexión hacia el usuario

#### **Funciones:**

- Fácil instalación (“plug&play”)
- Administración remota (SNMP)

- Facilita la conexión con el usuario final
- Provisión de soporte automático (DHCP)
- Permite servicios “triple play” (Voz , Datos e imagenes)
- Cada toma eléctrica se convierte en una toma de datos
- No requiere configuración adicional por parte de los usuarios
- Tiene conexiones USB, Ethernet (RJ45), y una análoga teléfono (RJ11).
- Las velocidades de transferencia ofrecida por el sistema, son de 256 Kbps a 2.7 Mbps.
- Se pueden conectar un máximo de dieciséis UU en los hogares pero no se recomiendan más de diez UU.

Si se produjera un corte en el suministro de energía eléctrica, el sistema PLC podría seguir operando, ya que si se cuenta con la precaución de disponer de sistemas de respaldo de energía en el ISP, en la cabecera, y en el hogar, no debería haber una interrupción del servicio.

#### **4.2.2.5 Unidades de Acoplamiento (UDA)**

Este equipo será el encargado de inyectar y adaptar la señal de datos a las líneas eléctricas. En el diseño se emplearían:

- **Acople Capacitivo:** para la red de BT, al ingresar a los hogares.
- **Acople Inductivo:** Se utilizará este tipo de acoplamiento en la red que va desde la UA hasta los repetidores. Este tipo de acople presenta ligeras pérdidas, por lo que no requiere conexión física con la red eléctrica, lo que lo hace más seguro de instalar que el acople capacitivo.

En la parte de BT la señal de datos debe acoplarse a las tres fases del transformador para que llegue a todos los usuarios, ya que estos pueden estar conectados a cualquiera de ellas logrando balancear el sistema PLC.

### **4.2.3 Definición del Número de Equipos de la Red PLC**

A continuación, se especifican las principales consideraciones para la definición del número de equipos y su distribución en la red PLC:

- El número de usuarios utilizado para dimensionar la red es el definido para la etapa de introducción del servicio, debido a la fácil escalabilidad que permite la topología de red y que en lo referente a la concentración de usuarios, se considera las condiciones menos favorables, lo que significa que al tener una densidad de usuarios por transformador muy limitada (1 usuario PLC cada 5 transformadores de media a baja tensión), los equipos acopladores instalados en la red inicialmente operarán en su mínima capacidad y permitirán sin inconveniente la futura instalación de nuevos usuarios hasta operar con toda su capacidad.
  
- La topología de la red incluye dos tipos de unidades: equipos de cabecera MT/BT y terminales de usuario. Los equipos de cabecera son aquellos que permiten el manejo, control y conexión de los usuarios, ya

que actúan como acopladores de la señal al medio eléctrico y los terminales de usuario son los módems PLC.

- El centro principal de gestión de la red se ubica en la Subestación # 3, ya que a partir de este punto se establece la conexión con el “backbone” de Internet. A partir de aquí, el equipo de MT se ubicará a lo largo del Primario C de la red de distribución formando una red “powerline” que distribuya la señal durante todo el tramo. La cobertura máxima de estos equipos es 1500 m. Sin embargo, por razones de seguridad en el diseño se ubican en intervalos de 1200 m.
- Por lo que, el cálculo del número de equipos por primario está definido por la siguiente relación:

$$M = \frac{L_p}{D}$$

**Donde:**      **M:** Número de equipos cabecera por primario

**L<sub>p</sub>:** Longitud del primario en kilómetros

**D:** Distancia máxima entre equipos

- Los equipos de cabecera BT sirven de interface entre el equipo de MT y el terminal de usuario. Para la implementación se requiere una unidad por usuario, debido a la consideración de que los usuarios no están concentrados, sino distribuidos a lo largo de la red. Con el futuro crecimiento de la demanda del servicio, los usuarios se enlazarán a estos equipos, que pueden manejar incluso 64 conexiones en paralelo.



- Para los terminales de usuario, la estimación inicial de equipos se define una unidad por abonado.

El resumen general de los equipos requeridos para la implementación de la red PLC se muestra a continuación:

Tabla IV: LXXIII Detalle de equipos para la etapa de introducción del sistema PLC

PRIMARIO	LONGITUD [km]	USUARIOS PLC	NÚMERO DE EQUIPOS		
			Equipo MT	Equipo BT	Módem PLC
C	5.8	2	5	2	2

#### 4.2.4 Dimensión del Canal de Acceso

Al diseñar sistemas de comunicaciones en los que múltiples usuarios acceden a un servicio, como es el caso de Internet se emplea la fórmula empírica siguiente para dimensionar el canal de acceso:

$$C = t_m \cdot n \cdot m \cdot C_{min}$$

**Donde:** **C:** Capacidad requerida por punto de enlace o usuario

**$t_m$ :** Porcentaje de tiempo de uso del servicio en el día

**$n$ :** Número de usuarios conectados por enlace

**$m$ :** Porcentaje de usuarios con acceso simultáneo

**$C_{min}$ :** Capacidad mínima

Para la Red PL los parámetros definidos sobre el uso del canal son:

**$t_m = 0.7$**  Se estima un porcentaje de uso del servicio del 70%. Por ser un sistema que plantea una conexión permanente.

**$m = 0.7$**  Se estima que el 70% de los usuarios del sistema acceden de manera simultáneamente.

En base a estos factores y al número de usuarios PLC del Primario C, en la Tabla IV:LXXIV se muestra la capacidad total del enlace a Internet requerido para proveer una velocidad de usuario (VU) de 256kbps, 512kbps o 2Mbps.

Tabla IV: LXXIV Dimensión de los canales de acceso a Internet

PRIMARIO	USUARIOS PLC	CAPACIDAD DE ENLACE (Mbps)		
		Vu = 256kbps	Vu = 512kbps	Vu = 2Mbps
C	2	0.25	0.50	2

La Figura IV:77 muestra un esquema referencial del diseño.

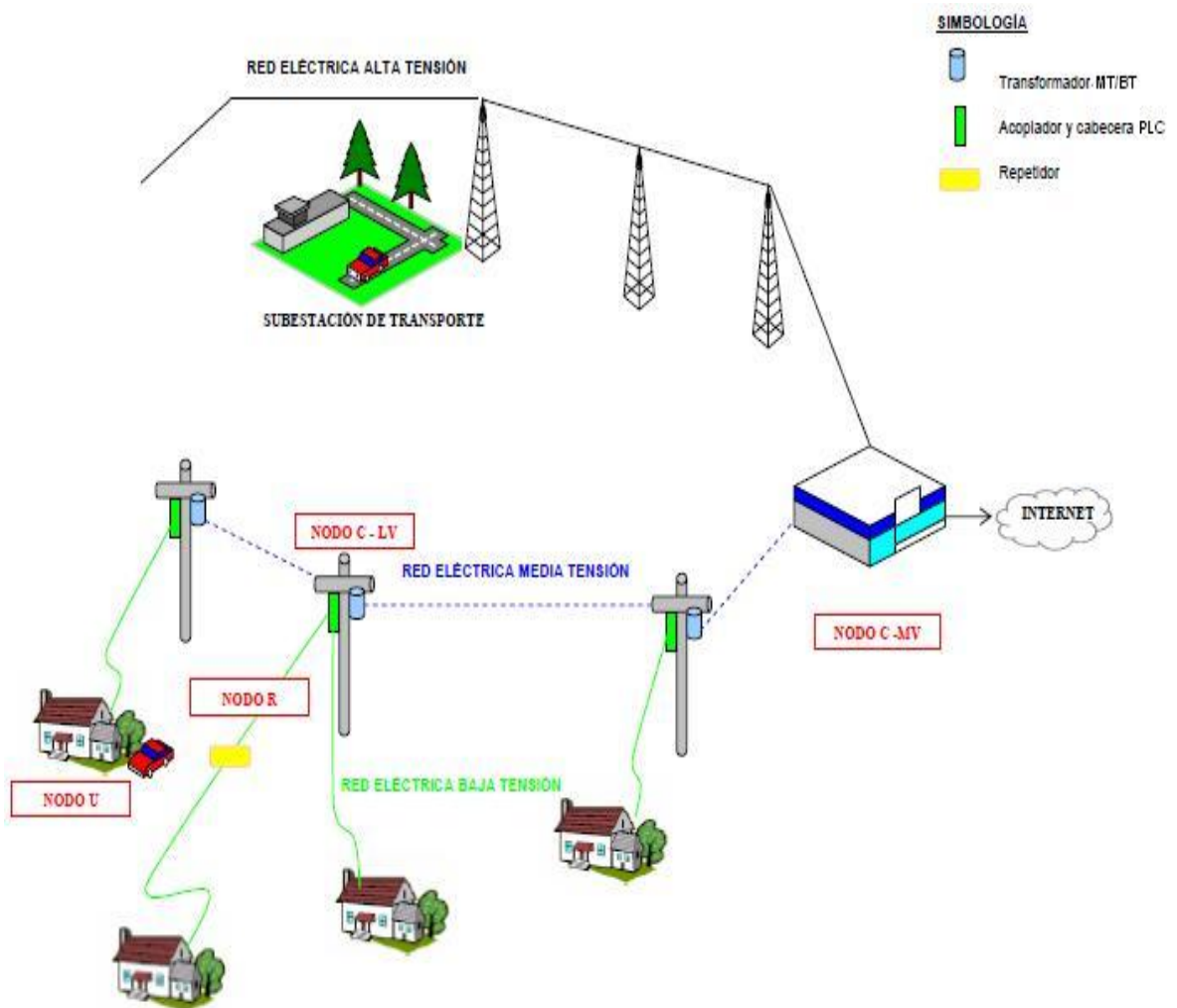


Figura IV: 77 Esquema del diseño de Red PLC

## 4.2.5 Instalaciones Aéreas



Figura IV: 78 Inyección de las señales PLC en las líneas de media tención



Figura IV: 79 Inyección de las señales PLC en las líneas de media tención



Figura IV: 80 Inyección de las señales PLC en las líneas de media tención

## **4.3 Factibilidad Económica**

Una vez establecida la factibilidad operativa, la factibilidad técnica es necesario realizar un presupuesto que permita estimar los costos totales del proyecto, en el cual constarán los costos de equipamiento, costos de instalación, costos de operación y costos de mantenimiento.

Para que este estudio sea posible, será necesario citar los diferentes modelos de servicio que la empresa eléctrica en este caso la EERSA puede optar, para poder ofrecer el servicio de internet por sus cables eléctricos.

### **4.3.1 Modelos de Servicio PLC**

La EERSA, puede elegir diferentes modelos de servicio, según los estudios realizados por la Asociación Española de Usuarios de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información (AUTELSI) y el desarrollado por la consultora norteamericana “The Shpigler Group” señalan los posibles modelos de negocio para la explotación de servicios PLC.

- Operador Global PLC
- Sociedad Compartida
- Portador Independiente

Tabla IV: LXXV Modelos de Servicio PLC

MODELO	DESCRIPCIÓN	PERMISOS DE OPERACIÓN	VENTAJAS Y DESVENTAJAS
<b>Operador Global PLC</b>	En este escenario, la empresa eléctrica es la responsable de la implementación de todas las etapas que involucra el proyecto, incluyendo el equipamiento e instalación del ISP PLC, equipos de cabecera y control de la red PLC, terminales de usuario y la contratación del portador internacional hacia el “backbone” de Internet, y de las utilidades que genere el servicio.	Se requieren dos títulos habilitantes, un permiso para proveer el servicio de valor agregado y una concesión para el servicio portador. Ello debido a que los proveedores del servicio de Internet pueden acceder a sus usuarios a través de servicios portadores y/o finales, requiriendo para ello del título habilitante respectivo por cada servicio.	La ventaja es la posibilidad de emplear la red PLC desplegada para obtener servicios adicionales, como el monitoreo y tarificación del servicio eléctrico. Sin embargo, es un escenario riesgoso. Las desventajas son mayores, porque la empresa de distribución eléctrica no tiene experiencia en la comercialización de este servicio, existe dificultad organizativa y falta de personal calificado, se requieren inversiones fuertes y altos gastos de operación.
<b>Sociedad de Servicios Compartidos</b>	Es más aplicada por permitir un escenario potencialmente lucrativo, se basa en la participación de dos empresas una eléctrica y otra de comunicaciones, las cuales aportan su conocimiento y recursos de acuerdo a su actividad principal, con el establecimiento de la sociedad se definen los porcentajes de participación, las responsabilidades de cada una de los miembros en el control de operación del sistema, interacción con los clientes y partición de los ingresos generados. Una opción es que la compañía eléctrica sea responsable de la infraestructura de la red PLC incluyendo acopladores y equipos necesarios para la transmisión de la señal de datos, y por otro lado los servicios de acceso a Internet llegan de su socio.	Depende de los términos en los que se establece la sociedad, ya que si se constituye una nueva empresa será necesario obtener un título habilitante de servicio portador y de valor agregado. Mientras que si la empresa eléctrica ingresa como socio de una empresa de comunicaciones ya constituida, no serán necesarios nuevos permisos de operación.	Es el escenario más adecuado, ya que la experiencia y el riesgo es compartido entre las empresas que conforman la sociedad, no se incurre en gastos elevados para la contratación del portador internacional hacia Internet y mediante la cooperación entre el proveedor de servicios de comunicación y la compañía eléctrica es posible hacer que el mercado crezca y gane más valor.
<b>Portador Independiente</b>	La compañía eléctrica se mantiene al margen de ser un proveedor de internet PLC, se limita al alquiler de su infraestructura a un proveedor de servicios de comunicaciones interesado en incursionar en el proyecto y por ello determinan un porcentaje o tarifa de alquiler, la compañía de comunicaciones maneja de manera directa todo el sistema PLC, es la encargada de instalar los equipos necesarios y interactúa con los usuarios.	Al rentar la red eléctrica de manera pública se debe obtener una concesión como servicio portador. Las condiciones, tarifas y licencias de este servicio ya se encuentran normadas en nuestro país.	Esta es la solución más fácil para las compañías eléctricas, porque la empresa de comunicaciones o proveedor que desee rentar la red eléctrica tendrá cuidado de los aspectos operacionales y atención al usuario final.

### 4.3.2 Definición del Escenario y Costo e Ingresos

Para la implementación del servicio de internet PLC en la EERSA la más adecuada es la Sociedad de Servicios Compartidos, ya que el paquete accionario correspondería a la infraestructura de la red de distribución eléctrica de media y baja tensión equipada con los terminales de cabecera PLC necesarios.

Previamente a la valoración de los costos e ingresos del proyecto, es necesario identificar los principales rubros que se incluirán en el presupuesto y en la estimación de los ingresos. A continuación en la Tabla IV:LXXVI se indican los tipos de costos y beneficios agrupados por rubros:

Tabla IV: LXXVI Identificación de Costos e Ingresos del Proyecto

	<b>COSTOS</b>	<b>INGRESOS</b>
<b>Directos</b>	<b>Inversión Inicial</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Tarifa mensual por servicio de Internet.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Equipos de red PLC.</li> <li>▪ Módems de usuario.</li> <li>▪ Acopladores.</li> <li>▪ Equipos de control y servidores ISP.</li> </ul>	
	<b>Operación</b>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Alquiler del canal de datos hacia internet.</li> <li>▪ Mano de obra.</li> </ul>	
	<b>Mantenimiento</b>	
<b>Indirectos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Reposición y mantenimientos de equipos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Crecimiento de usuario del servicio.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Salario del personal, y servicios básicos.</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Costos por imprevistos.</li> <li>▪ Adquisiciones de equipos para futuros usuarios.</li> </ul>	

### **4.3.2.1 Parámetros para la Valoración de Costos**

#### **4.3.2.1.1 Duración del Proyecto**

Para tener una visión más exacta sobre el comportamiento económico, es necesario establecer una proyección a 5 años a partir de la instalación del servicio, debido a que la inversión es demasiado elevada.

#### **4.3.2.1.2 Crecimiento de Anual de Clientes**

Esta estimación depende directamente de la demanda del servicio que se oferta, la misma que no será igual en los 5 años de proyección, en la factibilidad operativa se calculó la proyección de la demanda del servicio.

#### **4.3.2.1.3 Costos de los Equipos de la Red PLC**

El costo total de los equipos, están vinculados directamente al número de unidades que se requerirá conectar desde la Subestación N° 3 de la EERSA hasta la Parroquia San Gerardo, concretamente hasta el parque central, existiendo una distancia de 5.8Km a continuación en Tabla IV:LXXVII se lista los dispositivos y sus respectivos costos.

**Tabla IV: LXXVII Costos de Dispositivos**

<b>CÓDIGO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>PRECIO (USD)</b>
API-2000-MV	Cabecera de red para líneas de medio voltaje.	1 296.00
API-2000-LV	Cabecera de red para líneas de bajo voltaje	1 296.00
API-2000-GW	Repetidor, pasarela para líneas de bajo voltaje	456.00
APC-2000-DB	Módems de usuario	150.00

#### 4.3.2.1.4 Costos de Operación

Se considera los costos que tendrían la contratación y el pago mensual al proveedor del servicio portador por la operación del canal de acceso a internet. Las tarifas mensuales referenciales son las proporcionadas por las empresas CNT y TRANSNEXA.

Tabla IV: LXXVIII Tarifas mensuales por el servicio portador

PROVEEDOR	RUTA	COSTO DE INSCRIPCIÓN (USD)	TARIFA MENSUAL (USD)	DESCRIPCIÓN
TRANSNEXA	Quito-Pasto	30000	35000	Conexión desde el nodo principal en Quito, para el enlace entre el ISP y nuestro nodo se utilizaría fibra óptica.
	Pasto-Cartagena		44000	
	Cartagena-Miami		52000	
	<b>Total</b>		<b>131000</b>	
ANDINADATOS	Riobamba-Miami	40000	<b>130000</b>	Incluye conexión de última milla desde el ISP-PLC hacia Quito por medio de fibra óptica.

Cabe recalcar que en estos costos ya está incluido el precio de suscripción y conexión con el NAP internacional en Estados Unidos.

#### 4.3.2.1.5 Costos de Instalación y Mantenimiento

Este costo se encuentra incluido en el costo total de las instalaciones de los equipos PLC en la red eléctrica. Para los 5 años siguientes a la implementación, este egreso será para el mantenimiento de la red, se define el equivalente al 20% del rubro costo anual por el equipamiento de la red PLC.



#### 4.3.2.1.6 Costos Logísticos e Imprevistos

Se refiere al pago de salarios del personal, servicios básicos y costos imprevistos o gastos inesperados en la implementación del servicio. Se estima un equivalente al 5% del costo anual del equipamiento PLC.

#### 4.3.2.2 Valoración de Costos

En base a la información de precios antes detallada y el crecimiento de usuarios proyectado se estiman los costos de implementación del proyecto.

##### 4.3.2.2.1 Costos de Equipamiento de la Red PLC

Tabla IV: LXXIX Cálculo del costo del equipamiento de la red PLC Subestación N° 3

PERIODO (AÑO)	N° ABONADOS		API-MV-2000		API-LV-2000		APC-2000-DB		TOTAL
	Incremento	Total Anual	N°	Costo Total (USD)	N°	Costo Total (USD)	N°	Costo Total (USD)	Total (USD)
<b>INVERSIÓN</b>	2		5	6 480	2	2 592	2	300	9 372
1 <sup>er</sup> .	1	3	0	0	0	0	1	150	150
2 <sup>do</sup> .	2	5	0	0	0	0	2	300	300
3 <sup>er</sup> .	5	10	0	0	0	0	5	750	750
4 <sup>to</sup> .	10	20	0	0	0	0	10	1500	1 500
5 <sup>to</sup> .	20	40	0	0	0	0	20	3000	3 000

Cabe recalcar que los equipos API-MV-2000 y API-LV-2000 no se incrementan en los siguientes años, porque su capacidad de distribución alcanza hasta 64 terminales, siendo suficiente los dispositivos instalados.

#### 4.3.2.2.2 Costos de Operación

El cálculo de la capacidad del enlace se establece:

- Capacidad de enlace =  $((0.7 \times 0.7) \times Vu) \times \text{número de abonados}$
- Costo total = capacidad de enlace x valor de la tarifa internacional

Tabla IV: LXXX Costos de Operación

PERIODO (AÑO)	Nº Abonados	Vu= 256Kbps		Vu= 512Kbps		Vu= 2Mbps	
		Capacidad de enlace (Mbps)	Costo Total (USD)	Capacidad de enlace (Mbps)	Costo Total (USD)	Capacidad de enlace (Mbps)	Costo Total (USD)
<b>Introducción</b>	2	0.25	2517	0.50	5034.00	1.96	19733.28
1 <sup>er</sup> .	3	0.37	3725.16	0.75	7551.00	2.94	29599.92
2 <sup>do</sup> .	5	0.62	6242.16	1.25	12585.00	4.90	49333.20
3 <sup>er</sup> .	10	1.25	12585.00	2.50	25170.00	9.80	98666.40
4 <sup>to</sup> .	20	2.50	25170.00	5.00	50340.00	19.60	197332.80
5 <sup>to</sup> .	40	5.00	50340.00	10.00	100680.00	39.20	394665.60

El cálculo del costo anual por conexión se hace en base a tarifas internacionales, estableciendo un precio mensual de 839 USD por c/Mbps.

#### 4.3.2.2.3 Costo de Equipamiento del ISP

Una estructura básica del ISP, en la cual analizaremos sus costos y los equipos requeridos, en la Tabla IV:LXXXI se muestra el equipamiento inicial del ISP.

Tabla IV: LXXXI Costo de Equipamiento e Instalación del ISP-PLC

DESCRIPCIÓN	PRECIO (USD)
Servidores	25 000.00
Equipos de conexión y protección	15 000.00
Equipos PLC cabecera	10 000.00
Software (SO y Programas especiales)	8 000.00
Instalación y adecuaciones de la zona de equipos	15 000.00
<b>Total</b>	<b>73 000.00</b>

### 4.3.3 Resumen de Costos de Inversión y Egresos

Definidos los costos de cada rubro de implementación del proyecto, se determinan cuáles serían los costos de inversión y los egresos anuales totales de acuerdo a cada modelo de negocio propuesto.

#### 4.3.3.1 Operador Global PLC

##### *Costos de Inversión*

Tabla IV: LXXXII Resumen de los Costos de Inversión del Proyecto

DESCRIPCIÓN	COSTOS (USD)
Equipamiento de la red PLC	9 372.00
Instalación del equipo PLC	1 874.40
Equipamiento del ISP-PLC	58 000.00
Instalación de equipos y adecuación del ISP	15 000.00
Permisos de operación (SVA y portador)	250 500.00
<b>TOTAL</b>	<b>334 746.40</b>

Observaciones:

- El costo de la instalación de los equipos PLC es un rubro estimado en el 20% del costo total por equipamiento.
- Los costos por permisos de operación están de acuerdo a lo establecido por el Consejo Nacional de Telecomunicaciones.

##### *Egresos Anuales*

Los egresos anuales, durante los primeros cinco años de servicio, incluyendo gastos de operación, mantenimiento y logística (un estimado de 400,00 dólares mensuales) se detallan en la Tabla IV:LXXXIII.

Tabla IV: LXXXIII Egresos anuales

Año	Nº Abonados	Vu Kbps	EGRESO (USD)					TOTAL
			A. Equipos PLC	B. Operación	C. Mantenimiento (20% A)	D. Logística	E. Imprevistos (5% A)	
1	3	256	150.00	3725.16	30.00	4800.00	7.50	8712.66
		512		7551.00				12538.50
		2048		29599.92				34587.42
2	5	256	300.00	6242.16	60.00	4800.00	15.00	11417.16
		512		12585.00				17760.00
		2048		49333.20				54508.20
3	10	256	750.00	12585.00	150.00	4800.00	37.50	18322.50
		512		25170.00				30907.50
		2048		98666.40				104403.90
4	20	256	1 500.00	25170.00	300.00	4800.00	75.00	31845.00
		512		50340.00				57015.00
		2048		197332.80				204007.80
5	40	256	3000.00	50340.00	600.00	4800.00	150.00	58890.00
		512		100680.00				109230.00
		2048		394665.60				403215.60

#### 4.3.3.2 Sociedad de Servicios Compartidos

Con los datos ya definidos en el modelo Operador Global PLC, procedemos a realizar los cálculos para el modelo Sociedad Compartida, es decir en caso de que la EERSA opte por compartir el servicio con algún proveedor de internet.

#### *Costos de Inversión*

En este caso la EERSA, solo tendría que preocuparse del equipo PLC y de la instalación de los mismos en la red, por lo que tendríamos una reducción considerable del costo.

Tabla IV: LXXXIV Costo de Inversión del Modelo Sociedad Compartida

DESCRIPCIÓN	COSTOS (USD)
Equipamiento de la red PLC	9 372.00
Instalación del equipo PLC	1 874.40
<b>Total</b>	<b>11246.40</b>

### **Egresos Anuales**

De igual manera se analiza solo lo que corresponde a la infraestructura de la distribución eléctrica de la EERSA, el resto de gastos dependería de su socio.

Tabla IV: LXXXV Egresos Anuales del Modelo Sociedad Compartida

AÑO	Nº Abonado	EGRESOS (USD)			
		A. Equipo PLC	Mantenimiento (20%A)	C. Imprevistos (5% A)	TOTAL
1	3	150.00	30.00	7.50	187.50
2	5	300.00	60.00	15.00	375.00
3	10	750.00	150.00	37.50	937.50
4	20	1500.00	300.00	75.00	1875.00
5	40	3000.00	600.00	150.00	3750.00

#### **4.3.4 Valoración de Ingresos**

De igual manera como se hizo con los costos, se realiza un estudio de los ingresos que generaría este proyecto. Las únicas fuentes de ingreso están representadas por inscripción o contrato y la tarifa mensual del servicio de internet.

##### **4.3.4.1 Aspectos de Consideración**

Podemos citar las tarifas existentes del servicio PLC referentes a España y Estados Unidos, para proyectarlos a nuestras tarifas propias.

Tabla IV: LXXXVI Tarifas Internacionales del servicio de Internet PLC

PAÍS	COMPAÑÍA	PRECIO MENSUAL (USD)	VELOCIDAD (MBPS)
Estados Unidos	EarthLink/Progress Energy	40.00	1
	Current/cinergy	35.00	2
España	Endesa	40.00	2
	Iberdrola	55.00	2

Sin embargo, los costos en Ecuador son altos, dependen mucho del ancho de banda y la tecnología que ofrecen las distribuidoras del servicio de internet, a continuación en la Tabla IV:LXXXVII se lista el precio de algunas operadoras.

**Tabla IV: LXXXVII Tarifas del servicio de Internet de banda ancha en Ecuador**

<b>TECNOLOGÍA</b>	<b>VELOCIDAD (KBPS)</b>	<b>INSTALACIÓN (USD)</b>	<b>P. MENSUAL (USD)</b>
ADSL	256/128	50.00	65.00
ADSL	512/128	50.00	80.00
ADSL	2048/512	200.00	1500.00
CABLE MODEM	256/256	125.00	125.00
CABLE MODEM	512/512	125.00	349.00
ALEGRO PCS-NIU	600	330.00	43.00

Para que PLC pueda ingresar en el mercado de manera competitiva sus tarifas comerciales deben estar guiadas por el precio máximo de planes que presten servicios similares en el área de cobertura del proyecto. Cualquier tecnología de banda ancha requiere la aceptación del consumidor, y uno de los primeros pasos para conseguir este objetivo es fijar un precio adecuado para asegurar una entrada fuerte del producto en el mercado.

Las tarifas comerciales para la introducción de los servicios de Internet, a través del sistema PLC, de acuerdo a la velocidad del servicio son:

**Tabla IV: LXXXVIII Tarifas del servicio de internet del proyecto PLC**

<b>VELOCIDAD (Kbps)</b>	<b>INSTALACIÓN (USD)</b>	<b>P. MENSUAL (USD)</b>
256/256	300.00	100.00
512/512	300.00	300.00
2048	500.00	1000.00

Estas tarifas pese a ser superiores a las aplicadas en otros países, son reales y competitivas con relación a otras tecnologías en nuestro medio.

#### 4.3.4.2 Cálculo de los Valores por Año

Para calcular este valor consideraremos el número de usuarios proyectados y las tarifas de comercialización.

- Tarifas mensuales/año = Nro. (De abonados x tarifa mensual) x 12 meses.
- Totales = ingresos por inscripción + tarifas mensuales/año.

En la Tabla IV:LXXXIX se muestra los Ingresos Anuales para el Modelo Operador Global PLC.

**Tabla IV: LXXXIX Ingresos Anuales del Proyecto Modelo Operador Global PLC**

AÑO	Nº ABONADOS	VU (Kbps)	INGRESOS (USD)		
			Por Inscripción	Tarifas mensuales/año	TOTALES
1	3	256	900.00	3 600.00	4 500.00
		512	900.00	10 800.00	11 700.00
		2048	1 500.00	36 000.00	37 500.00
2	5	256	1 500.00	6 000.00	7 500.00
		512	1 500.00	18 000.00	19 500.00
		2048	2 500.00	60 000.00	62 500.00
3	10	256	3 000.00	12 000.00	15 000.00
		512	3 000.00	36 000.00	39 000.00
		2048	5 000.00	120 000.00	125 000.00
4	20	256	6 000.00	24 000.00	30 000.00
		512	6 000.00	72 000.00	78 000.00
		2048	10 000.00	240 000.00	250 000.00
5	40	256	12 000.00	48 000.00	60 000.00
		512	12 000.00	144 000.00	156 000.00
		2048	20 000.00	480 000.00	500 000.00

En el Modelo de Sociedad de Servicios Compartidos, la determinación de los ingresos anuales se realiza considerando que sólo el 15% de los ingresos totales del ISP le corresponden a la EERSA. Se muestra en la Tabla IV:XC.

Tabla IV: XC Ingresos Anuales del Proyecto Modelo Sociedad de Servicios Compartidos

AÑO	Nº ABONADOS	VU (Kbps)	INGRESOS (USD)
			TOTALES
1	3	256	675.00
		512	1 755.00
		2048	5625.00
2	5	256	1125.00
		512	2925.00
		2048	9375.00
3	10	256	2250.00
		512	5850.00
		2048	18750.00
4	20	256	4500.00
		512	11700.00
		2048	37500.00
5	40	256	9000.00
		512	23400.00
		2048	75 000.00

#### 4.3.5 Evaluación Económica del Proyecto

Se evalúa las condiciones y oportunidades económicas que generaría la posible implementación del proyecto PLC. Previo al cálculo de estos índices es necesaria su definición y la descripción de los criterios que permitan evaluar los valores obtenidos.

##### ***Beneficio o Utilidad Neta***

Es la diferencia entre los ingresos netos y los desembolsos netos necesarios para llevar a cabo el proyecto. Su expresión matemática es la siguiente:

$$\text{Utilidad Neta} \rightarrow \text{BN} = \text{Ingresos} - \text{Egresos.}$$

##### ***Valor Presente Neto(VPN)***

Indica la utilidad que la implementación del proyecto daría a lo largo de su período de aplicación, trasladada al momento actual utilizando para ello la tasa



de interés activa proyectada y vigente para el país de análisis de la inversión.

Matemáticamente, se expresa como:

**Ecuación IV:1**

$$VPN = -E_i + \sum_{i=1...n} \frac{BN_i}{(1 + I_A)^i}$$

**Dónde:** **VPN:** Valor presente neto

**E<sub>i</sub>:** Inversión inicial

**BN<sub>i</sub>:** Beneficio neto anual

**I<sub>A</sub>:** Tasa de interés activa vigente: 9.26%

La regla para realizar una inversión o no utilizando el VPN es:

**VPN > 0:** El proyecto es rentable, mientras mayor su valor mayores utilidades.

**VPN = 0:** Indica que los egresos que genere el proyecto servirán únicamente para cubrir los costos de inversión y operación, es decir no se generan utilidades.

**VPN < 0:** Indica que la implementación del proyecto deja pérdidas.

### ***Periodo de Recuperación de Capital (PRC)***

Consiste en la determinación del tiempo necesario para que los flujos netos positivos sean iguales al capital invertido. Este índice analiza la liquidez que puede generar el proyecto, para lo cual se utiliza la siguiente:

**Ecuación IV:2**

$$PRC = \frac{E_i}{\sum_{i=1} BN_i}$$

**Dónde:** **PRC:** Período de recuperación del capital

**E<sub>i</sub>:** Inversión inicial

**BN<sub>i</sub>:** Beneficio neto anual

El inversionista siempre dará mayor preferencia a los proyectos que requieran menor tiempo de recuperación.

### **Rentabilidad**

Para el cálculo de la rentabilidad de una inversión en base a la relación entre ingresos y egresos se tomarán en cuenta los flujos de caja netos de cada período anual y el capital invertido. Este método nos dará la tasa en porcentaje, de cómo se va a recuperar el capital en cada año.

**Ecuación IV:3**

$$R = \frac{\sum_{i=1} BN_i - 1}{E_i}$$

**Dónde:** **R:** Tasa de rentabilidad en porcentaje

**BN<sub>i</sub>:** Flujo de caja neto de cada período anual

**E<sub>i</sub>:** Inversión inicial

En base a las fórmulas definidas los costos e ingresos totales estimados para el proyecto a continuación se calculan los índices de evaluación económica.

**Operador Global PLC**

Tabla IV: XCI Utilidad Neta de Operador Global PLC

AÑO	Nº ABONADOS	VU. (KBPS)	Utilidad Neta (B-A)		
			A. Costo Total	B. Ingreso Total	Utilidad Neta (B-A)
1	3	256	8712.66	4 500.00	-4212.66
		512	12538.50	11 700.00	-838.50
		2048	34587.42	37 500.00	2912.58
2	5	256	11417.16	7 500.00	-3917.16
		512	17760.00	19 500.00	1740.00
		2048	54508.20	62 500.00	7991.80
3	10	256	18322.50	15 000.00	-3322.50
		512	30907.50	39 000.00	8092.50
		2048	104403.90	125 000.00	20596.10
4	20	256	31845.00	30 000.00	-1845.00
		512	57015.00	78 000.00	20985.80
		2048	204007.80	250 000.00	45992.20
5	40	256	58890.00	60 000.00	1110.00
		512	109230.00	156 000.00	46770.00
		2048	403215.60	500 000.00	96784.40

Tabla IV: XCII Índice de Rentabilidad de Operador Global PLC

Velocidad de Usuario	Índices de Evaluación		
	VPN	PRC	R
256kbps	-345012.43	-27.47	-3.64%
512kbps	-283088.69	4.36	22.93%
2Mbps	-215164.06	1.92	52.06%

## Sociedad de Servicios Compartidos

Tabla IV: XCIII Utilidad Neta

AÑO	Nº ABONADOS	VU. (KBPS)	Utilidad Neta (B-A)		
			A. Egreso	B. Ingreso	Utilidad Neta (B-A)
1	3	256	187.50	675.00	487.50
		512		1 755.00	1567.50
		2048		5625.00	5437.50
2	5	256	375.00	1125.00	750.00
		512		2925.00	2550.00
		2048		9375.00	9000.00
3	10	256	937.50	2250.00	1312.50
		512		5850.00	4912.5
		2048		18750.00	17812.50
4	20	256	1875.00	4500.00	2625.00
		512		11700.00	9825.00
		2048		37500.00	35625.00
5	40	256	3750.00	9000.00	5250.00
		512		23400.00	19650.00
		2048		75 000.00	71250.40

Tabla IV: XCIV Índice de Rentabilidad

Velocidad de Usuario	Índices de Evaluación		
	VPN	PRC	R
256kbps	-3951.97	1.08	92.65%
512kbps	15604.85	0.29	342.33%
2Mbps	85683.71	0.08	1237.02%

### Observaciones de la factibilidad económica

- Los costos de inversión requeridos para la implementación del proyecto en cada uno de los modelos de negocio son muy elevados, lo que hace que la utilidad en el primer año de operación sea baja y en el peor caso negativa.
- Para los dos modelos de operación propuestos, la alternativa de servicio a velocidades de usuario de 256kbps, es un escenario riesgoso que genera pérdidas para la empresa.
- Las principales razones son: las menores tarifas aplicables para este servicio y la alta inversión en equipamiento de la red PLC, el cual es el mismo para cualquier velocidad de usuario.
- El escenario más atractivo constituye el servicio a altas velocidades, por lo que debe trabajarse en el análisis específico del segmento de mercado que accedería a este servicio (ISPs y usuarios corporativos) y como conseguir cumplir los objetivos en cuanto a número de usuarios proyectados.

## **4.4 Factibilidad Legal**

Cualquier tipo de tecnología que funcione en una banda de frecuencia definida debe situarse dentro de un marco legal. Las redes PLC son, al mismo tiempo, redes de suministro eléctrico y de telecomunicaciones. Por este motivo, a las autoridades les resultó difícil definir su marco legal. Además, no existe un estándar internacional definido para la tecnología PLC, ninguna norma específica que regule los equipos y las redes PLC. Los procesos de regulación se limitan a recomendaciones y normas a escala regional y nacional.

En consecuencia, la instalación de redes PLC es libre en la actualidad en lo que respecta las instalaciones que se encuentran detrás de un Medidor privado (llamado "indoor"); a la condición de que no causen efectos secundarios negativos. En ese caso, el equipo se retiraría. Con respecto a las instalaciones externas (llamadas "outdoor") donde se transmite la señal en el nivel de los transformadores de alta, media y baja tensión para crear bucles eléctricos locales, la autoridad reguladora de telecomunicaciones debe conceder los permisos para realizar pruebas siempre que la tecnología esté aún en desarrollo y no se hayan publicado los estándares.

Actualmente no hay impedimento para proporcionar servicios de telecomunicaciones a través de las líneas eléctricas a más de las que se considera en las regulaciones técnicas a nivel internacional, se requieren las licencias correspondientes de telecomunicaciones para operar en una ciudad o

país. La regulación actual se basa fundamentalmente en la necesidad de coordinación económica y técnica del funcionamiento del sistema eléctrico.

No hay una legislación concreta que regule este tipo de comunicación, elemento que preocupa a los fabricantes y a los proveedores. Tampoco se han emitido regulaciones en términos legales para su operación e implantación, no se ha fijado el papel que jugarán las compañías eléctricas en todo este negocio, como redes de transporte o comercializadoras directas del servicio; pero sobre todo, aún no se cuenta con información suficiente para regular las emisiones electromagnéticas que puedan afectar a otras tecnologías.

En el Ecuador, no existe ninguna ley, reglamento o norma que regule los servicios PLC u otras tecnologías similares. En cuanto no exista una norma local, el regulador debe exigir que los equipos de red que deseen operar con tecnología PLC cumplan con certificaciones internacionales. Este es un proceso que ya se ha venido desarrollando, puesto que para la homologación de equipos, si no existe una norma local se adopta las emitidas por organizaciones internacionales reconocidas (UIT, FCC, ETSI).

La tendencia internacional sobre regulación PLC se centra en el establecimiento de requisitos técnicos sobre compatibilidad electromagnética y límites de interferencia de los equipos PLC. Las normas emitidas tienen carácter internacional y regional, sin embargo, la adopción de estas como requisitos para los sistemas PLC locales es la alternativa más adecuada.

Además se deberá obtener un permiso que autorice el uso de estas instalaciones como parte de un servicio portador y no como red privada y un título habilitante por parte del concesionario de servicios de telecomunicaciones para su operación.

***Servicios portadores.-*** *Son los servicios de telecomunicación que proporcionan la capacidad necesaria para la transmisión de señales entre puntos de terminación de red definidos.”*

Una opción favorable para que las empresas eléctricas aprovechen la infraestructura de su red de distribución eléctrica es la asociación con un proveedor del servicio portador. El mismo que ya disponga de una licencia y registre la red eléctrica como un tramo adicional de su sistema portador. Esta opción es factible sin mayores inconvenientes y agiliza el proceso y costo por permisos de operación.

Debido a que la licencia de red privada no permite emplear los medios de comunicación para servicio público; pero en el caso contrario la red de servicio portador si puede emplearse para transmitir señales de control internas.

# CONCLUSIONES

---

1. La tecnología de Acceso a Internet Power Line Communications (PLC) y su aplicación en la transmisión de datos en tiempo real mediante el tendido de la redes locales, puede funcionar plenamente como una red LAN tradicional, se puede transmitir archivos, navegar en internet, transmitir voz y video, siendo su rendimiento aceptable, no es óptimo ya que se tiene velocidades bajamente aceptables, el retardo, la atenuación y el eco son altos, pero los cables eléctricos cumplen satisfactoriamente con su objetivo.
2. La tecnología PLC convierte prácticamente al cable eléctrico, en un switch en la cual podemos aumentar muchos puntos de red, de forma fácil y sencilla se puede conectar hasta 16 puntos de red, pero por experiencia recomendamos hasta 10 dispositivos.
3. La arquitectura y su funcionamiento de las redes eléctricas se basa en la potencia de energía que trasmiten, para cada caso existe una arquitectura similar pero diferente, las mismas que definen directamente el funcionamiento de la red, es decir para cada caso se necesitará equipos diferentes que van desde tipo de cable, transformadores, manera de instalación de los cables y tipos de postes, es así como se encuentra corriente de alta, media y baja tensión.



4. La energía eléctrica que fluye por los cables también son susceptibles a interferencias, atenuaciones producidas por diversos factores físicos, además se recalca que las frecuencias con que trabajan oscilan de 50 a 60 HZ, datos muy importantes que sirven para analizar la transmisión de los datos por este medio.
5. El funcionamiento de la tecnología PLC se basa en la transmisión de los datos por los cables eléctricos, utiliza frecuencias mucho más altas que la que usa la energía eléctrica (1.6 MHz – 30MHZ), lo que garantiza que no entren en conflicto estas dos señales,
6. Los requerimientos técnicos de la tecnología PLC, son similares a los que se necesita para los cables eléctricos, se requiere un inyector de señal (backone), cabecera PLC (Head End) que trasforma la señal de datos y las colca en la en la red de baja tensión, repetidores que regeneran la señal de datos, y los módems PLC que están en los domicilios.
7. La tecnología PLC a pesar de tener puntos bajos en el rendimiento de la red con relación a la red UTP, su facilidad de instalación, su portabilidad, escalabilidad y su fiabilidad, hacen de esta tecnología la más apropiada para realizar una red LAN casera o de oficina.

8. Las distancias de las señales que alcanza la red PLC supera a la distancia de transmisión que tiene la red UTP, además si bien es cierto que el rendimiento de la red UTP es mucho mejor que la red PLC, es porque se hizo pruebas con dispositivos que por su costo y traslado son los más básicos, existiendo en el mercado dispositivos de mucho más alcance y rendimiento, por lo que superaría a la red UTP ampliamente.
  
9. La conexión de dos computadoras a través de la red PLC, depende directamente de la forma en que los cables eléctricos están tendidos en el domicilio o la edificación, recordemos que dichos cables no fueron puestos para transmitir datos, en las pruebas se conectaron aceptablemente, desde el segundo al primer piso de una edificación, cabe recalcar que la red eléctrica, debe pertenecer a un solo medidor, para poder comunicar a redes eléctricas con diferentes medidores, se realiza un repetidor manual para que se comuniquen.
  
10. Existen muchos impedimentos para realizar un ISP con la tecnología PLC, una de ellas es la factibilidad legal, depende mucho de lo que diga la Súper Intendencia de Telecomunicaciones, ya que es la que regula las normas a seguir, otra obstáculo es factibilidad técnica, ya que no existen dispositivos que inyecten la señal en media tensión (13800V) y si los hay su costo sobrepasa los 10000 dólares, el estudio de factibilidad que se realizó se basa en los cables de transmisión de baja tensión (110V/220V), obteniendo resultados económicos y operativos aceptables.

# RECOMENDACIONES

---

1. La solución PLC es una alternativa valida para nuestro país, sus ventajas técnicas y de cobertura así lo garantizan. Por lo cual, se recomienda profundizar en su estudio involucrando a los principales sectores relacionados con la normalización de los servicios de comunicaciones en nuestro país. Este sería el paso previo para el despliegue de posteriores pruebas y proyectos piloto.
2. Para la integración del sistema PLC será importante llevar a cabo pruebas de campo, en las que se debe caracterizar las líneas de distribución de energía eléctrica de bajo voltaje, para obtener la atenuación permisible y verificar la distancia máxima de comunicaciones PLC.
3. La instalación eléctrica de la red (outdoor) y del domicilio (indoor) debe estar en buen estado, si no, se producirían diversas incompatibilidades, la más típica podría ser, el corte del diferencial dejando el domicilio sin energía eléctrica.
4. Se deben cumplir varios requisitos para considerar en óptimas condiciones la red eléctrica y poder utilizarla como red de comunicaciones, utilizando la tecnología PLC. Entre las recomendaciones más sobresalientes para el diseño y posible implementación se tienen:

5. Se recomienda tomar en cuenta el estado de las líneas eléctricas tanto en la red de acceso como domiciliaria (corrosión, malos empalmes o extremado número de derivaciones) ya que esto genera reflexiones, y atenuaciones que disminuyen significativamente la calidad de la señal de datos transmitida.
6. Comprobar que la instalación eléctrica de la casa del cliente se encuentre en buen estado para distribuir el servicio de Internet. Antes de instalar una conexión de Internet a través de PLC se deberá probar la polarización de los tomacorrientes, contar con cables aislados sin cortes ó rupturas.
7. Según datos teóricos se presenta que a frecuencias mayores de los 20 MHz se muestra menos interferencias y portadoras de ruido por lo que se recomienda, utilizar para el espectro PLC frecuencias superiores a los 20 MHz para garantizar mejor transmisión de datos.
8. PLC es una alternativa de comunicación de gran ancho de banda y conforme esta tecnología avance en su estandarización así será su desarrollo y éxito a nivel mundial. Se recomienda en el caso de Ecuador que exista una regulación antes de implementar el servicio a través de PLC, para regular el uso de las frecuencias de modo que no interfieran con radioaficionados y servicios que utilizan radiofrecuencias.

9. Las Unidades de Usuario deben conectarse directamente a una toma eléctrica, no enchufar el equipo a una toma de alimentación con protección de sobretensión, ni conectarlo a un UPS. Las UU disponen de su propio filtro de alimentación que lo protege de sobretensiones.
  
10. En nuestro país, las normas relacionadas al sector de las telecomunicaciones no regulan las tecnologías empleadas sino los servicios. Por lo cual, el marco regulatorio local sería neutral con PLC y podría ser empleada por cualquier proveedor de telecomunicaciones normal, sin obligaciones específicas, ni impedimentos para su introducción en el mercado; pero si cumpliendo con los controles y requisitos exigidos para obtener el correspondiente permiso de acuerdo al servicio que se requiera ofrecer.
  
11. Otro de los beneficios para los usuarios finales, empresas eléctricas y la sociedad, es que constituye una solución atractiva que combina voz, datos y energía a sus clientes. Como usuarios finales se benefician de servicios avanzados y competitivos, a las empresas eléctricas se les presenta una oportunidad de negocio única, ya que PLC introduce por primera vez una real competencia en la última milla en términos de costos y servicios.

# RESUMEN

---

Se analizó y se comparó el rendimiento de la transmisión de los datos en el cable eléctrico con Tecnología PLC y el medio tradicional UTP. Para la implementación como un medio alternativo de acceso.

Se usan los módems PLC Dlan Duo, el tendido eléctrico de un edificio de tres plantas, redes UTP y PLC con similares características de distancias, el Sniffer Colasoft Capsa 9.0 Enterprise para monitorear el tráfico en la red y el método científico que analiza e interpreta cada resultado.

En el rendimiento de la red, el ambiente UTP con el 100% es el mejor, mientras que la red PLC con el 50% no cumple con el rendimiento; en la facilidad de instalación, el ambiente UTP con el 34.37% es el más difícil de instalar, el más apropiado es el escenario PLC con 90.62%; en la portabilidad, el escenario UTP con 25% no es portable es una red estática, con el 96% el ambiente PLC es muy portable; en la integridad de los datos, el ambiente UTP es el más fiable con 93.75%, mientras que en el escenario PLC con 43.75% no es fiable, en la escalabilidad, el escenario UTP con 25% no permite la escalabilidad, mientras que el ambiente PLC con el 100% es escalable en todos sus puntos.

La red PLC es económica, fácil de instalar, portable y escalable pero no es fiable no cumple con el rendimiento de la red, es ideal para una red casera con internet, pero no para oficina.

# SUMMARY

---

In the research the data output transmission in the electric cable with PLC Technology and the traditional method UTP for implementing the net as alternative access was compared and analyzed.

The PLC Dian Duo modems, the electric laying of a three floor building, nets UTP and PLC with similar characteristics of distance, were needed; the software Sniffer Clasoft Capsa 9.0 Enterprise for monitoring the traffic in the net and the scientific method that analyzes and interprets each result were also used.

In the net output, the UTP environment with 100% is the best, while the net PLC with 50% does not reach its output; in the installing facility, the environment UTP with 34.37% is the hardest to install; the most appropriate is the PLC stage with 90.62%; in the portability the UTP stage with 25% it is not portable it's an static net; in all the data, the UTP environment is the most feasible with 93.75%; while in the PLC stage with 43.75% it's not feasible, in the scale the UTP stage with 25% doesn't let to scale, while the PLC environment with 100% is possible to scale in all its points.

The PLC net is economic, easy to install, portable and scalable, but it's not trustful because it doesn't cover the net output, it's ideal for a home net with internet, but it can't be used in an office.

# GLOSARIO

---

<b>ADSL</b>	Asymmetric Digital Subscriber Line / Línea de Abonado Digital Asimétrica. Tecnología que permite a los hilos de cobre telefónicos transportar hasta 8 Mbps sobre un par de abonado de longitud media. Es asincrónica ya que el ancho de banda asignado para downstream es mucho mayor que el upstream. Esta tecnología es adecuada para el web, ya que es mucho mayor la cantidad de datos que se envían desde el servidor a un computador personal que desde un computador personal a un servidor.
<b>ANCHO DE BANDA</b>	Capacidad para transportar datos o velocidad de TX que posee un medio en particular. Normalmente se mide en Megabits por segundo (Mbps) o en Gigabits por segundo (Gbps). Un ejemplo de esto sería una manguera de jardín que transporta una cantidad determinada de litros de agua por segundo, pero cuanto mayor sea el diámetro de la manguera, más agua transportará. El ancho de banda se mide en Hertz ("ciclos por segundo") o en bits por segundo (bps), por eso, es uno de los factores más importantes que determinan la velocidad de la conexión a Internet.
<b>ASK</b>	Amplitude Shifting Keying
<b>ATENUACIÓN</b>	Pérdida de energía de una señal conforme se propaga a su destino por un medio de transmisión.
<b>AT</b>	Alta Tensión
<b>ATM</b>	Asynchronous Transfer Mode / Modo de Transferencia Asincrónica. Tecnología de transmisión de datos de forma de paquetes de longitud fija, la información se divide en pequeñas células que se transmiten individualmente y se dividen de forma asíncrona. Las celdas ATM son las más calificadas para soportar la demanda de Internet; cada celda compuesta por 53 bytes de los cuales 48 (opcionalmente 44) son para transporte de información y los restantes para uso de campos de control. Es el corazón de los servicios digitales integrados que ofrecen las nuevas redes digitales de servicios integrados de Banda Ancha. El tráfico del ciberespacio, con su voluminoso y tumultuoso crecimiento, impone a los operadores de redes públicas y privadas una alta demanda de ancho de banda y flexibilidad de soluciones robustas.
<b>BACKONE</b>	Red de transporte de telecomunicaciones. Columna vertebral de una red de comunicación. Involucra un mecanismo de conectividad primario, que a través de una línea de alta velocidad permite distribuir el tráfico de paquetes a otras líneas menores. Es el enlace de gran caudal o una serie de nodos de conexión que forman un eje de conexión principal. Por ejemplo, NSFNET fue el backbone, la columna o el eje principal de Internet durante muchos años.
<b>BANDA ANCHA</b>	Capacidad de transmisión con anchura de banda suficiente para ofrecer conjuntamente voz, datos y vídeo.
<b>BIFÁSICO</b>	Sistema formado por dos corrientes alternas iguales y desfasadas entre sí un cuarto de ciclo.
<b>BIT</b>	Abreviación de binary digit, un bit es la unidad más pequeña de datos que un ordenador puede manejar, se utilizan en distintas combinaciones para representar distintos tipos de datos, cada bit tiene un valor 0 ó 1.
<b>BPS</b>	Es la abreviación de bits per second (bits por segundo). BPS es una medida de velocidad, que registra el número de bits que son transmitidos en un segundo. Es utilizado para medir la velocidad de un módem o la velocidad de una conexión digital.



<b>BT</b>	Baja Tensión
<b>BYTE</b>	Serie de 8 bits. Un Byte puede representar una letra, un número, un símbolo.
<b>CAPACITANCIA</b>	Propiedad de un sistema de conductores y dieléctricos que permite almacenar electricidad cuando existe una diferencia de potencial entre los conductores.
<b>CARRIER</b>	Carrier o portadora es una señal o pulso transmitido a través de una línea de telecomunicación.
<b>CARRIERS</b>	Es una empresa autorizada y con infraestructura tecnológica necesaria para proveer servicio de transmisión de datos.
<b>CAUDAL</b>	Flujo máximo de datos permitidos a través de un canal sin que se produzcan errores en la transmisión.
<b>CEBIT</b>	Feria de informática más grande de Europa. Se celebra en la ciudad alemana de Hannover. Suele atraer a las más importantes empresas del sector y a un gran número de visitantes. Se celebra anualmente en el mes de marzo.
<b>CHIP</b>	Pequeño circuito integrado que realiza numerosas funciones en ordenadores y dispositivos electrónicos.
<b>CONEXIÓN POR MÓDEM</b>	Es una forma de conexión a Internet a través de las líneas telefónicas. A través de un proveedor de Internet (ISP), la cuenta permite usar un módem para establecer una conexión con el sistema del proveedor. Una vez que se ha marcado el número del proveedor y estando conectado, el proveedor conecta al usuario a Internet. Se pueden visitar sitios web por medio de un navegador. Existen distintos tipos de cuenta de conexión por módem. Las cuentas SLIP o PPP permiten navegar en el World Wide Web directamente a partir del sistema operativo Windows o Macintosh.
<b>CSMA</b>	Acceso Múltiple con Detección de Portadora.
<b>CSMA/CA</b>	Carrier Sense Multiple Access / Collision Avoidance - Acceso Múltiple por Detección de Portadora / con Anulación de colisión. Protocolo de control de acceso al medio mediante el que los dispositivos transmiten de forma que se evite la colisión entre mensajes.
<b>DIRECCIÓN DE CORREO ELECTRÓNICO</b>	Se refiere a la dirección de correo de un ordenador a la cual se pueden enviar mensajes electrónicos. Cada sistema de ordenadores maneja de manera distinta la dirección del correo, pero se basa en varios protocolos para intercambiar correo con otros sistemas diferentes.
<b>DHCP</b>	Dynamic Host Configuration Protocol / Protocolo Dinámico de Configuración de Hosts. Protocolo de red en el que un servidor provee los parámetros de configuración a las computadoras conectadas a la red informática que los requieran (máscara, puerta de enlace y otros) y también incluye un mecanismo de asignación de direcciones de IP.
<b>DENSIDAD ESPECTRAL DE POTENCIA</b>	Es como esta distribuida la potencia de una señal sobre las distintas frecuencias de las que esta formada, es decir su espectro. Energía total de salida por unidad de ancho de banda de un pulso o secuencia de pulsos para los cuales la potencia de transmisión está al máximo nivel dividida para la duración total de la señal de pulsos.
<b>DES</b>	Data Encryption Standard. Esquema de encriptación simétrico, se creó con el objeto de proporcionar un algoritmo de cifrado normalizado para redes de ordenadores. Se basa en un sistema monoalfabético, consistente en la aplicación sucesiva de varias permutaciones y sustituciones. Tiene dos funciones principales, una de permutación con entrada de 8bits y otra de sustitución con entrada de 5bits, en un proceso que consta de 16 etapas de cifrado. Utiliza una clave simétrica de 64bits, de los cuales 56 son usados para la encriptación, mientras que los 8 restantes son de paridad, y se usan para la detección de errores en el proceso. Como la clave efectiva es de 56bits, es posible un total de 256 claves, es decir, unos 72.000 billones de claves. La clave utilizada por Triple DES es de 128bits (112 de clave y 16 de paridad), es decir, dos

	claves de 64bits (56 de clave y 8 de paridad) de los utilizados en DES. Otra forma de utilizar Triple DES es con una clave de 192bits (168bits de clave y 24bits de paridad). En este caso se cifrará primero con k1, a continuación con k2 y finalmente con k3. Para ser compatible con DES es necesario que $k1=k2=k3$ .
<b>DIELÉCTRICO</b>	Sustancia aislante en la cual puede existir un campo eléctrico en estado estacionario. Esta sustancia tiene como principales características eléctricas su permitividad y su poder de aislamiento.
<b>DIRECCIÓN IP</b>	Dirección del protocolo de Internet (IP) es la dirección numérica de una computadora en Internet. Cada dirección electrónica se asigna a una computadora conectada a Internet y por lo tanto es única y está compuesta de cuatro octetos de bits. Un octeto se refiere a ocho bits que conforman un byte.
<b>DISTORSIÓN</b>	Deformación de una señal que origina una diferencia entre los parámetros de la señal transmitida y la recibida, tales como la amplitud, frecuencia, fase, etc.
<b>DNS</b>	Sistema de nomenclatura de dominios (Domain Name System) Es un sistema que se establece en un servidor (que se encarga de un dominio) que traduce nombres de computadores.
<b>DOMÓTICA</b>	Conjunto de sistemas capaces de automatizar una vivienda, aportando servicios de gestión energética, seguridad, bienestar y comunicación, y que pueden estar integrados por medio de redes interiores y exteriores de comunicación, cableadas o inalámbricas, y cuyo control goza de cierta ubicuidad, desde dentro y fuera del hogar. Tecnología basada en el uso del protocolo de comunicación X10, el cual permite controlar y automatizar electrodomésticos tradicionales (televisores, lavadoras, microondas) y otros artefactos eléctricos (portones, luces, riego de jardín) a distancia.
<b>DOWNLOAD</b>	Descargar, bajar. Transferencia de información (archivos) desde Internet a un computador.
<b>DOWNSTREAM</b>	Flujo de datos que es recibido por un computador desde el proveedor o la red. El flujo de datos es medido en bps.
<b>DSL</b>	Digital Subscriber Line / Línea de Abonado Digital. Nombre genérico de la familia de tecnologías de acceso que ofrecen gran ancho de banda a través del par de cobre telefónico.
<b>DSSS</b>	Direct Sequence Spread Spectrum
<b>DTU</b>	Data Terminal Unit / Unidad Terminal de Datos. Es un equipo de interconexión que opera en la capa de Enlace de Datos, básicamente un modem digital que enlaza dos o más redes que tengan servicios digitales, convierte las señales de datos de un equipo DTE (Data Terminal Equipment): un PC en señales digitales bipolares requeridas en la red digital, realiza la sincronización de relojes y regenera la señal.
<b>EFICIENCIA ESPECTRAL</b>	Es una medida de lo bien aprovechada que esta la banda de frecuencia para transmitir datos. Cociente definido por velocidad binaria entre ancho de banda ocupado. Da una idea del mejor o peor aprovechamiento que hace del espectro una modulación determinada.
<b>EMAIL</b>	Abreviación de electronic mail. Consiste en mensajes de texto enviados de un usuario a otro por medio de una red.
<b>EMC</b>	Electromagnetic Compatibility / Compatibilidad Electromagnética. Funcionamiento de un equipo electrónico sin que interfiera con otros próximos con su radiación ó sea afectado por la de ellos.
<b>EMI</b>	Electromagnetic Interference. / Interferencia Electromagnética. Interferencia producida por una señal electromagnética que causa una distorsión de la señal que afecta a su integridad dando errores o pérdida de datos. Se puede disminuir utilizando un blindaje apropiado.
<b>ESPECTRO ENSANCHADO</b>	Técnica por la cual la señal transmitida se ensancha a lo largo de una banda muy ancha de frecuencias, mucho más amplia que el ancho de

	banda mínimo requerido para transmitir la información que se quiere enviar. La señal de espectro ensanchado, una vez ensanchada puede coexistir con señales en banda estrecha, ya que sólo les aportan un pequeño incremento en el ruido.
<b>ETHERNET</b>	Estándar para redes de ordenadores muy utilizado por su aceptable velocidad y de bajo costo. Admite distintas velocidades o un ancho de banda según el tipo de hardware utilizado, siendo las más comunes 10 Mbps (Ethernet) y 100 Mbps (Fast Ethernet). Tipo de red de área local desarrollada en forma conjunta por Xerox, Intel y Digital Equipment. Se apoya en la topología de bus, anillo, estrella.
<b>FADDING</b>	Canales con multitrayectoria.
<b>FCC</b>	Federal Communications Commission. Entidad encargada de regular los límites de exposición humana a las ondas de radio frecuencia.
<b>FDM</b>	Multiplexación por División de Frecuencia.
<b>FIABILIDAD</b>	Probabilidad de que un dispositivo desarrolle una determinada función, bajo ciertas condiciones y durante un período de tiempo determinado.
<b>FIREWALL</b>	Es un sistema o grupo de sistemas que establecen una política de control de acceso entre dos redes. Puede monitorear toda la actividad y el tráfico hacia Internet y además ayudar a mantener las políticas de seguridad, ya que son puntos centrales de la topología del ISP. Entre sus funciones adicionales se incluye: rastreo de intrusos, alertas de seguridad, registro y exploración de aplicaciones, protección por contraseña y monitoreo de la actividad de la red. Sin embargo, cabe destacar que no protege conexiones que no sean controladas por él, ni tampoco contra virus informáticos.
<b>FRECUENCIA</b>	Número de ciclos o periodos completos de corriente producidos por un generador de corriente alterna por segundo. La unidad de frecuencia llamada ciclo por segundo, hoy es llamada hertzio. Cuando una frecuencia supera los 10.000 ciclos, es llamada alta frecuencia, cuando es inferior a este número, es llamada baja frecuencia.
<b>FSK</b>	Frequency Shift Keying. Un tipo de modulación en frecuencia.
<b>FULL DUPLEX</b>	Característica de una comunicación que permite transmitir información al mismo tiempo que la recibe, de manera similar a un teléfono convencional.
<b>GIGA</b>	Prefijo que indica un múltiplo de 1.000 millones, o sea 10 <sup>9</sup> . Cuando se emplea el sistema binario, como ocurre en informática, significa un múltiplo de 2 <sup>30</sup> , es decir 1.073.741.824.
<b>GIGABIT</b>	Aproximadamente 1.000 millones de bits (exactamente 8.589.934.592 bits).
<b>GIGABYTE</b>	Unidad de medida. 1 giga byte es equivalente a 1.073.741.824 bytes.
<b>HALF DUPLEX</b>	Transmisión de información bidireccional sobre un medio común, por donde la información sólo puede viajar en una sola dirección en un tiempo. Esto permite transmitir o recibir información.
<b>HERTZ</b>	Hercio, unidad de frecuencia electromagnética. Equivale a un ciclo por segundo.
<b>HF</b>	High Frequency. También conocida como Onda Corta, banda del espectro electromagnético se encuentra en el rango espectral de 3 – 30 MHz. Dividido entre 14 y 30 MHz las bandas altas o bandas diurnas, y entre 3 y 14 MHz las bandas bajas o nocturnas. Se produce la propagación por onda ionosférica con variaciones según la estación del año y la hora del día.
<b>HOMOLOGACIÓN</b>	Verificación del cumplimiento de las normas técnicas en un equipo.
<b>HTML</b>	Siglas de Hypertext Markup Language. El HTML es el lenguaje informático utilizado para crear documentos hipertexto. El HTML utiliza una lista finita de rótulos o tags, que describe la estructura general de varios tipos de documentos enlazados entre sí en el World Wide Web.
<b>HTTP</b>	HTTP son las siglas de HyperText Transfer Protocol, el método utilizado

	para transferir ficheros hipertexto por Internet. En el World Wide Web, las páginas escritas en HTML utilizan el hipertexto para enlazar con otros documentos. Al pulsar en un hipertexto, se salta a otra página web, fichero de sonido, o imagen. La transferencia hipertexto es simplemente la transferencia de ficheros hipertexto de un computador a otro. El protocolo de transferencia hipertexto es el conjunto de reglas utilizadas por los ordenadores para transferir ficheros hipertexto, páginas web, por Internet.
<b>INDOOR</b>	Es toda la estructura de la red eléctrica que se encuentra al interior de una vivienda, desde la puerta hacia adentro.
<b>INDUCTANCIA</b>	Propiedad de un circuito que establece la cantidad de flujo magnético que lo atraviesa, en función de la corriente que circula por él.
<b>INTERFERENCIA</b>	Efecto de una energía no deseada debida a una o varias emisiones, radiaciones, inducciones o sus combinaciones sobre la recepción en un sistema de radiocomunicación que se manifiesta como degradación de la calidad, falseamiento o pérdida de la información que se podría obtener en ausencia de esta energía no deseada.
<b>INTERNET</b>	<b>Internet</b> Red digital de conmutación de paquetes basada en los protocolos TCP/IP. Interconecta entre sí redes de menor tamaño permitiendo la transmisión de datos entre computadoras conectadas a esta red subsidiaria. Internet fue un proyecto del Ministerio de Defensa estadounidense conocido como A.R.P.A.N.E.T. Tras haber transcurrido algunos años, el Reino Unido se integró a la red que cubría a gran parte de las universidades y centros científicos de Estados Unidos. Con el paso del tiempo se conectarían los demás países de Europa y algunos países de Asia. En los noventa ya se hablaba de una red internacional. Pero fue hasta la aparición de WWW que se logró conectar a millones de personas desde sus hogares y lugares de trabajo para unificar los recursos, esto trajo consigo el comercio, los negocios financieros, y el entretenimiento. Internet es una colección de miles de redes de ordenadores, es por ello que constituye un fenómeno sociocultural y comunicacional de gran escala, una nueva forma de realizar comunicaciones. Millones de personas acceden a la mayor fuente de información, la cual permite que ésta fluya en ambos sentidos. Internet es una herramienta de trabajo, un periódico global, un buzón de correos, una tienda de software, una biblioteca, una plaza pública, un recurso educativo, una plataforma publicitaria. Cuatro características podrían definir las virtudes de Internet: Grande, la mayor red de ordenadores del mundo; Cambiante, se adapta continuamente a las nuevas necesidades y circunstancias; Diversa, da cabida a todo tipo de equipos, fabricantes, redes, tecnologías, medios físicos de transmisión, usuarios, y Descentralizada, no existe un controlador oficial, está controlada por los miles de administradores de pequeñas redes que hay en todo el mundo.
<b>IP</b>	Internet Protocol. / Protocolo de Internet. Protocolo que describe los procedimientos para la transmisión de datos entre ordenadores de una red identificándolos mediante una dirección IP única.
<b>IRF</b>	Interferencias de Radio Frecuencia.
<b>ISP</b>	Internet Service Provider. / Proveedor de Servicios de Internet. Organización que a través de un sistema informático remoto conecta un computador personal para acceso a Internet e intercambio de información en red, y dar el mantenimiento necesario para que el acceso funcione correctamente.
<b>LAN</b>	Local Area Network / Red de Área Local. Red de comunicaciones de datos solamente confinada a un área geográfica limitada con velocidades desde 100 kbps a 100 Mbps o más. El área en servicio puede consistir en un solo edificio, un grupo de edificios o un campus estudiantil.

	Conjunto de computadores interconectados a través de un medio físico (a través de cable UTP o cable coaxial), los cuales se encuentran en una misma área geográfica. Una L.A.N. permite compartir recursos, archivos, información, optimizando el uso de ellos.
<b>LF</b>	Baja Frecuencia.
<b>LMDS</b>	Local Multipoint Distribution Service.
<b>MAC</b>	Control de Acceso al Medio. En una red los terminales comparten un único medio de transmisión. Esto provoca que sea necesario establecer un protocolo para asegurar que el medio de transmisión sea utilizado de forma racional y equitativa. El protocolo de Control de Acceso al Medio distribuye los recursos del medio de transmisión para los usuarios que lo utilizan.
<b>MAN</b>	Metropolitan Area Network / Red de Área Metropolitana. Red de computadores y equipos periféricos conectados en una ciudad ó en varias ciudades, cuya cobertura no supera los 100km.
<b>MB</b>	Mega byte
<b>Mb</b>	Mega bit
<b>MEGA BYTE (MB)</b>	Unidad de medida. 1 mega byte es equivalente a 1.048.576 bytes.
<b>MEGAHERTZ (MHZ)</b>	Un millón de hertz o hercios.
<b>MÓDEM ANÁLOGO</b>	Aparato que conecta dos o más computadores a través de una línea telefónica. Actúa transformando las señales digitales del computador (bits) en tonos que son transmitidos por la línea telefónica. Igualmente, recibe los tonos que vienen por la línea telefónica y los convierte en señales digitales. Su nombre viene de la abreviación de las palabras modulador - demodulador.
<b>MÓDEM PLC</b>	Su función es introducir la señal digital en el cable de electricidad para que ésta viaje a través de él. También debe separar las señales de información de la señal eléctrica para que éstas ingresen al computador.
<b>MODULACIÓN</b>	Conjunto de técnicas para transportar información sobre una onda portadora, típicamente una onda sinusoidal. Estas técnicas permiten un mejor aprovechamiento del canal de comunicación lo que posibilita transmitir más información en forma simultánea, protegiéndola de posibles interferencias y ruidos.
<b>MODULACIÓN MSK</b>	Minimum Shift Keying Es un caso particular de la modulación FSK.
<b>MT</b>	Media Tensión
<b>OFDM</b>	Orthogonal Frequency Division Multiplex / Multiplexación Ortogonal por División de Frecuencia. Modulación digital que divide la señal entre varios canales de banda estrecha. Es útil en entornos con mucha interferencia porque optimiza el ancho de banda disponible en el medio, debido a que los diferentes canales no se interfieren entre sí.
<b>OSI</b>	Open System Interconnection / Interconexión de Sistemas Abiertos. Modelo de referencia para la transmisión de información entre dos puntos de una red de telecomunicaciones. Define siete niveles que tienen lugar en los extremos del sistema.
<b>OUTDOOR</b>	Toda la instalación eléctrica que se encuentra desde la puerta de la vivienda hacia el exterior, esto incluye las líneas eléctricas desde el medidor hacia el poste de energía eléctrica, el transformador de energía, las redes de baja, media y alta tensión.
<b>P2P</b>	Peer to peer / Igual a igual. Programa de intercambio de archivos entre usuarios de Internet.
<b>PÁGINA WEB</b>	Una página web es un documento creado en formato HTML (Hypertext Markup Language) que es parte de un grupo de documentos hipertexto o recursos disponibles en el World Wide Web. Una serie de páginas web componen lo que se llama un sitio web. Los documentos HTML, que estén en Internet o en el disco duro del ordenador, pueden ser leídos con un navegador. Los navegadores leen documentos HTML y los visualizan

	en presentaciones formateadas, con imágenes, sonido, y video en la pantalla de un computador. Las páginas web pueden contener enlaces de hipertexto con otros lugares dentro del mismo documento, o con otro documento en el mismo sitio web, o con documentos de otros sitios web. También pueden contener formularios para ser llenados, fotos, imágenes interactivas, sonidos, y videos que pueden ser descargados.
<b>PC</b>	Personal Computer. Se refiere a todos los computadores personales basados en la arquitectura del Personal Computer IBM presentado en 1981. El PC fue una máquina basada en un microprocesador Intel 8088.
<b>PLC</b>	Véase Power Line Communications.
<b>POWER LINE COMMUNICATIONS</b>	PLC es una tecnología que utiliza los tendidos eléctricos de media y baja tensión de una ciudad como canales de comunicación para transmitir señales digitales de voz y datos. Las velocidades que se pueden lograr pueden variar entre 1 y 12 Mbps. La gran ventaja de una red PLC es la capacidad de convertir el cableado eléctrico de un hogar en una red de alta velocidad, convirtiendo cada enchufe disponible, en un potencial punto de conexión a Internet.
<b>PPP</b>	Point-to-Point Protocol / Protocolo Punto a Punto. Protocolo de comunicaciones utilizado para transmitir datos de la red a través de las líneas telefónicas. PPP permite comunicación directamente entre computadores de la red por medio de conexiones TCP/IP.
<b>PROTOCOLO</b>	Un protocolo es una serie de reglas que utilizan dos computadores para comunicar entre si.
<b>PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN</b>	Conjunto de normas que definen cómo se realiza el intercambio de datos entre computadores o programas computacionales, organizando el desplazamiento de la información a través de la red e indicando cuál es el origen de los datos, el camino que deben recorrer y el destino final, es decir, es como un lenguaje adoptado convencionalmente entre los usuarios de una red para que puedan comunicarse y entenderse entre ellos.
<b>PSK</b>	Phase Shifting Keying / Modulación por desplazamiento de fase.
<b>PUERTO</b>	Unidad funcional de un nodo a través de la cual los datos pueden entrar ó salir de una red de datos.
<b>QAM</b>	Quadrature Amplitude Modulation / Modulación de Amplitud en Cuadratura. Modulación lineal que consiste en modular en doble banda lateral 2 portadoras de igual frecuencia desfasadas 90°. Cada portadora es modulada por una de las dos señales, las dos modulaciones se suman y la señal resultante es transmitida.
<b>QoS</b>	Quality of Service / Calidad de Servicio. Calidad sobre la velocidad de conexión, tasa de error que puede ser medida, mejorada ó garantizada en un servicio determinado.
<b>QPSK</b>	Quadrature Phase Shifting Keying
<b>RED</b>	Es un conjunto de computadores (dos o más) que están unidos entre sí a través de elementos de comunicaciones, que pueden ser permanentes (como cables) o bien temporales, como enlaces telefónicos u otros. Dependiendo de su tamaño, las redes se clasifican en L.A.N. (Local Area Network), M.A.N. (Metropolitan Area Network) y W.A.N. (Wide Area Network).
<b>REPETIDOR</b>	Elemento que interconecta dos segmentos de una red y actúa como amplificador y regenerador de las señales. Trabaja a nivel de OSI.
<b>RESISTENCIA</b>	Oposición que presenta un material al paso de la corriente eléctrica.
<b>RF</b>	Radio Frecuencia.
<b>RJ11</b>	Conector de 4 contactos utilizado para conectar aparatos telefónicos.
<b>RJ45</b>	Conector de 8 contactos utilizado para interconectar redes de computadores basados en cable UTP.
<b>ROUTER</b>	Un router es una pieza de hardware o software que conecta dos o más redes. Asegura el encaminamiento de una comunicación a través de una

	red.
<b>RUIDO</b>	Señal extraña que interfiere con la señal presente en el mismo medio de comunicación.
<b>RUTEADOR</b>	Es un dispositivo de interconexión de segmentos de red o redes enteras de computadores que opera en la capa 3, nivel de red del modelo OSI. En base a una tabla de ruteo y otros parámetros adicionales, el ruteador toma decisiones lógicas con respecto a la mejor ruta para el envío de datos a través de una red interconectada y luego dirige los paquetes hacia el segmento y el puerto de salida adecuados.
<b>SDH</b>	Synchronous Digital Hierarchy / Jerarquía Digital Sincrónica
<b>SERVIDOR BASE DE DATOS DE CLIENTES</b>	Contiene la información de los usuarios del sistema, incluyendo: datos administrativos, dirección de correo electrónico, nombre de usuario, contraseña, número de abonado, capacidad de la casilla de correo, tipo de cuenta y restricciones de servicio.
<b>SERVIDOR DNS</b>	Es el servidor encargado de brindar la resolución de nombres a direcciones IP para todos los equipos del ISP. El sistema DNS es una base de datos distribuida y mantenida por miles de servidores DNS, cada uno de los cuales es responsable de una zona de Internet. Cuando un programa cliente (el navegador) hace una petición de una dirección Internet, el servidor DNS del proveedor de acceso procesa la consulta, intentando buscar el dominio en su tabla de registros. Si no lo encuentra envía la petición a otro servidor DNS situado en un nivel superior de la jerarquía de nombres de dominios. Esta secuencia de peticiones se repite hasta que se obtiene la dirección IP del ordenador que corresponde al dominio consultado.
<b>SERVIDOR EMAIL</b>	El servidor de correo electrónico, también conocido como MTA (Agente de Transferencia de Correo) permite manejar los mensajes de forma ordenada, para que los usuarios que disponen de una cuenta de correo electrónico puedan enviar y recibir dichos mensajes de manera efectiva. Para el envío de mensajes se dispone de un programa denominado cliente de correo electrónico, que usa un protocolo estándar llamado SMTP (Simple Mail Transfer Protocol). Por otro lado, para recibir los mensajes electrónicos este programa hace uso de otro protocolo denominado POP (Post Office Protocol); en la actualidad se usa la versión POP3.
<b>SERVIDOR FTP</b>	El servidor FTP es necesario para que los usuarios del sistema puedan subir los ficheros de sus páginas web. A su vez, estos servidores controlan el acceso de los usuarios dentro de su sistema de carpetas, por lo que para conectarse a un servidor FTP se requiere un usuario y una contraseña.
<b>SERVIDOR PROXY</b>	Es un equipo intermediario situado entre el sistema del usuario e Internet, puede utilizarse para registrar el uso de Internet y también para bloquear el acceso a una sede Web. El servidor PROXY es un mecanismo de seguridad implementado por el ISP o los administradores de la red en un entorno de Intranet para desactivar el acceso o filtrar las solicitudes de contenido para ciertas sedes web consideradas ofensivas o dañinas para la red y los usuarios. Adicionalmente, un servidor PROXY avanzado dispone de una memoria "cache" que almacena en disco las páginas que se han consultado por cualquier usuario. De esta manera, cuando otro usuario solicita acceder a alguna página que ya se ha recibido con anterioridad, el servidor compara la página almacenada con la página original que está en Internet y sólo entrega la página original si ésta ha sido modificada desde la última lectura. El efecto de este sistema es un uso optimizado de la conexión a Internet y mayor velocidad de navegación.
<b>SERVIDOR RADIUS</b>	Cuando se realiza la conexión con un ISP se envía una información de autenticación, generalmente un nombre de usuario y una contraseña. El

	servidor RADIUS comprueba que la información es correcta utilizando esquemas como PAP, CHAP o EAP. Si el usuario es aceptado, el servidor autoriza el acceso al sistema del ISP, asigna los recursos de red como una dirección IP y configura otros parámetros, tales como método de tarificación del servicio. Este equipo está conectado con la base de datos de clientes.
<b>SERVIDOR WEB</b>	Es el equipo encargado de alojar los contenidos del ISP, página de inicio, webmail y páginas de clientes o páginas comerciales. Estos servidores manejan el Protocolo de Transferencia de Hipertexto (HTTP), el cual es el estándar de Internet para comunicaciones web.
<b>SMTP</b>	Protocolo Simple de Transferencia de Correo.
<b>SNMP</b>	Simple Network Management Protocol / Protocolo Simple de Gestión de Red. Protocolo para la administración simple de una red.
<b>SNR</b>	Relación de Señal a Ruido.
<b>SPLITTER</b>	Dispositivo pasivo empleado a un sistema de cableado para obtener dos ó más salidas de única entrada. Separador de voz y datos en ADSL.
<b>SPREAD SPECTRUM</b>	Se caracteriza por usar un ancho de banda mayor al que se requiere para la transmisión de información. El ancho de banda puede obtenerse por: Secuencia directa o por Salto de frecuencia.
<b>SSL</b>	Secure Sockets Layer. Protocolo diseñado por la empresa Netscape para proveer comunicaciones encriptadas en internet.
<b>SWITCH</b>	Es un dispositivo de interconexión de redes de computadores que opera en la capa 2, nivel de enlace de datos del modelo OSI. Además, un switch permite interconectar dos o más segmentos de red, funcionando de manera similar a los puentes, es decir pasando datos de una red a otra, de acuerdo con la dirección MAC de destino de los datagramas en la red.
<b>TCP/IP</b>	Transmission Control Protocol / Internet Protocol - Protocolo de Control de Transmisión / Protocolo de Internet. Protocolo que rige las comunicaciones en Internet. Incluyen un conjunto de instrucciones que dictan cómo se han de enviar paquetes de información por distintas redes. También tiene una función de verificación de errores para asegurarse que los paquetes llegan a su destino final en el orden apropiado. IP, es la especificación que determina hacia dónde son encaminados los paquetes, en función de su dirección de destino. TCP, se asegura de que los paquetes lleguen correctamente a su destino. Si TCP determina que un paquete no ha sido recibido, intentará volver a enviarlo hasta que sea recibido correctamente.
<b>TELEFONÍA IP</b>	Permite comunicaciones de voz sobre redes basadas en Protocolo Internet (IP). Promete ahorro de costos al combinar la voz y los datos en una misma red que puede ser mantenida centralizadamente.
<b>TOPOLOGÍA</b>	Arreglo lógico - físico de nodos o estaciones en una red. Existen diferentes topologías de red (bus, anillo, estrella, malla).
<b>TRÁFICO</b>	Cantidad de información cursada por una vía de comunicación.
<b>TRIFÁSICO</b>	Sistema de tres corrientes eléctricas alternas iguales, procedentes del mismo generador, y desplazadas en el tiempo, cada una respecto de las otras dos, en un tercio de periodo.
<b>TRIPLE PLAY</b>	Servicios que incluyen aplicaciones de voz, datos y video.
<b>TX</b>	Transmisión
<b>UA</b>	Unidades de Acondicionadoras.
<b>UC</b>	Unidades de Concentración.
<b>UDP</b>	User Datagram Protocol / Protocolo Datagrama de Usuario. Protocolo con funciones similares a TCP, caracterizado por reducir el tiempo de proceso, permitiendo aplicaciones en tiempo real. Sin embargo, no garantiza que la información llegue a su destino ni que este ordenada.
<b>ÚLTIMA MILLA</b>	Tramo más cercano al abonado de un sistema, que comprende el enlace desde el terminal de usuario al de cabecera.
<b>UNIDAD</b>	Transductor. Dispositivo que recibe la potencia de un sistema mecánico,



<b>TRANSCEIVER</b>	óptico, electromagnético o acústico y lo transmite a otro, generalmente en forma distinta. El micrófono y el altavoz son ejemplos de transductores. En comunicaciones es un transmisor receptor de señales de radio frecuencia, ópticas o electromagnéticas.
<b>UPSTREAM</b>	Flujo de datos que es enviado desde un PC remoto a un servidor.
<b>UR</b>	Unidad Repetidora
<b>USB</b>	Universal Serial Bus. Tecnología plug-and-play que interconecta un computador con otros dispositivos (teclado, ratón, impresora) sin la necesidad de apagar el computador. La tecnología USB fue desarrollada por Compaq, IBM, DEC, Intel, Microsoft, NEC, y Northern Telecom. Un puerto USB soporta velocidades de conexión de 12 Mbps.
<b>USR</b>	Usuario
<b>UTP</b>	Par trenzado sin blindaje.
<b>UU</b>	Unidad de Usuario
<b>VIDEO CONFERENCIA</b>	Sistema que permite la transmisión en tiempo real de video sonido y texto a través de una red, ya sea de área local (LAN) o Internet. El hardware necesario es una tarjeta de sonido y video, video cámara, micrófono y parlantes.
<b>VLAN</b>	Virtual Local Area Network.
<b>VoD</b>	Video on Demand / Video Bajo Demanda. Servicio que permite a los telespectadores pedir y visionar un programa concreto en cualquier momento. Además el espectador puede detener la reproducción en cualquier momento, ir hacia atrás, usar cámara lenta y demás opciones de reproducción.
<b>VoIP</b>	Voice Access Over Internet Protocol / Acceso de Voz Sobre Protocolo Internet. Tecnología que convierte los sonidos de una conversación en paquetes que son transportados por Internet. Procedimiento que permite transmitir la voz por la red, posibilitando la realización de llamadas telefónicas mediante el protocolo de Internet.
<b>VPN</b>	Virtual Private Network / Red Privada Virtual. Red soportada por infraestructura de telecomunicaciones pública que soporta acceso remoto de un usuario a la red de su organización. Incorpora procedimientos seguridad para evitar el acceso de usuarios no autorizados.
<b>WAN</b>	Wide Area Network. Red de área extendida que abarca una gran cobertura geográfica y que contiene una colección de computadores que le permiten correr las aplicaciones de usuario.
<b>WLL</b>	Wireless Local Loop. Tecnología de acceso a Internet y telefonía mediante enlaces de radiofrecuencia por sobre los 3.400 Mhz. Permite velocidades desde los 128 Kbps.
<b>WIFI</b>	Wireless Fidelity / Fidelidad Inalámbrica. Conjunto de especificaciones desarrolladas por el comité IEEE 802.11, las que establecen los estándares para las redes Ethernet inalámbricas. Definen un interfaz de aire entre los clientes inalámbricos y una estación base o un punto de acceso que esté físicamente conectado a la red cableada.
<b>X-10</b>	Lenguaje de comunicación que utilizan los productos compatibles X10 para hablar entre ellos. Lo que permite controlar luces, electrodomésticos de un hogar, aprovechando para ello la instalación eléctrica existente del hogar u oficina.
<b>XDSL</b>	XDSL se refiere a un grupo similar de tecnologías que proveen ancho de banda sobre circuitos locales de cable de cobre, sin amplificadores o repetidores de señal a lo largo de la ruta del cableado, entre la conexión del cliente y el primer nodo en la red.

# ANEXOS

## Anexo 1

### TIPOS DE CENTRALES DE GENERACIÓN ELÉCTRICA

TIPO DE CENTRAL	FUENTE	PRINCIPIO	USO
<b>Eólica</b> 	Viento	Mueve una hélice y mediante un sistema mecánico hace girar el rotor de un generador, normalmente un alternador, que produce energía eléctrica. Para que su instalación resulte rentable, suelen agruparse en concentraciones denominadas parques eólicos.	Para generar electricidad, especialmente en áreas expuestas a vientos frecuentes, como zonas costeras, alturas montañosas o islas.
<b>Geotérmica</b>	Vapor	Es una central térmica movida por los vapores subterráneos de las regiones volcánicas	Limitado
<b>Heliotérmica</b> 	Solar	Es una instalación industrial en la que, a partir del calentamiento de un fluido mediante radiación solar y su uso en un ciclo termodinámico convencional, se produce la potencia necesaria para mover un alternador para generación de energía eléctrica.	Instalaciones de escasa potencia y rendimiento.
<b>Mareomotriz</b> 	Agua de mar	Resulta de aprovechar las mareas, es decir, la diferencia de altura media de los mares. Esta diferencia de alturas puede aprovecharse interponiendo partes móviles al movimiento natural de ascenso o descenso de las aguas.	Requieren alta inversión inicial. Su uso se limita a pocos países
<b>Nuclear</b> 	Desintegración de Átomos	Se caracteriza por el empleo de materiales fisionables que mediante reacciones nucleares proporcionan calor.	No son muy difundidas por su potencial riesgo y peligro de contaminación.


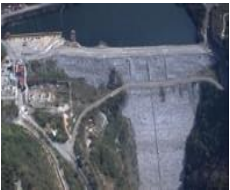







TIPO DE CENTRAL	FUENTE	PRINCIPIO	USO
<p><b>Térmica</b></p> 	Combustión	A partir de la energía liberada en forma de calor, mediante la combustión de algún combustible fósil como petróleo, gas natural o carbón. Este calor es empleado por un ciclo termodinámico para mover un alternador y producir energía eléctrica.	Son consideradas las centrales más económicas y rentables, por lo que su utilización está muy extendida en el mundo.
<p><b>Hidráulica</b></p> 	Agua	Mediante el aprovechamiento de la energía potencial del agua embalsada en una presa situada a más alto nivel que la central. El agua se lleva por una tubería de descarga a la sala de máquinas de la central, donde mediante enormes turbinas hidráulicas se produce la generación de energía eléctrica en alternadores.	Se encuentra muy difundida debido a su rentabilidad. Depende de los recursos naturales con que cuenta una región.
<p><b>Energía solar Fotovoltaica</b></p> 	Solar	Los paneles, módulos o colectores fotovoltaicos están formados por dispositivos semiconductores tipo diodo que, al recibir radiación solar, se excitan y provocan saltos electrónicos, generando una pequeña diferencia de potencial en sus extremos.	La corriente eléctrica continua que proporcionan los paneles fotovoltaicos se puede transformar en corriente alterna e inyectar en la red eléctrica, operación que es muy rentable económicamente.




Tabla: Clases de centrales de generación eléctrica



## Anexo 2

ORGANISMOS	DESCRIPCIÓN	NORMAS Y RECOMENDACIONES EMITIDAS
 <p><b>CENELEC</b> (European Committee for Electrotechnical Standardization)</p>	<p>Organismo europeo, fundado en 1973 Como la unión de (CENELCOM Y CENEL). Sede: Bruselas Integrada: Comités Electrotécnicos Nacionales de 28 países de Europa.</p> <p>Trabaja para el crecimiento del mercado eléctrico, desarrollo tecnológico, establecimiento de seguridad y garantías para los usuarios.</p>	<p><b>EN 50065-1:</b> Establece el uso las frecuencias de 9 a 140 KHZ para PLC. Con lo que se consigue tasas de transmisión de 1 a varios kbps.</p> <p><b>Comité: CLC/ TC 210:</b> “Para estructurar un sistema que coordine las actividades de estandarización de compatibilidad electromagnética”</p> <p><b>CENELEC SC205A:</b> (Integrado por 34 miembros de 8 países). “Establecer estándares para los sistemas de comunicaciones que usan las líneas eléctricas como medio de transmisión y usan el rango de frecuencias entre 3 kHz a 30 MHz”. Incluye métodos de medida de emisiones, perturbaciones en las bandas de baja frecuencia y coexistencia entre los sistemas internos y externos. <b>Subgrupos:</b></p> <p><b>WG 02:</b> Métodos de prueba y limites para inmunidad.</p> <p><b>WG 04:</b> Filtros y componentes asociados.</p> <p><b>WG 09:</b> Revisión del estándar EN 50065-1: 1991</p> <p><b>WG 10:</b> Estándares para líneas de poder a alta frecuencia.</p> <p><b>TC 2005:</b> Sobre sistemas electrónicos en el hogar y en los edificios</p>
 <p><b>UIT</b> (Unión Internacional De Telecomunicaciones)</p>	<p>Organismo encargado de la emisión de normas en lo referente a las tecnologías y servicios de telecomunicaciones. Integrada por 3 sectores de normalización: UIT-T UIT-R (Relacionados con PLC).</p>	<p><b>Recomendación K.60 (2003): UIT-T G.5</b> “Limites de emisión y métodos de prueba para redes de telecomunicaciones”.</p> <p>Investigación sobre las demandas de radio interferencias y su alcance incluye redes de comunicaciones que usan las líneas eléctricas de baja tensión a frecuencias entre 9 kHz y 40 MHz. Describe procesos asociados a mediciones de interferencia, técnicas de mitigación.</p> <p><b>UIT-R G.1:</b> Recomendaciones con respecto a modelos de propagación de la señal, análisis y problemas que afectan a servicios de radio específicos.</p> <p><b>UIT-R G.3:</b> Propagación de los sistemas PLC, con métodos para estimar los niveles de radiación de la señal, naturaleza y variabilidad de las características de la línea de poder e interferencia de múltiples fuentes.</p>
<p><b>NTIA</b> (Administración Nacional de Telecomunicaciones e Información)</p>	<p>Analiza la tecnología PLC, incluye sus características de operación y potencial de interferencia, hace recomendaciones específicas sobre políticas para alentar su implementación y el manejo de posibles interferencia a la FCC.</p>	<p><b>FASE I: Reporte 04-413. 2004:</b> “Interferencia potencial de los sistemas PLC sobre las radiocomunicaciones del gobierno federal en el rango de 1.7 a 80 MHz”.</p> <p><b>FASE II:</b> “Aun en desarrollo”, evalúa el direccionamiento y la efectividad de las recomendaciones del reporte anterior sobre despliegues mayores a gran escala.</p>

ORGANISMOS	DESCRIPCIÓN	NORMAS Y RECOMENDACIONES EMITIDAS
 <p><b>ETSI</b> (European Telecommunications Standards Institute)</p>	<p>Organización integrada por 700 miembros de 56 países (incluyendo fabricante, operadores de red, administradores, proveedores de servicio y usuarios). 1999 Creo un proyecto llamado <b>EP PLT</b> (European Project Powerline Telecommunications) . El EP PLT vela por una clara definición de cooperación y relación con otros organismos e iniciativas relacionadas, como ERM13 y CENELEC14.</p>	<p><b>EP-PLT (European Project Powerline Telecommunication)</b> <b>Objetivos:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.- Asegurar el desempeño de PLC como sistema de banda ancha y el servicio de distribución eléctrica en forma simultanea.</li> <li>2.- Definir una asignación dinámica de frecuencia para la coexistencia de los sistemas PLC de acceso y doméstico.</li> <li>3.- Especificación de arquitecturas y protocolos para los sistemas PLC en el hogar.</li> </ol> <p><b>DTS/PLT- 00020</b> “Mecanismos de coexistencia para el MÓDEM PLC o de Usuario”.</p> <p><b>DTS/PLT- 00019</b> Capa 1 (Física) y 2 (Acceso al medio) en un Sistema PLC.</p> <p><b>DTS/PLT- 00007</b> Arquitectura en el hogar y protocolos.</p>
 <p><b>IEEE</b> (Institute of Electrical and Electronics Engineers)</p>	<p>Cuenta con 375,000 miembros en 150 ciudades aproximadamente, la organización es una de las principales autoridades en áreas desde: aeroespacio, computación y telecomunicaciones para biomedicina, potencia eléctrica y consumidores electrónicos. La IEEE produce cerca del 30% de la literatura mundial en el campo de las tecnologías de ingeniería eléctrica y electrónica computacional y control.</p>	<p><b>IEEE P1901:</b> (Draft Standard for Broadband over Power Line Networks: Medium Access Control and Physical Layer Specifications). El objetivo de este grupo de trabajo es la definición de los procedimientos de control de acceso al medio y las especificaciones de capa física para toda clase de dispositivos PLC. Muchas compañías y organizaciones de estandarización participan en el desarrollo de IEEE P1901 HomePlug Powerline Alliance UPA y OPERA. Se espera que sea publicada en el 2008.</p> <p><b>IEEE P1775:</b> (PLC Equipment – Electromagnetic Compatibility Requirements - Testing and Measurement Methods): Es un grupo de trabajo centrado en los requerimientos de compatibilidad electromagnética del equipamiento PLC y en las metodologías de pruebas y medición.</p> <p><b>IEEE P1675:</b> Estándar para el desarrollo de hardware PLC de banda ancha (Standard for BPL Hardware): Se trata de un grupo de trabajo especializado en instalaciones (hardware) y asuntos de seguridad para el uso de la tecnología PLC. Establece recomendaciones sobre métodos de instalación y seguridad que garantizan una adecuada aplicación.</p>

ORGANISMOS	DESCRIPCIÓN	NORMAS Y RECOMENDACIONES EMITIDAS
<p><b>CISPR</b> (Comité Internacional Especial sobre Perturbaciones Radioeléctricas)</p>	<p>Grupo no Gubernamental creado en 1934 integrado por Organizaciones Internacionales, cuyo objetivo es la protección de los servicios de radio y el control de la interferencia.</p>	<p><b>CISPR I</b> : Grupo CISPR SC I WG 3 Y WG 4 Establece un estándar que norme las emisiones e interferencias en los sistemas PLC.</p> <p><b>CISPR 22</b>: Base de la norma EN 55022</p>
 <p><b>FCC</b> (Federal Communications Commission)</p>	<p>Organismo independiente que ha impulsado a los sistemas PLC para que puedan trabajar y competir de manera transparente frente a otras tecnologías.</p>	<p><b>Informe 2003</b> Investigación sobre la tecnología y sistemas PLC</p> <p><b>Reporte FCC-04-245</b>: Establece requerimientos administrativos para ayudar en la identificación de instalaciones PLC. Mejorar los procesos de medida y monitoreo para asegurar las correctas evaluaciones de emisión de los sistemas PLC. Establecer requerimientos técnicos para los equipos PLC, tales como la capacidad de anular frecuencias específicas, el control remoto de niveles de potencia y apagado. <b>Clase A</b>: sistemas de acceso PLC que operan sobre líneas de medio voltaje. <b>Clase B</b>: equipos usados en la ubicación de usuario para aplicaciones comerciales, negocios o industriales. Establecer bandas de frecuencia excluidas para el uso por parte de sistemas PLC, con el objetivo de proteger las comunicaciones aeronáuticas y servicios de operación sensibles como radioastronomía. Promover el desarrollo de sistemas PLC eliminando incertidumbre por parte de operadores y fabricantes de equipos PLC sobre aspectos regulatorios.</p>
 <p><b>UPA</b> (Universal Powerline Association)</p>	<p>Organización internacional sin fines de lucro que trabaja en la formulación de estándares globales y normativas regulatorias orientadas al mercado PLC. Constituida por compañías líderes en tecnología PLC, cuyo objetivo es desarrollar productos certificados compatibles con las especificaciones de los organismos internacionales de normalización, para situarlos en el mercado y comercializarlos.</p>	<p>Básicamente ha ayudado a que se haya regulado el uso del espectro de frecuencias y las especificaciones de calidad de servicio (QoS) para los equipos terminales de abonado (CPEs).</p>

ORGANISMOS	DESCRIPCIÓN	NORMAS y RECOMENDACIONES EMITIDAS
 <p><b>UPLC</b> UNITED POWER LINE COUNCIL</p>	<p>Creada en 1998. Alianza de empresas de servicio público eléctrico y proveedores de productos PLC. Incluye a 77 compañías.</p>	<p>Provee información sobre: Oportunidades de negocios, Defensa regulatoria y legislativa, Operabilidad técnica y aplicaciones. Ha creado "The Power Line", revista que reporta el desarrollo de negocios y regulaciones técnicas para el PLC.</p>
 <p><b>Home Plug PowerLine Alliance</b></p>	<p>Asociación de empresas, en su mayoría estadounidenses, comprometidas con PLC. Cuenta actualmente con 80 miembros proveedores de esta tecnología. Se originó gracias a la idea de tener un foro para incentivar el desarrollo de PLC. Los miembros del grupo aportan la capacidad y financiación necesaria para el desarrollo de esta tecnología. Entre los principales integrantes de esta asociación destacan: Comcast, Intel, Linksys, Motorola, Radio Shack, Samsung, Sharp, y Sony.</p>	<p><b>Estándares:</b>  <b>HomePlug 1.0:</b> Especificación para la conexión de dispositivos vía líneas eléctricas dentro del hogar.  <b>HomePlug AV:</b> Diseñado para la transmisión de HDTV y VoIP dentro del hogar. Ofrece un enfoque integral para una estructura de red doméstica exhaustiva y realista.  <b>HomePlug BPL:</b> Define un grupo de trabajo para el desarrollo de especificaciones orientadas a la conexión dentro del hogar.  El espectro de trabajo de las especificaciones HomePlug está comprendido entre los 4,3 y los 20,9 Mhz, con técnicas de modulación OFDM (<i>Orthogonal Frequency Division Multiplexing</i>), con capacidad de transmisión alrededor de los 14 Mbit/s. El enfoque Home Plug se centra básicamente en la tecnología de la red interior de PLC (Indoor) y no contempla la separación de bandas de frecuencia, lo que aleja a HomePlug de la tendencia normativa que actualmente se promueve en Europa.</p>
<p><b>INTELLON CEBus</b></p>	<p>Compañía privada que opera como un fabricante de semiconductores y circuitos integrados que conforman los circuitos CEBus (Consumers Electronics Bus)</p>	<p>Emitió un estándar abierto denominado CEBus, el cual proporciona la especificación de la capa física para las comunicaciones en líneas de poder u otros medios. Su tecnología se orienta a proveer capacidad de control a las redes caseras mediante transmisores y receptores con tecnología Spread Spectrum.</p>
	<p>Creado en el 2004 por la Comunidad Europea. Integrado x 36 miembros de países europeos e Israel; entre ellos empresas de servicio eléctrico, operadores de telecomunicaciones, fabricantes &amp; Univ.</p>	<p>Desarrolla estudios para el crecimiento de la tecnología PLC en Europa. Fomenta el desarrollo de PLC de acceso y domésticos. Estandarización para mejorar el funcionamiento de los terminales PLC e incrementar los despliegues comerciales.</p>

ORGANISMOS	DESCRIPCIÓN	NORMAS y RECOMENDACIONES EMITIDAS
<p><b>(Electronics Industry Association)</b></p>	<p>Organismo importante de estandarización, miembro de la ANSI (Instituto Americano de Estándares Nacionales)</p>	<p><b>EIA-709:</b> Define un protocolo de comunicación para el control de redes caseras. La comunicación física ocurre sobre líneas de poder interiores o exteriores. El canal de la línea de energía ocupa un ancho de banda de 125 kHz a 140 kHz y se comunica a 10 kbps usando tecnología Spread Spectrum.</p>
<p><b>X10 Corporations</b></p>	<p>Tiene aproximadamente 20 años de creación. Su propósito es de integrar dispositivos de control e iluminación (transmisión unidireccional).</p>	<p>Protocolo X-10 de comunicaciones que permite que los productos caseros compatibles en una red, se comuniquen el uno con el otro vía el cableado eléctrico existente en el hogar.</p>
 <p><b>PLC FORUM</b></p>	<p>Creada en el 2000 en Suiza, mediante la unión de IPCF (International Powerline Communications Forum) y de German Powerline Communications Forum (PTF). Conformado por 83 miembros de los cuales el 37% son empresas de servicios, 42% son fabricantes y 21 % son propietarios. Se encarga de representar los intereses de los fabricantes y otros organismos interesados en PLC.</p>	<p>Contribuyen al conocimiento y difusión del PLC. Crea estándares abiertos, para que los fabricantes trabajen con interfaces reconocidas y no se presenten dificultades de interoperabilidad entre distintos fabricantes.</p>
 <p><b>PUA PLC Utilities Alliance</b></p>	<p>Fundada en Enero de 2002 por Iberdrola, Enel, EDF, EnBW y End esa, EdP, Unión FENOSA y EEF-FEW. La PUA trabaja en base a tres Grupos de Trabajo: El objetivo de la PLC es conseguir un alto nivel de cooperación entre las compañías eléctricas para promover e influenciar el desarrollo de la industria PLC en Europa. La misión de la PUA es crear un marco regulatorio y de estandarización que soporte el desarrollo de la industria PLC y que establezca la tecnología PLC como una de las políticas prioritarias para el despliegue de Redes de Banda Ancha en la Unión Europea.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El Grupo de Trabajo de Estandarización y Regularización, encargado del desarrollo de un marco regulatorio.</li> <li>• El Grupo de Trabajo para el Conocimiento y la Promoción, encargado de promocionar la tecnología PLC en la Unión Europea y en América del Norte.</li> <li>• El Grupo de Trabajo para Estándares Abiertos, encargado de desarrollar un estándar abierto para la interoperabilidad de los sistemas PLC de diversos fabricantes.</li> </ul>



# **Anexo 3**

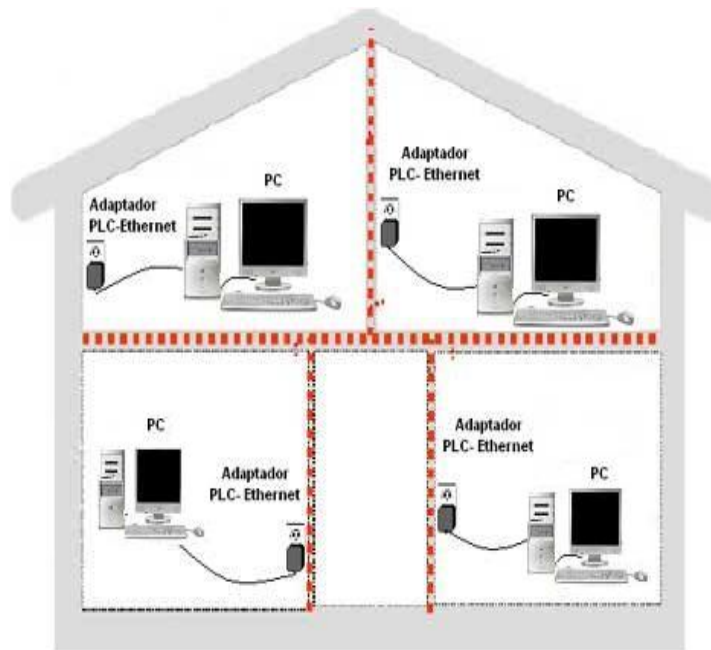
## **PROTOTIPO DE CONEXIÓN ENTRE DOS COMPUTADORES**

Las redes son herramientas útiles para compartir recursos. Se pueden usar para acceder a una impresora desde diversos computadores o a datos situados en el disco duro de otro Computador, incluso se usan para jugar en red. Las redes no sólo son útiles en las casas u oficinas, también tienen un uso recreativo, por lo que se implementa una conexión de dos computadores, los mismos que se sitúan a diferentes distancias, los escenarios simulan ser una vivienda u oficina utilizando dispositivos PLC Dlan Duo de Devolo realizando la planificación de la red PLC en la cual se define la topología a seguir y también se lista las conexiones y aplicaciones que se puede dar con los módems PLC.

### **Planificación de la Red PLC**

De igual manera como se hace con otras tecnologías antes de implementar una red, se debe realizar una planificación, claro está que utilizando la tecnología PLC la planificación realizada es mínima y conlleva a utilizar un mínimo de los recursos, lo que implica un ahorro considerable de tiempo.

### **Definición de Escenarios para la Planificación**



**Figura: Escenario para la red**

Este es un escenario para configurar la conexión de dos computadores, recalcando que bien se puede conectar dentro de una habitación, en habitaciones continuas o en pisos diferentes, solo hay que tener en cuenta la distancia, que aunque está enmarcado que sus alcance es de hasta 200 metros lo recomendable es hasta 150 metros.

**Tabla: Equipos necesarios para realizar la conexión**

EQUIPO	DESCRIPCIÓN
1 laptop	Acer Aspire 5003WLMi, AMD Turion 64 de 1.8GHZ, 512MB de memoria, disco duro de 100GB.
1 Computador	HASSE, Dual Core de 2.0GB, 2GB de memoria, disco duro de 320GB.
2 Adaptadores PLC	Módems Dlan Duo de DEVOLO con interfaz Ethernet, USB, velocidad de transmisión de hasta 100Mbps.
Adicionales	2 metros de cable UP categoría 5, 4 conectores RJ-45, ponchadora.
Software	Los módems Dlan Duo, son reconocidos por los S.O. Linux y Windows en todas sus versiones.

## Información acerca del Adaptador PLC

El Adaptador PLC Dlan Duo de Devolo sigue el estándar de red HomePlug PowerLine. Enchufe el Adaptador PLC Dlan Duo de Devolo a una toma de corriente y conecte el dispositivo Ethernet al adaptador por medio del cable de red, convirtiendo una casa en una infraestructura de red. Puede asociar más computadores a la red simplemente enchufando adaptadores PLC Dlan Duo de Devolo a cualquier toma de corriente de la casa.

Una vez que los computadores estén conectados a la red, se podrá compartir recursos como impresoras, espacio de almacenamiento y todo tipo de archivos: música, fotografías digitales y documentos. Con una velocidad de transmisión de datos de hasta 100 Mbps, se puede utilizar el Adaptador PLC Dlan Duo de Devolo para conectar routers de banda ancha desde la conexión a Internet por cable o ADSL hasta la red eléctrica, por lo que podrá conectarse a Internet desde cualquier computador de la casa.

### **Panel Inferior**

El puerto del adaptador, donde está la conexión Ethernet y USB, está situado en el panel inferior. El puerto Ethernet es donde conectará el cable de red Ethernet categoría 5.



**Figura: Interfaces del modem DLAN DUO**

## Panel Frontal

Los 6 LED del adaptador, que muestran información acerca de la actividad de red, se sitúan en el panel frontal.

Tabla: Estado del Adaptador PLC Dian Duo de Devolo

NOMBRE	ESTADO	DESCRIPCIÓN
Power	Encendido	El equipo está encendido.
	Apagado	El equipo está apagado.
Act	Parpadeante	Actividad en la red eléctrica.
	Apagado	El puerto PowerLine no registra actividad de red.
Link	Encendido	Conexión en el puerto Ethernet.
	Apagado	Ninguna conexión en el puerto Ethernet.
Ethernet 100/10	Encendido	Conexión con el puerto Ethernet.
	Apagado	Ninguna conexión en el puerto Ethernet.
USB	Encendido	Conexión con el puerto USB
	Apagado.	Ninguna conexión con el puerto USB

## Datos Técnicos

- 6 LED indican el estado de funcionamiento.
- Función de ahorro de energía (modo Power-Safe).
- Posibilidad de escoger entre interfaz Ethernet o USB
- Seguridad antiescucha gracias a la codificación DESpro.
- Software de configuración e instalación propio para Windows, Mac y Linux.
- 200m de alcance independientemente de la construcción y arquitectura de la vivienda.

## Topología de Red

Como en toda configuración de red, se establece una topología a seguir, la red PLC tiene ya definida su topología, sus cables de transmisión ya están

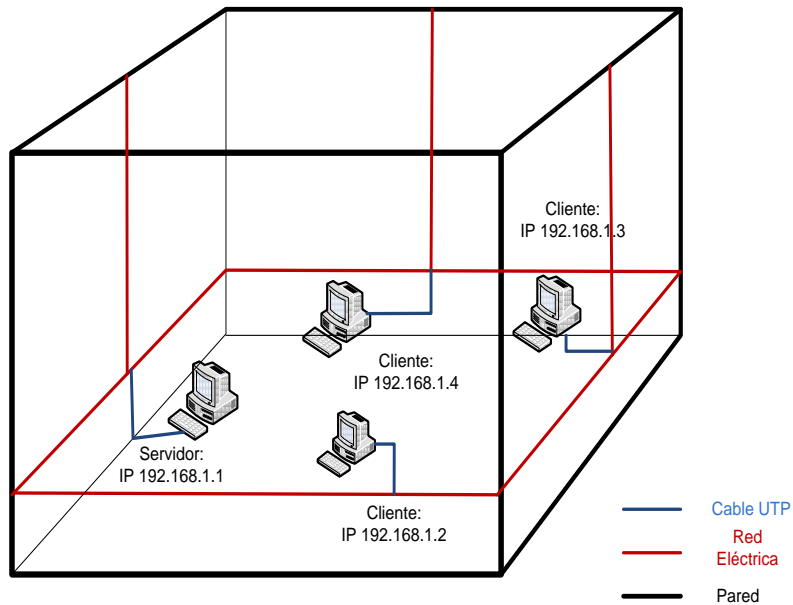
tendidos, por lo que los módems solo se conectarán al tendido del cable eléctrico existente.



Figura: Topología de la red eléctrica

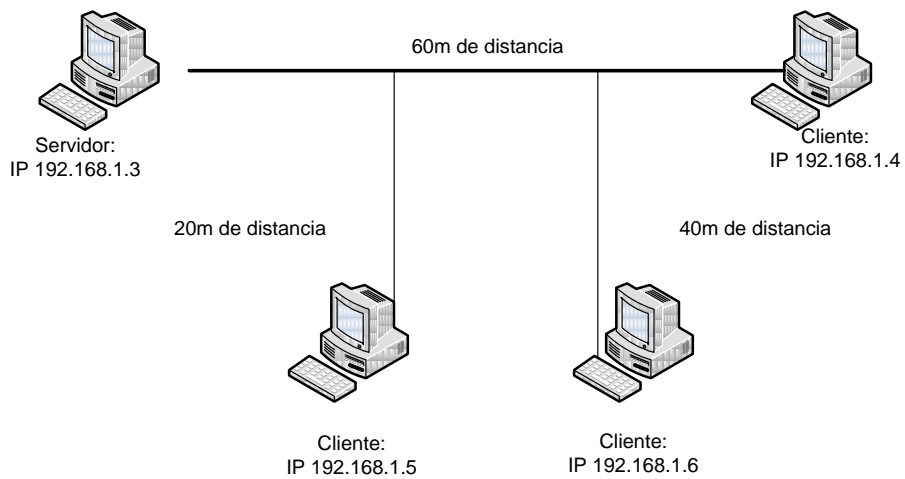
Tanto en las viviendas como en las oficinas, se tiene el mismo diseño de la red eléctrica, es decir que existen diferentes ramales conectados entre sí, que al final trabajan como si fueran un solo cable.

En este tendido se puede conectar hasta 16 módems Dlan Duo, claro está que en el mercado existen muchos modelos que brindan mayor capacidad de conexión hasta 256 módems, en la siguiente Figura se muestra cómo se encuentra tendida la red eléctrica.



**Figura: Tendido común de las redes eléctricas**

En fin la topología obtenida al final obtenemos de esta manera.



**Figura: Topología lógica Bus**

Observando los gráficos nos damos cuenta que la topología que tiene la red PLC es la de bus, en la cual los módems DLan Duo se conectan en la misma línea eléctrica.

## DIAGRAMA FÍSICO DE LA RED

### Conexión del Adaptador PLC

El dispositivo puede conectarse al puerto de conmutación LAN para conectar la red eléctrica a la red Ethernet; sin embargo, cada PC o servidor que se comunique con la red eléctrica debe estar directamente conectado a su propio Adaptador Ethernet Dlan Duo de Devolo.

1. Conecte el cable de red Ethernet categoría 5 al puerto Ethernet del computador, el cable UTP que conecta el modem Dlan Duo con el computador debe tener una configuración lineal, a una distancia recomendable de hasta dos metros, pero mientras menor se la distancia es mejor.



Figura: Conexión al PC

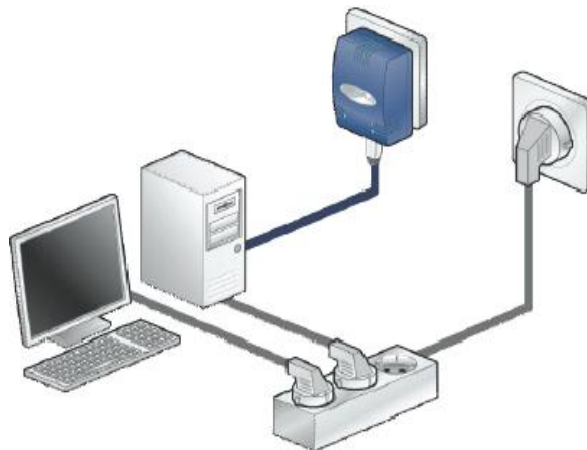
2. Conecte el otro extremo del cable al puerto Ethernet del adaptador.



Figura: Conexión al Adaptador

**3. Enchufe el adaptador a una toma de corriente eléctrica.**

Los módems PLC, en el mercado ecuatoriano no se comercializan con facilidad, por lo que hay que tener precaución al momento de adquirir, ya que son contados los módems que se ajustan a nuestro medio, o a la vez hay que adaptarlos. En este caso, a pesar de que su alimentación de energía eléctrica es de 220/110V, sus conectores no se ajustan a los enchufes que usualmente se usan, por lo que hay que resolver este pequeño inconveniente.



**Figura: Conexión del modem con la red eléctrica**

Como vemos en la Figura, es necesario conectar el modem Dlan Duo a una distancia prudente de la toma corriente que alimenta al computador u otros aparatos eléctricos. Para la segunda computadora a conectarse en red, se repiten los mismos pasos explicados.



4. La instalación del adaptador se ha completado.



Figura: Conexión del adaptador al computador

Con todo lo comentado el diagrama físico para conectar en red las dos computadoras utilizando la tecnología PLC es el siguiente.

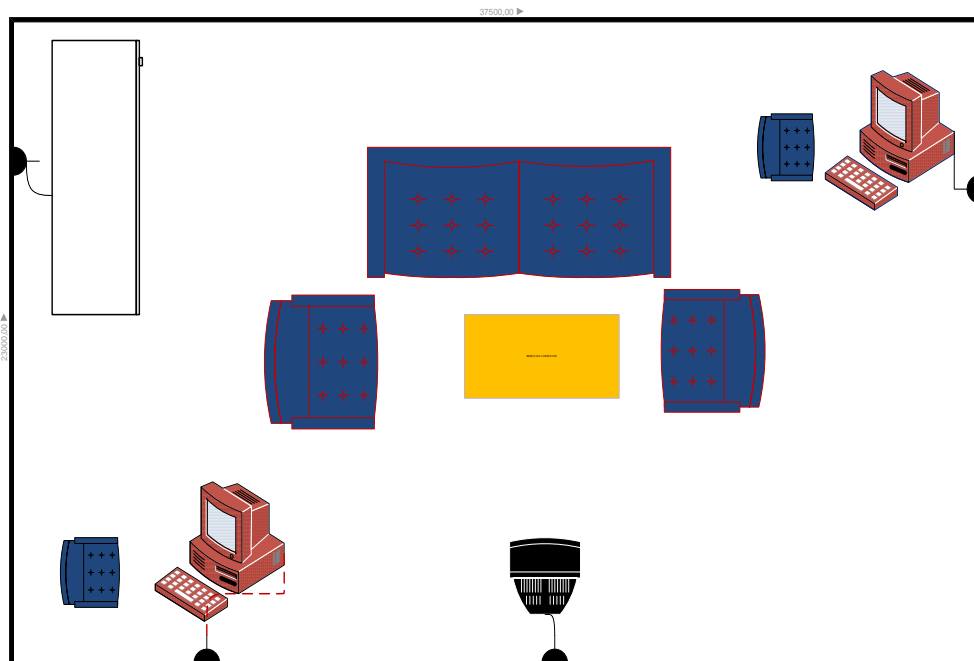
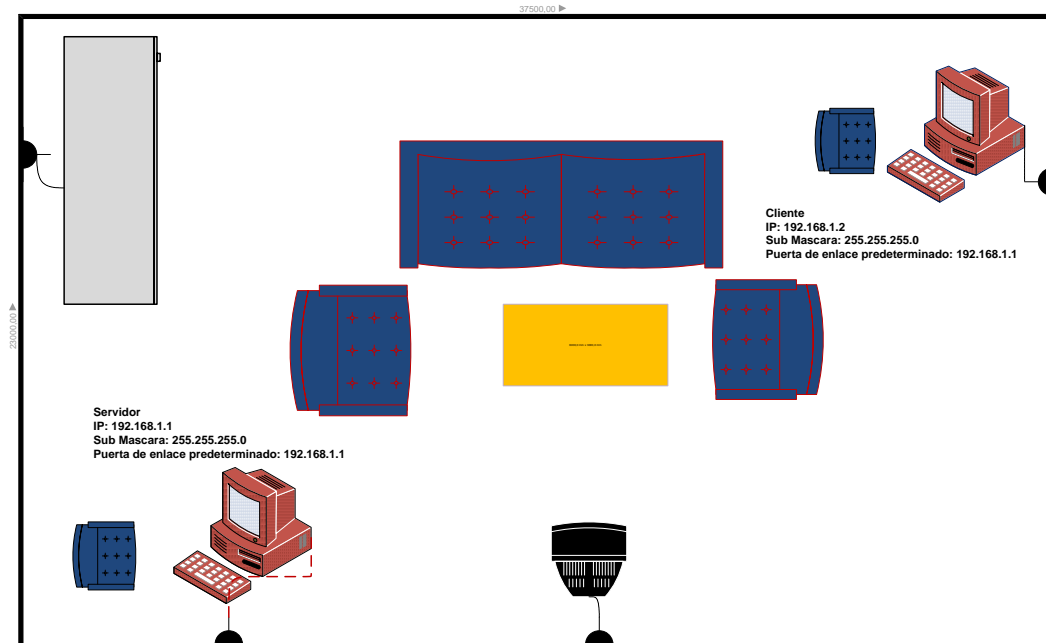


Figura: Diagrama Físico

## DIAGRAMA LÓGICO DE LA RED

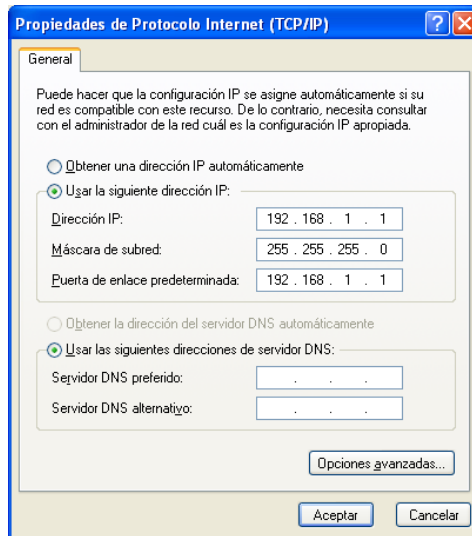
El diagrama lógico es el siguiente:



## Configuración Lógica de las CPU

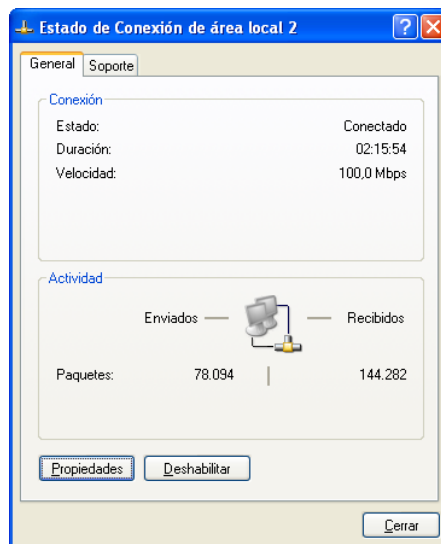
Una vez que los módems están conectados a la red eléctrica y los respectivos computadores se configuran las direcciones IP en los computadores.

- Computador HASSE Dirección IP: 192.168.1.1 → Servidor.
- Laptop ACER Dirección IP: 192.168.1.2 → Cliente.



**Figura: Asignación de las direcciones IP**

Se debe tener en cuenta el grupo de trabajo, si el tendido de la red eléctrica es correcta obtendremos la conexión entre los computadores, se puede ver el estado de conexión que se muestra la siguiente ventana.



**Figura: Flujo de E/S de los datos**

Para verificar si la conexión entre los dos computadores es correcta, se ejecuta el comando PING.

```
C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
C:\Documents and Settings\user>ping 192.168.1.2
Haciendo ping a 192.168.1.2 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.1.2: bytes=32 tiempo=5ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.2: bytes=32 tiempo=3ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.2: bytes=32 tiempo=2ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.2: bytes=32 tiempo=2ms TTL=128
Estadísticas de ping para 192.168.1.2:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
    (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 2ms, Máximo = 5ms, Media = 3ms
C:\Documents and Settings\user>
```

Figura: Pruebas con el comando PING para comprobar la conexión

En la ventana se observa que verdaderamente están configurados y listos para trabajar las computadoras en red.

## Tipos de Conexión con el Modem Dlan Duo

### Conexión a un Router

Si se desea compartir un acceso a Internet de alta velocidad por medio de la red eléctrica, conecte el adaptador al un router: desconecte el cable de red del PC y conéctelo al router. La instalación del adaptador se habrá completado.



Figura: Conexión de Adaptadores PLC Dlan Duo de Devolo

Utilizando los módems Dlan Duo, se puede realizar diferentes tipos de conexiones, así se puede añadir muchos periféricos en la red. A continuación se presentará gráficos que muestran lo que se puede hacer en la red.



Figura: Conectar dos ordenadores en red a través de la red eléctrica

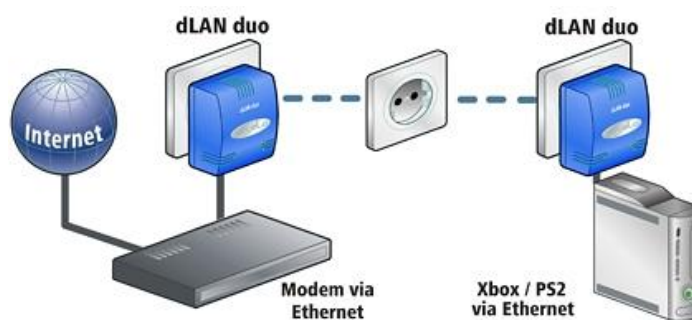


Figura: Conectar a Internet una consola de juegos a través de la red eléctrica con un módem

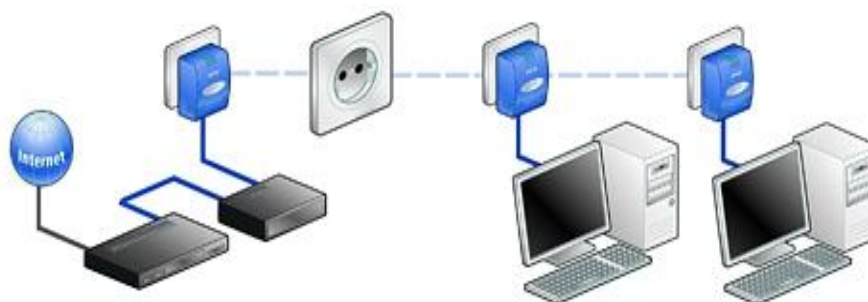


Figura: Usar un acceso a Internet con varios ordenadores a través de la red eléctrica

## **Uso de la Utilidad PLC**

Estudiado y analizado el modem Dlan Duo en diferentes escenarios, y en diferentes ambientes, se explica en qué se puede aplicar sus utilidades.

## **Ethernet**

Se puede configurar una red y aplicar en una oficina de una planta, y si el escenario es un edificio basta con configurar los mismos módems como repetidores que aumentarán la señal de la red.

## **Tecnología**

- La tecnología HomePlug utiliza la red eléctrica interna ya existente como medio de transferencia de datos y música. Podrá ampliar sus posibilidades sin perforaciones, polvo ni suciedad.
- Dispondrá de total libertad para elegir el lugar de trabajo y lo podrá cambiar en cualquier momento.

## **Conexión a Internet**

- Para una solución de Internet sólo debe conectar el módem o router a la toma de red más próxima utilizando un adaptador dLAN®. La tecnología dLAN® no le pone límites a la hora de seleccionar su proveedor.
- Si tiene problemas con WiFi en la transmisión y cobertura de su red inalámbrica, dLAN duo es la alternativa perfecta ya que al tener un alcance de hasta 200m la cobertura en su domicilio sería total. Por otro

lado, dLAN duo permitiría la conexión en red de varios equipos a la vez, manteniendo una velocidad constante.

### **Seguridad**

- La encriptación DESpro protege la red LAN del exterior y garantiza así la máxima seguridad sin tener que efectuar costosas configuraciones.
- Se Puede configurar en los sistemas operativos más comunes o los más utilizados, esta característica lo convierte en multiplataforma, utilidad necesaria para poder conectar diferentes computadoras que tengan distintos sistemas operativos.

# Anexo 4

## MÓDULO DE PRUEBAS

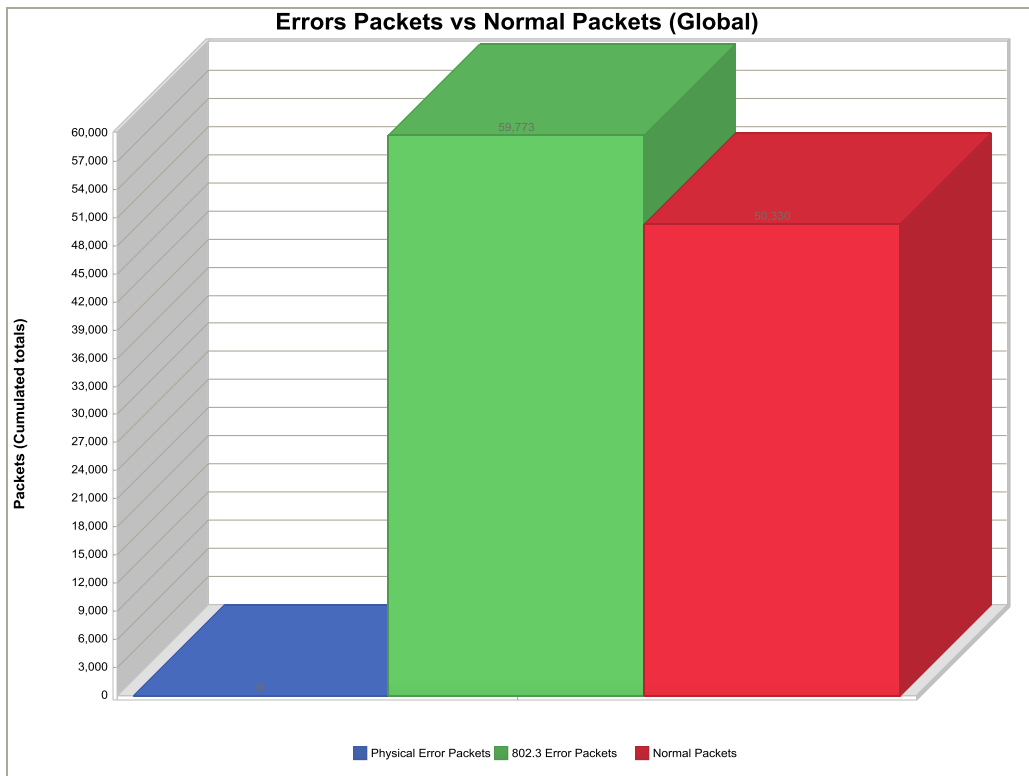
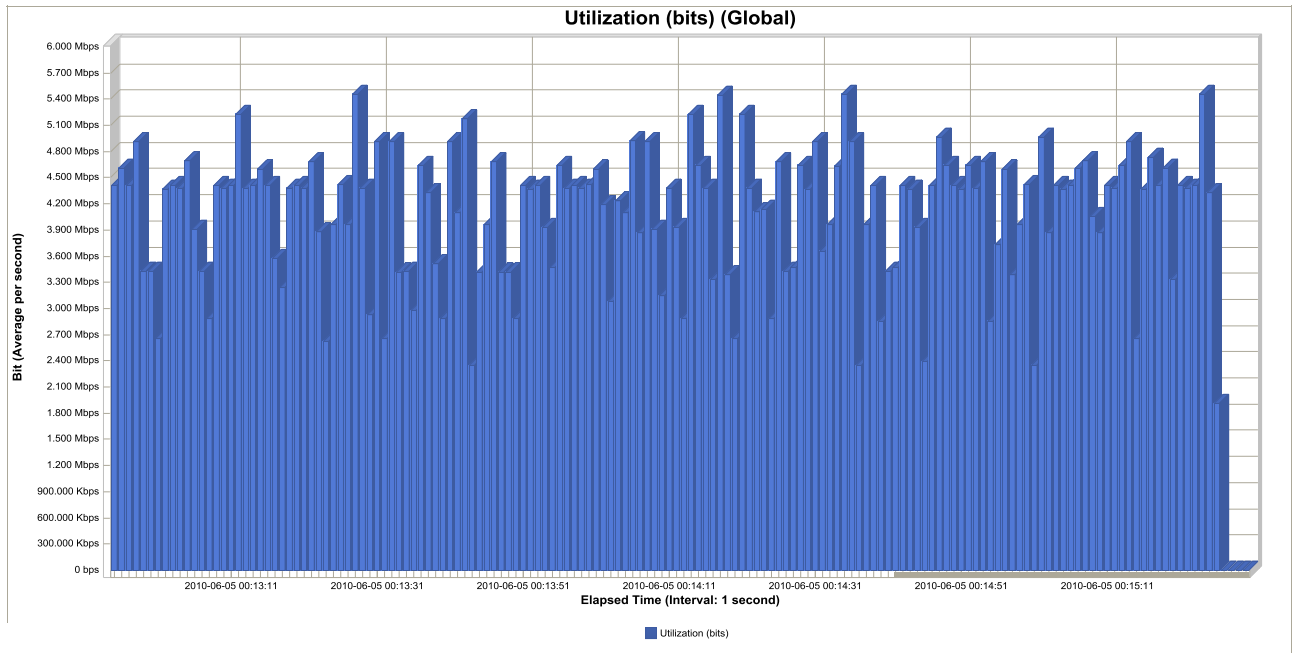
### Pruebas realizadas para analizar, el rendimiento de la red.

Mostraremos algunas las pantallas capturadas de nuestro sniffer.

Pruebas realizadas para analizar, el tráfico ocurrido al transmitir un archivo de 120 MGB utilizando la red UTP.

Statistics	Values				
<b>Capture</b>	<b>Count</b>				
Start Date	2010-06-01				
Start Time	23:49:14				
Duration	00:03:04				
<b>802.3 Errors</b>	<b>Count</b>				
802.3 Total Errors	6,556				
802.3 One Collision	4,000				
802.3 More Collisions	2,556				
802.3 Max Collisions	0				
802.3 Deferrals	0				
<b>Traffic</b>	Bytes	Packets	Avg Utilization	Avg bps	Avg pps
Total Traffic	120.705 MB	88,731	5.503%	5.503 Mbps	482.234
Broadcast Traffic Sent	3.950 KB	27	0.000%	175.870 bps	0.147
Multicast Traffic Sent	0 B	0	0.000%	0.000 bps	0.000
<b>Packet Size Distribution</b>	Bytes	Packets	Avg Utilization	Avg bps	Avg pps
<=64	3.608 MB	59,116	0.164%	164.497 Kbps	321.283
65-127	2.089 KB	21	0.000%	93.000 bps	0.114
128-255	4.978 KB	30	0.000%	221.609 bps	0.163
256-511	2.188 KB	7	0.000%	97.391 bps	0.038
512-1023	939 B	1	0.000%	40.826 bps	0.005
1024-1517	0 B	0	0.000%	0.000 bps	0.000
>=1518	117.087 MB	29,556	5.338%	5.338 Mbps	160.630

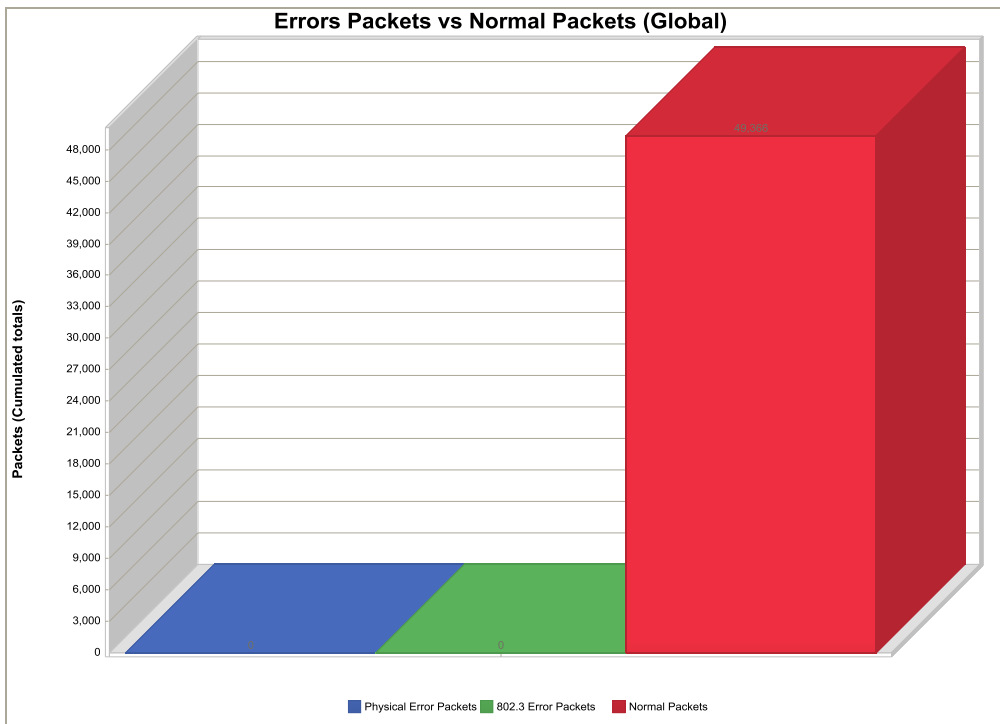
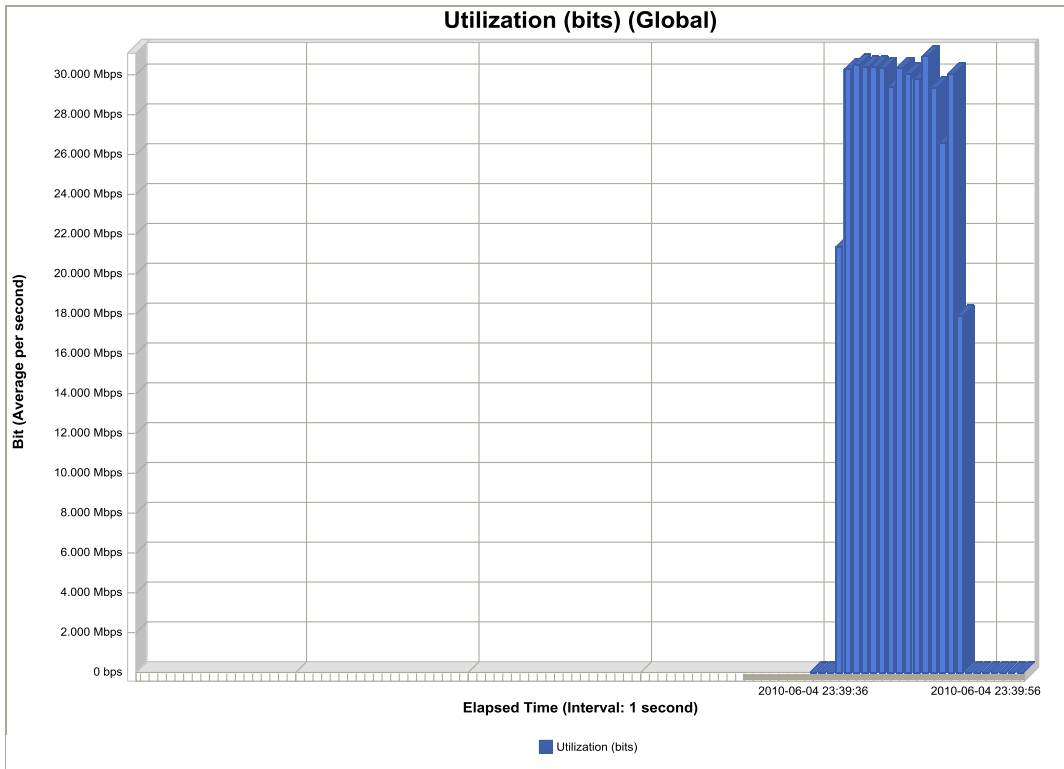




Pruebas realizadas para analizar, el tráfico ocurrido al transmitir un archivo de 120 MGB utilizando la red UTP.

## Summary Statistics

Statistics	Values				
<b>Capture</b>	<b>Count</b>				
Start Date	2010-06-01				
Start Time	23:55:22				
Duration	00:00:26				
<b>802.3 Errors</b>	<b>Count</b>				
802.3 Total Errors	0				
802.3 One Collision	0				
802.3 More Collisions	0				
802.3 Max Collisions	0				
802.3 Deferrals	0				
<b>Traffic</b>	Bytes	Packets	Avg Utilization	Avg bps	Avg pps
Total Traffic	120.485 MB	86,509	38.873%	38.873 Mbps	3,327.269
Broadcast Traffic Sent	390 B	2	0.000%	120.000 bps	0.077
Multicast Traffic Sent	0 B	0	0.000%	0.000 bps	0.000
<b>Packet Size Distribution</b>	Bytes	Packets	Avg Utilization	Avg bps	Avg pps
<=64	3.477 MB	56,961	1.122%	1.122 Mbps	2,190.808
65-127	0 B	0	0.000%	0.000 bps	0.000
128-255	128 B	1	0.000%	39.385 bps	0.038
256-511	262 B	1	0.000%	80.615 bps	0.038
512-1023	1.845 KB	2	0.001%	581.231 bps	0.077
1024-1517	1.205 KB	1	0.000%	379.692 bps	0.038
>=1518	117.005 MB	29,543	37.750%	37.750 Mbps	1,136.269



## Pruebas realizadas para obtener la Fiabilidad y la atenuación de los datos.

En las tablas y los gráficos encontramos las velocidades generadas, errores de paquetes, paquetes perdidos, tráfico total y el tiempo, en los cables eléctricos y los cables UTP. A continuación listaremos los resultados obtenidos.

Tamaño archivo	Velocidad Mbps		Tiempo min/seg		Errores de paquetes		Paquetes perdidos	
	UTP	PLC	UTP	PLC	UTP	PLC	UTP	PLC
120MB	38.873	5.503	0:26	3:04	0	6.556	0	806
100MB	37.490	5.407	0:18	3:02	0	5.874	0	605
80MB	38.589	5.736	0:13	2:43	0	5.269	0	478
50MB	36.459	5.203	0:09	1:58	0	4.879	0	367
30MB	37.926	5.603	0:07	0:52	0	3.871	0	157

Ahora tendremos una tabla transmitiendo el mismo archivo a diferentes distancias.

Distancia en metros	Velocidad Mbps		Tiempo min/seg		Errores de paquetes		Paquetes perdidos	
	UTP	PLC	UTP	PLC	UTP	PLC	UTP	PLC
10	17.073	3.640	0:25	3:13	0	59.344	1.603	806
20	16.432	3.945	0:26	3:20	0	59.773	1.608	610
30	16.593	3.675	0:27	3:30	0	57.921	2.086	486
60	17.359	3.603	0:34	4:50	12.970	54.648	8.014	707

## Pruebas realizadas para comprobar el retardo.

Para esta prueba utilizaremos el comando ping, enviando paquetes de diferentes tamaños a una distancia de 30 metros.

## 15000 paquetes

```
C:\Windows\system32\cmd.exe

C:\Users\Angelito>ping 192.168.1.4 -l 15000

Haciendo ping a 192.168.1.4 con 15000 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.1.4: bytes=15000 tiempo=3ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.4: bytes=15000 tiempo=3ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.4: bytes=15000 tiempo=3ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.4: bytes=15000 tiempo=3ms TTL=128

Estadísticas de ping para 192.168.1.4:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
    (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 3ms, Máximo = 3ms, Media = 3ms

C:\Users\Angelito>
```

## 16000 paquetes

```
C:\Windows\system32\cmd.exe

C:\Users\Angelito>ping 192.168.1.4 -l 16000

Haciendo ping a 192.168.1.4 con 16000 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.1.4: bytes=16000 tiempo=3ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.4: bytes=16000 tiempo=3ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.4: bytes=16000 tiempo=3ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.4: bytes=16000 tiempo=3ms TTL=128

Estadísticas de ping para 192.168.1.4:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
    (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 3ms, Máximo = 3ms, Media = 3ms

C:\Users\Angelito>
```

## Pruebas realizadas en los cables UTP

Tamaño de Paquete	Tiempo Mínimo (ms)	Tiempo Máximo (ms)	Promedio (ms)	Paquetes Perdidos	Retardo (ms)
8000	1	1	1	0	0.5
10000	2	2	2	0	1.0
21000	4	4	4	0	2.0
27000	5	5	5	0	2.5
32000	5	6	5	0	2.5
40000	7	7	7	0	3.5
49000	8	9	8	0	4.0
50000	9	9	9	0	4.5
65500	11	11	11	0	5.5

El retardo en los cables UTP es mínimo ya que recién hay una variación a partir de los paquetes con longitud de 10000.

### Pruebas realizadas en los cables eléctricos.

Tamaño de Paquete	Tiempo Mínimo (ms)	Tiempo Máximo (ms)	Promedio (ms)	Paquetes Perdidos	Retardo (ms)
8000	18	222	69	0	34.5
10000	22	23	22	1	11.0
21000	47	47	47	1	23.5
27000	59	59	59	2	29.5
32000	65	66	65	1	32.5
40000	87	88	87	1	43.5
49000	106	116	109	1	54.5
50000	103	103	103	1	51.5
65500	133	136	134	1	67.0

El retardo, que existe en los cables eléctricos es grande, que van desde los 34.5ms hasta los 67ms.

## Anexo 5

### ÍNDICE DE CRECIMIENTO ANUAL MEDIO

La fórmula utilizada para el cálculo del Índice de crecimiento anual medio (CAGR) es:

$$CAGR = \left( \frac{\text{Valor Final}}{\text{Valor Inicial}} \right)^{1/\text{numero de años}} - 1$$

$$CAGR\% = \left[ \left( \frac{\text{Valor Final}}{\text{Valor Inicial}} \right)^{1/\text{numero de años}} - 1 \right] \times 100\%$$

Porcentaje de crecimiento total de usuarios del servicio:

$$C = \left( \frac{\text{Valor Final} - \text{Valor Inicial}}{\text{Valor Inicial}} \right) \times 100\%$$

El índice de crecimiento anual medio es un número imaginario que describe el porcentaje en el cual una inversión debería tener desarrollo si hubo un crecimiento de porcentaje estable.

## INDICE DE CRECIMIENTO ANUAL MEDIO DEL SERVICIO DE INTERNET

**PERIODO: 1998-2010**

**Usuarios Internet 1998: 4064**

**Usuarios Internet 2010: 2000000**

**Número de años: 12**

$$CAGR_{Internet} = \left[ \left( \frac{2000000}{4064} \right)^{1/12} - 1 \right] \times 100\% = 67.63 \%$$

$$C = \left( \frac{2000000 - 4064}{4064} \right) \times 100\% = 49112.60 \%$$

## INDICE DE CRECIMIENTO ANUAL MEDIO DEL SERVICIO DE INTERNET DE BANDA ANCHA

**PERIODO: 2001-2010**

**Usuarios Internet 2001: 374**

**Usuarios Internet 2010: 175000**

**Número de años: 9**

$$CAGR_{Banda Ancha} = \left[ \left( \frac{175000}{374} \right)^{1/9} - 1 \right] \times 100\% = 98.01 \%$$

$$C = \left( \frac{175000 - 374}{374} \right) \times 100\% = 46691.44 \%$$



# BIBLIOGRAFÍA

---

1. HERNANDEZ FERNÁNDEZ, Baptista. Metodología de la Investigación.

México: McGraw Hill, 2001. PP. 41 – 49; 56 – 61.

## **Access Networking**

<http://www.corinex.com/product/11.html>

2010/03/11

## **Análisis de los Niveles de Penetración de los Servicios de Telecomunicaciones más Destacados que se Ofrecen en el Ecuador**

<http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/8108/1/AN%C3%81LISIS%20DE%20LOS%20NIVELES%20DE%20PENETRACI%C3%93N%20DE%20LOS%20SERVICIOS%20DE%20TELECOMUNICACIONES-presentacion.ppt>

2010/04/15

## **Análisis Financiero**

<http://www.monografias.com/trabajos7/anfi/anfi.shtml>

2010/05/03

## **AV200 CableLAN Adapter**

<http://www.corinex.com/product/88.html>

2010/03/11

## **Arkados**

<http://www.arkados.com/>

2007/09/25

### **Banda Ancha a través de red eléctrica (PLC)**

<http://www.hispazone.com/conttuto.asp?IdTutorial=95>

2007/05/24

### **Cálculo de la rentabilidad**

[http://es.biz.yahoo.com/funds/abc\\_renta.html](http://es.biz.yahoo.com/funds/abc_renta.html)

2010/05/06

### **Catalog**

<http://www.corinex.com/media/datasheet/catalog%202008/corinex.pdf>

2010/03/11

### **CONATEL**

[http://www.conatel.gov.ec/site\\_conatel/](http://www.conatel.gov.ec/site_conatel/)

2009/08/17

### **Consumer Electronics Powerline Communication Alliance**

<http://www.cepca.org/>

2008/06/25

### **DEVOLO**

<http://www.devolo.com/>

2009/08/02

### **Herrera Carvajal & asociados CIA.LTDA.**

<http://www.safissoftware.com.ec/pdf/SAFITOOLSANALISIS%20FINANCI>

[ERO.pdf](#)

2010/05/03

## **Indicadores financieros para la evaluación de proyectos de inversión**

Autor: Lic. María Victoria Gallerano Análisis financiero 25-01-2010

<http://www.gestiopolis.com/finanzas-contaduria/indicadores-financieros-evaluacion-proyectos-inversion.htm>

2010/05/06

## **Indicadores Financieros Ecuador**

DICIEMBRE 2009

[http://www.ucacsur.coop/index.php?option=com\\_content&view=article&id=55&Itemid=83](http://www.ucacsur.coop/index.php?option=com_content&view=article&id=55&Itemid=83)

2010/03/11

## **Instituto Nacional de Estadísticas y Censos.**

<http://www.inec.gov.ec>

2009/06/24

## **Internet por el cable de la luz**

<http://www.alambre.info/2003/11/03/internet-por-el-cable-de-la-luz/>

2007/07/18

## **Los enchufes tienen mucho que decir**

<http://www.elmundo.es/navegante/2003/10/17/esociedad/1066394563.htm>

[ml](#)

2008/06/03

## **Propower Evaluación de red PLC**

<http://www.promax.es/esp/noticias/extdnew.asp?text=57>

2007/11/15

## **POWER LINE TELECOM**

[http://www.enghelberg.com/POWER\\_LINE\\_TELECOM/index.htm](http://www.enghelberg.com/POWER_LINE_TELECOM/index.htm)

2009/03/08

## **Propuesta del proyecto tecnología PLC**

<http://www.gestiopolis.com/Canales4/ger/proyectopl.htm>

2008/06/24

## **Qué es PLC**

<http://www.adslzone.net/postt89.html>

2008/03/12

## **Seguridad bajo PLC**

<http://www.ekopl.net/noticias/seguridad-bajo-plc/index.htm>

2008/06/24

## **Sistema de Comunicación de Datos a Través de la Red Eléctrica Domiciliaria**

<http://revistaing.uniandes.edu.co/pdf/Rev1816.pdf?ri=d844c56dc91fa40ee6ec8de91f9ff981>

2009/03/08

## **Tecnologías y actividades de estandarización para la interconexión de Home Networks**

<http://www.fundacionorange.es/areas/historico/pdf/2.pdf>

2008/08/18

## **Tecnología PLC (2da parte): Funcionamiento e Inconvenientes del PLC**

[http://www.aat-ar.org/Revista\\_art.asp?iid=79](http://www.aat-ar.org/Revista_art.asp?iid=79)

2008/06/24

## **Valor Presente Neto**

[http://antiguo.itson.mx/dii/mconant/materias/ingeco/Cap34\\_%2038.htm](http://antiguo.itson.mx/dii/mconant/materias/ingeco/Cap34_%2038.htm)

[http://es.wikipedia.org/wiki/Valor\\_actual\\_neto](http://es.wikipedia.org/wiki/Valor_actual_neto)

2010/05/06

## **Welcome to AMBIENT**

<http://www.ambientcorp.com/>

2008/06/25