



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS

INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA E
INSTRUMENTACIÓN**

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO EN ELECTRÓNICA E
INSTRUMENTACIÓN**

**TEMA: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE
RED DE DATOS CON TECNOLOGÍA PLC (POWER LINE
COMMUNICATION), PARA EL LABORATORIO DE
COMUNICACIONES DE LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS
ARMADAS - ESPE**

**AUTORES: CHACHA CHICAIZA, MAGALY LILIANA
ORBEA HINOJOSA MIRIAN DEL CARMEN**

DIRECTOR: ING. ERAZO, MAYRA

CODIRECTOR: ING. RIVAS, DAVID

LATACUNGA

2015

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE
INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN

CERTIFICADO

ING. MAYRA ERAZO (DIRECTOR)

ING. DAVID RIVAS (CODIRECTOR)

CERTIFICAN

Que el trabajo titulado: "**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE RED DE DATOS CON TECNOLOGÍA PLC (POWER LINE COMMUNICATIONS) PARA EL LABORATORIO DE COMUNICACIONES DE LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE**", realizado por Magaly Liliana Chacha Chicaiza y Mirian del Carmen Orbea Hinojosa, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas establecidas por la ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE.

Debido a que constituye un trabajo de excelente contenido científico que colaborará con la aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional, si se recomiendan su publicación.

El mencionado trabajo consta de un documento empastado y dos discos compactos el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat (pdf). Autorizan a Magaly Liliana Chacha Chicaiza y Mirian del Carmen Orbea Hinojosa que lo entreguen al Ing. Franklin Silva en su calidad de Director de la Carrera.

Latacunga, Julio del 2015.

Ing. Mayra Erazo
DIRECTOR

Ing. David Rivas
CODIRECTOR

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE

INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN

DECLARACION DE RESPONSABILIDAD

MAGALY LILIANA CHACHA CHICAIZA.
MIRIAN DEL CARMEN ORBEA HINOJOSA.

DECLARAMOS QUE:

El proyecto de grado denominado "**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE RED DE DATOS CON TECNOLOGÍA PLC (POWER LINE COMMUNICATIONS) PARA EL LABORATORIO DE COMUNICACIONES DE LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE**", ha sido desarrollado en base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan el pie de las páginas correspondiente, cuyas s se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de nuestra autoría.

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Latacunga, Julio del 2015

Magaly Liliana Chacha
C.C: 050315871-9

Mirian del Carmen Orbea
C.C: 50314868-6

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE

INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN

AUTORIZACIÓN

Nosotras, **MAGALY LILIANA CHACHA CHICAIZA**
MIRIAN DEL CARMEN ORBEA HINOJOSA

Autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución del trabajo titulado "**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE RED DE DATOS CON TECNOLOGÍA PLC (POWER LINE COMMUNICATIONS) PARA EL LABORATORIO DE COMUNICACIONES DE LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE**", cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad y autoría.

Latacunga, Julio del 2015

Magaly Liliana Chacha Chicaiza
C.C. 050315871-9

Mirian del Carmen Orbea
C.C. 050314868-6

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de tesis a Dios y a mis padres. A Dios porque ha estado conmigo a cada paso que doy, cuidándome y dándome fortaleza para continuar, a mis padres, quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento.

Magaly

La presente tesis está dedicada a mis padres, pilares fundamentales en mi vida quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento. Depositando su entera confianza en cada reto que se me presentaba sin dudar ni un solo momento en mi inteligencia y capacidad. Es por ellos que soy lo que soy ahora. Los amo con mi vida papitos queridos, Inés y Gerardo.

A mi querido hermano Job Noé, aunque ya no estés con nosotros, esta tesis es el resultado de lo que me enseñaste en la vida, ya que siempre has sido una persona honesta, entregada a su trabajo y un gran líder, pero más que todo una gran persona. Gracias por ser mi pedacito de cielo ñaño querido.

Mirian

AGRADECIMIENTO

A mis profesores a quienes les debo gran parte de mis conocimientos, gracias a su paciencia y enseñanza y finalmente un eterno agradecimiento a esta prestigiosa universidad la cual abrió sus puertas a jóvenes como nosotros, preparándonos para un futuro competitivo y formándonos como personas de bien.

Magaly

AGRADECIMIENTO

Agradezco a todas las personas que de una u otra forma estuvieron conmigo, porque cada una aportó con un granito de arena; y es por ello que a todos y cada uno de ustedes les dedico todo el esfuerzo, sacrificio y tiempo que entregué.

A Dios por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A ti Papi, por tu incondicional apoyo, tanto al inicio como al final de mi carrera; por estar pendiente de mí a cada momento. Gracias Pa' por ser ejemplo de arduo trabajo y tenaz lucha en la vida.

A ti Mami, por haberme apoyado en todo momento, por tus consejos, tus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por tu amor.

A mis hermanos Fabián y Xavier por ser el ejemplo de hermanos Juliores y de los cuales aprendí aciertos y momentos difíciles.

No puedo olvidar a mis compañeros, amigos y amigas con los cuales he compartido incontables horas de trabajo.

A la ESPE, y a mis estimados maestros, que, a lo largo de mi carrera, me han transmitido sus amplios conocimientos y sus sabios consejos; especialmente a la Ing. Mayra Erazo y David Rivas, quien, muy acertadamente, dirigieron nuestra tesis.

Mirian

ÍNDICE DE CONTENIDO

Contenido	Página
CERTIFICADO	II
DECLARACION DE RESPONSABILIDAD	III
AUTORIZACIÓN.....	IV
DEDICATORIA.....	V
AGRADECIMIENTO	VI
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	XX
RESUMEN.....	XXII
INTRODUCCIÓN	XXIV
CAPÍTULO I.....	1
1. MARCO REFERENCIAL.....	1
1.1. Planteamiento del Problema	1
1.2. Justificación e Importancia del Problema	1
1.3. Formulación del Problema a Resolver	2
1.4. Hipótesis	2
1.5. Variables de la Investigación	2
1.5.1 Variable Independiente:	2
1.5.2 Variable Dependiente:	2
1.6. Objetivo General.....	3
1.7. Objetivos Específicos	3
CAPÍTULO II	4
2. ESTADO DEL ARTE DE LA TECNOLOGÍA POWER LINE COMMUNICATIONS (PLC).....	4

2.1	Concepto y Aplicación de Power Line Communications (PLC)	4
2.1.1	Aplicaciones internas (in Home)	5
2.1.2	Aplicaciones última milla	6
2.2	Ventajas de la tecnología Power Line Communications (PLC).....	7
2.3	Limitaciones de la tecnología Power Line Communications (PLC).....	8
2.4	Aplicaciones e Investigaciones realizadas en el Ecuador respecto a la tecnología Power Line Communications en Ecuador	9
2.4.1	CELEC EP - TRANSELECTRIC.....	9
2.4.2	Análisis de Eficiencia y Rendimiento de la implementación de Servicios Triple – Play sobre Tecnología Power Line Communications (PLC).....	10
2.4.3	Propuesta de la Prestación de Servicios de Banda Ancha Mediante el Empleo Conjunto de Tecnologías CATV (Redes De TV Por Cable) Y PLC.....	11
2.5	Situación Regulatoria en Ecuador.....	11
2.6	Aplicaciones de la Tecnología Power Line Communications (PLC) a nivel Mundial	12
2.7	Organismos Internacionales que Regulan e Investigan la Tecnología Power Line Communications (PLC)	14
2.8	Arquitectura de Redes Power Line Communications (PLC)	17
2.9	Topología de las Redes de Energía Eléctrica de Baja Tensión	19
2.10	Ubicación de la Estación Base en un Sistema Power Line Communications (PLC).	21
2.11	Uso de Gateway y repetidores en las redes con tecnología Power Line Communications (PLC)	23
2.12	Características del Canal de Transmisión Power Line Communications (PLC).....	24
2.13	Compatibilidad Electromagnética EMC de Sistemas Power Line Communications (PLC).....	26
2.14	Definición de términos EMC	26
2.15	Clasificación de las Perturbaciones EMC	28
2.15.1	Matriz de Interferencia Electromagnética EMI	29
2.16	Características del ruido en sistemas Power Line Communications (PLC)	32
2.16.1	Ruido de Fondo (tipo 1).....	32
2.16.2	Ruido de banda angosta (tipo 2)	32
2.16.3	Ruido Impulsivo Asíncrono a la Frecuencia De Operación (tipo 3).....	32
2.16.4	Ruido Impulsivo Síncrono a la Frecuencia de Operación (tipo 4)	33
2.16.5	Ruido Impulsivo Asíncrono (tipo 5)	33
2.17	Sistemas de Acceso Power Line Communications (PLC)	34
2.17.1	Arquitectura del Sistema Power Line Communications (PLC)	34
2.17.2	Técnicas de Modulación Para Sistemas PLC.....	38
2.17.3	Principios de Modulación	38

2.17.4	Elección del Esquema de Modulación para Sistemas PLC	40
2.18	Capa MAC en Dispositivos Power Line Communications (PLC).....	40
2.18.1	Estructura de la Capa MAC	40
2.18.2	Características de la Capa MAC en los Dispositivos PLC	41
2.18.3	Requisitos de la Capa MAC Power Line Communications (PLC)	43
2.19	Estructura de las Redes De Acceso Power Line Communications (PLC)	44
2.19.1	Conexión de Acceso Doméstico Power Line Communications (PLC).....	45
2.20	Elementos de una Red Power Line Communications (PLC)	47
2.20.1	Modem Power Line Communications (PLC)	47
2.20.2	Estación Base Power Line Communications (PLC)	49
2.20.3	Repetidor Power Line Communications (PLC)	50
2.20.4	Gateway Power Line Communications (PLC).....	52
CAPÍTULO III		55
3. SELECCIÓN DE COMPONENTES (HARDWARE Y SOFTWARE)		
PARA LA RED DE DATOS POWER LINE COMMUNICATIONS (PLC) 55		
3.1	Criterios de Selección	55
3.1.1	Criterio Tecnológico	55
3.1.2	Criterio Regulatorio	56
3.1.3	Criterio Financiero	56
3.1.4	Criterio Ambiental	57
3.1.5	Criterio Infraestructura	57
3.2	Selección de Hardware	58
3.2.1	Elementos con Tecnología Power Line Communications (PLC)	59
3.2.2	Servidor principal para la red Power Line Communications (PLC)	64
3.2.3	Router TL-WR340G	65
3.3	Selección de Software	66
3.3.1	Software utilizado para equipos Power Line Communications (PLC)	68
3.3.2	Software utilizado en el Servidor.....	69
3.3.3	Software utilizado para el análisis de la Red Power Line Communications (PLC)	76
CAPÍTULO IV		78
4. DISEÑO E IPLEMENTACIÓN DE LA RED POWER LINE		
COMMUNICATIONS (PLC).....		78
4.1	Consideraciones Previas del Diseño	78

4.1.1	Situación actual de la Red Eléctrica del Laboratorio de Comunicaciones	78
4.1.2	Situación Actual de la Red de Datos del Laboratorio de Comunicaciones	81
4.1.3	Situación actual de la Red de Acceso del Laboratorio de Comunicaciones	82
4.2	Topología de la Red Power Line Communications (PLC)	83
4.2.1	Topología Física de la Red Power Line Communications (PLC)	83
4.2.2	Topología Lógica de la Red Power Line Communications (PLC)	84
4.3.	Configuración de Equipos para la Red de Datos Power Line Communications (PLC).	86
4.3.1	Configuración de equipos Power Line Communications que conforman la red.....	86
4.3.2	Configuración de Servidores para la red Power Line Communications (PLC).	101
4.4	Conexión Física de Equipos	146
4.4.1	Conexión del Cableado en Equipos	146
4.5	Puesta en Funcionamiento	159
4.5.1	Servidor de WebHosting.....	159
4.5.2	Servidor VoIP	166
4.5.3	Servidor de Monitoreo de Redes:	167
CAPÍTULO V		170
5. PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS		170
6.1	Análisis de Tráfico de Datos en la Red Power Line Communications (PLC)	170
6.2	Análisis de la Atenuación. Relación Señal Ruido y Velocidad de la Red PLC.	174
5.2.1	Enlace 1: GWPLC01 – MPLC01. Distancia: 3m	175
5.2.2	Enlace 2: GWPLC01 – MPLC02. Distancia: 3m.....	176
5.2.3	Enlace 3: GWPLC01 – MPLC03. Distancia: 9 m	177
5.2.4	Enlace 4: GWPLC01 – MPLC01. Distancia: 12m	179
6.3	Análisis de Velocidad de transmisión sobre señales de datos PLC en ambientes eléctricos con diferentes condiciones de carga.	181
5.3.1	Con condiciones normales de carga en la Red eléctrica.	182
5.3.2	Con condiciones máximas de carga en la Red eléctrica.	187
6.4	Análisis de la velocidad de transmisión de Tecnología Wireless y Tecnología PLC.	193
6.5	Análisis de costos	194
CAPÍTULO IV		195
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		195
6.1	Conclusiones.....	195
6.2	Recomendaciones	196

BIBLIOGRAFÍA.....	197
ANEXOS	203

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Aplicación de PLC interna	5
Figura 2.2 Medidor Inteligente	7
Figura 2.3 Tecnologías utilizadas por CELEC EP.....	9
Figura 2.4 Arquitectura de una Red PLC.....	18
Figura 2.5 Posible topología de una red de baja tensión.....	20
Figura 2.6 Estación Base, junto con la unidad de transformación en la Red PLC [27].	22
Figura 2.7 Estación Base colocada en un lugar arbitrario de la red.....	22
Figura 2.8 Red de acceso PLC con repetidores o Gateway	23
Figura 2.9 Diferentes áreas de la compatibilidad electromagnética	27
Figura 2.10 Modelo básico de un problema EMC.....	27
Figura 2.11 Perturbaciones EMC de acuerdo al espectro que ocupan.....	29
Figura 2.12 Ruidos aditivos en Comunicaciones PLC	34
Figura 2.13 Medio de transmisión (p. ej. PLC)	35
Figura 2.14 Capas de la Red PLC	37
Figura 2.15 Representación de OFDM en el dominio de la frecuencia.....	39
Figura 2.16 Ambiente de la capa MAC PLC	42
Figura 2.17 Estructura de la capa MAC PLC.	43
Figura 2.18 Estructura de una red PLC.....	45
Figura 2.19 Estructura de una red PLC in-home	46
Figura 2.20 Funciones del Modem PLC	48
Figura 2.21 Funciones de la estación base PLC.....	49
Figura 2.22 Funciones de un repetidor PLC	50
Figura 2.23 Red PLC con repetidores.....	51
Figura 2.24 Conexión directa de los abonados PLC.....	52
Figura 2.25 Conexión de los abonados con Gateway	53
Figura 2.26 Gateway en una red de acceso PLC.....	54
Figura 3.1 Forma física del Gateway PLC.....	59
Figura 3.2 Modem PLC HD200.....	61

Figura 3.3 Filtro de Ruido PLC	63
Figura 3.4 Router TP-LINK.....	65
Figura 4.1 Caja de Breakes Existente en el Laboratorio.....	79
Figura 4.2 Identificación de Breakers	79
Figura 4.3 Infraestructura de la red de datos del Laboratorio de sistemas de Comunicaciones.....	82
Figura 4.4 Red de acceso del Laboratorio de sistemas de Comunicaciones.....	83
Figura 4.5 Diagrama Físico de la Red PLC.	84
Figura 4.6 Diseño de la Topología Lógica de la red de datos PLC.	85
Figura 4.7 Configuración de IP estática del equipo.	87
Figura 4.8 Configuración Firewall de Windows.....	88
Figura 4.9 Archivos de Configuración.....	88
Figura 4.10 Archivo de Configuración para el Gateway.	89
Figura 4.11 Archivos de configuración del Modem PLC (CPE).....	91
Figura 4.12 Ingreso a HaneWin	92
Figura 4.13 Activar el servidor DHCP.....	92
Figura 4.14 Ingreso a Preferencias HaneWin.	93
Figura 4.15 Preferencias de Hanewin.	93
Figura 4.16 Interfaz Hanewin.	94
Figura 4.17 Pestaña DHCP de Hanewin.	94
Figura 4.18 Pestaña TFTP de Hanewin.	95
Figura 4.19 Selección de archivos de configuración para el servidor TFTP.	95
Figura 4.20 Creación de Perfiles.....	96
Figura 4.21 Interfaz creación de Perfiles	96
Figura 4.22 Nombre del Perfil de HaneWin	96
Figura 4.23 Configuración para perfil master Hanewin	97
Figura 4.24 Configuración para perfil esclavo Hanewin	97
Figura 4.25 Activación servidor TFTP con archivo de configuración.	98
Figura 4.26 Asignación de la extensión de los archivos en el servidor TFTP.....	99
Figura 4.27 Agregar Entradas Estáticas.	99

Figura 4.28	Configuración de un entra estática para dispositivo CORINEX.	100
Figura 4.29	Mac address registrada como estática para asignar una dirección IP.	101
Figura 4.30	Interfaz Web de Proxmox.	102
Figura 4.31	Árbol del ambiente virtual Proxmox.	102
Figura 4.32	Selección de archivos ISO al servidor.	103
Figura 4.33	Discos de SO para instalación almacenados en el servidor.	103
Figura 4.34	Descripción general de la máquina virtual.	104
Figura 4.35	Sistema operativo para la MV.	104
Figura 4.36	Imagen de disco de Elastix 2.2.0.	105
Figura 4.37	Características del disco emulado para la MV.	105
Figura 4.38	Características del núcleo del CPU.	106
Figura 4.39	Memoria RAM de la MV.	106
Figura 4.40	Configuraciones para la NIC emulada.	107
Figura 4.41	Ventana de confirmación de datos.	107
Figura 4.42	Pestaña Options de la MV 100.	108
Figura 4.43	Ventana emergente de inicio con sistema de Proxmox.	108
Figura 4.44	Personalización del inicio del servidor Proxmox.	109
Figura 4.45	Página de inicio de ISPCConfig3.	116
Figura 4.46	Página de inicio de ISPCConfig3.	116
Figura 4.47	Cambio de contraseña de administrador de ISPCConfig3.	117
Figura 4.48	Interfaz web de ISPCConfig3.	118
Figura 4.49	Creación de usuario administrador secundario.	118
Figura 4.50	Módulos de usuario de ISPCConfig.	119
Figura 4.51	Usuarios para el panel.	119
Figura 4.52	Datos en el sistema del revendedor.	120
Figura 4.53	Datos administrativos de revendedor.	120
Figura 4.54	Limitantes de revendedor.	121
Figura 4.55	Creación de un cliente en ISPCConfig.	122
Figura 4.56	Creación de sitios web.	123
Figura 4.57	Zona DNS.	123

Figura 4.58 Página web por defecto de ISPConfig.....	124
Figura 4.59 Creación de usuarios para base de datos.	125
Figura 4.60 Creación de bases de datos.	125
Figura 4.61 Usuarios FTP.	126
Figura 4.62 Cliente FTP Filezilla.....	128
Figura 4.63 Panel de Bienvenida de Wordpress	128
Figura 4.64 Archivos de Wordpress.	129
Figura 4.65 Archivo wp-config-sample.php	129
Figura 4.66 Archivo wp-config.php.....	130
Figura 4.67 Archivos Wordpress subidos a FileZila.....	130
Figura 4.68 Panel de Bienvenida de Wordpress.	131
Figura 4.69 Acceso a Wordpress.	132
Figura 4.70 Panel de Wordpress para editar Páginas Web.	132
Figura 4.71 Menú de correos en el web-panel ISPConfig.	133
Figura 4.72 Dominio de ejemplo para el servidor de e-mail.	133
Figura 4.73 Vista del panel de creación de e-mails.	134
Figura 4.74 Creación de un e-mail.....	134
Figura 4.75 Inicio de sesión del e-mail creado	134
Figura 4.76 Inicio de sesión del e-mail creado.	135
Figura 4.77 Edición de un e-mail.....	135
Figura 4.78 Verificación de credenciales en FreeNAS.....	136
Figura 4.79 Panel de Inicio FreeNAS.	136
Figura 4.80 Ventana de cambio de contraseña en freeNAS.	136
Figura 4.81 Configuración global de freeNAS.	137
Figura 4.82 Acceso a Interfaz.	137
Figura 4.83 Configuración de la interfaz de red en freeNAS.	137
Figura 4.84 Configuración de la interfaz web en freeNAS.....	138
Figura 4.85 Acceso a creación de Volúmenes	138
Figura 4.86 Ventana de creación de volúmenes	138
Figura 4.87 Acceso a Permisos de Volúmenes	139

Figura 4.88	Ventana de permisos de volumen.....	139
Figura 4.89	Acceso configuración compartición para Windows.....	139
Figura 4.90	Venta de configuración de compartición para Windows.....	140
Figura 4.91	Acceso al servicio Samba.....	140
Figura 4.92	Configuración del servicio CIFS.....	141
Figura 4.93	Acceso a la Capeta de Compartición.....	141
Figura 4.94	Creación de extensiones sin clave.....	142
Figura 4.95	Ventana de configuración de cuentas de softphone.....	142
Figura 4.96	Edición de una cuenta SIP en Ekiga.....	143
Figura 4.97	Ventana de directorio de Ekiga.....	143
Figura 4.98	Ventana de marcación a extensiones SIP de la misma red.....	144
Figura 4.99	Ventana emergente de la llamada actual.....	144
Figura 4.100	Ventana de ingreso de Squert.....	145
Figura 4.101	Interfaz de Squert.....	145
Figura 4.102	Conectores del Gateway PLC CORINEX.....	146
Figura 4.103	Acercamiento del puerto de AC.....	147
Figura 4.104	Cable de AC del Gateway PLC.....	148
Figura 4.105	Caja de breakers del Laboratorio.....	148
Figura 4.106	Identificación del sistema de distribución de energía eléctrica.....	149
Figura 4.107	Conexión en la caja de breakers.....	150
Figura 4.108	Conexión de cables del Gateway con cables de energía por colores.....	151
Figura 4.109	Unión de los cables.....	151
Figura 4.110	Leds indicadores del Gateway PLC.....	152
Figura 4.111	Características del núcleo del CPU.....	154
Figura 4.112	Conexión Ethernet entre el Modem y el ordenador.....	157
Figura 4.113	Memoria RAM de la MV.....	158
Figura 4.114	Conexión a la toma de corriente del filtro.....	158
Figura 4.115	Colocar la de ruido al filtro.....	158
Figura 4.116	Inicio de sesión en la interfaz de Proxmox VE.....	159
Figura 4.117	Panel con distribución de árbol de la VMs 100.....	160

Figura 4.118 Dirección de DNS para verificación de servicios en intranet.....	161
Figura 4.119 Verificación del dominio electronica.org.	161
Figura 4.120 Página web de electronica.org.....	162
Figura 4.121 Verificación de Correos.....	163
Figura 4.122 Interfaz web de Squirrelmail	163
Figura 4.123 Envío de un e-mail desde admin@electronica.org.....	164
Figura 4.124 Recepción del email desde admin@electronica.org.....	164
Figura 4.125 Inicio de sesión en filezilla	165
Figura 4.126 Panel con distribución de árbol de la VMs 100.....	165
Figura 4.127 Carpeta NAS.....	166
Figura 4.128 Panel con distribución de árbol de la VMs 102.....	166
Figura 4.129 Ventana de marcación a extensiones SIP de la misma red.....	167
Figura 4.130 Ventana emergente de la llamada actual.	167
Figura 4.131 Panel con distribución de árbol de la VMs 103.....	168
Figura 4.132 Ventana de ingreso de Squert.	168
Figura 4.133 Interfaz de Squert.....	169
Figura 5.1 Tráfico Capturado en la red PLC.....	171
Figura 5.2 Características del paquete capturado.....	172
Figura 5.3 Captura de paquetes en diferentes equipos.....	173
Figura 5.4 Espectro de frecuencias para los enlaces PLC.....	175
Figura 5.5 Medida de atenuación en el enlace PLC1.....	176
Figura 5.6 Espectro de frecuencia producido por el enlace 2.	176
Figura 5.7 Atenuación y SNR del enlace 2.....	177
Figura 5.8 Espectro de frecuencias del enlace 3.	178
Figura 5.9 Atenuación y SNR del enlace 3.....	178
Figura 5.10 Espectro de frecuencia para el enlace 4.....	179
Figura 5.11 Atenuación y SNR del enlace 4.....	180
Figura 5.12 Comportamiento de la velocidad de transmisión a diferentes distancias. .	180
Figura 5.13 Medición de corriente en la caja de breakers.	181
Figura 5.14 Velocidad de transmisión con un modem PLC.	183

Figura 5.15 Velocidad de transmisión con dos módems.	184
Figura 5.16 Velocidad de transmisión con tres módems.	184
Figura 5.17 Velocidad de transmisión con cuatro módems.	185
Figura 5.18 Registro de valores de voltaje en el laboratorio.	186
Figura 5.19 Registro de velocidad vs corriente en condiciones normales de carga.....	187
Figura 5.20 Velocidad a condiciones máximas de carga (1 modem)	188
Figura 5.21 Velocidad a condiciones normales de carga (2 módems).....	189
Figura 5.22 Velocidad a condiciones normales de carga (3 módems).....	190
Figura 5.23 Velocidad a condiciones normales de carga (4 módems).....	191
Figura 5.24 Registro de velocidad vs corriente en condiciones máximas de carga.....	192
Figura 5.25 Registro de valores de voltaje en el laboratorio en máximas condiciones de carga.	192

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Organismos que Regulan e Investigan la tecnología PLC	14
Tabla 2.2 Principales Perturbaciones EMC.	30
Tabla 2.3 Posibles víctimas de un mal despliegue de la tecnología PLC.	31
Tabla 3.1 Hardware Utilizado	58
Tabla 3.2 Especificaciones técnicas del Gateway LV200.....	60
Tabla 3.3 Especificaciones técnicas del Modem PLC HD200.....	62
Tabla 3.4 Especificaciones técnicas del filtro PLC.....	633
Tabla 3.5 Características de Servidor principal.	644
Tabla 3.6 Software Utilizado	666
Tabla 4.1 Datos de la Caja de Distribución de Breakers del Laboratorio.	79
Tabla 4.2 Lista de verificaciones en las instalaciones eléctricas del Laboratorio.....	80
Tabla 4.3 Parámetros de la Configuración del Gateway PLC como cabecera.....	90
Tabla 4.4 Parámetros de la Configuración del Modem PLC (CPE).	91
Tabla 4.5 Configuraciones del ambiente virtualizado Proxmox.	1099
Tabla 4.6 Tabla de configuración de la clave de root.	1100
Tabla 4.7 Tabla de configuración de red.....	111
Tabla 4.8 Comandos para instalación y configuración de postfix.	1121
Tabla 4.9 Configuración de las herramientas anti-spamming.....	1133
Tabla 4.10 Instalación del servidor web y lenguajes de programación.	1133
Tabla 4.11 Instalación y configuración de FTP	1144
Tabla 4.12 Instalación y configuración de squirrermail.....	1144
Tabla 4.13 Instalación y configuración de ISPConfig3.	1155
Tabla 4.14 Puerto de AC del Gateway.....	1477
Tabla 4.15 Configuración del cable de corriente	1511
Tabla 4.16 Funcionalidades de los Botones del Gateway PLC	1522
Tabla 4.17 Funciones que cumplen los LEDS del Gateway	1533
Tabla 4.18 Funciones que cumple el LED AP.	1555
Tabla 4.19 Funciones que cumple el LED VIP	1566

Tabla 4.20 Funciones que cumple el LED ETH [30].....	157
Tabla 5.1 Paquetes capturados.	1733
Tabla 5.2 Resumen de velocidad, atenuación y SNR	1800
Tabla 5.3 Valores de velocidad y corriente con un modem.	1833
Tabla 5.4 Valores de velocidad y corriente con dos módems.....	1844
Tabla 5.5 Valores de velocidad y corriente con tres módems.....	1855
Tabla 5.6 Valores de velocidad y corriente con cuatro módems.	1855
Tabla 5.7 Valores de velocidad y corriente con un modem.	18888
Tabla 5.8 Valores de velocidad y corriente con dos modems	18989
Tabla 5.9 Valores de velocidad y corriente con tres módems.....	19090
Tabla 5.10 Valores de velocidad y corriente con cuatro módems.	1911
Tabla 5.11 Comparación de velocidad de transmisión	1933
Tabla 5.12 Costos de equipos PLC	1944

RESUMEN

El propósito del proyecto es implementar una red de datos con tecnología PLC (Power Line Communications) en el Laboratorio de Comunicaciones de la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE. En la primera etapa se clarifica ideas mediante la elaboración del Estado del Arte de la tecnología PLC. En la segunda etapa se realizará un análisis de la red eléctrica existente en el Laboratorio de Comunicaciones para tener un enlace dedicado que permita aplicar esta tecnología y mediante equipos PLC tener acceso a los servicios de una red de datos bajo Software Libre. La tercera etapa será adquirir los equipos adecuados PLC (Power Line Communications), previamente analizados para obtener el correcto desempeño de la red propuesta. La cuarta etapa es la conexión física entre ordenadores y equipos PLC, ubicados de tal forma que la señal inyectada consiga conectividad en todo el centro del Laboratorio. La gestión de cada nodo de la red se lo realizará mediante Software Libre. Los equipos serán configurados para proveer servicios de red como WEB, E- Mail, FTP, DNS. Además se analizará datos de cobertura, verificando el grado de la señal PLC en la red eléctrica del Laboratorio, a bien de comprobar la calidad de la transmisión en los diferentes puntos y la evaluación tanto de la necesidad de equipos repetidores en la red PLC como la posible ubicación de los mismos.

PALABRAS CLAVE

- **TECNOLOGÍA PLC**
- **POWER LINE COMMUNICATIONS**
- **TELECOMUNICACIONES POR CABLE ELÉCTRICO**
- **BANDA ANCHA**
- **CONDUCTOR ELÉCTRICO**
- **SERVICIOS DE RED**

ABSTRACT

The purpose of the project is to implement a data network with PLC (Power Line Communications) technology in Communications Laboratory at the University of the Armed Forces - ESPE. In the first stage ideas are clarified by the development of state of the art PLC technology. In the second stage an analysis of the existing electricity grid in the Laboratory of Communications to have a dedicated link which allows applying this technology and equipment by PLC access network services data will be held under Free Software. The third stage will acquire appropriate equipment PLC (Power Line Communications), previously analyzed for the proper performance of the proposed network. The fourth stage is the physical connection between computers and equipment PLC, placed so that the injected signal connectivity get around the center of the Laboratory. The management of each network node would be made by Free Software. The equipment will be configured to provide network services such as Web, E-Mail, FTP, DNS. Further coverage data will be analyzed, verifying the degree of the PLC signal on the power grid Laboratory, kindly check the quality of the transmission at different points and evaluating both the need for repeaters teams in the PLC networks like possible location thereof.

KEYWORDS

- **TECHNOLOGY PLC**
- **POWER LINE COMMUNICATIONS**
- **TELECOMMUNICATIONS FOR ELECTRIC CABLE**
- **BROADBAND**
- **ELECTRICAL CONDUCTOR**
- **NETWORK SERVICES**

INTRODUCCIÓN

En el capítulo I se presenta el marco introductorio que motivo la realización de este proyecto, planteando y formulando el problema que existe al no poseer todos las personas el beneficio de servicios de Comunicaciones. Se muestra la justificación e importancia del problema, utilizada como referencia para el desarrollo del trabajo. Además se conoce los objetivos a desarrollar en dicho proyecto.

El capítulo II integra, enfoques teóricos, estudios y antecedentes en general de la tecnología Power Line Communications que permitirá clarificar ideas y obtener los parámetros adecuados para la implementación de la Tecnología. Además se estudia los aspectos técnicos de los componentes necesarios para la implementación de un sistema PLC.

El capítulo III hará mención a todos los equipos que conforman la red de datos con tecnología Power Line Communications, como son un Gateway, 4 Módems y 4 Filtros de marca CORINEX, también se genera información del Servidor Principal para la red de datos. Además se despliega los Softwares utilizados para configuraciones de los equipos CORINEX y para el Servidor de Datos, el cual contiene un Servidor Virtual (VPS) con diversos servicios como son: Servicio de Alojamiento Web, Central Telefónica, Almacenamiento tipo NAS (Network-attached storage), la cual permite el almacenamiento de información y el Servicio de Monitoreo de Red.

En el capítulo IV se describirá la propuesta del diseño e implementación de la red de banda ancha mediante las tecnologías PLC en el Laboratorio de Comunicaciones de la Universidad de las Fuerzas Armadas, utilizando la infraestructura de la red eléctrica con un previo análisis de su estado, para el acceso de los usuarios a la red PLC. Se identifican y configuran los equipos necesarios para adecuar los servicios de voz, datos y video con el fin de ofrecer una solución de conectividad.

El capítulo V enfoca las pruebas experimentales donde se puede demostrar que la red de datos con Tecnología Power Line Communications cumple los criterios de rendimiento. Para su diagnóstico, se utiliza la aplicación HD200SNR viewer de LabVIEW, basado en un análisis de espectro con los valores de CFR (Relación del Canal de Frecuencia), y SNR (Relación Señal - Ruido); asimismo las velocidades máximas en un ambiente ruidoso junto con las atenuaciones que sufre la señal.

El capítulo VI presenta las conclusiones que se obtuvieron en la implementación del Prototipo de Red de Datos con Tecnología Power Line Communications en el Laboratorio de comunicaciones de la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE a partir de pruebas y análisis de resultados, para que posteriormente se incluyan las recomendaciones que se consideran convenientes.

CAPÍTULO I

1. MARCO REFERENCIAL

1.1. Planteamiento del Problema

Hoy día, a pesar del gran valor que han adquirido todas las formas de comunicación a distancia, existen todavía muchos países, especialmente aquellos en vías de progreso o tercermundistas, donde no todas las personas tienen la posibilidad de beneficiarse de servicios como el internet, la telefonía y televisión por cable.

En este sentido, Ecuador no es la excepción, ya que existen zonas del país que aún están incomunicadas, lo cual se debe principalmente a que las comunidades se encuentran excluidas de las centrales de distribución, los recursos económicos de la población son muy bajos y no pueden costear las tarifas que conlleva el acceso a este servicio.

En un tiempo como el que se vive en la actualidad, en el que la situación económica no favorece a una importante parte de la población, resulta difícil incluir en el presupuesto de gastos aquellos servicios, que si bien son necesarios, no son indispensables como el agua y la luz, entre otros.

Por otra parte existe un inconveniente que tiene que ver con la zona geográfica en la que se requiere el acceso a Internet, ya que si está muy alejada de la ciudad corre el riesgo, de que al solicitar alguno de estos servicios le sea negado, porque la compañía proveedora todavía no cuenta con la plataforma tecnológica adecuada para llegar a algunos lugares.

1.2. Justificación e Importancia del Problema

La investigación se enfoca en una de las tecnologías de actualidad como es la tecnología PLC (Power Line Communications), considerando que esta es de gran

Importancia debido a sus altas velocidades de Tx (transmisión) de datos, una instalación rápida y un coste competitivo con otras tecnologías alternativas; además de alcanzar a lugares donde no llega el cable telefónico, pero si la electricidad por medio de sus tendidos de redes eléctricas actuales.

El estudio permitirá realizar un prototipo para que los docentes y estudiantes accedan a servicios de voz, datos y multimedia por la red eléctrica, con velocidades Juliores a las actuales, tener compatibilidad con redes inalámbricas para la movilidad de equipos o usuarios dentro de la red, optimizando papeleo, tiempo y recursos.

1.3. Formulación del Problema a Resolver

Surge la necesidad de plantear una tecnología alternativa en auge y de actualidad como PLC (Power Line Communications) que represente una opción para brindar servicios de comunicación en Ecuador.

1.4. Hipótesis

¿La implementación de una red de datos con tecnología Power Line Communications (PLC) para el Laboratorio de Comunicaciones de la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE , permitirá mejorar los servicios de Internet a bajo costo?

1.5. Variables de la Investigación

1.5.1 Variable Independiente:

Laboratorio de Comunicaciones de la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE .

1.5.2 Variable Dependiente:

- a. Implementación de una red de datos con tecnología Power Line Communications (PLC)

- b. Analizar el comportamiento de la red de datos con tecnología Power Line Communications (PLC).

1.6. Objetivo General

Diseñar e implementar un prototipo de una red de datos con tecnología Power Line Communications (PLC), en el Laboratorio de Comunicaciones de la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE, para que permita el acceso a servicios de voz, datos y multimedia.

1.7. Objetivos Específicos

- Estudiar las necesidades y requerimientos del servicio de Internet que tiene el Laboratorio de Comunicaciones de la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE y dar un mejoramiento del mismo aplicando una nueva tecnología.
- Revisar el estado del arte de las tecnologías Power Line Communications (PLC) para transmisión de datos de banda ancha.
- Adecuar las instalaciones eléctricas del Laboratorio de Comunicaciones para una correcta integración de la tecnología (PLC)
- Configuración de los equipos que se utilizaran en la red de datos con tecnología Power Line Communications (PLC).
- Realizar un análisis de la tecnología Power Line Communications (PLC) y su aplicabilidad en el servicio de transmisión de datos con respecto a otras tecnologías existentes en el Laboratorio de Comunicaciones de Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE.

CAPÍTULO II

2. ESTADO DEL ARTE DE LA TECNOLOGÍA POWER LINE COMMUNICATIONS (PLC)

2.1 Concepto y Aplicación de Power Line Communications (PLC)

Power Line Communications (PLC) conocida también como Broadband Over Power Line (BPL) es una tecnología que aprovecha las líneas eléctricas existentes para transmitir señales de datos, [1], esto implica que en cada toma corriente se puede conectar un modem, permitiendo al usuario el acceso automático a servicios de telecomunicaciones como voz, datos, internet, telefonía y video. Todos estos servicios estarían disponibles sin necesidad de tener que instalar conexiones adicionales, antenas o nuevos cableados, gracias a su capacidad de coexistir con las transmisiones de energía eléctrica en el mismo conductor, debido a que opera en rangos de frecuencia de 1,6 MHz a 30 MHz, distintas a las de la red eléctrica comercial de 50 Hz a 60 Hz.

Esto se consigue mediante la impresión de una señal modulada a una cierta frecuencia de portadora en una línea de energía para hacer uso de la estructura existente y por lo tanto evitar los costos de tendido de cables [1].

Cabe agregar el gran alcance que posee PLC, debido a que las redes eléctricas están difundidas inclusive en los lugares más apartados del planeta.

Las aplicaciones para estos sistemas pueden categorizarse de la siguiente manera:

- Aplicaciones internas
- Última milla

2.1.1 Aplicaciones internas (in Home)

Los sistemas PLC de banda ancha son atractivos como servicios de datos en edificios por que no requieren ninguna instalación adicional, simplemente mantener enchufados los equipos. Dentro de un mismo edificio estas aplicaciones permiten conectar periféricos como heladeras, microondas, impresoras, fotocopiadoras, dispositivos de Comunicaciones etc. y configurar redes de computadoras. El edificio podría ser una casa, un bloque de departamentos u oficinas. Se considera que en esos casos los trayectos de tendido de red eléctrica de potencia no superan los 100 m entre los dispositivos [2].

El edificio podría ser una casa (ver figura 2.1), un bloque de departamentos u oficinas.

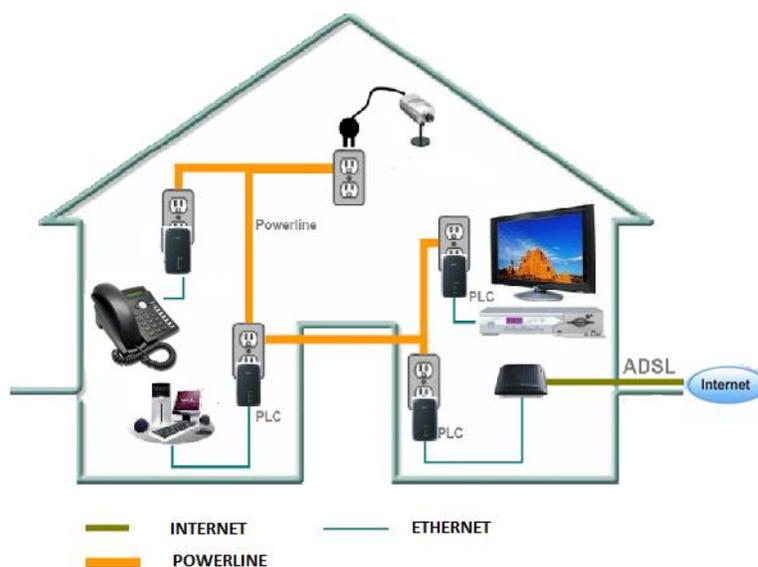


Figura 2.1 Aplicación de PLC interna

Se realizan estudios teóricos y experimentales sobre aspectos técnicos de instalación y configuración de aplicaciones domóticas escalables, flexibles y seguras que ofrezcan un amplio abanico de funciones como el control de iluminación y climatización de una vivienda [3].

2.1.2 Aplicaciones última milla

Primariamente desde el punto de vista de la empresa propietaria de la red eléctrica, el sistema PLC es un excelente medio para proporcionar las conexiones necesarias con los medidores de energía, registradores de demanda, equipos de supervisión y telecomando de la red de distribución eléctrica. En efecto hoy en día la mayoría de estos dispositivos ya están preparados para dialogar bajo protocolo IP, o bien pueden adaptarse fácilmente para ello.

La capacidad de banda ancha del sistema PLC permite pensar además en la colocación de cámaras de video de bajo costo (webcams) para visualizar a distancia los elementos críticos e incluso detectar intentos de vandalismo.

Cuando la topografía de la zona donde presta servicio la red eléctrica es accidentada, PLC es una alternativa aún más interesante en comparación con sistemas de radio que requerirían múltiples repetidores para funcionar convenientemente.

Nótese además que unidades concentradoras y repetidoras están dispuestas físicamente junto a transformadores y/o en lo alto de las estructuras soporte (postes), y vinculadas al potencial de la red. Todo esto, más el hecho que se trata de equipamiento específico para redes eléctricas y con un mercado muy focalizado disminuye el riesgo de robo del equipamiento, y de daños por vandalismo.

Existe una amplia gama de aplicaciones desarrolladas con esta tecnología, en diferentes países donde la densidad de edificios, o la distribución geográfica de los usuarios hace atractivo y competitivo el utilizar esta tecnología [2].

PLC permite la comunicación entre contadores inteligentes, siendo este un elemento pasivo con comunicación unidireccional, que permite leer la energía eléctrica a la compañía distribuidora y/o comercializadora, quien puede utilizar los datos a efectos de facturación o seguimiento eléctrico [4]. En la figura 2.2 se indica un medidor Inteligente de Luz.



Figura 2.2 Medidor Inteligente

Fuente: [4]

2.2 Ventajas de la tecnología Power Line Communications (PLC)

Las comunicaciones mediante cable eléctrico tienen algunas ventajas, las cuales se detalla a continuación.

- PLC, no requiere la instalación de cables adicionales, ni en la casa ni en las instalaciones de la compañía eléctrica, y el usuario no está limitado a un determinado enchufe [5].
- Permite a un ordenador o cualquier otro tipo de dispositivo, con modem externo, ser enchufado en cualquier habitación y recibir por el mismo cable la energía eléctrica y los datos [5].
- Su instalación es rápida, puesto que únicamente se trata de una adaptación.
- PLC trabaja a velocidades de transmisión altas (200Mbps), permitiendo la distribución de datos, voz y video de manera rápida y confiable [6].
- Esta tecnología representa una solución sencilla y asequible para la implantación de las estaciones base y punto de acceso para redes de última generación como 4G y WLAN (entre otras), dado que donde se instalan, es preciso, forzosamente, el suministro eléctrico [5].
- Al estar ya implantada la red eléctrica permite llegar a cualquier punto geográfico, convirtiéndose con ello en la tecnología de telecomunicaciones más accesible.
- La tecnología PLC no es sustitutiva, sino que puede complementar a otras ya instaladas tanto en el tramo de acceso como en las viviendas.

- No se atenúa por obstáculos como por ejemplo las paredes, a diferencia de las tecnologías inalámbricas.

2.3 Limitaciones de la tecnología Power Line Communications (PLC)

La tecnología PLC se enfrenta a varias dificultades que deterioran su desempeño y limitan su implementación. Entre los inconvenientes que hacen difícil el desarrollo de un sistema de comunicaciones PLC se destacan:

- La dificultad que debe superar es el propio estado de las líneas eléctricas. Si las redes están deterioradas, los cables se encuentran en mal estado o tienen empalmes mal hechos, por lo que la señal no llega de forma fiable a todos los conectores de la casa.
- Entre las limitaciones que se destacan, son los transformadores, pues estos imposibilitan el paso de las señales de datos, por lo que cada uno de dichos transformadores debe contar con su propio equipo PLC.
- Algunos elementos como taladros, motores, etc; provocan ruido en las líneas que imposibilita mantener la calidad de la comunicación. Para evitarlo, es necesario localizar los equipos que los causan y aislarlos mediante un filtro.
- Otro problema es la estandarización de la tecnología PLC, pues generalmente las redes eléctricas y las de telecomunicaciones no tienen el mismo contenido regulatorio por lo que habrá que definir qué tratamiento se debe dar a una red que se podrá comportar como eléctrica y de telecomunicaciones al mismo tiempo.
- El cable eléctrico genera a su alrededor ondas electromagnéticas que puede interferir con las frecuencias de ondas de radio por lo tanto existe un problema de radiación por ruido hacia otras señales en la misma banda de frecuencias.
- Los adaptadores deben estar conectados en la misma fase eléctrica. La mayoría de los hogares tiene dos fases por lo tanto habría que desarrollar configuraciones avanzadas para poder conectar adaptadores que estén en otra fase eléctrica dentro del hogar [7].

2.4 Aplicaciones e Investigaciones realizadas en el Ecuador respecto a la tecnología Power Line Communications en Ecuador

Existe un gran interés por esta tecnología PLC e incluso ya se han realizado pruebas piloto obteniendo excelentes resultados, por tanto se tiene grandes perspectivas en el futuro con la tecnología PLC y se anuncia excelentes resultados en su utilización, entre los usos recientes que se han dado en Ecuador se tiene.

2.4.1 CELEC EP - TRANSELECTRIC

Las Telecomunicaciones en CELEC EP - TRANSELECTRIC, constituyen el pilar fundamental en donde se soportan los servicios para el Sistema Nacional Interconectado (SNI) como son tele protección, canales de voz y datos en tiempo real. Desde hace 25 años se ha operado y mantenido un Sistema de Telecomunicaciones que utiliza Onda Portadora (PLC) a través de las líneas de alta tensión del Sistema Nacional de Transmisión (SNT), con resultados altamente satisfactorios [8].

En la figura 2.3 se resume las tecnologías utilizadas por CELEC EP con el 50% en Fibra Óptica, 15% en Power Line Communications (PLC), 17% en Digital Power Line Carrier (DPLC) y el 18% en Fibra Óptica para el futuro.

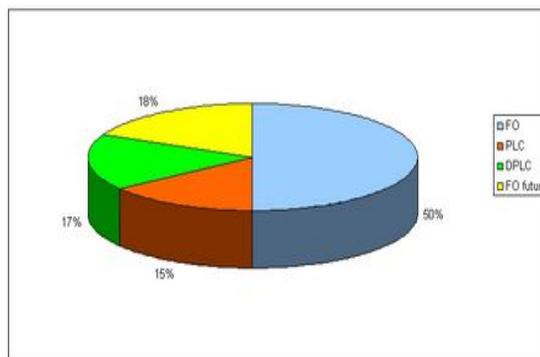


Figura 2.3 Tecnologías utilizadas por CELEC EP

Fuente: [8]

TRANSELECTRIC ofrece a sus clientes servicios de “BANDA ANCHA”, lo que se deriva en navegación de alta velocidad a internet, permitiendo el acceso a tecnologías como voz, video y datos que requieren la transferencia de grandes cantidades de información. Entre las múltiples ventajas que ofrece, están la capacidad para obtener acceso a una amplia gama de recursos y productos para satisfacer razonablemente la demanda de acceso de información [9].

2.4.2 Análisis de Eficiencia y Rendimiento de la implementación de Servicios Triple – Play sobre Tecnología Power Line Communications (PLC)

Se presenta un análisis del rendimiento y eficiencia de servicios Tile Play utilizando la red eléctrica como medio físico de transmisión en el DEEE de la Escuela Politécnica del Ejército, especialmente en el Laboratorio de Networking. El análisis considera la utilización de estándar Home Plug 1.0 [10].

Entre los parámetros que se evaluaron está el Throughput que representa la cantidad de información útil que puede transmitirse por unidad de tiempo, para lo cual se utilizó el software NetWalk.

Con los parámetros analizados se verificó que los módems que se encuentran más cerca del servidor FTP tienen Julior tasa de transferencia que los que están más alejados. Además se determinó que la tasa de transferencia se divide para el número total de host que comparten el mismo canal, reduciendo el Throughput significativamente.

En definitiva se determinó que la red es óptima debido a que el porcentaje de utilización no supera el 30% utilizando los servicios Triple – Play independientemente, por lo que la red no presentó ningún tipo de problema potencial que pudiese afectar el tráfico [10] .

2.4.3 Propuesta de la Prestación de Servicios de Banda Ancha Mediante el Empleo Conjunto de Tecnologías CATV (Redes De TV Por Cable) Y PLC.

Se realiza el estudio y diseño de una red de área local bajo tecnología de comunicación por red eléctrica (PLC), para el Laboratorio de electricidad de la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo de la Universidad Católica de Guayaquil [11].

Los equipos utilizados fueron 2 electro-módems de la marca NETGEAR capaces de dar velocidades de 200 Mbps, y su conexión es plug and play⁹ para aplicaciones de banda ancha. Se obtuvo como resultado, que la tecnología PLC funciona de forma sencilla con la utilización de tomacorrientes como punto de datos para conectar varios computadores del laboratorio de Electricidad.

2.5 Situación Regulatoria en Ecuador

La información de la situación regulatoria en el Ecuador respecto a la tecnología PLC, todavía no se encuentra tratada en ningún documento.

Por el momento se puede destacar algunos artículos de la Ley Orgánica de Telecomunicaciones que hablan de redes privadas de telecomunicación y el libre acceso a tecnologías de comunicación, que se describe a continuación.

- **Artículo 35.- Derecho al acceso universal a las tecnologías de la información y comunicación.**

" Todas las personas tienen derecho a acceder, capacitarse y usar las tecnologías de información y comunicación para potenciar el disfrute de sus derechos y oportunidades de desarrollo " [12].

- **Artículo 13.- Redes privadas de Telecomunicaciones.**

“Las redes privadas son aquellas utilizadas por personas naturales o jurídicas en su exclusivo beneficio, con el propósito de conectar distintas instalaciones de su

propiedad o bajo su control. Su operación requiere de un registro realizado ante la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones y en caso de requerir de uso de frecuencias del espectro radioeléctrico, del título habilitante respectivo. "

Las redes privadas están destinadas a satisfacer las necesidades propias de su titular, lo que excluye la prestación de estos servicios a terceros. La conexión de redes privadas se sujetará a la normativa que se emita para tal fin [13].

Luego de conocer estos fundamentos legales en el ámbito de las telecomunicaciones, no se presenta impedimento para manejar la Tecnología Power Line Communications, cabe señalar que el estado regula servicios, más no tecnologías, es decir que mientras se cumpla los requerimientos legales es posible ofrecer servicios mediante un sistema PLC, sin embargo se hace necesario una normativa técnica que se permita conocer requisitos mínimos para acceder a servicios de calidad sin afectar a terceros.

2.6 Aplicaciones de la Tecnología Power Line Communications (PLC) a nivel Mundial

A continuación se presentará el estado del arte en relación al uso de la tecnología PLC en algunos países.

En España las tecnologías de banda ancha sobre líneas eléctricas se han desarrollado más rápidamente en España debido a las filosofías de diseño de sistemas de energía donde centenares de hogares son conectados con una sola subestación, por lo que no se requiere excesivos repetidores PLC. España se está tornando rápidamente en un mercado crucial para PLC. Las compañías principales de energía del país Endesa e Iberdrola, han sido muy activas en desarrollar la tecnología PLC.

Se ha desarrollado un proyecto denominado Smartcity en la Provincia de Málaga-España, creando un Laboratorio único, real y a gran escala compuesto con miles de

usuarios, 11.000 residenciales, 900 de servicios y 300 industriales con instalación de 40 km de red de Comunicaciones PLC sobre 72 centros de transformación [14].

Alemania es un mercado importante para el PLC ya que fue uno de los primeros países en implementar la tecnología PLC. Se le considera como pionera en el desarrollo de esta tecnología. Con varias pruebas en curso, las regulaciones han sido estrictas en cuanto a los niveles aceptados de emisiones no intencionales provenientes del PLC que permitan promover el uso de PLC como servicio de valor agregado. La competencia es promovida porque Deutsche Telecom es un monopolio excepcionalmente fuerte en telecomunicaciones. [15].

En Norteamérica la topología de la red eléctrica es más retadora para PLC en Norteamérica que en Europa, pues el número de usuarios por transformador de media a baja tensión es bajo comparado con el de Europa. Norteamérica se aprovecharía especialmente en soluciones de medio voltaje viables, donde un número de suscriptores puede estar conectado en un transformador.

Últimamente se implementó en Texas una red PLC con el concepto “Smart Grid” (Red Inteligente) en donde la red eléctrica sirve de soporte para Comunicaciones de banda ancha y la gestión y control de la red eléctrica para lo cual se están realizando grandes inversiones que darían nuevo impulso al desarrollo del PLC [15].

La penetración PLC en Asia/Pacífico y Japón es muy pequeña. Sin embargo, tiene gran potencial porque las mejores áreas no están pasadas por líneas de cobre. Japón no tuvo mercado de PLC hasta hace poco, pues no estaba permitido la transmisión de datos sobre líneas de conducción eléctrica. Actualmente, la situación en Japón ha cambiado y el mercado japonés inicia su competitividad con PLC. Es desafiante (Forsman et al, 2002 [15]).

Japón tiene participación en los proyectos piloto que se lleva a cabo para implementar una red totalmente inteligente en el futuro próximo [16].

Los servicios de electricidad en Latinoamérica han buscado oportunidades en las telecomunicaciones, pero han enfocado la atención en la capacidad de distribución de energía más que en las opciones de Comunicaciones de última milla. Con el PLC, pueden expandir sus actividades para incluir acceso también. Las pruebas PLC han estado en proceso desde 2001 en Argentina, Brasil y Chile. Sin embargo, la conectividad para los Head End's es costoso y está limitada en la Julioría de países latinoamericanos [15].

En Chile se han implementado de forma paulatina las tecnologías de Smart Grids disponiendo de lecturas remotas en más de 100.000 clientes, lo que fue desarrollado con tecnología de última generación en medidores y en concentradores de medida, pasando por esquemas de comunicación de datos que emplean las redes eléctricas [17].

2.7 Organismos Internacionales que Regulan e Investigan la Tecnología Power Line Communications (PLC)

Las organizaciones que han propuesto estándares o referencias para la tecnología PLC se detallan en la Tabla 2.1:

Tabla 2.1

Organismos que Regulan e Investigan la tecnología PLC

Organismos	Descripción	Estándares
<p>European Committee for Electrotechnical Standardization</p> 	<p>CENELEC es una asociación formada por miembros que son los Comités Nacionales electrotécnicos de países europeos. A principios de 2013, la afiliación CENELEC abarcó 33 países. Además, 13 Comités Nacionales de Europa Oriental, los Balcanes, el norte de África y Oriente Medio participan en el trabajo de CENELEC como afiliados. Trabaja para el crecimiento del mercado eléctrico, desarrollo tecnológico, establecimiento de seguridad y garantías para los usuarios [18].</p>	<p>ES 59013. Puntualiza el espectro de frecuencias a utilizar por las aplicaciones de acceso y las domésticas fijando las frecuencias de separación en 13.5 MHz</p> <p>SC205A: Establece 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.</p> <p>En la actualidad el Comité CRC / TC 13 está desarrollando 5 Normas europeas (EN 62056 series) y 5 Especificaciones Técnicas (CLC / TS 50568 y CLC / TS 52056 series) en relación al "Intercambio y medición de datos por electricidad" [19].</p>

CONTINÚA →

**UIT :Unión
internacional de
Telecomunicaciones**



Es el organismo especializado de las Naciones Unidas para las tecnologías de la información y la comunicación. El Sector de la UIT-R ha estado estudiando el impacto de PLT (Línea Eléctrica Telecomunicaciones).

Inicialmente los sistemas PLT operados en las bandas de frecuencias inferiores a 80 MHz y en consecuencia el Informe UIT-R SM.2158 se centraron en estas bandas. Sin embargo, la evolución de la tecnología PLT haber aumentado la frecuencia de operación PLT allá de 300 MHz. [20]

UIT-T G.5 Límites de emisión y métodos de prueba para redes de telecomunicaciones.

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.

UIT-R G.3: 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 s. [21]

**NTIA:
Administración
Nacional de
Telecomunicaciones**

Se centran principalmente en la ampliación del acceso a Internet de banda ancha y la adopción en Estados Unidos, la expansión del uso del espectro por todos los usuarios, y garantizar que Internet siga siendo un motor para la innovación continua y el crecimiento económico [22].

FASE I Reporte 04-413. Interferencia potencial de los sistemas PLC sobre las radiocomunicaciones del gobierno federal en el rango de 1.7 a 80 MHz.

FASE II Aun en desarrollo”, evalúa el direccionamiento y la efectividad de las recomendaciones del reporte anterior sobre despliegues Juliores a gran escala.

**ETSI: European
TeleCommunications
Standards Institute**



ETSI PLT comité técnico (Power Line TeleCommunications) estandariza PLC y estudia los requisitos técnicos para evitar la interferencia con los usuarios del espectro radioeléctrico [23].

TS 101 867 Designa el uso de Banda Ancha. Es este último el que regula sobre la utilización de la red eléctrica para la transmisión digital de datos a altas velocidades.

TR 102 049 Establece las calidades de servicio que deben implementar los equipos PLC instalados en el domicilio del abonado (CPE)

TS 101867 Recomendación de la separación de las bandas de acceso y domésticas. Para el acceso establece el espectro de frecuencias comprendidas entre 1.6-10MHz. Para las aplicaciones domésticas la banda de 10-30 Mhz.

**FCC: Federal
Communications
Commission**



Su objetivo es promover la competencia, la innovación y la inversión en servicios e instalaciones de banda ancha, garantizando un marco de competencia. Fomentar el uso más alto y mejor del espectro nacional e internacional. Revisión de regulaciones a los medios para que las nuevas tecnologías florezcan junto a la diversidad y el localismo. Ejercer un liderazgo en el fortalecimiento de la defensa de la infraestructura de Comunicaciones de la nación [24].

FCC-04-245: 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.

IEEE: Institute of Electrical and Electronics Engineers.



IEEE es la asociación más grande del mundo profesional dedicada al avance de la innovación tecnológica y la excelencia en beneficio de la humanidad.

Los intereses de la Comisión Técnica abarcan todas las áreas de Comunicaciones a través de líneas eléctricas, por ejemplo, acceso, aplicaciones de redes domésticas, a bordo de vehículos, aplicaciones de utilidad, etc. Las áreas de interés para el Comité Técnico son el analítico, teórico, simulación, experimental, y los aspectos prácticos de las Comunicaciones digitales a través de las líneas eléctricas, también promueve el desarrollo de estándares de IEEE en el área de Power Line Communications

IEEE 802.1p Proporciona priorización de tráfico y filtrado multicast dinámico. Esencialmente, proporciona un mecanismo para implementar Calidad de Servicio (QoS) a nivel de MAC (Media Access Control).

IEEE 802.1Q Incluyen la definición de un formato de trama de VLAN que es capaz de llevar una identificación de VLAN y la información de prioridad del usuario sobre tecnologías LAN.

IEEE 802.3u Un estándar de red que admite velocidades de transferencia de datos de hasta 100 Mbps, se basa en el método de acceso CSMA / CDLAN.

IEEE 802.1D El estándar de IEEE para bridges MAC (puentes Control de Acceso al Medio), que incluye técnica de reenvío de paquetes que usan los switches).

IEEE P1775 Es un grupo de trabajo centrado en los requerimientos de compatibilidad electromagnética del equipamiento PLC y en las metodologías de pruebas y medición.

IEEE P1675: 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.

IEEE 1901.2: Norma para baja frecuencia (menos de 500 kHz) de banda estrecha Power-Line Communications para aplicaciones de redes inteligentes [25]

CISPR: Comité Internacional Especial sobre Perturbaciones Radioeléctricas.

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.

CISPR SC I WG 3 Y WG 4 Establece un estándar que norme las emisiones e interferencias en los sistemas PLC.

UPA: Universal Powerline Association.



UPA, una organización sin fines de lucro, asociación de comercio internacional que trabaja para promover la tecnología Power Line Communications a nivel mundial en todas las aplicaciones.

Regula el uso del espectro de frecuencias y las especificaciones de calidad de servicio (QoS) para los equipos terminales de abonado (CPEs).

Garantiza un alto rendimiento y maximiza el uso del espectro para todas las aplicaciones PLC ("Universal Powerline Association [26].

UPLC: United Power Line Council



Una alianza de empresas de servicios públicos y sus socios tecnológicos que trabajan juntos para impulsar el desarrollo de la banda ancha a través de soluciones de línea de energía en América del Norte.

Provee información sobre: Defensa regulatoria y legislativa, Operatividad técnica y aplicaciones. Ha creado "The Power Line", revista que reporta el desarrollo de negocios y regulaciones técnicas para el PLC.

Es sede de eventos de la industria y coordina con otras organizaciones de la industria para promover el desarrollo en todo el mundo de los sistemas de la línea de alimentación de banda ancha .

Home Plug PowerLine Alliance



Su misión es adoptar e implementar estándares basados en redes y productos enfocados en los aspectos de PLC en el hogar.

HomePlug 1.0 Especificación para la conexión de dispositivos vía líneas eléctricas dentro del hogar.

HomePlug BPL Define un grupo de trabajo para el desarrollo de especificaciones orientadas a la conexión dentro del hogar.

Opera



Creado en el 2004 por la Comunidad Europea. Integrado por 36 miembros de países europeos e Israel; entre ellos empresas de servicio eléctrico, operadores de telecomunicaciones, fabricantes y universidades

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.

EIA (Electronics Industry Association)



Asociación de industrias electrónicas, quien fija estándares para productos de consumo y componentes electrónicos. Miembro de la ANSI (Instituto Americano de Estándares Nacionales)

EIA-709: 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.

X10 Corporations

Tiene aproximadamente 20 años de creación. Su propósito es de integrar dispositivos de control e iluminación (transmisión unidireccional).

Protocolo X-10 de Comunicaciones que permite que los productos caseros compatibles en una red, se comuniquen el uno con el otro vía, cableado eléctrico existente en el hogar

PLCFORUM



Fue creado en Interlaken (Suiza) a principios del año 2000, por la unión del Internacional Power Line TeleCommunications Forum y el German Powerline TeleCommunications Forum. Desde su creación, el número de miembros e invitados ha incrementado hasta sobrepasar los sesenta.

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, además trabajan en el ámbito del acceso y en el hogar de PLC (Power Line Communications).

PUA: PLC Utilities Alliance



La misión de la PUA es crear un marco regulatorio y de estandarización que soporte el desarrollo de 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.

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.

El Grupo de Trabajo para Estándares Abiertos, encargado de desarrollar un estándar abierto para la interoperabilidad de los sistemas PLC de diversos fabricantes.

2.8 Arquitectura de Redes Power Line Communications (PLC)

La Tecnología Power Line Communications (PLC) utiliza dos sistemas de distribución, de media y baja tensión, como medio de transmisión para llegar a los abonados, en la figura 2.4, se muestra la arquitectura básica de la red Power Line Communications (PLC)"

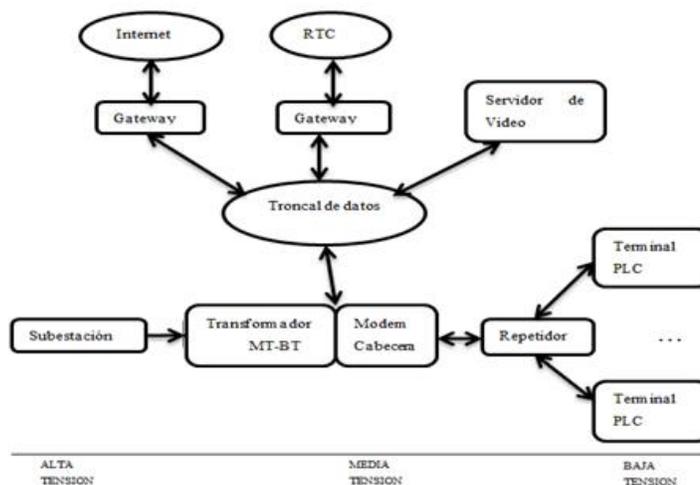


Figura 2.4 Arquitectura de una Red PLC

Fuente: [27].

El primer sistema de MT (Media Tensión) comprende la red eléctrica que va desde el transformador de distribución hasta el medidor de energía eléctrica. Este sistema es administrado por un modem cabecera que conecta la red eléctrica con la troncal de datos o backbone, de esta manera el modem cabecera inyecta a la red eléctrica la señal de datos que proviene de la red de transporte o línea de media tensión.

El segundo sistema se denomina BT (Baja Tensión), y cubre el tramo que va desde el medidor del usuario hasta todos los toma corrientes o enchufes ubicados al interior de los hogares, utilizando como medio de transporte el cableado eléctrico interno.

Para conectar los sistemas de MT y BT se utiliza un equipo repetidor y un Modem Terminal PLC que recogen la señal directamente de la red eléctrica a través del enchufe. De esta forma tanto la energía eléctrica como las señales de datos que permiten la transmisión de información, comparten el mismo medio de transmisión, es decir el conductor eléctrico.

El MODEM TERMINAL PLC, dispondra de un puerto para conectarse a la red eléctrica y otro a la placa ethernet para conectar un computador, un teléfono IP u otro equipo de comunicaciones que posea una interfaz ethernet.

La Red Telefónica Conmutada (RTC) es la red de telecomunicaciones que básicamente sirve de soporte para la transferencia de voz y de información de audio entre terminales situados en ubicaciones fijas [6] .

2.9 Topología de las Redes de Energía Eléctrica de Baja Tensión

Las redes de energía eléctrica de baja tensión son construidas con el uso de varias tecnologías (diversos tipos de cables, diversas unidades de transformación, etc.) y están instalados de acuerdo a las normas (estándares) existentes, que son algo diferentes de un país a otro. También se encuentran varias formas de cablear en las redes de baja tensión; hay redes de energía eléctrica construidas vía aérea y otras vías subterráneas, que tienen diferentes rangos de transmisión, esto brinda soluciones para cablear con híbridos (aéreo/subterráneo), en algunos lugares específicos en donde la estética es fundamental. La topología de una red de energía eléctrica de baja tensión para PLC también se diferencia de un lugar a otro y depende de varios factores, que se detalla a continuación [27]:

- **Localización de la red:** una red PLC se puede construir en un área comercial, residencial o industrial. Además, hay una diferencia entre las áreas residenciales, rurales y urbanas. Las áreas comerciales e industriales son caracterizadas por un número más alto de personas que pueden ser usuarios potenciales de los servicios PLC. También es de esperarse que los abonados de las áreas comerciales cumplan varios requisitos que son especialmente diferentes a los abonados industriales y residenciales [27].
- **Densidad de abonados:** el número de abonados en una red de baja tensión así como la concentración del usuario, varía de una red a otra. Los abonados se pueden definir por el número de casas (densidad baja de abonados), que es típico en áreas

de aplicación rural, dentro de bloques pequeños incluyendo varios clientes individuales (área residencial urbana), también en edificios con un número grande de apartamentos u oficinas (la densidad de abonados es muy alta [27]).

- **Longitud de la red:** La Julior distancia entre la unidad de transformación y un cliente dentro de una red de baja tensión también difiere de un lugar a otro. Por lo general, hay una diferencia de longitud de la red significativa entre las áreas de aplicación urbana y rural [27].
- **Diseño de red:** las redes de baja tensión consisten generalmente en varias secciones (ramas) y el número de ellas también varía dependiendo de la red [27].

En la figura 2.5 se muestra una posible configuración de una red PLC, generalmente hay varias ramas (secciones de la red) que conectan la estación del transformador con los usuarios de los extremos. Cada rama puede tener una diversa topología al conectar un número variable de usuarios. Los usuarios pueden concentrarse más o menos y pueden ser distribuidos de una manera simétrica o asimétrica a lo largo de la red de baja tensión o a lo largo de sus ramas. Hay también una diferencia entre las longitudes de las ramas, por eso usualmente se dice que las redes de baja tensión y sus ramas tienen una topología física de árbol [27].

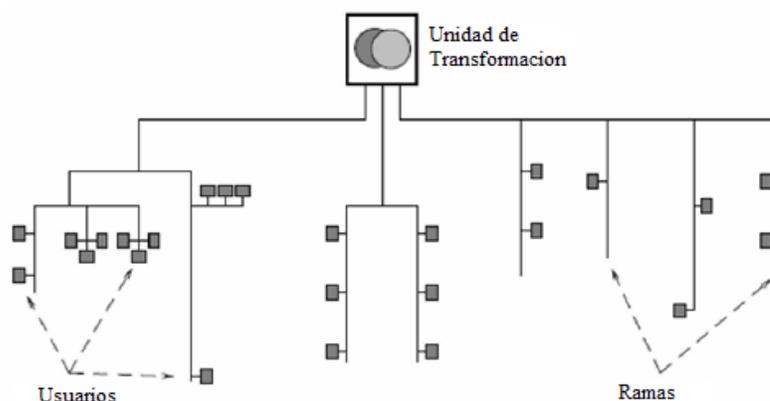


Figura 2.5 Posible topología de una red de baja tensión

Fuente: [27].

Las redes de energía eléctrica de baja tensión se diferencian una de la otra y no es posible especificar una estructura típica de la red para ellas. Sin embargo, es posible definir y describir una estructura aproximada de una red típica para PLC con algunos valores característicos, como se nombra a continuación:

- Número de usuarios en la red: ~250 a 400
- Número de secciones de la red: ~5
- Número de usuarios en una sección de la red: ~50 a 80
- Longitud de la red: ~500 m.

Las redes de energía eléctrica de baja tensión con una topología general como la que se presentó anteriormente, se utiliza como medio de transmisión para las redes de acceso PLC. Sin embargo, existen varias opciones para la organización de los sistemas del acceso PLC usando la misma red de energía eléctrica o las múltiples redes (ramas) de baja tensión [27].

2.10 Ubicación de la Estación Base en un Sistema Power Line Communications (PLC).

La estación base conecta el sistema de acceso PLC con la red anterior al usuario o WAN y luego ésta se conecta al ISP (Proveedor de Servicios de Internet), por consiguiente, tiene un lugar central en la estructura de la red PLC. Las siguientes son dos de las posibilidades para colocar la estación base:

- La estación base está colocada en la unidad de transformación con conexión a la WAN y la red de acceso PLC conserva la topología de la red eléctrica de baja tensión, (ver figura 2.6) [27].

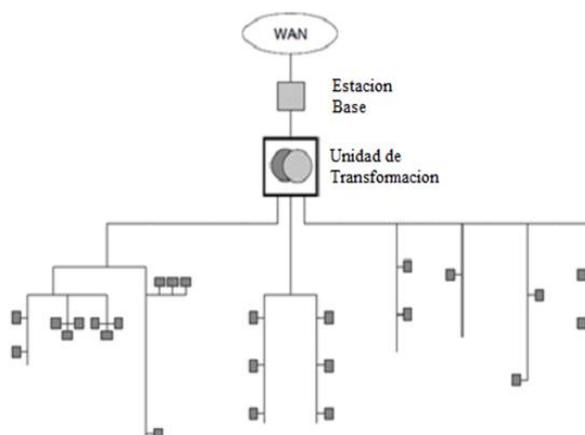


Figura 2.6 Estación Base, junto con la unidad de transformación en la Red PLC

Fuente: [27].

- La estación base está situada en las instalaciones de un suscriptor PLC o en cualquier lugar en la red PLC. Sin embargo la posición de la estación base puede moverse solamente a lo largo de la red de distribución de bajo voltaje existente, por lo que el efecto más significativo que puede provocarse es una variación de distancias entre la estación base y los suscriptores (Ver figura 2,7).

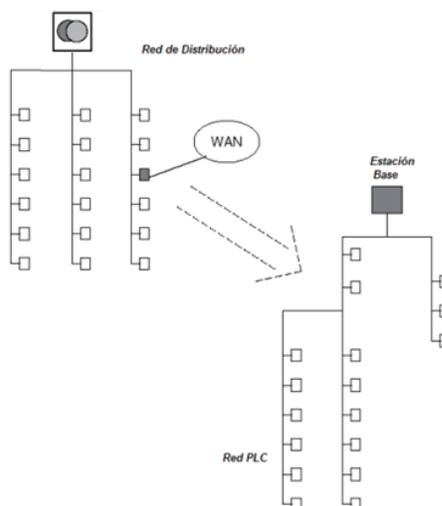


Figura 2.7 Estación Base colocada en un lugar arbitrario de la red

Fuente: [27]

2.11 Uso de Gateway y repetidores en las redes con tecnología Power Line Communications (PLC)

Una señal con energía elevada causa radiación electromagnética significativa en el ambiente de la red PLC; por lo tanto, para aquellas redes que superan largas distancias pueden ofrecer tasas de datos muy bajas, transmitiendo a un nivel de señal moderado; sin embargo, la construcción de las redes de acceso PLC que atraviesan largas distancias asegurando buenas tasas de datos es posible con el uso de los repetidores.

La figura 2.8 presenta un ejemplo de una red de acceso PLC adicionando repetidores. Los lugares distantes de la red están conectadas con la estación base por medio de los repetidores que reciben la señal deficiente y luego la transmiten con señales restauradas a otro segmento de la red. Los repetidores funcionan en forma bidireccional y utilizan diversas frecuencias en los próximos segmentos de la red. Debido al hecho de que un repetidor remite solamente el flujo de información entre dos segmentos próximos de la red, se puede concluir que una red de acceso PLC que usa repetidores conserva la topología física de red radial (árbol) [27].

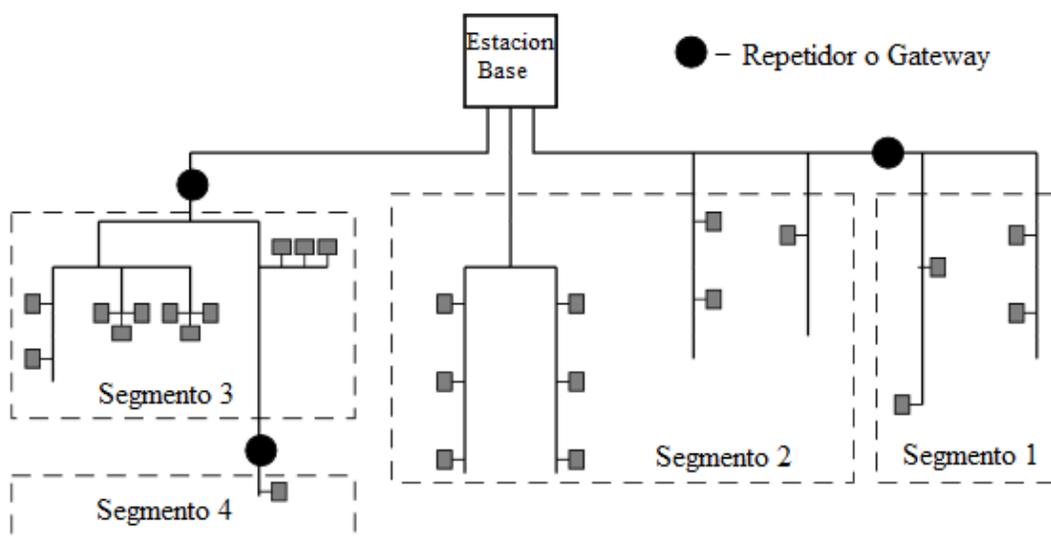


Figura 2.8 Red de acceso PLC con repetidores o Gateway

Fuente: [27].

De la misma manera, una red de acceso PLC se puede dividir en subredes por el uso de los Gateways. En este caso, cada entrada controla una red PLC y realiza la conexión con una estación base central.

En comparación con los repetidores, los Gateways no sólo reemiten los datos entre los segmentos de la red sino que controlan además las subredes. Las subredes individuales conservan la topología física de red radial, así como en construcciones de múltiples sistemas de acceso PLC dentro de una red de baja tensión.

La instalación de los repetidores y Gateways causa costos adicionales que se pueden evitar si la estación de la red es ubicada convenientemente. En el caso extremo, cada estación de la red puede funcionar simultáneamente como repetidor, dividiendo una red PLC en segmentos muy cortos de la red, lo que disminuye perceptiblemente la energía necesaria y la radiación electromagnética. Por consiguiente, el número común de repetidores utilizados en una red de acceso PLC, así también como los Gateways se espera que sea mínimo.

2.12 Características del Canal de Transmisión Power Line Communications (PLC)

Un sistema de transmisión de una red de telecomunicaciones tiene que convertir adecuadamente la información en paquetes de datos para que sea inyectada en el canal de la misma forma que otros medios, PLC sufre atenuación y desfase en las señales, debido a que las líneas de tensión fueron diseñadas para distribución de energía, por esta razón varios tipos de maquinarias y dispositivos que son conectados a la red eléctrica generan ruido e interferencia electromagnética en los datos transmitidos, estos factores afectan el adecuado comportamiento del canal de comunicación [27].

El medio de acceso para PLC es un canal de transmisión inestable, debido a la variación de impedancia causada por los electrodomésticos que pueden ser conectados a los tomacorrientes, todo esto se debe a que en un principio las líneas de tensión no fueron diseñadas con el propósito de transmitir información. De la misma forma, existen

características no favorables del medio como son ruido y atenuación, debido a la variación de tiempo o retardos.

Las líneas de tensión pueden ser consideradas como un canal de múltiples trayectorias, que es causada por las reflexiones generadas en las ramas del cable a través de discontinuidades de impedancia. La impedancia del canal PLC es altamente variable con la frecuencia que depende de la variación del rango de ohmios a kilo ohmios y es influenciada por las características del cable, la topología de la red y la naturaleza de las cargas eléctricas conectadas.

Un análisis estático de algunas medidas obtenidas ha mostrado que casi en todo el espectro el valor medio de impedancia está entre 100Ω y 150Ω , sin embargo debajo de los 2MHz, este valor tiende a decaer entre 30Ω y 100Ω debido a la variación de impedancia, pésimos acoplamientos de entrada y salida y las pérdidas de transmisión resultantes son fenómenos comunes en las redes PLC.

La impedancia causa muchas reflexiones de la señal, lo cual tiene dos desventajas importantes. En primer lugar, hay un alto costo de cómputo en estimar retrasos, amplitudes y desfases asociados a cada trayectoria. En segundo lugar puesto que es un acercamiento en el dominio del tiempo, es necesario considerar un alto número de trayectorias asociadas a todas las reflexiones posibles de los terminales a lo largo de la línea.

Entonces para describir el medio de acceso PLC se han propuesto los siguientes enfoques:

- El medio de acceso PLC es un canal múltiples trayectorias, porque la presencia de varios ramales y desajustes de impedancias causan reflexiones de la señal.
- El medio de acceso tiene un circuito equivalente del modo diferencial y un modo parejo de propagación en dirección del cable es derivado. El modelo derivado es presentado en términos de redes de dos puertos en cascada [27].

2.13 Compatibilidad Electromagnética EMC de Sistemas Power Line Communications (PLC)

La inyección de señales PLC dentro de los cables de tensión causa la radiación de un campo electromagnética en el ambiente, donde las líneas de voltaje actúan como antenas, este campo es visto como perturbaciones que deben tener un límite para funcionar. La compatibilidad electromagnética significa que un sistema PLC tiene que operar en un ambiente sin perturbar la funcionalidad de otros dispositivos de Comunicaciones [27].

2.14 Definición de términos EMC

La compatibilidad electromagnética es la habilidad de un dispositivo o sistema para funcionar en su medio ambiente electromagnético sin introducir perturbaciones intolerables en forma de interferencias a cualquier otro sistema.

Un sistema que posea EMC tiene que:

- Funcionar satisfactoriamente, donde el equipo es tolerante a otros, y no susceptible a señales electromagnéticas (EM) de equipos contiguos, esta característica está referida a la susceptibilidad electromagnética (EMS).
- No producir perturbaciones intolerables, es decir, que los equipos no interfieran con otros, por lo tanto las emisiones de EM no afecten a equipos cercanos. Esta característica está referida a la Emisión Electromagnética EME.

El ruido electromagnético se propaga por conducción y radiación, por lo tanto, la emisión tiene consecuencias dentro y fuera del sistema. En caso de EME por Emisión Conducida (CE), se habla de la compatibilidad dentro del sistema; y en el caso de EMS por emisión radiada (RE), la compatibilidad conseguida es externa del sistema. Una distinción similar se puede hacer para la susceptibilidad, donde la compatibilidad fuera de los sistemas se consigue por la Susceptibilidad Conducida (CS) y la tolerancia dentro

del sistema se realiza a través de la susceptibilidad radiada (RS). A continuación la figura 2.9 muestra la EMS y EME con sus respectivas variantes [27].

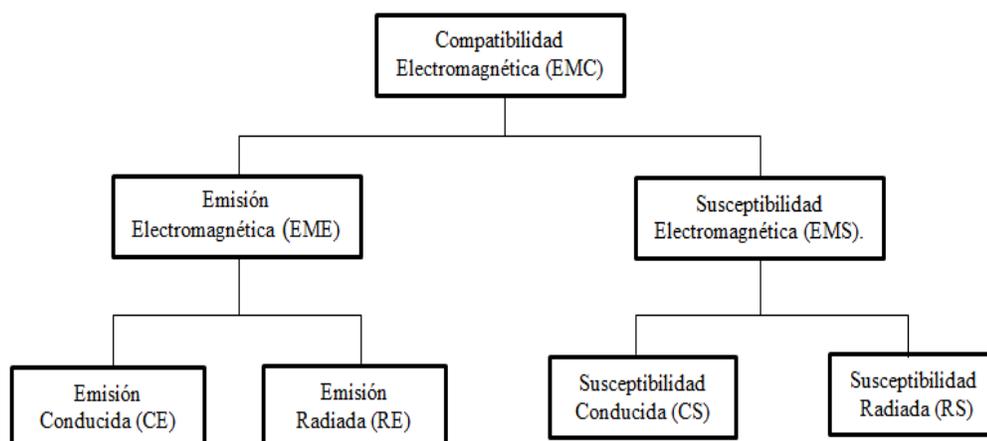


Figura 2.9 Diferentes áreas de la compatibilidad electromagnética

Fuente: [27].

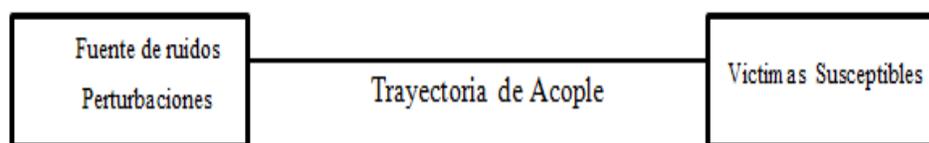


Figura 2.10 Modelo básico de un problema EMC

Fuente: [27].

Recapitulando, El modelo de la figura 2.10 para problemas EMC parte de las Interferencias Electromagnéticas EMI que degradaban el funcionamiento de un dispositivo de telecomunicaciones, por lo tanto, el problema EMC básicamente puede ser modelado en tres partes que son:

- Una del fenómeno EM
- Un dispositivo susceptible a la energía EM irradiada por la .
- Un medio entre la y la víctima, llamado medio de acoplamiento

Entonces el modelo que permite concluir que si uno de los tres elementos está ausente los problemas de interferencia son resueltos, es decir, que el modelo a bloques permite evaluar los criterios para evitar el ruido provocado por equipos desde su diseño [27].

2.15 Clasificación de las Perturbaciones EMC

Las perturbaciones electromagnéticas de un dispositivo electrónico son difíciles de describir, especificar o analizar, pero existen métodos generales para clasificarlas en base a las señales afectadas, como son: contenido de la frecuencia, y modo de transmisión.

El primer método para clasificar las perturbaciones de señales EM está basado, en los métodos de acoplamiento de energía electromagnético de una y un receptor, el acoplamiento de puede dividir en cuatro categorías que son:

- Conductor (corriente eléctrica)
- Acople Inductivo (campo magnético)
- Acople capacitivo (campo eléctrico)
- Radiación (campo electromagnético)

El acoplamiento a menudo usa una compleja combinación de estas características haciendo el medio difícil de identificar, aun si la y el receptor son conocidos, además la interferencia puede ser irradiada de los equipos por otros tipos de medios. Dependiendo de la frecuencia de la interferencia.

Otra forma de categorizar las perturbaciones EM es en la base de sus tres parámetros: duración, tasa de repetición y ciclo de trabajo, descartando cambios de larga

duración. Entonces las perturbaciones de corta duración son clasificadas de la siguiente manera:

Ruido, es una alteración en la curva de voltaje, que es caracterizado por ser periódico, con altas tasas de repetición.

Impulsos, tienen picos positivos y negativos sobrepuestos en los voltajes principales, son caracterizados por tener corta duración, alta amplitud y rápida subida y bajada de tiempos.

Transitorios, cuyo periodo de tiempo puede variar de unos pocos periodos de frecuencia industrial a pocos segundos. Comúnmente son generados por altos conmutadores de potencia.

A continuación la figura 2.11 muestra la clasificación de las perturbaciones EMC de acuerdo al espectro que ocupan [27].

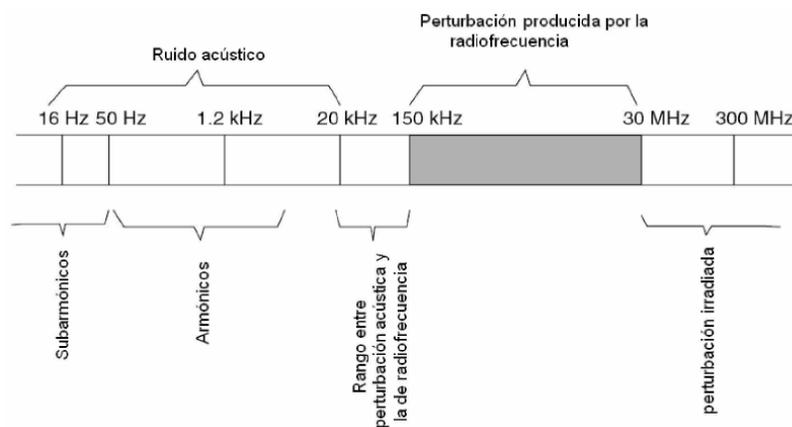


Figura 2.11 Perturbaciones EMC de acuerdo al espectro que ocupan

Fuente: [27].

2.15.1 Matriz de Interferencia Electromagnética EMI

Antes de implementar un sistema de telecomunicaciones debe ser analizada la matriz EMI, para establecer cuál es la armonía entre el nuevo sistema y los existentes,

entonces por lo cual a continuación la tabla 2.2 muestra las principales perturbaciones de EMC.

Tabla 2.2

Principales Perturbaciones EMC.

Frecuencias bajas		Frecuencias altas	
Fenómenos en conductores	Fenómeno de irradiación	Fenómenos en conductores	Fenómenos de irradiación
Armónicos, Interarmónicos	Campos magnéticos:	Acoplamientos directos, voltajes inductivos o corrientes.	Campos magnéticos,
Sistemas de señalización,	<ul style="list-style-type: none"> • Continuo • transitorios 	<ul style="list-style-type: none"> • Ondas continuas • Transitorios en ondas moduladas 	Campos eléctricos, Campos electromagnéticos,
Fluctuaciones de voltaje,	Campos eléctricos		<ul style="list-style-type: none"> • Ondas continuas • Transitorios en ondas moduladas
Caídas de voltaje e interrupciones,			
Desequilibrio de voltaje,			
Variaciones de frecuencia,			
Voltajes inducidos de bajo frecuencia,			
DC en redes AC.			

Fuente: [27].

La tabla 2.2 muestra las posibles perturbaciones en sistemas de telecomunicaciones, a lo cual se agrega la tabla 2.3, donde se tabula las probables victimas en caso de un mal funcionamiento de los dispositivos PLC o un mal diseño.

Tabla 2.3

Posibles víctimas de un mal despliegue de la tecnología PLC.

Victimas	Servicios	Bandas ocupadas MHz
Radiodifusión	Radio difusión de media onda y onda corta	1.3–1.6; 3.9–4.0; 5.9–6.0, 6.0–6.2; 7.1–7.3; 7.3–7.35; 9.4–9.5; 9.5–9.9; 13.5–13.6; 13.6–13.8; 15.1–15.6; 25.6–26.1
Móvil marítimo	Trafico de Socorro y auxilio, estrategia marítima, equipos móviles	1.6–1.8; 2.04–2.16; 2.3–2.5; 2.62–2.65; 2.65–2.8; 3.2–3.4; 4.0–4.4; 6.2–6.5; 8.1–8.8; 12.2–13.2; 16.3–17.4; 18.7–18.9; 22.0–22.8; 25.0–25.21
	Comunicaciones navales	1.6–1.8
	DGPS marítimo	1.8–2.0; 2.0–2.02
Radio amateur	Fax, teléfono, CW	1.81–1.85; 3.5–3.8; 7.0–7.1; 10.1–10.15; 14.0–14.2; 14.25–14.35; 18.0–18.16; 21.0–21.4; 24.8–24.9; 28.0–29.7
Militar	Comunicaciones de larga distancia de la OTAN y Reino Unido	2.0–2.02; 2.02–2.04; 2.3–2.5
Aeronáutica	Aeronáutica	2.8–3.0; 3.02–3.15; 3.4–3.5; 3.8–3.9; 4.4–4.65; 5.4–5.68; 6.6–6.7; 8.81–8.96; 10.0–10.1; 10.1–11.1; 21.0–22.0; 23.0–23.2
Radio astronomía	Radio astronomía	13.3–13.4; 25.55–25.67

Fuente: [27].

2.16 Características del ruido en sistemas Power Line Communications (PLC)

Algunas investigaciones y medidas se han obtenido para dar una descripción detallada de las características del ruido en un ambiente PLC. Se da una descripción, en la cual se clasifica el ruido como la superposición de cinco tipos de ruidos, determinados por el origen, duración, intensidad y ocupación del espectro [28].

2.16.1 Ruido de Fondo (tipo 1)

Posee una densidad espectral de energía relativamente baja que decrece con el aumento de la frecuencia, es causado por la superposición de numerosos s de ruido de baja intensidad. Es contrario al ruido blanco, que es aleatorio y tiene una densidad espectral continua que es independiente de la frecuencia. Recapitulando el ruido de fondo muestra dependencia de la frecuencia considerada y los parámetros del ruido varían en términos de minutos y horas [28].

2.16.2 Ruido de banda angosta (tipo 2)

La Julioría del tiempo tiene una forma sinusoidal, con amplitud modulada. Este tipo de ruido ocupa varias sub-bandas que son relativamente pequeñas y continuas sobre el espectro de frecuencia. Este ruido es causado en su Julioría por la entrada de emisiones adyacentes de banda estrecha al medio y de la difusión de onda corta. La amplitud varía generalmente en el día y se eleva durante la noche cuando las propiedades de reflexión de la atmosfera son más fuertes. Las s de este tipo de ruido son las estaciones de radio y las variaciones del nivel del mismo, según la hora del día [28].

2.16.3 Ruido Impulsivo Asíncrono a la Frecuencia De Operación (tipo 3)

Se caracteriza por su forma de impulso y tasa de repetición que varía entre 50 y 200 KHz, originándose con líneas discretas en el esparcimiento de la frecuencia según la tasa de repetición. Este tipo de ruido es causado sobre todo al cambiar s de alimentación.

Debido a su tasa de repetición, este ruido ocupa las frecuencias que están cerca de la fundamental. Estos tipos de ruido son los que no tienen una fuerte relación con la frecuencia de Red o armónicos superiores. Las s de ruidos para este caso, son los monitores de televisión y los de computadora [28].

2.16.4 Ruido Impulsivo Síncrono a la Frecuencia de Operación (tipo 4)

Se caracteriza por su forma de impulso y tasa de repetición de 50 Hz a 100Hz y es síncrono con la frecuencia fundamental de la red de energía eléctrica. Tales impulsos poseen una duración corta en orden de los microsegundos y tiene una densidad espectral de energía que decrece con la frecuencia. Este ruido es causado por convertidores de potencia que trabajan síncronos a la . Normalmente este ruido es causado por los rectificadores controlados de silicio (SCR), el cual conmuta cuando la tensión cruza un cierto valor [28].

Este ruido es considerado como un fenómeno que no ocurre regularmente, pero una vez que sucede puede durar muchas horas. El nivel de ruido normalmente no excede los 70 dB por cada armónico [28].

2.16.5 Ruido Impulsivo Asíncrono (tipo 5)

Este ruido es causado por los transitorios de la red, tienen una duración de microsegundos hasta unos pocos milisegundos con un tiempo arbitrario. La densidad espectral de energía tiene valores superiores a los 50dB sobre el nivel del ruido de fondo, siendo la principal causa de errores en la comunicación digital sobre sistemas PLC [28].

A continuación la figura 2.12 muestra las formas de onda de los tipos de ruidos que agreden a las Comunicaciones PLC.

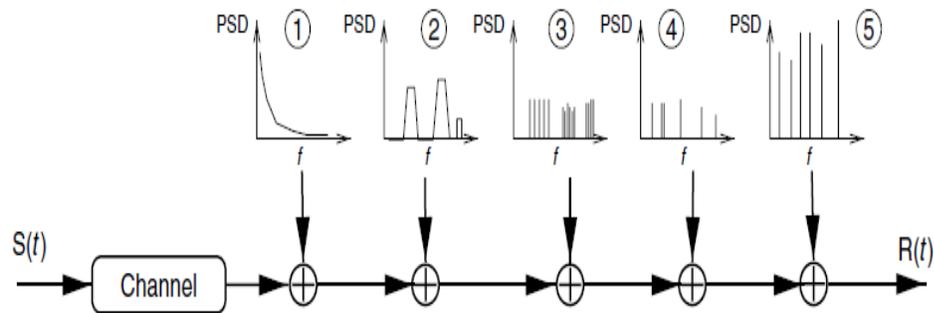


Figura 2.12 Ruidos aditivos en Comunicaciones PLC

Fuente: [27].

2.17 Sistemas de Acceso Power Line Communications (PLC)

El acceso PLC está reglamentado por varios elementos de la red, básicamente la comunicación dentro de una red de acceso PLC está dada entre una subestación y un número de módems PLC, los suscriptores PLC y sus dispositivos de comunicación.

Se presenta algunos aspectos para realizar sistemas de acceso PLC, como la transmisión, los protocolos y la arquitectura implementada dentro de los elementos de la red [27].

2.17.1 Arquitectura del Sistema Power Line Communications (PLC)

El intercambio de información entre usuarios distantes parece ser muy compleja. Los dispositivos de Comunicaciones utilizados pueden diferir el uno del otro, y el flujo de información entre ellos pueden llevarse a cabo a través de múltiples redes, que puede aplicar diferentes tecnologías de transmisión.

Para entender las complejas estructuras de comunicación, el proceso de comunicación ha sido universalmente estandarizado y organizado en capas jerárquicas individuales de comunicación

El modelo jerárquico especifica exactamente tareas de cada capa de Comunicaciones, así como interfaces entre ellos, asegurando una especificación más fácil y estandarización de los protocolos de Comunicaciones.

El modelo de referencia ISO / OSI (Organización Internacional de Normalización) como se muestra en la figura 2.13, el cual se utiliza principalmente para la descripción de los diversos sistemas de Comunicaciones. Se compone de siete capas, cada uno de ellos lleva una función definida con precisión (o varias funciones). Cada capa superior representa un nuevo nivel de abstracción en comparación con la capa inferior.

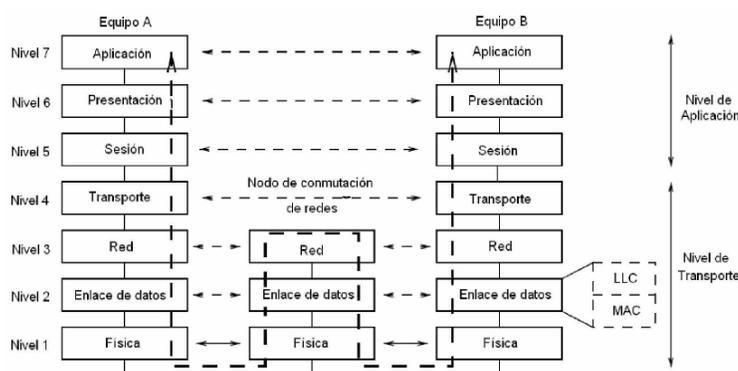


Figura 2.13 Medio de transmisión (p. ej. PLC)

Fuente: [27].

Por lo tanto se dará una breve descripción de las funciones definidas en el modelo correspondiente al sistema PLC, con el fin de poder definir los niveles empleados.

- **Capa 1 - Capa Física** - Considera la transmisión de bits sobre un medio de comunicación, incluyendo las características eléctricas y mecánicas de un medio de transmisión, sincronización, codificación, modulación de señal.
- **Capa 2 - Enlace de datos** - se divide en dos subcapas.

MAC - Control de Acceso al Medio. - Especifica el acceso a los protocolos

LLC - Control de enlace lógico. - Considera la detección y corrección de errores y control de flujo de datos.

- **Capa 3 - Capa de red** - Es responsable de la estructuración y terminación de conexiones de red, así como enrutamiento.
- **Capa 4 - Capa de Transporte** - Considera el transporte de datos de extremo a extremo que incluye la segmentación de los mensajes transmitidos, control de flujo de datos, gestión de errores, seguridad de datos.
- **Capa 5 - Capa de sesión** - Controla la comunicación entre terminales participantes (dispositivos).
- **Capa 6 - Capa de Presentación** - transforma las estructuras de datos en un formato estándar para la transmisión.
- **Capa 7 - Capa de Aplicación** - Proporciona una interfaz para el usuario final.

Una red de acceso PLC consta de una estación base y un número de abonados que utilizan módems PLC. Los módems ofrecen, por lo general, diferentes interfaces de usuario para poder conectar diferentes dispositivos de comunicación.

Una interfaz de usuario puede proporcionar una interfaz Ethernet que conecta una computadora personal. Por otro lado, un módem PLC está conectado al medio de transmisión de línea eléctrica que proporciona una interfaz específica PLC. La comunicación entre el medio de transmisión PLC y la interfaz de usuario se lleva a cabo en la tercera capa de red.

La información recibida en la capa física de red PLC se entrega a través del Control de Acceso al Medio (MAC) y subcapas de Control Lógico para el nivel de red, la cual es organizada de acuerdo con un estándar especificado o protocolo garantizando comunicación entre PLC y la interfaces de datos Ethernet. La información recibida por la interfaz de datos del dispositivo de Comunicaciones se remite a las capas de red de la aplicación.

La estación base se conecta una red de acceso PLC y su medio de transmisión a una red de distribución de Comunicaciones, y con ella a la red troncal de datos.

En consecuencia, se proporciona una interfaz específica PLC y una interfaz correspondiente a la tecnología de Comunicaciones utilizada en la red de distribución. Generalmente, los datos intercambiados entre una red PLC y una red de distribución se lleva a cabo en la tercera capa de red, tal como entre la interfaz de PLC en el módem y la interfaz de usuario.

La estaciones base y los módems PLC proporcionan una interfaz específica para su conexión con el medio de transmisión de línea eléctrica como se muestra en la figura 2.14. Por otra parte, las interfaces para la conexión a las redes de distribución y las redes principales, así como también a varios dispositivos de Comunicaciones, están realizadas de acuerdo con las tecnologías de comunicación aplicados en la red y en los dispositivos finales, los cuales son especificados en las correspondientes normas de telecomunicaciones.

La interconexión entre otras tecnologías de Comunicaciones PLC y se lleva a cabo en la tercera capa de red, que también está estandarizado.

La interfaz específica PLC incluye los primeros dos niveles de red: la capa física y el Control de Acceso al Medio (MAC) y subcapas Control Lógico de Vínculos (LLC) La capa física PLC está organizada de acuerdo a las características específicas del medio de transmisión de línea eléctrica [27].

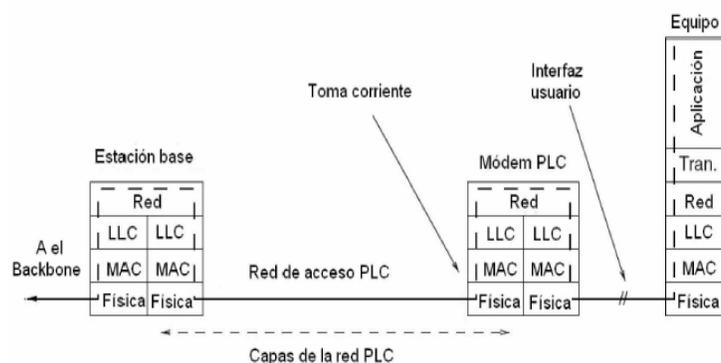


Figura 2.14 Capas de la Red PLC

Fuente: [27].

2.17.2 Técnicas de Modulación Para Sistemas PLC

La elección de la técnica de modulación para un sistema de comunicación está dada por la naturaleza y las características del medio en el cual tiene que funcionar. La Red de energía eléctrica como medio de transmisión de la señal de comunicación presenta dificultades, entre ellas el ruido. La modulación aplicada para un sistema PLC debe vencer el deterioro del medio, además de hacer en forma rápida estos procesos.

La no-linealidad del medio haría que el demodulador fuera muy complejo y caro, haciendo casi imposible la conversión de tantos datos por encima de 10 Mbps, utilizando un solo tipo de demodulador. Por lo tanto, la modulación PLC debe vencer este problema sin que sea necesario utilizar una tecnología muy complicada. La incompatibilidad de impedancias en la línea de energía da como resultado un eco que retrasa la señal.

La modulación escogida debe ofrecer una flexibilidad alta al usar o evitar algunas frecuencias dadas, si éstas poseen mucho ruido o son asignadas a otro servicio y por consiguiente, tienen prohibiciones para ser utilizadas con las señales PLC.

Investigaciones han enfocado la atención e dos técnicas de modulación que han demostrado ser buenas en ambientes difíciles y estas se adaptaron para diferentes sistemas de banda ancha. La primera es OFDM (Multiplexación por División de Frecuencia), y la tecnología DSL. En segundo lugar, la modulación por propagación de espectro, la cual es ampliamente usada en aplicaciones inalámbricas, ofreciéndole una modulación adecuada para ser utilizada con una gran variedad de esquemas con accesos múltiples [27].

2.17.3 Principios de Modulación

MCM (MultiCarrier Modulation): Modulación multiportadora (MCM) Es el principio de transmitir datos mediante la división de corriente en varios bits de corrientes

paralelas, cada una tiene una tasa de bits más pequeña, pero utiliza varias sub-portadoras para modular estas sub-corrientes.

La multiplexación por división de frecuencia ortogonal es una forma especial de MCM con sub-portadoras densamente esparcidas y los espectros propagados, como se muestra por la representación de la señal OFDM en el dominio de la frecuencia como muestra la figura 2.15 Para permitir una recepción libre de error en la señal OFDM, se debe hacer que las formas de onda de las sup-portadoras sean ortogonales una de la otra.

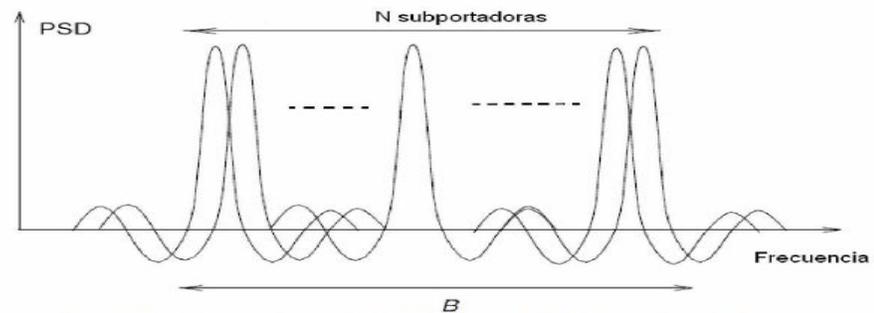


Figura 8.3 Representación de OFDM en el dominio de la frecuencia.

Figura 2.15 Representación de OFDM en el dominio de la frecuencia

Fuente: [27].

Usualmente, los sistemas OFDM son diseñados a fin de que cada sub-portadora sea lo suficientemente estrecha, para experimentar un desvanecimiento en la frecuencia. Esto también le permite a las sub-portadoras permanecer ortogonales cuando la señal es transmitida, sobre un canal selectivo de frecuencia e invariante en el tiempo. Si una señal en una modulación por OFDM es transmitida sobre tal canal, cada sub-portadora experimenta una atenuación diferente, codificando la sub-corriente de datos, estos errores tienen más probabilidad de ocurrir en la sub-portador gravemente atenuada, esto es detectado y normalmente corregido en el aparato receptor por medio de códigos de corrección de errores [27].

2.17.4 Elección del Esquema de Modulación para Sistemas PLC

Varias investigaciones se han llevado a cabo para encontrar implementaciones adecuadas de OFDM para redes PLC. Para evitar la pérdida de señal OFDM sobre el canal de transmisión, se debe ser selectivo en la frecuencia con más pérdidas.

Esta solución consiste en controlar el poder de la transmisión de cada sub-portadora de señal OFDM, para maximizar al SNR común de cada sub-portadora de señal recibida.

Esto controla la regulación de potencia total transmitida. La mejora para este control es propagando las sub-corrientes en la salida, con un convertidor de salida serial a paralelo. Un sistema OFDM subdivide la información original en tres datos paralelamente agrupados, donde cada grupo es mapeado de acuerdo a BPSK (Modulación por Desplazamiento de Fase Binario) o QPSK BPSK (Modulación por Desplazamiento de Fase Cuaternario) y cifrado según el código de red.

2.18 Capa MAC en Dispositivos Power Line Communications (PLC)

En este contenido, se considera diversas soluciones para la capa MAC que se aplicarán a la banda ancha de redes de acceso PLC.

2.18.1 Estructura de la Capa MAC

La tarea básica de una capa MAC es controlar el acceso de múltiples abonados conectados a una red de Comunicaciones utilizando un medio llamado "medio compartido de transmisión", y la organización del flujo de información de diferentes usuarios que solicitan diversos servicios de telecomunicaciones. En general, las funciones de una capa MAC aplicado a cualquier red de telecomunicaciones se pueden dividir en los siguientes tres grupos:

- Acceso Múltiple
- El intercambio de recursos

- Funciones de control de tráfico

Un esquema de acceso múltiple establece un método para dividir los recursos de transmisión en secciones accesibles, que pueden ser utilizadas en estaciones de la red para la transmisión de varios tipos de información. La elección de un esquema de acceso múltiple depende del sistema de transmisión aplicada dentro de la capa física y de sus características. La tarea de un protocolo MAC es la organización de acceso simultáneo de múltiples abonados que utilizan los mismos recursos compartidos de red, que está garantizada por la gestión de las secciones accesibles proporcionadas por el esquema de acceso múltiple. El modo Dúplex es una de las funciones de la capa MAC este controla el tráfico entre las direcciones de enlace descendente y la de transmisión de enlace ascendente. Para cumplir los requisitos de calidad de servicio de los distintos servicios de telecomunicaciones, la capa MAC y sus protocolos tienen que ser capaces de apoyar la realización de los diferentes procedimientos para la planificación del tráfico.

En esta sección, se describen las características de la capa MAC que se aplicarán en las redes de acceso PLC y se especifican los requisitos técnicos de la capa MAC PLC.

2.18.2 Características de la Capa MAC en los Dispositivos PLC

La capa MAC es un componente de la arquitectura de protocolo común en todos los sistemas de telecomunicaciones con un medio de transmisión compartido. Hay varias realizaciones de la capa MAC y sus protocolos que se desarrollan para las redes de Comunicaciones específicas, dependiendo de sus características de transmisión, el entorno operativo, y su propósito. La particularidad de las redes de acceso PLC incluye un medio de transmisión especial (red de suministro eléctrico de baja tensión) que proporciona velocidades de datos limitadas por el inconveniente de la presencia de ruido que causan perturbaciones para la transmisión de datos. Por otro lado, para garantizar la competitividad con otras tecnologías de acceso, PLC tiene que ofrecer una amplia gama de servicios de telecomunicaciones para proporcionar una calidad de servicio satisfactoria.

Los siguientes cuatro factores tienen un impacto directo en la capa MAC PLC y en sus protocolos (ver figura 2.16): Topología de la red, escenario de perturbaciones, servicios de telecomunicaciones y aplicación del sistema de transmisión.

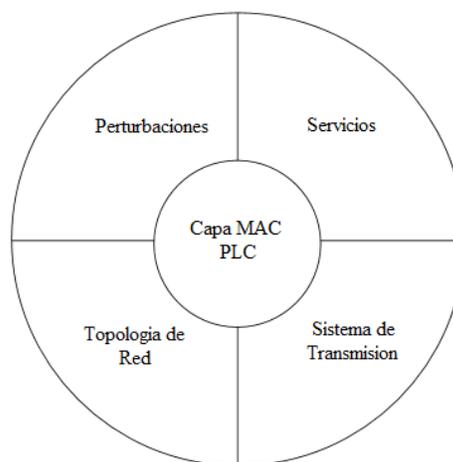


Figura 2.16 Ambiente de la capa MAC PLC

Fuente: [27].

La topología de una red de acceso PLC está dada por la topología de la red de suministro eléctrico de baja tensión, que se utiliza como un medio de transmisión, que tiene una topología de árbol física. Sin embargo, para las capas de red más altas (por encima de la capa física), tal como la capa MAC, una red de acceso PLC puede ser considerado como un sistema de bus lógico con un número de frecuencias de la red utilizando el mismo medio transmisión para comunicarse con la estación base, que conecta la red PLC con la WAN. La existencia de diferentes tipos de ruido, causan perturbaciones en las redes PLC, por tanto diversos servicios de telecomunicaciones utilizados en redes de acceso PLC están representados por modelos apropiados tales como: modelos de perturbación y de tráfico.

2.18.3 Requisitos de la Capa MAC Power Line Communications (PLC).

Un esquema de acceso múltiple y una estrategia para el intercambio de recursos (un protocolo MAC) se sitúan en el núcleo de la capa MAC (ver figura 2.17). Como se mencionó anteriormente, el esquema de acceso múltiple establece un método de dividir los recursos de transmisión en secciones accesibles, y esto depende de la aplicación del sistema de transmisión dentro de la capa física y de sus características.

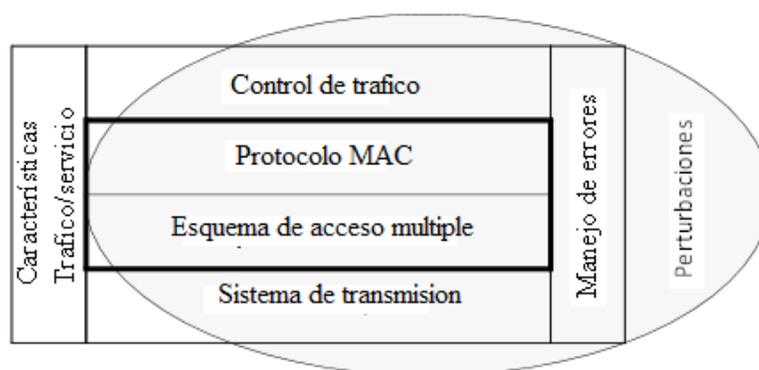


Figura 2.17 Estructura de la capa MAC PLC.

Fuente: [27].

Por otra parte, la tarea del protocolo MAC es la organización del acceso de múltiples abonados que utilizan los mismos recursos compartidos de red, que está garantizada por la gestión de las secciones accesibles especificadas por el esquema de acceso múltiple. En consecuencia, el protocolo MAC tiene que ser adecuada para la aplicación en esquema de acceso múltiple.

Así, el esquema de acceso múltiple y el protocolo MAC para PLC tienen que ser adecuados para la obtención de diversos requisitos de QoS (Calidad de servicio) para una mezcla de tráfico causado por los diferentes servicios de telecomunicaciones. La provisión de QoS también está garantizada por la aplicación de mecanismos adicionales de control de tráfico (ver figura 2.16), incluyendo el modo dúplex, la planificación del

tráfico y el control de admisión. Sin embargo, el control de tráfico tiene que ser diseñado de forma robusto frente a las perturbaciones y también para permitir la implementación de los mecanismos de gestión de errores.

Un requisito adicional en la capa MAC PLC es la prestación de un buen uso de la red, asegurando una eficiencia económica de las redes de acceso PLC. Esto puede lograrse mediante una gestión óptima de los recursos de transmisión disponibles suministrados por el esquema de acceso múltiple, realizada por el protocolo MAC, así como los mecanismos de control de tráfico y de gestión de errores [27].

2.19 Estructura de las Redes De Acceso Power Line Communications (PLC).

La estructura de una red PLC se basa en las redes baja tensión, están compuestas por un transformador y un número de cables que suministran energía a los usuarios finales conectados a la red por medidores de energía. Un sistema de transmisión PLC utiliza la red de baja tensión y la usa como un medio para realizar la conexión de acceso PLC. De este modo, las redes de baja tensión pueden ser utilizadas para una comunicación con otras redes.

Las redes de acceso PLC están conectadas a las redes principales de comunicación WAN por una estación base maestra (BS), usualmente colocada después del transformador. Muchas utilidades del servicio de energía eléctrica se pueden crear colocando equipos PLC en los transformadores y conectándolos con una red convencional de telecomunicaciones.

Enfocándose a los abonados de PLC se establece los dos tipos de conexión que se puede usar, como son: a) el modem PLC está conectado a la unidad de medición del consumo eléctrico, donde el usuario utiliza otra tecnología de comunicación para desplegar los datos en la residencia o edificación, b) la instalación eléctrica interna es el medio de comunicación llamado también in-home. Para extender la explicación de la estructura, se muestra la figura 2.18 a continuación [27].

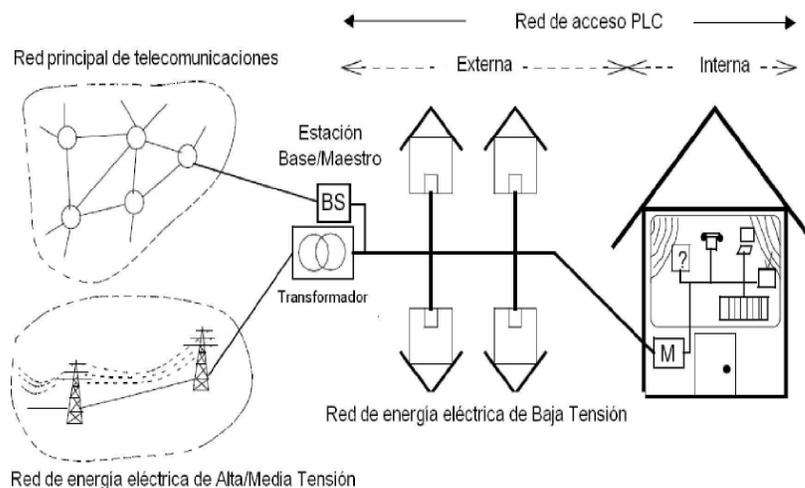


Figura 2.18 Estructura de una red PLC

Fuente: [27].

2.19.1 Conexión de Acceso Doméstico Power Line Communications (PLC).

Las redes in-home PLC usan la infraestructura eléctrica de una residencia o edificio como medio de transmisión de datos, creando así, una red LAN en el mismo cableado interno, permitiendo conectar dispositivos como teléfonos, computadoras, impresoras, etc., sin remodelar una edificación.

Los servicios de automatización son cada vez más populares, no sólo para su aplicación en el sector industrial, empresarial y dentro de edificios grandes, sino también para su aplicación en grupos familiares exclusivos. Los servicios de automatización con una red PLC pueden ser sistemas de vigilancia, control de temperatura, el control automático de luces, etcétera. Por consiguiente, una red PLC doméstica surge como una solución razonable para la conexión de tales redes con un gran número de dispositivos finales, especialmente dentro de edificios y casas grandes que no tienen una infraestructura interna apropiada para la comunicación.

Esencialmente, la estructura de una red doméstica PLC no es muy diferente de los sistemas de acceso PLC usando las redes de baja tensión. Allí también se utiliza una estación base que controla la red doméstica PLC y probablemente la conecta al área externa (figura 2.19).

La estación base puede estar ubicada en el contador de energía o en cualquier otro lugar adecuado en la red doméstica PLC. Todos los dispositivos de una red doméstica PLC están conectados por modems PLC. Los modems PLC están conectados directamente en los tomacorrientes de energía colocados en la pared de la vivienda, así mismo se pueden conectar los diferentes dispositivos PLC [27].

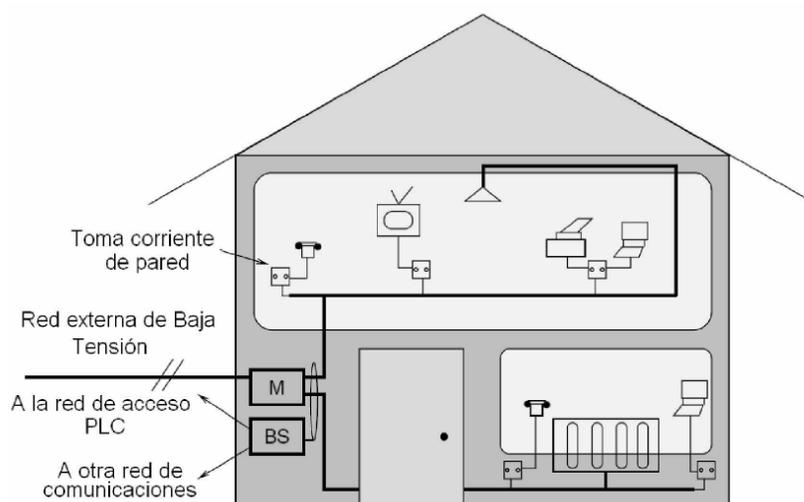


Figura 2.19 Estructura de una red PLC in-home

Fuente: [27].

Una red doméstica PLC puede existir como una red independiente cubriendo sólo una casa o un edificio, pero se estaría excluyendo el uso y el control de los servicios domésticos PLC desde una red distante. Con una estación remota se puede controlar el sistema doméstico PLC, lo que resulta muy útil para controlar las funciones de diferentes dispositivos. También, la conexión de una red doméstica PLC para un sistema de comunicación externa WAN, permite el uso de numerosos servicios de

telecomunicaciones, por lo que habilitaría cualquier tomacorriente eléctrico dentro de una casa para la conexión.

Las redes domésticas PLC pueden conectarse, no sólo para un sistema de acceso PLC, sino que también sirve para la conexión con otra tecnología de comunicación. En el primer caso, si la red de acceso es manejada para una utilidad de suministro de energía, los servicios adicionales de medición del consumo de energía se pueden efectuar desde un acceso remoto lo que podría reemplazar la lectura de la medición del servicio en forma manual, la cual puede estar combinada con una estructura tarifaria atractiva. Por otra parte, una red doméstica PLC puede estar conectada igualmente a las redes de acceso provistas por los diferentes operadores de red. Así, los usuarios de la red doméstica también pueden sacar ventaja del mercado liberalizado de las telecomunicaciones [27].

2.20 Elementos de una Red Power Line Communications (PLC)

Los elementos básicos de la red PLC, son necesarios para realizar una comunicación sobre las tomas de energía eléctrica. La tarea principal de los elementos básicos es la preparación de la señal y conversión para su transmisión sobre los cables de energía eléctrica, así como también la recepción de la señal. Los siguientes dos dispositivos son necesarios en cada red de acceso PLC.

- Modem PLC
- Estación base PLC
- Repetidor
- Gateway

2.20.1 Modem Power Line Communications (PLC)

Un modem PLC conecta los equipos estándar de comunicación usado por los abonados a un medio de transmisión PLC, es decir, el modem es conectado a la red

eléctrica usando un método de acoplamiento que permite la alimentación de señales de comunicación.

El modem PLC está conectado al tomacorriente usando un conector específico acoplador para enviar y recibir las señales de comunicación por el medio PLC (Ver figura 2.20)

Dicho acoplador tiene que asegurar una separación galvánica que actúe como un filtro pasa altos que divida las señales de comunicación superiores a 1 MHz de la eléctricas de 50 a 60 Hz.

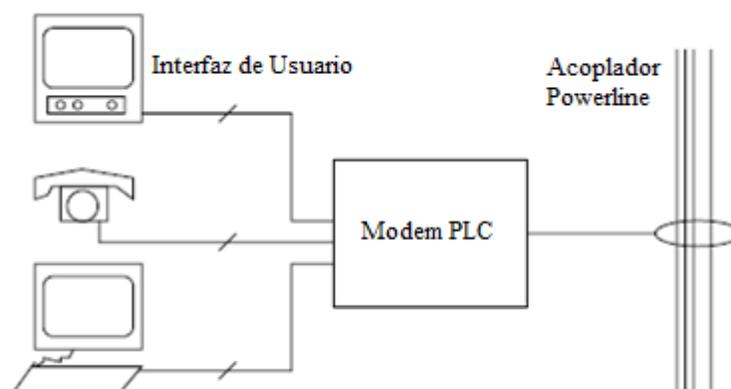


Figura 2.20 Funciones del Modem PLC

Fuente: [27].

Técnicamente el acoplamiento se realiza entre dos fases en el área de acceso y entre la fase y neutro para el área interna, con el fin de reducir las emisiones electromagnéticas del PLC. El modem PLC implementa todas las funciones de la capa física incluyendo modulación y la codificación. Además el segundo nivel de Comunicaciones, la capa de enlace de datos es implementado también dentro del modem con sus respectivas subcapas MAC (Control de acceso a medios) y LLC (Control Lógico de Vínculos), según el modelo de referencia OSI [27].

2.20.2 Estación Base Power Line Communications (PLC)

La función de la estación base PLC es conectar el sistema de acceso PLC a una red principal es decir esta realiza la conexión entre la red de Comunicaciones principal y el medio de transmisión del PLC. Sin embargo, la estación base no conecta dispositivos individuales del abonado, pero puede proveer múltiples interfaces de comunicación de red (DSL, SDH(Synchronous Digital Hierarchy)) para conexiones que posean una alta velocidad en la red.

Usualmente la estación base controla la operación de una red de acceso PLC, Sin embargo, la realización del control de la red o sus funciones particulares puede ser realizada en diferentes lugares en forma distribuida. En un caso especial, cada modem PLC puede asumir la vigilancia del control de la operación de red y la realización de la conexión con la red principal.

A continuación, la figura 2.21 expone el diagrama de bloques que muestra las funciones de la estación base PLC [27].

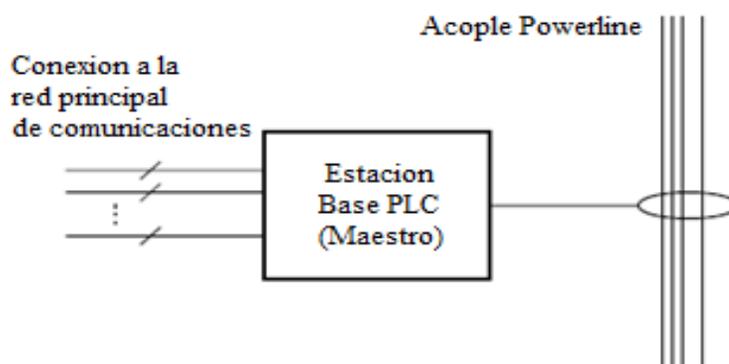


Figura 2.21 Funciones de la estación base PLC

Fuente: [27].

2.20.3 Repetidor Power Line Communications (PLC)

La distancia es un factor de vital importancia cuando se despliegan redes PLC, debido a que en baja tensión el alcance máximo es 300 metros y en media tensión 1 Km, por lo tanto para posibilitar la conexión de una red con una distancia larga, se hace uso de un dispositivo repetidor. Los repetidores dividen a una red de acceso PLC en varios segmentos de red, con longitudes donde pueden utilizarse un sistema PLC normal.

Los segmentos de la red son separados, En algunos casos usando bandas de frecuencias diferentes (ranuras de tiempo diferentes). En el segundo caso, una ranura de tiempo, sirve para la transmisión dentro del primer segmento de la red y otra ranura para el segundo segmento.

Este proceso es una segmentación de red basada en frecuencia, donde el repetidor recibe la señal transmitida en la frecuencia f_1 , la amplifica y la inyecta a la red, pero en la frecuencia f_2 . En la dirección opuesta de transmisión, la conversión es efectuada para la frecuencia f_2 a f_1 (Ver figura 2.22). Cabe agregar, que un repetidor no modifica el contenido de la información transmitida, que es transmitida transparentemente entre los segmentos de red [27].

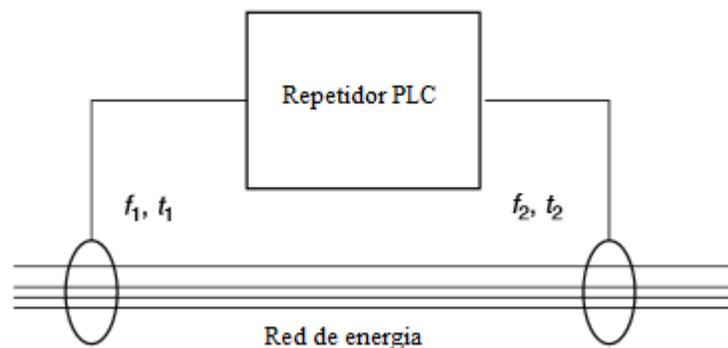


Figura 2.22 Funciones de un repetidor PLC

Fuente: [27].

Dependiendo del método de transmisión y modulación aplicado, el repetidor puede incluir las funciones de demodulación y modulación de la señal transmitida, así como también su procesamiento en un nivel de red superior. Sin embargo, un repetidor no modifica el contenido de la información transmitida, la cual es siempre transferida entre los segmentos de red de un sistema entero de acceso PLC (ver figura 2.23) [27].

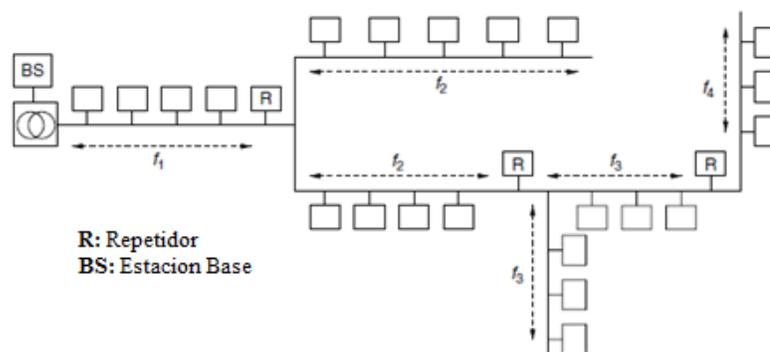


Figura 2.23 Red PLC con repetidores

Fuente: [27].

En un primer segmento de la red, entre una estación base colocada en la unidad de transformación y el primer repetidor, la señal es transmitida dentro del espectro de frecuencia f_1 . Otro rango de frecuencia (f_2) tiene que ser aplicado en el segundo segmento de la red. Independiente de la topología física de la red, la señal es transmitida a lo largo de la red ramificada.

Existe un espectro limitado de frecuencia que puede ser usado por la tecnología PLC (aproximadamente hasta 30 MHz), entonces con el número creciente de rangos diferentes de frecuencia, el ancho de banda común está dividido en porciones más pequeñas, lo cual reduce significativamente la capacidad de la red. Por eso, un esquema de frecuencias para una red de acceso PLC tiene que proveer un número tan bajo de frecuencias como sea posible.

Los repetidores pueden extender las distancias de la red para la tecnología PLC. Sin embargo los repetidores también aumentan los costos de la red, por eso, el número de repetidores dentro de una red de acceso PLC tiene que ser mantenida en un número posiblemente pequeño.

2.20.4 Gateway Power Line Communications (PLC)

Existen dos métodos para la conexión de los abonados PLC que posean tomacorrientes de energía en la pared, para acceder a una red PLC:

- Conexión directa
- Conexión indirecta con un Gateway

En el primer caso, los módems PLC están directamente conectados a la red de baja tensión y con ella a la estación base PLC. No hay división entre las áreas externas e internas (dentro de la casa) y la señal de comunicación es transmitida a través del contador de energía. Sin embargo, las características de las redes internas y externas del suministro de energía son diferentes, lo cual causa problemas adicionales estimando las características del medio de transmisión PLC y los problemas electromagnéticos de compatibilidad (Ver figura 2.24).

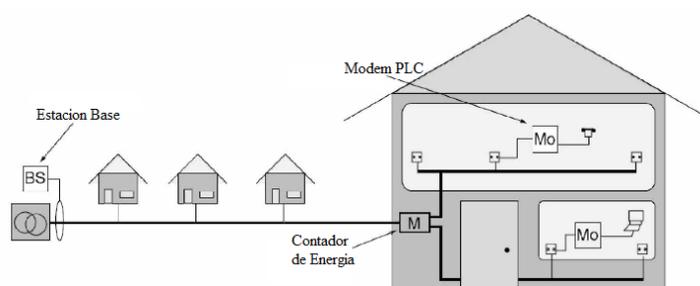


Figura 2.24 Conexión directa de los abonados PLC

Fuente: [27].

Por consiguiente, la conexión indirecta usando un portal de acceso Gateway, es una solución usada frecuentemente para la conexión directa de los abonados con los tomacorrientes en la pared hacia toda la red [27].

Un Gateway se usa para dividir una red de acceso y una red doméstica PLC. También convierte la señal transmitida, a las frecuencias que son especificadas para el uso en el acceso y en las áreas domésticas. Tal Gateway es usualmente colocado en el contador de energía de la casa. Sin embargo, un Gateway PLC puede proveer funciones adicionales que aseguran una división del acceso en las áreas domésticas de la red (ver figura 2.25).

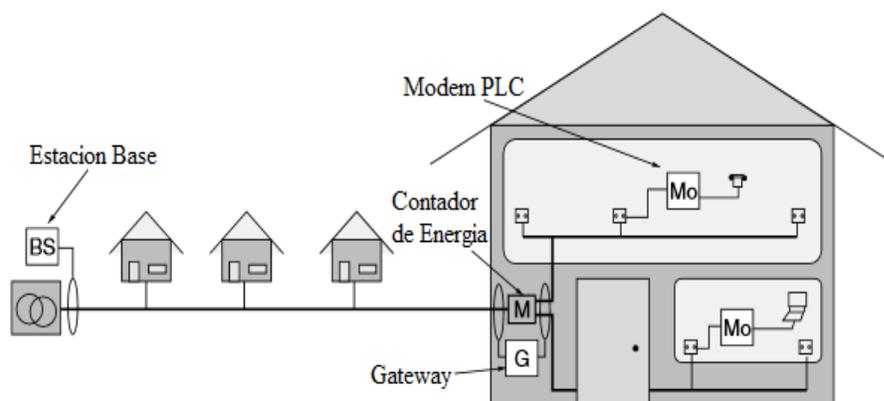


Figura 2.25 Conexión de los abonados con Gateway

Fuente: [27].

Un Gateway PLC sirve como estación base, que controla una red doméstica PLC, coordinando la comunicación entre módems PLC y dispositivos internos. Este puede ser colocado en cualquier parte de una red de acceso PLC, para regenerar ambas señales divididas por el repetidor. De este modo, una red PLC puede dividirse en varias subredes de comunicación que usan el mismo medio físico (la misma red de baja tensión) de transmisión (Ver figura 2.26) [27].

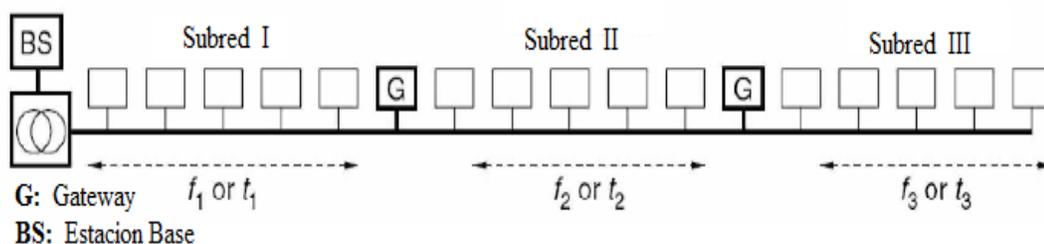


Figura 2.26 Gateway en una red de acceso PLC

Fuente: [27].

Ambos Gateways (G) funcionan como repetidores PLC, convirtiendo la señal de transmisión en las frecuencias f_1 y f_2 (o en el dominio del tiempo t_1 y t_2), así como también en f_2 y f_3 (o t_2 y t_3). Adicionalmente, los Gateways, controlan las subredes II y III, lo cual quiere decir que la comunicación interna entre las subredes son controladas por el Gateway y no afecta el resto de la red de acceso PLC. La comunicación entre un miembro de una subred y la estación base, es posible sólo con el control de un Gateway. Sin embargo, la red puede ser organizada a fin de que la estación base controle directamente, un número de abonados (la subred I).

Una comparación entre el Gateway y un repetidor es que un número creciente de Gateways reduce la capacidad de la red PLC y tiene costos superiores, por lo tanto donde los repetidores proveen sólo un reenvío simple de la señal entre los segmentos de la red, los Gateways pueden proveer una división inteligente de los recursos disponibles de la red, asegurando igualmente una mejor eficiencia [27].

CAPÍTULO III

3. SELECCIÓN DE COMPONENTES (HARDWARE Y SOFTWARE) PARA LA RED DE DATOS POWER LINE COMMUNICATIONS (PLC)

3.1 Criterios de Selección

Para poder desarrollar la implementación de la red PLC es necesario utilizar equipos con tecnología Power Line Communications con requisitos previos que se adapten a las necesidades del proyecto.

Los criterios seleccionados se explican a continuación, agrupados.

3.1.1 Criterio Tecnológico

Se agrupan los aspectos técnicos para identificar de manera específica los principales requerimientos que una tecnología de banda ancha debe cumplir, para ser implementada en el Laboratorio de Comunicaciones de la Universidad de las Fuerzas Armadas. Este criterio se puede descomponer en los subcriterios:

- **Ancho de banda.-** Evalúa la máxima velocidad de transmisión que brindan los elementos de la tecnología PLC, para tener conectividad en todo el Laboratorio de Comunicaciones. Se mide en bits por segundo o Bps.
- **Escalabilidad.-** Esta variable es importante, ya que evalúa la proyección de cada elemento para acomodarse a los cambios tecnológicos venideros sin perder calidad en los servicios ofrecidos.
- **Interoperabilidad.-** Esta variable es importante, ya que evalúa la posibilidad que tienen los elementos de tecnología PLC en términos de funcionar con las demás tecnologías que proveen servicios de banda ancha.
- **Interferencia.-** Esta variable mide los problemas que conlleva a una tecnología el uso de las frecuencias que utiliza para proveer el servicio de banda ancha, es importante conocer la potencialidad que tiene cada elemento de tecnología PLC de llegar a interferir otras frecuencias.

- **Sistema Operativo.-** Se evalúa la posibilidad de trabajar con diversos sistemas operativos como Windows 98/ME/2000/NT/XP, y sistema operativo Linux.
- **Rangos de tensión y frecuencia.-** Se considera que los equipos soporten las frecuencias y rangos de tensión establecidos de las redes del sistema eléctrico de baja tensión, y operen tanto en sistemas trifásicos, bifásicos y monofásicos, necesarios para el Laboratorio de Comunicaciones.

3.1.2 Criterio Regulatorio

Cubre los aspectos que a nivel regulatorio se deben tener en cuenta al momento de pensar en implementar la tecnología de banda ancha. Propiamente hablando de las licencias y permisos necesarios para poder ser desplegada la red PLC y prestar servicios de telecomunicaciones.

3.1.3 Criterio Financiero

Cubre los aspectos económicos que implican el adoptar la tecnología PLC en el Laboratorio de Comunicaciones de la Universidad de las Fuerzas Armadas.

Las variables consideradas en este nivel son:

- **Costos de instalación.** Corresponde a una estimación promedio del valor a pagar por la instalación y/o suscripción de la tecnología de banda ancha. Se valora en dólares.
- **Costos Adicionales.** Este ítem hace referencia a un valor estimado promedio que se debería pagar por adquirir algún elemento adicional no contemplado por la tecnología de banda ancha.
- **Vida Útil de la red:** Esta variable considera el tiempo útil que tiene cada equipo de la red sobre la que se despliega el servicio de banda ancha. Busca determinar después de cuánto tiempo habría que realizar una nueva inversión en la red PLC y el costo esto demanda.

3.1.4 Criterio Ambiental

Este nivel mide el beneficio potencial que tiene el proveedor de equipos con tecnología PLC para hacer aportes al medio ambiente, es importante conocer el impacto ambiental que conlleva la implementación de la tecnología PLC.

3.1.5 Criterio Infraestructura

Corresponde a las características técnicas del conjunto de elementos o servicios que se consideran necesarios para el funcionamiento del servicio de telecomunicaciones. Los subcriterios para este nivel son:

- **Cobertura.-** Es importante establecer si los elementos con tecnología evaluada tiene una cobertura amplia para ofrecer conexión a todo el Laboratorio de Comunicaciones de una forma adecuada.
- **Seguridad.-** Este criterio evalúa la posibilidad de acceso por parte de extraños. Se analiza en qué proporción la tecnología PLC es más segura gracias a sus características, ante la posibilidad de querer ser vulnerada por personas ajenas a la red.
- **Tiempo de instalación / Activación.-** Considera la duración en días o meses para instalar los elementos de la tecnología de banda ancha o activar el servicio.
- **Tipo de Enchufe.-** Se toma en cuenta la forma de enchufe, ya sea de tipo A (NEMA 1-15) o B (NEMA 5-15) utilizados en Ecuador y el Laboratorio de Comunicaciones.
- **Mantenimiento.-** Se hace necesario considerar esta variable para garantizar a profesores y estudiantes una buena calidad del servicio, haciendo referencia al número de mantenimientos durante un año de los elementos PLC.
- **Conocimiento de la tecnología.-** Evalúa el grado de conocimiento de la tecnología, el desconocimiento de una tecnología en particular podría ser traducido en un temor para utilizar la tecnología.

3.2 Selección de Hardware

En la selección de Hardware se toma en cuenta, tanto elementos con Tecnología Power Line Communications como elementos adicionales para dar los diferentes servicios en todo el Laboratorio de Comunicaciones de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE Latacunga. A continuación se presenta un resumen del Hardware utilizado en la Red Power Line Communications en la tabla 3.1.

Tabla 3.1

Hardware Utilizado

Hardware	Función
Gateway PLC LV Compact	Último desarrollo en tecnología BPL 200 Mbps Actuar como un Head-End Modem, extendiendo una conexión existente de Internet (fibra, ADSL, satélite, etc.) a través de la red eléctrica o de infraestructura de cable coaxial sin la necesidad de instalar un nuevo cableado.
Modem PLC HD200	Es un adaptador de interfaz de red que utiliza las líneas de energía eléctrica como medio para comunicación. Este equipo local del cliente (CPE) proporciona acceso a la red de punto final para los usuarios en unidades de viviendas. Proporciona hasta 200 Mbps de ancho de banda.
Filtro de Ruido	Reduce el ruido producido por electrodomésticos o equipos que contengan una inductancia alta.
Servidor principal	Se encarga de centralizar las comunicaciones necesarias mediante un software basado en Linux. Se encuentra conectada a la red PLC mediante un modem PLC. Brinda servicios de Correo, FTP, DNS, WebHosting, Almacenamiento de Datos, VoIP y Monitoreo de Red.
Router TL-WR340G	Permite que la red interna PLC pueda conectarse a la red de internet compartiendo el ancho de banda para todo el Laboratorio de Comunicaciones.

3.2.1 Elementos con Tecnología Power Line Communications (PLC)

Para la Red de Datos PLC en el Laboratorio de Comunicaciones de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE – Latacunga se selecciona los equipos de marca CORINEX ya que cumplen con la Julioría de estándares, protocolos y especificaciones técnicas necesarias para la trasmisión de datos a altas velocidades, además está mejorando aspectos como consumo de potencia de los equipos y Modulación OFDM con corrección de errores. Los productos CORINEX Módems y Gateway tienen la facilidad de ser configurados para que trabajen como repetidores, además se ha escogido al proveedor CORINEX ya que se han implementado en varios proyectos piloto y en varios lugares en el mundo con buenos resultados.

a. Gateway Power Line Communications (PLC) LV Compact

Son dispositivos BPL con un alto rendimiento, diseñado para redes de acceso de línea de energía de baja tensión, ya sea en sistemas trifásicos, bifásicos y monofásicos. El Gateway es ideal como una unidad Head-End para controlar una red de acceso de baja tensión última milla. Se puede extender la cobertura de una red PLC más allá de 100 usuarios.

Gateway Compacto de Bajo Voltaje (CXP-LVC-GWYC) de marca CORINEX son la última alternativa en el desarrollo de la tecnología BPL con transmisiones de 200 Mbps. Ofrece menor consumo de energía y es el más pequeño disponible en el mercado. Ideal para la instalación en los gabinetes de la calle, subestaciones y dentro de residencias. A continuación la figura 3.1 muestra el Gateway.



Figura 3.1 Forma física del Gateway PLC

Fuente: [29].

La marca CORINEX se ha establecido como icono de mercado debido a las características principales que permiten considerar a un Gateway como un enrutador de alta gama debido a las siguientes características:

- Tasa de transmisión hasta 200Mbps sobre distancias de 300 metros en redes eléctricas y 1,2Km en coaxial.
- Protocolo VLAN 802.1Q
- Encriptación 3DES/AES
- Puente Ethernet integrado 802.1D
- Protocolo en árbol
- Colas programables con 8 niveles de prioridad
- Clasificación de prioridades de acuerdo a las banderas del protocolo 802.1P, codificación IPv4 o puertos TCP /destino
- Interface FastEthernet para conexiones a internet
- Tecnología OFDM y sistema de corrección de errores que permite un excelente desarrollo inclusive en extremas condiciones de la red eléctrica.
- Acoplador capacitivo trifásico integrado con línea de neutro

Continuando con la descripción del Gateway PLC, se detalla la tabla 3.2 con las especificaciones técnicas del producto.

Tabla 3.2

Especificaciones técnicas del Gateway LV200

Estándares, seguridades y compatibilidad electromagnética	IEEE 802.3u, 802.1P, 802.1Q, FCC Part 15, OPERA EN 50412, EN 55022, EN 55024, EN 60950
Velocidad de Backbone	Hasta 200 Mbps en PLC y 100 en Ethernet
Acoplador trifásico para redes eléctricas	110VAC / 220VAC / 240VAC

CONTINÚA 

Interfaces	Fas Ethernet RJ-45 10/100BaseT Puerto serial RS485 Puerto coaxial (Puerto hembra TNC) Puerto AC para BPL Puerto DC para de poder
Rango de frecuencias	2– 34 MHz
Entrada de energía	85 a 265VAC, 50/60 Hz
Peso	2 kg
Dimensiones	180 x 135 x 40 mm
Densidad de potencia espectral transmitida	-50 dBm/Hz
Consumo	7 W
Temperatura de operación	-40° a 85°C (-40°F a 185°F)
Humedad de operación	10% a 95% sin condensación

Fuente: [29]

b. Modem PLC HD200

Modem 200 Powerline recibe la señal directamente de la red eléctrica a través del enchufe. A este modem se le puede conectar una PC, un teléfono u otro equipo de comunicación que posea una interfaz Ethernet. Para el uso de este dispositivo no se requiere de drivers de instalación y además puede funcionar bajo el sistema operativo, Windows o Linux.

El modem PLC es de la empresa CORINEX, posee diferentes características, además de tener modelos para enchufe tipo B y tipos E. A continuación la figura 3.2 muestra la forma física del dispositivo.



Figura 3.2 Modem PLC HD200

Fuente: [30].

Las especificaciones técnicas del modem se describen a continuación en la tabla 3.3.

Tabla 3.3

Especificaciones técnicas del Modem PLC HD200.

Dimensiones	180 x 135 x 40 mm
Velocidad	Hasta 200 Mbps en PLC y 100 en Ethernet
Rango de frecuencias	2– 34 MHz
Interfaces	Fas Ethernet RJ-45 10/100BaseT Enchufe de AC de 16 A Botón multifunción
Estándares IEEE	802.1D, 802.1p, 802.1Q, 802.3u
Protocolos de red	TCP/IP, UDP, IGMP
Seguridad y encriptación	Soporte para autenticación RADIUS, DES (56bits) o 3DES (168 bits), AES 128/256
Entrada de energía	100 a 240 VAC y 50/60 Hz
Consumo de potencia	3,85 W
Consumo en espera	0,8 W
Densidad de potencia espectral transmitida	-58 dBm/Hz
Temperatura de operación	-40° a 85°C (-40°F a 185°F)
Humedad de operación	10% a 95% sin condensación

Fuente: [30]

c. Filtro de Ruido

El filtro de ruido es un equipo de marca CORINEX, diseñado para reducir el ruido producido por electrodomésticos o equipos que contengan una inductancia alta, manteniendo así una eficiencia de la red PLC de alrededor del 100% inclusive en ambiente ruidosos.

Un filtro PLC (Powerline) es un filtro paso-bajo (low-pass) que sólo permite una frecuencia principal de 50/60 Hz. Este filtro bloquea la señal Powerline.



Figura 3.3 Filtro de Ruido PLC

Si tienen problemas con la interferencia ocasional de otro sistema eléctrico pueden utilizar este filtro.

A continuación la tabla 3.4 muestra las especificaciones técnicas del filtro PLC.

Tabla 3.4

Especificaciones técnicas del filtro PLC.

Línea de voltaje	85-265VAC
Línea de corriente	10A
Frecuencia	50/60Hz
Temperatura de operación	0° hasta 50°C (32°F hasta 122°F)
Número de salidas	1
Material de embalaje	Plástico
Gamma de frecuencias de molestias	100KHz a 100MHz
Nivel de atenuación de ruido	Hasta 50dB
Peso	205g
Tipo de alimentación AC	US, UK, EU y AUS

Fuente: [31]

3.2.2 Servidor principal para la red Power Line Communications (PLC)

Es un ordenador o máquina informática que está al “servicio” de otras máquinas, ordenadores o personas llamadas clientes y que le suministran a estos, todo tipo de información.

Es un computador, cuyas características se detalla en la tabla 3.5. Sirve de conexión hacia la red con cualquier otro sistema de comunicación existente como la red PLC, de manera que varios usuarios que utilizan la red eléctrica accedan a él mediante un punto en común.

Llamada también cabecera, el mismo que se encarga de centralizar las Comunicaciones necesarias mediante un software basado en Linux. Se encuentra conectada a la red PLC mediante un modem PLC.

Tabla 3.5

Características de Servidor principal.

Hardware	Características
Memoria RAM 	DDR3 de 4GB Kingston
Disco Duro 	SATA de 500 GB
Procesador Core I5-3330 	<ul style="list-style-type: none"> • Generación: tercera • Velocidad de reloj: 3.3Ghz • Cantidad de núcleos: 4 • Cantidad de subprocesos: 4 • Cache: 6MB • Tamaño máximo de RAM: 32GB • Arquitectura: 64 bits • Tecnología de virtualización: VT-x y VT-d

CONTINÚA →

Desktop Board DH61CR

Dos zócalos de módulo de memoria

(DIMM) en línea dual SDRAM

DDR3 de 240 pines

Compatibilidad con módulos DIMM

DDR3 de 1333/1066 MHz.

En este diseño se utiliza una IP estática para el Servidor, que será compartida por los Servidores de voz, video y datos configurados en el mismo equipo. Con esta IP configurada a nivel de red interna se podrá centralizar las Comunicaciones y poder acceder desde los diferentes terminales.

3.2.3 Router TL-WR340G

Permite que varias redes u ordenadores se conecten entre sí y, por ejemplo, compartan una misma conexión de Internet. Un router se vale de un protocolo de enrutamiento, que le permite comunicarse con otros enrutadores o encaminadores y compartir información entre sí para saber cuál es la ruta más rápida y adecuada para enviar datos, ver figura 3.4.



Figura 3.4 Router TP-LINK

Este dispositivo denominado router asegura el enrutamiento de paquetes entre la red PLC, o también determina la ruta exacta que debería tomar el paquete de datos que se está intercambiando desde los terminales hacia el servidor.

En este diseño se utilizó un router TP-LINK con las siguientes características:

- Interface – 6 puertos LAN y 1 puerto WAN
- Suministro de energía – 9VCD/0.6 A
- Frecuencia – 2.4 – 2,4835 GHz
- DHCP – Servidor DHCP

En este caso como se utilizó más de un ordenador para el diseño de la red PLC, se utilizara un router que permita que la red interna PLC pueda conectarse a la red de internet compartiendo el ancho de banda. La red interna para la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE – está configurada de la siguiente manera, primero se habilita una dirección IP publica que es asignada por el ISP (Proveedor de Servicios de Internet) y también se asignara otra dirección IP privada que dependerá del cliente en este caso la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE – para trabajar a nivel de la red interna del campus.

En la configuración para el Laboratorio de sistemas de Comunicaciones se asignara una dirección IP estática para el router.

3.3 Selección de Software

En esta parte se especifica el software requerido para la red de datos, el cual se encuentra dividido en dos partes:

- Software utilizado para equipos PLC
- Software utilizado en el Servidor.

Ver resumen en la tabla 3.6

Tabla 3.6

Software Utilizado

Software	Función
Hanewin dhcp server 3.0	Esta herramienta permite asigna direcciones IP de manera estática a través de perfiles predefinidos cuando se incluye la dirección MAC de cada equipo, Gateway y Módems HD200.
GNU/Linux Debian	Sistema operativo libre utilizado en el servidor principal con un conjunto de programas que permiten interactuar y ejecutar otros programas.
PROXMOX Entorno Virtual (VE)	Es una solución completa de virtualización de servidores basada en sistemas de código abierto. Permite la virtualización tanto sobre

	<p>KVM como contenedores y gestiona máquinas virtuales, almacenamiento y redes virtualizadas en la red PLC.</p> <p>Reduce los costos de hardware y el tiempo de administración</p>
ISPConfig	<p>Es un panel de control Open Source para administrar Servidores de Hosting, simplifica los detalles complicados de configurar DNS, varios sitios web y cuentas de correo electrónico para múltiples usuarios en los sitios web que tendrán acceso los usuarios en el Laboratorio de Comunicaciones.</p>
Filezilla Server	<p>Permite a un usuario crear una lista de sitios FTP con sus datos de conexión, además proporciona una interfaz gráfica para FTP.</p>
WordPress	<p>WordPress es una avanzada plataforma semántica de publicación personal orientada a la estética, los estándares web y la usabilidad. WordPress es libre y, al mismo tiempo, gratuito.</p> <p>Permite crear sitios web periódicamente actualizados y ser publicados para en acceso de los usuarios en el laboratorio de Comunicaciones.</p>
FreeNAS	<p>Es un sistema operativo que puede ser instalado en prácticamente cualquier plataforma de hardware, este permite compartir memoria en una red informática y tener acceso desde cualquier ordenador del Laboratorio de Comunicaciones.</p>
Elastix	<p>Elastix es una aplicación software, que permite crear sistemas de Telefonía IP para la comunicación entre estudiante o profesores.</p>
Ekiga	<p>Ekiga, es una aplicación de software libre para realizar videoconferencias y telefonía IP.</p>

Squert	Squert es una aplicación web que proporciona un contexto adicional a los eventos, representaciones de series de tiempo y conjuntos de resultados agrupados de forma lógica en la red.
WIRESHARK	Es un analizador de protocolos en la redes de Comunicaciones Power Line Communications
AV200SNR Viewer	Permite analizar las siguientes variables en la red PLC. <ul style="list-style-type: none"> • Relación Señal a Ruido (SNR) medido en la línea eléctrica • Respuesta en frecuencia del canal (CFR) • Velocidad de Transmisión y Recepción de los equipos en la red PLC.

3.3.1 Software utilizado para equipos Power Line Communications (PLC)

Los equipos CORINEX HD200 Powerline Ethernet Adapter requieren asignar una dirección IP, para lo cual se utiliza Hanewin DHCP Server que a continuación se detalla.

a. Hanewin dhcp server 3.0

Este software es un servidor DHCP/BOOTP (Permite asignar temporalmente una dirección IP) basado en la recomendación RFC 2131(Protocolo de configuración dinámica de Host).

Esta herramienta asigna direcciones IP de manera dinámica a través de perfiles predefinidos y direcciones IP estáticas cuando se incluye la dirección MAC del equipo HD200. La configuración de fábrica de los equipos HD200 detectan automáticamente cuando un servidor se encuentra en red, es decir solicitan al servidor DHCP se le asigne una dirección IP válida.

El servidor HaneWin DHCP presenta un entorno amigable, con herramientas fáciles de usar, y sólo se necesitan instrucciones básicas para su correcto funcionamiento.

El servidor soporta múltiples grupos de direcciones para la asignación dinámica de direcciones IP, así como la asignación de dirección IP fija a los clientes [32].

3.3.2 Software utilizado en el Servidor.

Para el servidor se elige el sistema operativo libre Debian GNU/Linux, siendo ideal para el proyecto por ser moldeable y adaptable tanto para el sistema base del servidor como para clientes de la red PLC.

a. GNU/Linux

Linux es un sistema operativo con un conjunto de programas que le permiten interactuar con su ordenador y ejecutar otros programas.

Admite libertad para ejecutar, copiar, distribuir, estudiar, cambiar y mejorar el software, además evita en gran medida los problemas de la piratería, siendo natural compartir programas con otras personas, también posee la gran ventaja de ser robusto frente a virus.

b. Debian

Sistema Operativo libre basada en el núcleo Linux, permite producir una distribución de alta calidad, estable y escalable, su instalación puede configurarse fácilmente para cumplir diversas funciones.

Se prefiere Debian por la compatibilidad con las últimas tecnologías de virtualización (KVM), lo cual servirá para la creación del Servidor Privado Virtual (VPS), cuya prestación se basa en máquinas virtuales que permiten un gestionamiento flexible y robusto de la red PLC [33].

La virtualización es la tecnología que permite la ejecución de máquinas virtuales dentro de un servidor físico, con el fin de aumentar la disponibilidad y utilizar todos los recursos del mismo sin perder confiabilidad del servicio. Cabe agregar que cada

máquina virtual está aislada de otras máquinas virtuales y separadas del host adyacente por una capa de software llamada hipervisor.

A continuación se detallan los hipervisores de Julior uso en el mercado para fines de virtualización y servicios en la nube:

- Open QRM
- Open Stack
- XEN
- KVM
- OpenVZ

c. PROXMOX Entorno Virtual (VE)

Es una solución completa de virtualización de servidores basada en sistemas de código abierto. Permite la virtualización tanto sobre KVM como contenedores y gestiona máquinas virtuales, almacenamiento y redes virtualizadas.

Sus funcionalidades profesionales y su interfaz web intuitiva están diseñados para ayudarle a aumentar el uso de los recursos existentes y reducir los costos de hardware y el tiempo de administración - tanto en las empresas como en su uso doméstico [34].

d. Kernel-based Virtual Machine (KVM)

Es una solución de virtualización completa para Linux en hardware x86 que contiene extensiones de virtualización (Intel VT o AMD-V). Se trata de un módulo del núcleo agregado a la línea principal de Linux.

Con KVM puede ejecutar múltiples máquinas virtuales mediante la ejecución de las imágenes sin modificar Linux o Windows. Permite a los usuarios a ser ágil, proporcionando flexibilidad y escalabilidad robusta que se ajusten a sus necesidades específicas. Proxmox entorno virtual utiliza la virtualización KVM desde el inicio en 2008 [35].

El servidor principal de la Red PLC, está al “servicio” de otras máquinas, ordenadores o personas llamadas clientes con los siguientes contenidos distribuidos en máquinas virtuales.

- Servidor virtual de Web Hosting
- Central telefónica,
- Almacenamiento tipo NAS
- Servidor de monitoreo sobre Security Onion,

Para cada servicio se requiere de algunas aplicaciones que se detallan a continuación.

e. Servidor Virtual Web hosting (Alojamiento Web)

Un servidor de web hosting provee a los usuarios de Internet un sistema para poder almacenar información, correos, base de datos, o cualquier contenido accesible vía web.

Para diseñar y ejecutar un sitio web se requiere una plataforma de desarrollo de software, motorizado por una o más bases de datos y/o provisto de interacción a través del uso de lenguajes interpretados.

e.1 Linux (sistema operativo)

Bajo el cual opera el equipo donde se hospedan las páginas web y que representa la base misma del funcionamiento del computador.

e.2 Apache (servidor web)

Es el software que maneja las peticiones desde equipos remotos a través de la Internet. En el caso de páginas estáticas, el servidor web simplemente provee el archivo solicitado, el cual se muestra en el navegador. En el caso de sitios dinámicos, el servidor web se encarga de pasar las solicitudes a otros programas que puedan manejarlas adecuadamente.

e.3 MySQL (manejador de bases de datos)

Se encarga de almacenar sistemáticamente un conjunto de registros de datos relacionados para ser usados posteriormente.

e.4 PHP (lenguaje interpretado)

Es un lenguaje de programación interpretado que controla las aplicaciones de software que corren en el sitio web.

Dentro de los servicios de Web Hosting se tiene ciertas aplicaciones que fueron usadas para dar funcionamiento al servidor DNS, Servidor FTP, Servidor de Correo entre las cuales se tiene:

e.5 Postfix

Es un servidor de correo de software libre, para el enrutamiento y envío de correo electrónico, creado con la intención de que sea una alternativa más rápida, fácil de administrar y segura [36].

e.6 DEVECOT

Dovecot es una de IMAP (Protocolo de acceso a mensajes de internet), que permite el acceso a mensajes almacenados en un servidor de Internet. Es rápido, fácil de configurar, no requiere administración especial y usa muy poca memoria [37].

e.7 SquirrelMail

Es un paquete de correo web (webmail) basado en estándares escrito en PHP. Incluye la capacidad de usar PHP puro para el protocolo IMAP, y está diseñado para la Julior compatibilidad entre los navegadores. SquirrelMail tiene pocos requerimientos y es fácil de configurar e instalar. Se ejecuta encima de cualquier servidor IMAP [38][38].

e.8 SpamAssassin

Se trata de un filtro de correo electrónico inteligente que utiliza una amplia gama de pruebas para identificar correo electrónico masivo no solicitado, más comúnmente conocido como Spam. Estas pruebas se aplican al correo electrónico encabezados y

contenido para clasificar correo electrónico utilizando métodos estadísticos avanzados. Además, SpamAssassin tiene una arquitectura modular que permite a otras tecnologías que se ejercían rápidamente contra el spam y está diseñado para una fácil integración en prácticamente cualquier sistema de correo electrónico [39].

e.9 ClamAV®

Es un software antivirus de código abierto utilizado en una variedad de situaciones, incluyendo análisis de correo electrónico, la exploración web, y la seguridad de punto final. Proporciona una serie de como la rápida localización e inclusión en la herramienta de los nuevos virus encontrados y escaneados [40].

e.10 Amavisd - New

Es un filtro de contenido de código abierto para el correo electrónico, la aplicación de transferencia de mensajes de correo, la decodificación, algo de procesamiento y comprobación, y la interfaz con filtros de contenido externo para proporcionar una protección contra el spam, los virus y otros programas maliciosos. Se puede considerar como una interfaz entre un cliente de correo (MTA, Mail Transfer Agent) y uno o más filtros de contenido tales como escáneres de virus (ClamAV), y / o SpamAssassin [41].

e.11 PureFTPd Mysql

Pure-ftp es un servidor FTP gratuito, que utiliza usuarios virtuales desde una base de datos MySQL en lugar de los usuarios del sistema real. Esto permite tener miles de usuarios de FTP en una sola máquina [42].

e.12 BIND9 (Berkeley Internet Name Domain)

Es el servidor de DNS más comúnmente usado en Internet, ampliamente usado para resolver nombres y números IP en Internet. BIND fue creado originalmente por cuatro estudiantes de grado en la University of California, Berkeley [43].

e.13 ISPConfig

Es un panel de control Open Source para administrar Servidores de Hosting, simplifica los detalles complicados de configurar DNS, varios sitios web y cuentas de correo electrónico para múltiples usuarios en los sitios web [44].

e.14 Filezilla Server

Servidores FTP con código abierto distribuido gratuitamente bajo los términos de la Licencia Pública General GNU el cual permite a un usuario crear una lista de sitios FTP con sus datos de conexión, además proporciona una interfaz gráfica para FTP.

Los usuarios pueden navegar por las carpetas, ver y alterar sus contenidos tanto en la máquina local como en la remota, utilizando una interfaz de tipo árbol de exploración. Los usuarios pueden arrastrar y soltar archivos entre los ordenadores local y remoto [45].

e.15 WordPress

Es un sistema de gestión de contenido o CMS (Content Management System) enfocado a la creación de blogs (sitios web periódicamente actualizados). Ha sido desarrollado en PHP para entornos que ejecuten MySQL y Apache [46].

f. Almacenamiento tipo NAS

La red de datos PLC cuenta con el almacenamiento tipo Network Attached Storage (NAS) (Almacenamiento conectado en red), es una manera extremadamente práctica, útil y económica para lograr un sistema de almacenamiento de datos centralizado, al cual pueden acceder todas las computadoras de la red PLC que se encuentren conectadas.

f.1 FreeNAS

Es un sistema operativo que puede ser instalado en prácticamente cualquier plataforma de hardware para compartir memoria en una red informática, siendo la forma más sencilla de crear un hogar centralizado y de fácil acceso para sus datos, además tiene a su favor la facilidad de uso y simplificar el mantenimiento de los datos [45].

g. Central telefónica de VoIP

La Red PLC cuenta con una tecnología que permite la transmisión de la voz a través de redes IP en forma de paquetes de datos denominada Voz sobre Protocolo de Internet, también llamado Voz sobre IP, Voz IP, VozIP, VoIP. La central corre bajo la Distribución Elastix.

g.1 Elastix

Elastix es un software de código abierto para el establecimiento Comunicaciones unificadas. Maneja llamadas entrantes y salientes, permitiendo la interacción entre usuarios de la red PLC [47].

g.2 Ekiga

Ekiga, es una aplicación de software libre para realizar videoconferencias y telefonía IP

Para su correcto funcionamiento debe disponerse de una cuenta SIP, que puede crearse gratuitamente [48].

h. Servidor de monitoreo de red PLC

Es necesario para la red PLC tener un sistema que constantemente busque componentes defectuosos o lentos, causados por la sobrecarga y/o fallas del servidor, y así mantener informado a los usuarios de la red PLC. El servidor de monitoreo está funcionando sobre la distribución Security Onion.

h.1 Security Onion

Es una distribución de Linux para la detección de intrusos, control de seguridad de la red y gestión de registro.

Está basada en Snort, Suricata, Bro, OSSEC, sguil, Squert, Snorby, ELSA, Xplico, NetworkMiner, y muchas otras herramientas de seguridad [49].

h.2 Squert

Squert es una aplicación web que se utiliza para consultar datos almacenados en una base de datos y proporciona un contexto adicional a los eventos, representaciones de series de tiempo y conjuntos de resultados agrupados de forma lógica [50].

3.3.3 Software utilizado para el análisis de la Red Power Line Communications (PLC).

a. WIRESHARK (SOFTWARE DE MONITOREO DE RED).

Wireshark antes llamado Ethereal, es un analizador de protocolos utilizado para realizar análisis y solucionar problemas en redes de Comunicaciones para desarrollo de software y protocolos. Cuenta con todas las características estándar de un analizador de protocolos.

La elección del mismo se la ha hecho en base a las grandes capacidades que posee y a que es de licencia libre, entre otras cualidades que se describirán seguidamente.

a.1 Características principales de Wireshark

Wireshark es un software libre que permite ver, a un nivel bajo y detallado, qué está pasando en una red mediante la captura de paquetes en vivo desde una interfaz de red.

Wireshark incluye filtros, código de colores y otras características que le permiten profundizar en el tráfico de red e inspeccionar los paquetes individuales. Los usos de wireshark son:

- Administradores lo usan para resolver problemas en la red.
- Ingenieros lo usan para examinar problemas de seguridad.
- Desarrolladores lo usan para depurar la implementación de los protocolos de red.
- Estudiantes los usan para aprender internamente cómo funciona una red [51].

b. AV200SNR Viewer

Aplicación de la compañía CORINEX desarrollado sobre Labview, se despliega en pantalla graficas de las características de la Red PLC como:

- Relación Señal a Ruido (SNR) medido en la línea eléctrica
- Respuesta en frecuencia del canal (CFR)
- Velocidad de Transmisión y Recepción de los equipos en la red PLC.

CAPÍTULO IV

4. DISEÑO E IPLEMENTACIÓN DE LA RED POWER LINE COMMUNICATIONS (PLC)

4.1 Consideraciones Previas del Diseño

Para las consideraciones de diseño es muy importante tomar en cuenta tres aspectos muy importantes que se mencionan a continuación.

4.1.1 Situación actual de la Red Eléctrica del Laboratorio de Comunicaciones.

Al momento de emprender con el diseño se debe considerar las condiciones en la que se encuentra la infraestructura de la Red eléctrica aunque esta sea nueva.

Una de las más importantes consideraciones será garantizar que todos los tomas de energía eléctrica de cada uno de los cuatro circuitos estén trabajando en su misma fase correspondiente y a un voltaje de 110/120 [V]. Esto garantiza la continuidad de la comunicación entre los nodos.

Para la implementación del proyecto de la red PLC se necesita los planos eléctricos de la infraestructura del Laboratorio, dichos planos eléctricos no existen, tampoco tienen diagramas unifilares, ni cuadros de cargas. Por esta razón se efectúa un levantamiento físico y la generación de planos eléctricos correspondientes al Laboratorio.

En el levantamiento físico que se realizó se pudo determinar que la infraestructura de la red existente está basado en el uso de cable eléctrico rígido 1 conductor # 2 AWG estándar que llega a la caja de breakers desde el panel de distribución con un voltaje de 220/240 [V] por medio de un cobertor PVC, 20 [A] como se indica en la Figura 4.1



Figura 4.1 Caja de Breakes Existente en el Laboratorio.

Además en la caja de suministro de energía se tiene 4 breakers de 20 [A], cada uno provee energía 110/120[V] con un cable eléctrico rígido 1 conductor # 12 AWG y otro 1 Conductor # 14 para la tierra como se indica en la figura 4.2 y detallado en la tabla 4.1.

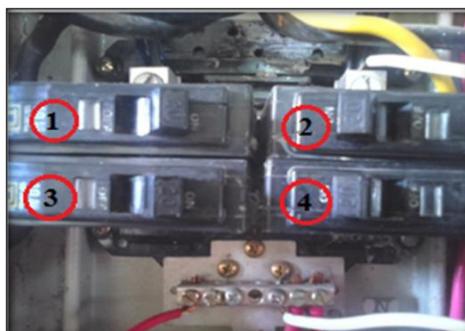


Figura 4.2 Identificación de Breakers

Tabla 4.1

Datos de la Caja de Distribución de Breakers del Laboratorio.

# De Breakers	[A] Soportan los Breakers	Tipo de cobertor del cable	Calibre cable conexión	Identificación del circuito	Cantidad de tomacorrientes	# De Fase	[V] de cada fase
1	20	PVC	12 AWG	Circuito C	6	Fase 1	110
2	20	PVC	12 AWG	Circuito A	6	Fase 1	110
3	20	PVC	12 AWG	Circuito B	8	Fase 2	110
4	20	PVC	12 AWG	Circuito D	8	Fase 2	110

Nota: Adicional se tiene un tomacorriente en la parte posterior que no se tomó en cuenta ya que este pertenece al Laboratorio de instrumentación.

Se requiere verificar e inspeccionar las instalaciones eléctricas con más detalle para el correcto funcionamiento de la red PLC, a continuación se genera una tabla del chequeo de las instalaciones eléctricas del Laboratorio. Ver Tabla 4.2.

Tabla 4.2

Lista de verificaciones en las instalaciones eléctricas del Laboratorio.

Ítem	Chequeo de terminación de construcción	Resultado	Revisado por	Figura
1	Chequear que las entradas de reserva estén tapadas correctamente.	OK	M.O/M.CH	
2	Chequear los conectores de cable esté ajustado correctamente.	OK	M.O/M.CH	
3	Chequear que los cables estén sin daños	OK	M.O/M.CH	
4	Chequear que las conexiones estén seguras	OK	M.O/M.CH	
6	Chequear que los tornillos de fijación no falten (incl. tapa)	OK	M.O/M.CH	

CONTINÚA 

7	Chequeo de conexión a tierra de todos los toma corrientes	OK	M.O/M.CH	
8	Chequear que los empaques estén correctamente colocados y sin daño	OK	M.O/M.CH	
9	Chequeo del estado de la caja de breaker del Laboratorio	OK	M.O/M.CH	
10	Chequear que todos los tomacorrientes sean de Tipo B y cumpla con la norma canadiense ICES-003	OK	M.O/M.CH	

Después de comprobar que las instalaciones eléctricas se encuentran en perfecto estado se puede concluir que se puede utilizar la red eléctrica como medio de transmisión de datos siendo idónea para adaptarse a la tecnología Power Line Communications.

4.1.2 Situación Actual de la Red de Datos del Laboratorio de Comunicaciones

Se conoce como red de datos a la infraestructura cuyo diseño posibilita la transmisión de información a través del intercambio de datos. Cada una de estas redes ha sido diseñada específicamente para satisfacer sus objetivos, con una arquitectura determinada para facilitar el intercambio de los contenidos.

Las redes de datos, generalmente, están basadas en la conmutación de paquetes y se clasifican de acuerdo a su tamaño, la distancia que cubre y su arquitectura física.

El Laboratorio de sistemas de Comunicaciones dispone de la infraestructura de la red de datos, la cual físicamente se encuentra cableada con sus respectivos elementos, es decir con canaletas plásticas que es la vía del cable de red UTP (Par Trenzado Sin apantallar), varios cajetines cada uno su con tapa ciega y coupler

(conector del punto de red), como se indica en la Figura 4.3 pero el servicio de red no se encuentra habilitado, es decir que no permite intercambiar datos, información, carpetas y cualquier archivo entre las computadoras existentes en el Laboratorio.



Figura 4.3 Infraestructura de la red de datos del Laboratorio de sistemas de Comunicaciones

4.1.3 Situación actual de la Red de Acceso del Laboratorio de Comunicaciones

Red de acceso hace mención a aquella parte de la red de Comunicaciones que conecta a los usuarios finales con algún proveedor de servicios y es complementaria al núcleo de red.

A través de la red de acceso deben llevarse a cabo las tareas de transmisión de datos, teniendo como misión principal multiplexar la información proveniente de diferentes proveedores de servicio o distintos usuarios.

La Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE extensión - Latacunga recibe la señal de internet de un ISP (Proveedor de Servicios de Internet) externo, esta señal es distribuida para toda la universidad por medio del cable UTP, por tanto al Laboratorio de sistemas de Comunicaciones llega dos puntos de red de los cuales se tomara uno de ellos para el diseño de la red PLC ver figura 4.4.



Figura 4.4 Red de acceso del Laboratorio de sistemas de Comunicaciones

4.2 Topología de la Red Power Line Communications (PLC)

Para obtener un adecuado diseño de la red PLC, se considera detallar la topología, la cual satisfaga los requisitos de los usuarios de red como velocidad, ancho de banda, etc. La topología de red se debe documentar para que en el futuro, permita detectar y corregir algún problema.

La forma en que está diseñada la red PLC se divide en dos partes: la topología física, que es la disposición real de los cables eléctricos y la topología lógica, que define la forma en que los hosts acceden a los medios para enviar datos.

4.2.1 Topología Física de la Red Power Line Communications (PLC)

La distribución física o topología de la Red está dada por los cables de energía eléctrica que circulan en el Laboratorio de Comunicaciones o trayecto seguido por las señales a través de la conexión física.

A continuación se presenta el diagrama físico que se utiliza en el diseño de la red para el Laboratorio de Comunicaciones el cual es de tipo Bus porque provoca que el ancho de banda proporcionado sea compartido por todos los usuarios que se cuelguen de este. Ver figura 4.5.

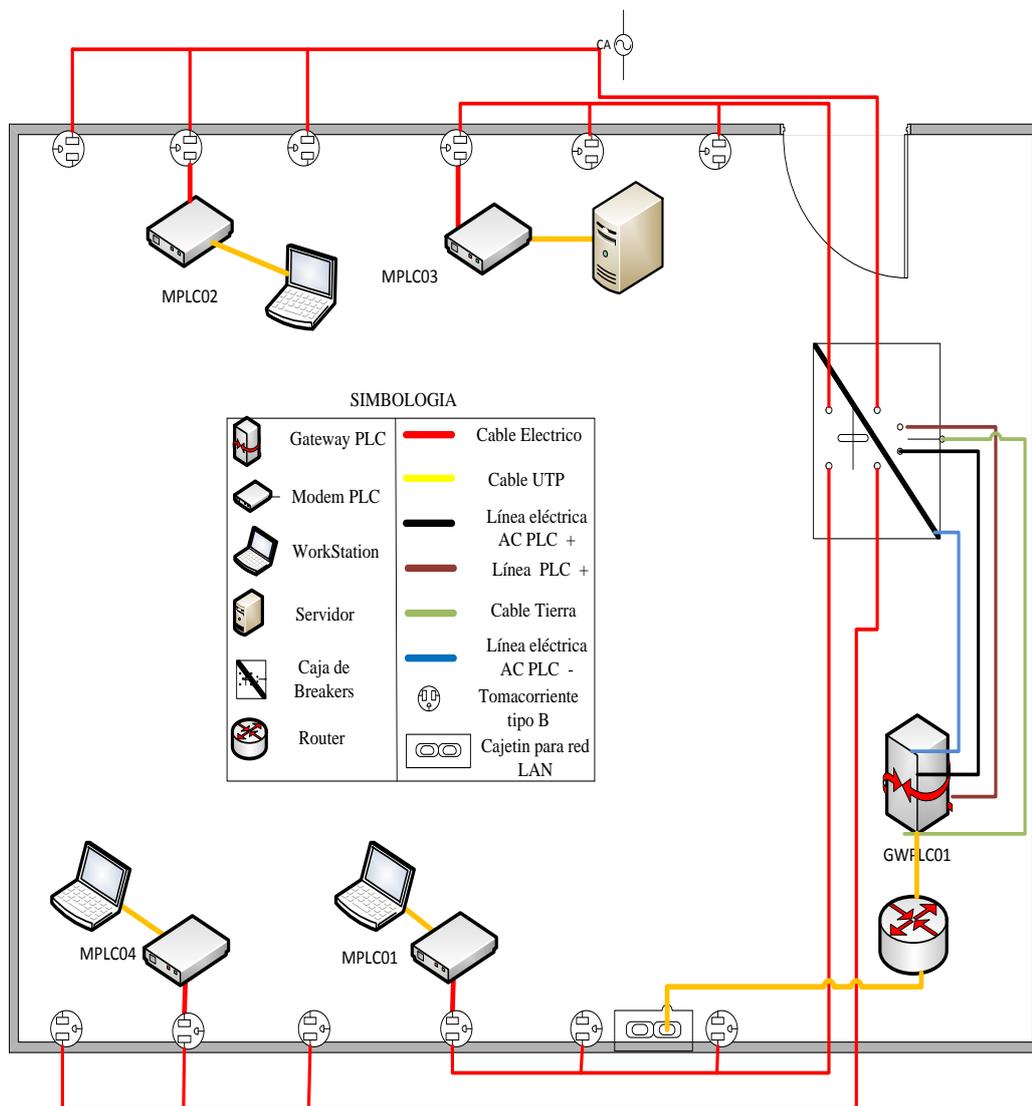


Figura 4.5 Diagrama Físico de la Red PLC.

4.2.2 Topología Lógica de la Red Power Line Communications (PLC)

La topología lógica está dada por la forma en que los hosts se comunican a través del medio. La topología lógica que se utiliza en la red PLC es tipo bus-estrella, debido al uso del mismo medio de acceso para transmitir información y su despliegue en varios circuitos del sistema eléctrico. En la figura 4.6 se indica el diseño de la Topología de la red PLC.

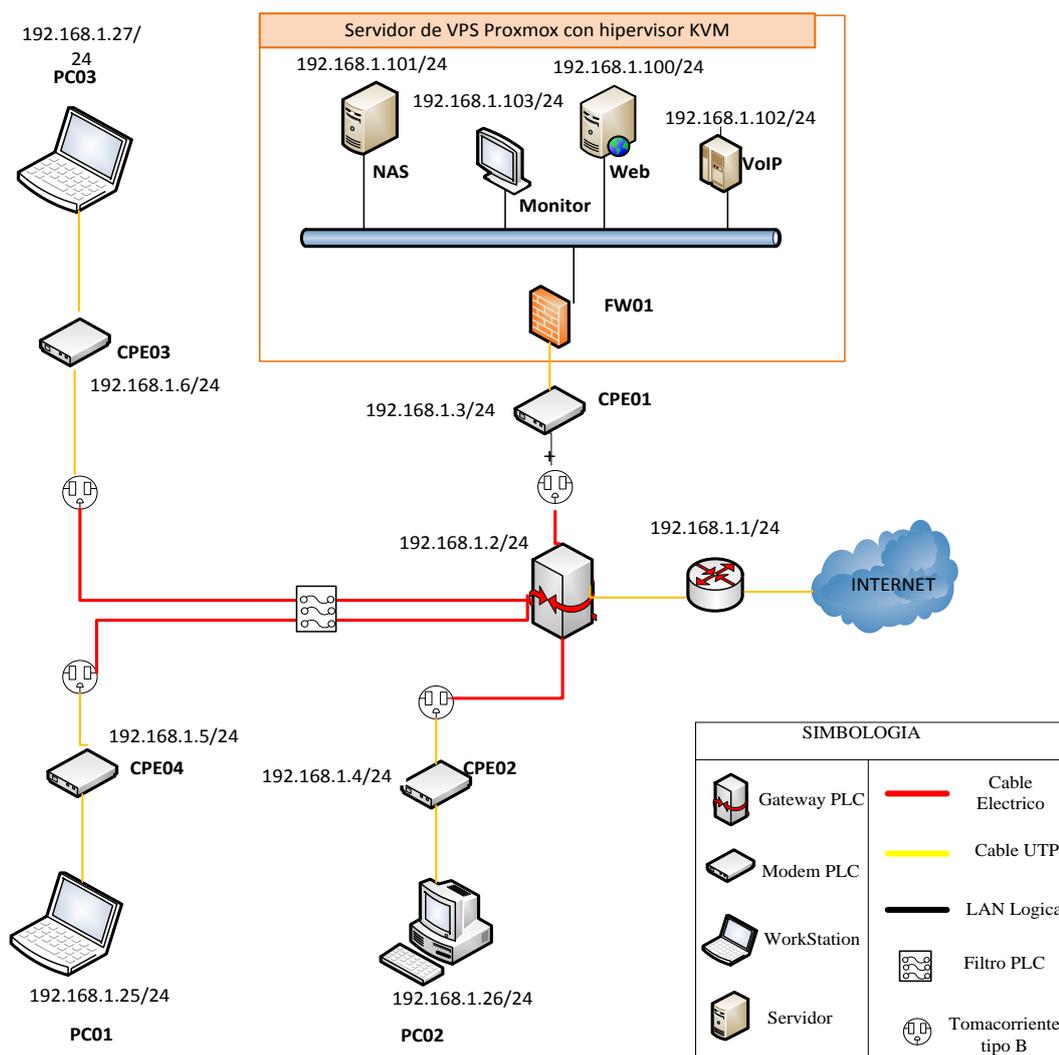


Figura 4.6 Diseño de la Topología Lógica de la red de datos PLC.

Como se aprecia en la figura 4.6, el Gateway PLC se conecta a la troncal de internet con cable CAT 5E y su respectivo Router.

Continuando con la descripción se observa que a través de un modem PLC y pasando por firewall, se enlaza el Servidor Principal a la red, el cual permite atender las peticiones de un cliente y devolverle una respuesta en concordancia, dicho servidor provee múltiples servicios y posee varios servidores en funcionamiento gracias a la implementación de la plataforma de virtualización basada en PROXMOX cuyas configuraciones se da a conocer posteriormente.

Además se observa que a través de los módems PLC, los usuarios pueden unirse a la red por medio de cualquier toma corriente disponible en el Laboratorio y tener acceso a los beneficios que ofrece la Red.

En caso que existan equipos que provoquen ruido en las líneas e impiden mantener la calidad de la comunicación es necesario localizar los equipos que los causan y aislarlos mediante la colocación de un filtro en cualquier enchufe del Laboratorio.

4.3. Configuración de Equipos para la Red de Datos Power Line Communications (PLC).

En el presente apartado se especifica la configuración de equipos utilizados para la red de datos, la cual se encuentra dividida en dos partes:

- Configuración de equipos Power Line Communications que conforman la red PLC.
- Configuración del Servidores para la red PLC.

4.3.1 Configuración de equipos Power Line Communications que conforman la red.

En los equipos Power Line Communications de marca CORINEX, modelo HD200 Powerline Ethernet Adapter se requiere asignar una dirección IP para lo cual se requiere descargar HaneWin DHCP/TFTP Server: este software es un servidor DHCP/BOOTP que permite asignar:

- Direcciones IP de manera dinámica a través de perfiles predefinidos, en esta operación el equipo utiliza los protocolos DHCP y TFTP para solicitar un archivo de autoconfiguración con la función que va a realizar en la red.
- Direcciones IP estáticas cuando se incluye la dirección MAC del equipo HD200. El equipo utiliza la configuración de la NVRAM para realizar su función.

La configuración de fábrica de los equipos CORINEX HD200 detectan automáticamente cuando un servidor se encuentra en red, es decir solicitan al servidor DHCP se le asigne una dirección IP válida. Este software no es gratis pero tiene un periodo de prueba de 30 días. Disponible en <http://www.hanewin.net/>

a. Configuraciones Previas

1. Para que el computador reconozca los equipos conectados a él se procede a configurar con una dirección IP estática a la maquina donde se instaló HaneWin, Ver figura 4.7.

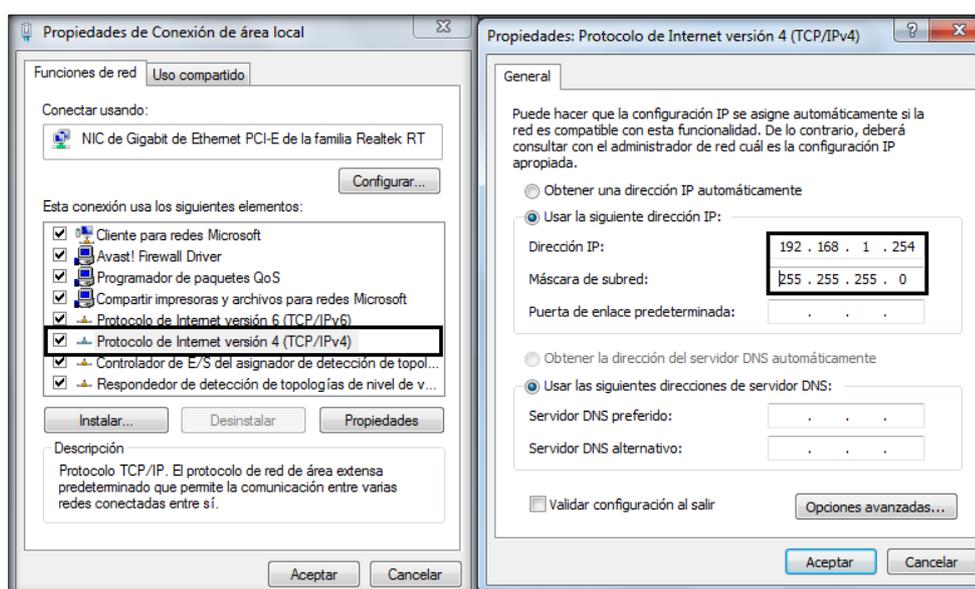


Figura 4.7 Configuración de IP estática del equipo.

2. Para que el servidor Hanewin DHCP/BOOTP funcione correctamente, es necesario que el Firewall del sistema esté desactivado, y de ser el caso, si el equipo posee un antivirus también debe estar desactivado durante el tiempo de asignación de IP al equipo CORINEX HD200 Powerline Ethernet Adapter.



Figura 4.8 Configuración Firewall de Windows.

3. Crear una carpeta donde se van a encontrar los archivos de configuración, C:/tftp/ .

El archivo es necesario para cargar en un equipo HD200 Powerline ya sea como master o como esclavo, a través del protocolo Trivial File Transfer Protocol (TFTP). Este archivo puede ser creado en un archivo bloc de notas y debe ser guardado con la extensión."conf". La figura 4.9 muestra los archivos de configuración creados para el master y cuatro CPE.

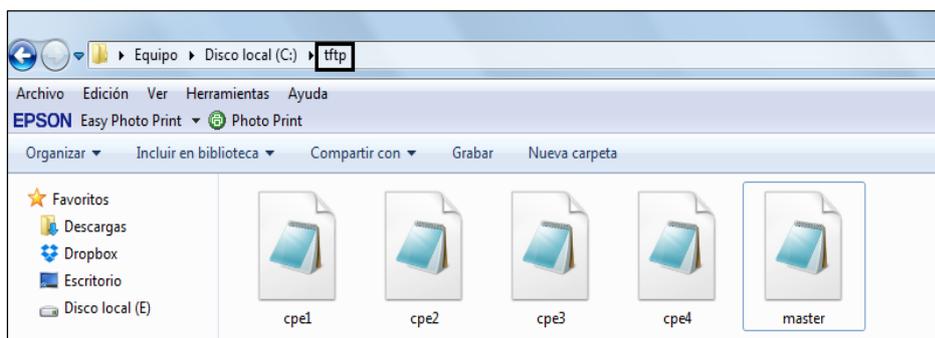


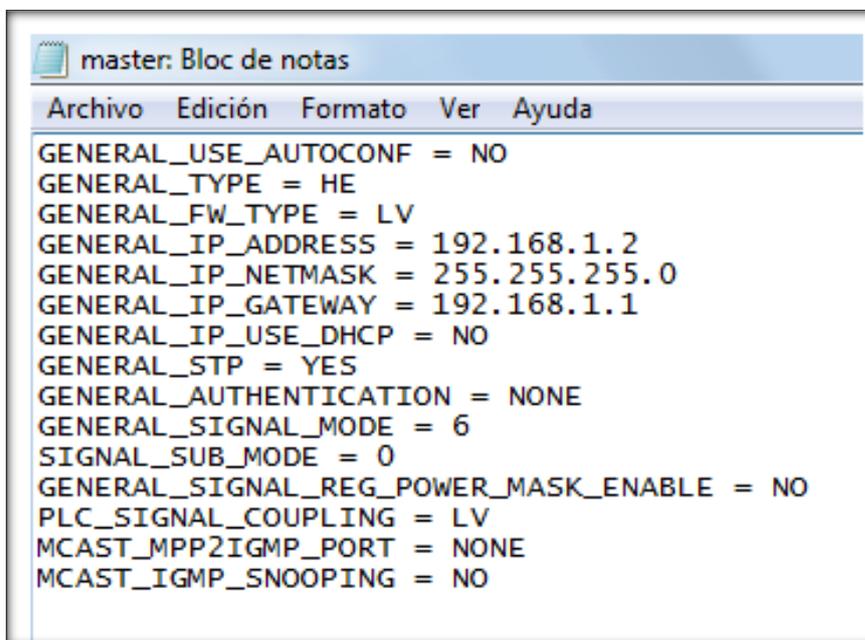
Figura 4.9 Archivos de Configuración.

b. Archivos de configuración para equipos Power Line Communications de marca CORINEX

La configuración de los Gateway CORINEX se basa en los parámetros obtenidos del archivo de configuración alma configuración y la guía de usuario presentados en los anexos.

b.1 Archivos de configuración Gateway

El funcionamiento del Gateway se reconoce como headend, es decir, es el responsable de convertir las señales Ethernet en PLC además de enlazar cada CPE para la transmisión de datos. Cabe resaltar que una de las funciones del Gateway es establecer el modo de funcionamiento de la red PLC que varía en el uso de la frecuencia de operación, el espacio del espectro a usar y la velocidad máxima de los equipos. En la figura 4.10 se indica el archivo de configuración para el Gateway, cargado en la carpeta ftp y en la tabla 4.3 se muestra a que se refiere cada uno de los parámetros de las configuraciones realizadas en el Gateway.



```
master: Bloc de notas
Archivo  Edición  Formato  Ver  Ayuda
GENERAL_USE_AUTOCONF = NO
GENERAL_TYPE = HE
GENERAL_FW_TYPE = LV
GENERAL_IP_ADDRESS = 192.168.1.2
GENERAL_IP_NETMASK = 255.255.255.0
GENERAL_IP_GATEWAY = 192.168.1.1
GENERAL_IP_USE_DHCP = NO
GENERAL_STP = YES
GENERAL_AUTHENTICATION = NONE
GENERAL_SIGNAL_MODE = 6
SIGNAL_SUB_MODE = 0
GENERAL_SIGNAL_REG_POWER_MASK_ENABLE = NO
PLC_SIGNAL_COUPLING = LV
MCAST_MPP2IGMP_PORT = NONE
MCAST_IGMP_SNOOPING = NO
```

Figura 4.10 Archivo de Configuración para el Gateway.

Tabla 4.3

Parámetros de la Configuración del Gateway PLC CORINEX como cabecera.

Servicio	Aplicación	Descripción
Autoconfiguración	NO	El dispositivo inicia desde la NVRAM
Tipo	HE	Tipo cabecera, las opciones son: HE, TDE (repetidor) y CPE
Conexión	LV	Baja tensión, como alternativa se tiene coaxial
Dirección IP	192.168.1.2	Dirección de ID en la red
Puerta de enlace	192.168.1.1	Dirección de la puerta de enlace
DHCP	NO	No solicitar direcciones IP a un servidor
STP	YES	Gestionar los bucles por enlaces redundantes, es decir, activar o desactivar automáticamente enlaces de conexión
Autenticación	None	Solo en caso de utilizar un servidor Radius se le activaría con la dirección IP del servidor
Modo de la señal	6	Significa: Frecuencia central: 19MHz Ancho de banda: 30MHz Uso del ancho de banda: 30MHz PSD: -77dBm/Hz Definición de la máscara de potencia: Flat PM Velocidad máxima física: 205Mbps
Sub modo de la señal	0	No se utilizan los sub modos
Mascara de potencia	NO	Sin máscara de potencia
Acoplamiento	LV	Acoplamiento de baja tensión

b.2 Archivos de configuración del Modem PLC (CPE)

Su función es convertir señales Ethernet en PLC, para un usuario final; la configuración básica le permite obtener datos del Gateway, además su configuración ha sido subida a la NVRAM por tanto es permanente. A continuación En la figura 4.11 se indica el archivo de configuración para CPE, cargado en la carpeta ftp y en

la tabla 4.4 se muestra a que se refiere cada uno de los parámetros de las configuraciones realizadas en el Modem PLC (CPE).

```

cpe1: Bloc de notas
Archivo Edición Formato Ver Ayuda
GENERAL_USE_AUTOCONF = NO
GENERAL_TYPE = CPE
GENERAL_IP_USE_DHCP = NO
GENERAL_AUTHENTICATION = NONE
GENERAL_FW_TYPE = LV
GENERAL_IP_ADDRESS = 192.168.1.3
GENERAL_IP_NETMASK = 255.255.255.0
GENERAL_IP_GATEWAY = 192.168.1.2
GENERAL_STP = YES
GENERAL_SIGNAL_REG_POWER_MASK_ENABLE = NO
QoS_ENABLE = YES
QoS_MAX_TXPUT_TX = 4096
QoS_UPBWLIMIT = YES
  
```

Figura 4.11 Archivos de configuración del Modem PLC (CPE)

Tabla 4.4

Parámetros de la Configuración del Modem PLC (CPE).

Servicio	Aplicación	Descripción
Autoconfiguración	NO	El dispositivo inicia desde la NVRAM
Tipo	CPE	Tipo cliente final
Conexión	LV	Baja tensión, como alternativa se tiene coaxial
Dirección IP	192.168.1.3-6	Dirección IP en la red
Puerta de enlace	192.168.1.1	Dirección de la puerta de enlace
DHCP	NO	No solicitar direcciones IP a un servidor
STP	YES	Gestionar los bucles por enlaces redundantes, es decir, activar o desactivar automáticamente enlaces de conexión
Autenticación	None	Solo en caso de utilizar un servidor Radius se le activaría con la dirección IP del servidor
Máscara de potencia	NO	Sin máscara de potencia
QoS	YES	Se activa las características de QoS

CONTINÚA

Máximo ancho de subida	4096	Se limite el ancho de banda por modem
Activar limitación de ancho de banda	YES	Se activa el uso de la limitación por ancho de banda

NOTA: Como se observa en los parámetros de configuración se debe deshabilitar el modo de autoconfiguración y el cliente dhcp, por lo que la siguiente vez que se reinicie el dispositivo utilizara las configuraciones de la nvram en vez de solicitarlas al servidor tftp.

c. Configuraciones Servidor HaneWin

1. Para abrir HaneWin haga clic derecho y Ejecutar como administrador. Ver figura 4.12

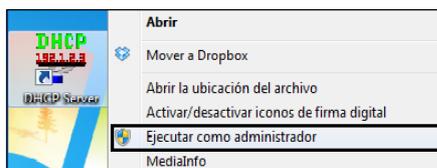


Figura 4.12 Ingreso a HaneWin

2. El usuario debe activar el servidor DHCP desde Archivo> Servicio> Activar.

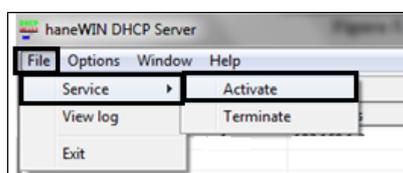


Figura 4.13 Activar el servidor DHCP

3. A continuación, en la pestaña Options => Preferencias, ver figuras 4.14

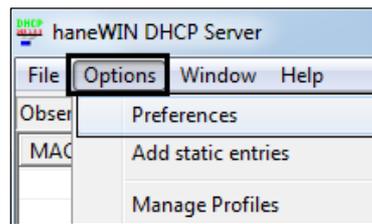


Figura 4.14 Ingreso a Preferencias HaneWin.

c.1 Configuración de una interfaz predeterminada para el servidor DHCP

1. Como se muestra en la figura 4.15 se debe marcar los 2 primeros parámetros de la pestaña general para utilizar los perfiles y la grilla de la aplicación.

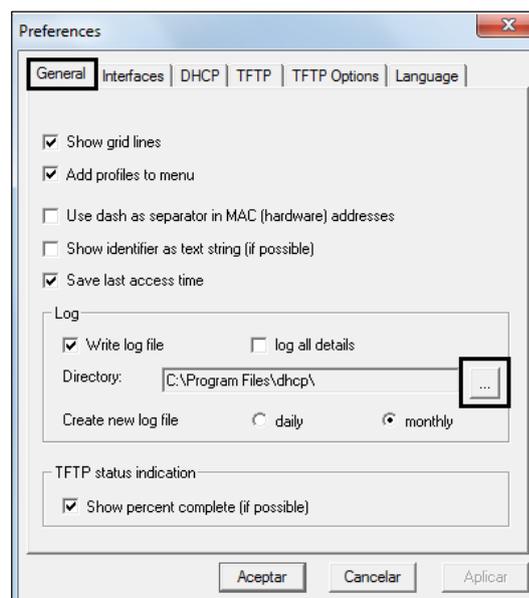


Figura 4.15 Preferencias de Hanewin.

2. En la ficha "Interfaces", marque la opción "Responder para registrarse (estática) sólo direcciones / identificadores”.

Se debe comprobar que la interfaz coincida con la dirección estática del equipo, también es necesario utilizar sólo determinada interfaces para evitar que la otra interfaz de red del uso de este servidor DHCP. Ver Figura 4.16.

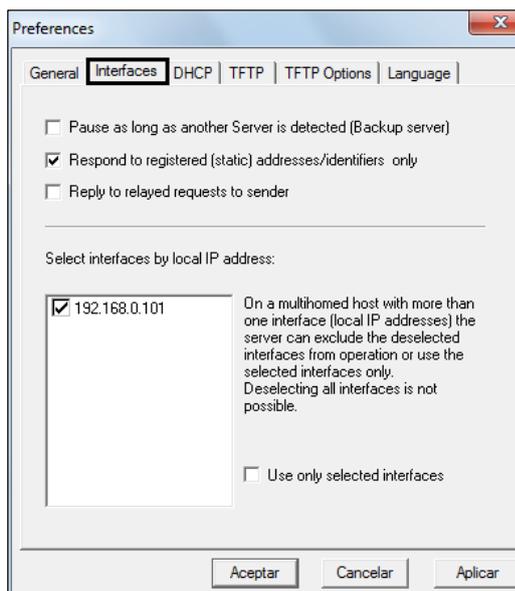


Figura 4.16 Interfaz Hanewin.

3. Para evitar un arranque automático, el usuario puede configurar para que se inicie manualmente. Si la interfaz Ethernet está activa.

En la figura 4.17 se muestra las casillas del servicio DHCP para activar en hanewin como son: aceptar peticiones Bootp, aceptar MAC y reenviar peticiones unicast.

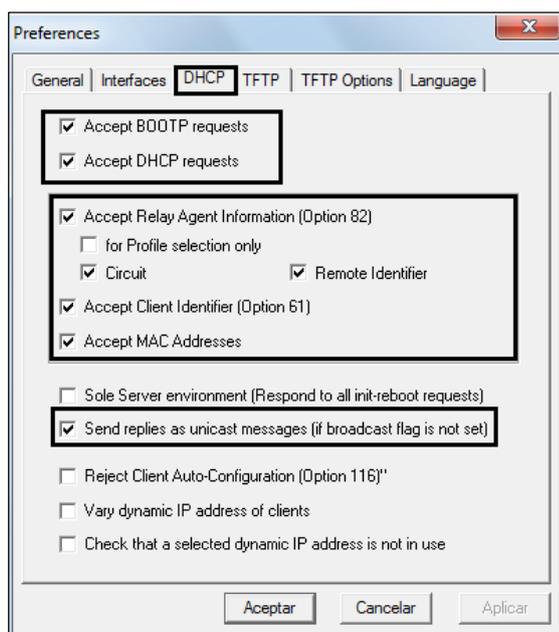


Figura 4.17 Pestaña DHCP de Hanewin.

c.2 Configuración de una interfaz predeterminada para el servidor TFTP

1. TFTP tiene un directorio raíz donde están todos los archivos de autoconfiguración creados anteriormente. Se debe activar el servicio TFTP por el puerto 69 como se ve en la figura 4.18.

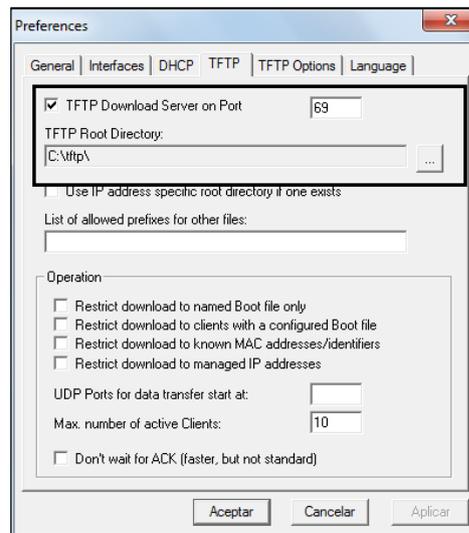


Figura 4.18 Pestaña TFTP de Hanewin.

2. Clic en el ícono con tres puntos para cambiar la ubicación de la carpeta con los archivos de configuraciones detallados en el literal b. Asegúrese de que este directorio raíz se personaliza correctamente y todos los archivos Conf., de lo contrario, el servidor TFTP no será capaz de encontrar el archivo solicitado. Ver figura 4.19.

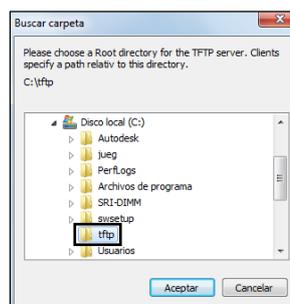


Figura 4.19 Selección de archivos de configuración para el servidor TFTP.

d. Creación de Perfiles HaneWin

1. Para crear los perfiles estándar en el servidor se accede al menú Options luego en “manage profiles” ver figuras 4.20 y 4.21.

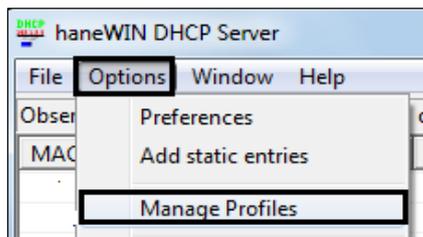


Figura 4.20 Creación de Perfiles

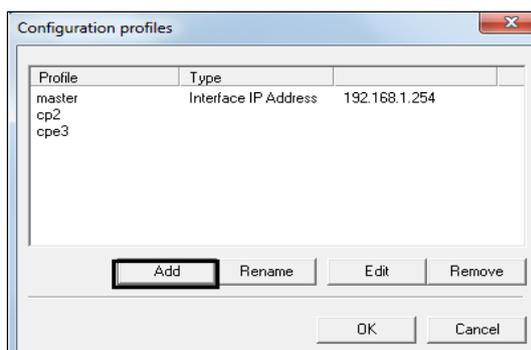


Figura 4.21 Interfaz creación de Perfiles

2. Ubica cualquier nombre que puede referirse a la función del módem Por ejemplo master. Ver figura 4.22

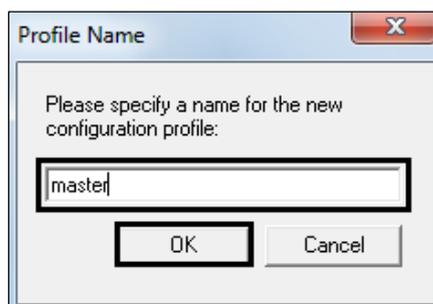


Figura 4.22 Nombre del Perfil de HaneWin

3. En la pestaña BASIC PROFILE se configura de acuerdo a la IP estática ubicada en la máquina de administración y al rango dinámico que se necesite poseer. En la figura 4.23 se indica la configuración para el perfil master Hanewin. Y En la figura 4.24 se indica la configuración para el perfil esclavo (cpe) Hanewin.

The screenshot shows the 'master' configuration window with the 'Basic Profile' tab selected. The 'for:' dropdown is set to 'Interface IP Address' with a value of '192.168.1.254'. The 'Dynamic IP Address Pool' section has 'From' set to '192.168.1.2' and 'Until' set to '192.168.1.100'. The 'Lease time (s)' is '36000' with an 'infinite' checkbox. The 'Subnet mask' is '255.255.255.0'. There are empty fields for 'Gateway Address', 'Backup Gateway 1', and 'Backup Gateway 2'. Buttons at the bottom are 'Aceptar', 'Cancelar', and 'Aplicar'.

Figura 4.23 Configuración para perfil master Hanewin

The screenshot shows the 'cpe6' configuration window with the 'Basic Profile' tab selected. The 'for:' dropdown is set to 'Static Entries'. The 'Dynamic IP Address Pool' section has empty fields for 'From' and 'Until'. The 'Lease time (s)' is '36000' with an 'infinite' checkbox. The 'Subnet mask' is '255.255.255.0'. The 'Gateway Address' is '192.168.1.254'. There are empty fields for 'Backup Gateway 1' and 'Backup Gateway 2'. Buttons at the bottom are 'Aceptar', 'Cancelar', and 'Aplicar'.

Figura 4.24 Configuración para perfil esclavo Hanewin

- En la pestaña de "BOOT", escriba la dirección IP de su ordenador y el nombre. Usar siempre opción de 66/67 para "Nombre y archivos". Como se observa en la figura 4.25

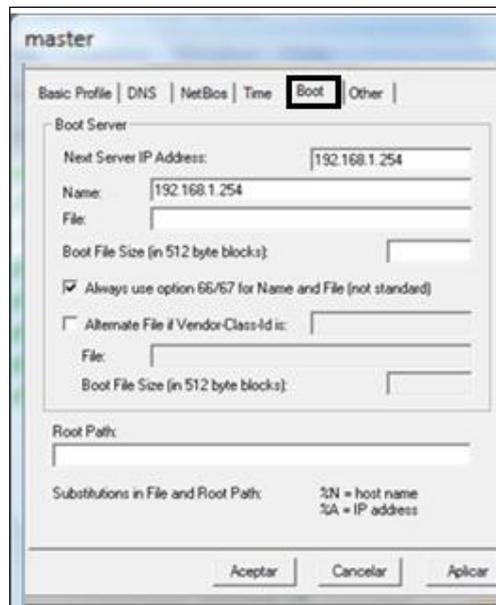


Figura 4.25 Activación servidor TFTP con archivo de configuración.

- En la pestaña "Otros", seleccione la opción 18 y escriba el nombre de la Archivo de configuración del maestro o del esclavo (por ejemplo, "master.conf"). Luego haga clic en "Añadir" para añadir esta opción. Seguidamente en la misma pestaña, añada la opción 120 con el valor binario "0 0 0", que es necesaria para los equipos de la marca CORINEX. Ver figura 4.26.

La opción 120 se utiliza para desactivar PTPP en la respuesta DHCP. Esto evitará que el módem intente obtener la VLAN de administración de otro modem Powerline.

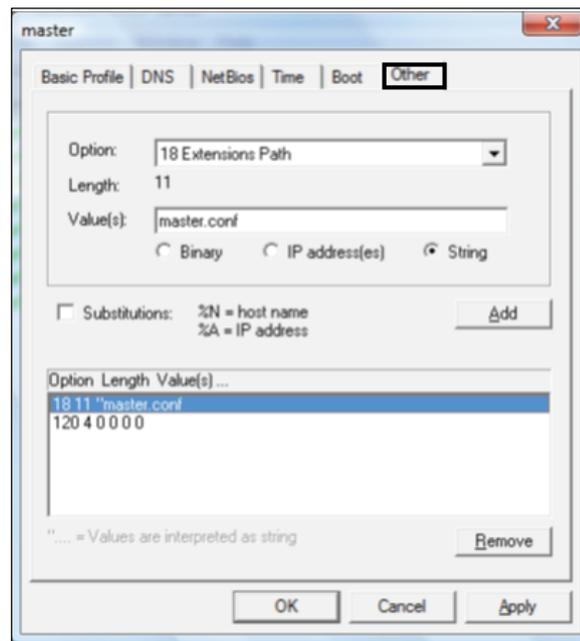


Figura 4.26 Asignación de la extensión de los archivos en el servidor TFTP.

6. Se repite los mismos pasos para crear el perfil de esclavo. La única diferencia es el nombre del archivo de configuración automática en virtud de la extensión 18; debe ser por ejemplo "cpe1.conf"

e. Asignar entradas estáticas HaneWin

1. Una vez que tenga los perfiles, se puede proceder a asignar la entrada estática a cada uno de sus módems. En la barra de herramientas se ingresa a Options y luego a Add Static entries.

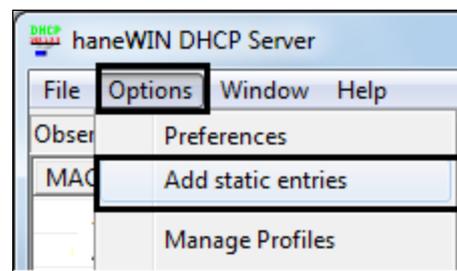


Figura 4.27 Agregar Entradas Estáticas.

2. Agregar entradas estáticas, es decir enlazar las Mac address de los dispositivos a un IP y su archivo de configuración. Una nueva ventana se abrirá, como se muestra en la figura 4.28.

En esta ventana, se debe introducir la dirección MAC del módem, la dirección IP que desea asignar a este módem, y el perfil de configuración. Al hacer clic en Aceptar, se creará una entrada en la lista de los arrendamientos estática.

La figura 4.28 presenta la configuración de una entrada estática basándose en la MAC address del equipo, la dirección IP a asignar y el perfil de configuración que se usa.

Static Entry

With static entries you can assign clients with known MAC (hardware) address or identifier a fixed or dynamic IP address and a configuration profile.

If an assigned fixed IP address falls within a dynamic IP address range, the address is excluded from the IP address pool. For dynamic clients specify an IP address of 0.0.0.0.

MAC addresses or identifiers must be specified byte by byte in hexadecimal notation. For MAC addresses the bytes must be separated by a dash or colon.

Relay Agent Information: Circuit Remote Identifier

Client Identifier: 00:0b:c2:of:fb:55

MAC Address: 00:0b:c2:of:fb:55

IP Address: 192.168.1.3

Optional

Hostname:

Configuration Profile: cpe2

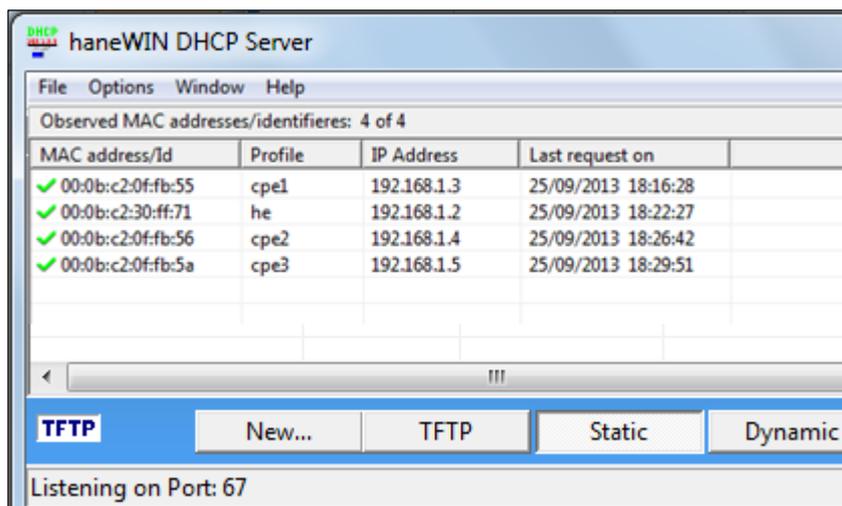
Remark:

Redundant entry (allow entry with an existing IP address)

OK Cancel Apply

Figura 4.28 Configuración de un entra estática para dispositivo CORINEX.

3. Conectar el dispositivo PLC a la NIC correspondiente, posterior en la pestaña static aparece un visto si el equipo fue configurado, ver figura 4.29



The screenshot shows the 'thaneWIN DHCP Server' interface. At the top, it says 'Observed MAC addresses/identifiers: 4 of 4'. Below this is a table with the following data:

MAC address/Id	Profile	IP Address	Last request on
✓ 00:0b:c2:0f:fb:55	cpe1	192.168.1.3	25/09/2013 18:16:28
✓ 00:0b:c2:30:ff:71	he	192.168.1.2	25/09/2013 18:22:27
✓ 00:0b:c2:0f:fb:56	cpe2	192.168.1.4	25/09/2013 18:26:42
✓ 00:0b:c2:0f:fb:5a	cpe3	192.168.1.5	25/09/2013 18:29:51

At the bottom of the window, there are buttons for 'TFTP', 'New...', 'TFTP', 'Static', and 'Dynamic'. Below these buttons, it says 'Listening on Port: 67'.

Figura 4.29 Mac address registrada como estática para asignar una dirección IP.

4.3.2 Configuración de Servidores para la red Power Line Communications (PLC).

El Servidor Principal posee un sistema de virtualización denominado PROXMOX VE basado en Debian, cuya instalación se detalla en el Anexo 1.

PROXMOX VE cuenta con una interfaz gráfica muy sencilla en la que se debe realizar las configuraciones para el funcionamiento de los diferentes servicios planteados, las cuales se detallan a continuación.

a. Ambientes Virtuales (Proxmox)

Se describe el uso del ambiente virtual Proxmox, como parte de la red PLC con un enfoque a los siguientes temas:

- Acceso al ambiente virtual Proxmox
- Subir Imágenes de Disco al Servidor
- Creación de Máquinas virtuales.
- Personalización de Máquinas virtuales

a.1. Acceso al ambiente virtual Proxmox

Posterior a la instalación de Debían 7 y Proxmox 3 lo cual se detalla en el Anexo # 1, se utiliza un navegador en una Workstation para subir y crear VPS para los servicios de la red de datos PLC, la dirección que se utiliza en este caso específico es <https://192.168.1.250:8006>, en donde se procede a loguearse con la clave de root, "powerline", ver figura 4.30.

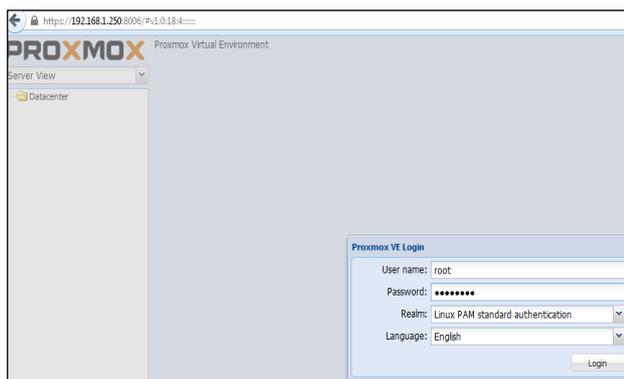


Figura 4.30 Interfaz Web de Proxmox.

Después de haber iniciado sesión, se procede a subir imágenes de los discos de instalación máquinas virtuales como se muestra a continuación.

a.2. Subir Imágenes de Disco al Servidor

Para subir archivos ISO al servidor se necesita que el servidor se encuentre conectado a la red, entonces utilizando la interface web se realiza lo siguiente:

1. Dirigirse por la disposición en árbol de los archivos de Proxmox a local del nodo correspondiente, ver figura 4.31

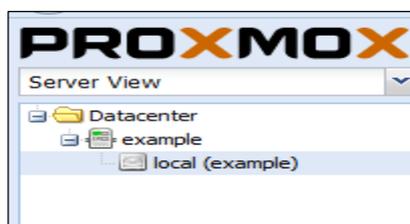


Figura 4.31 Árbol del ambiente virtual Proxmox.

2. Presionar la pestaña Content y posteriormente el botón Upload para seleccionar la imagen de disco del equipo de donde se configura el ambiente virtual, ver figura 4.32

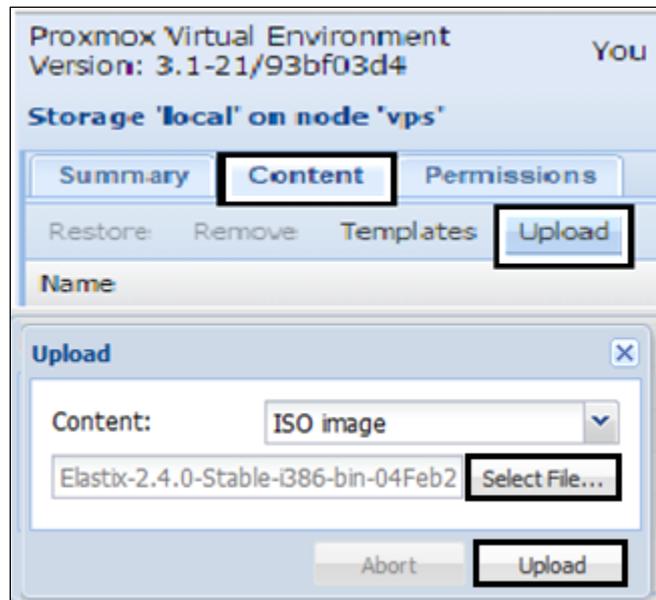


Figura 4.32 Selección de archivos ISO al servidor.

3. Posteriormente se observa en la interfaz web el archivo subido, ver figura 4.33

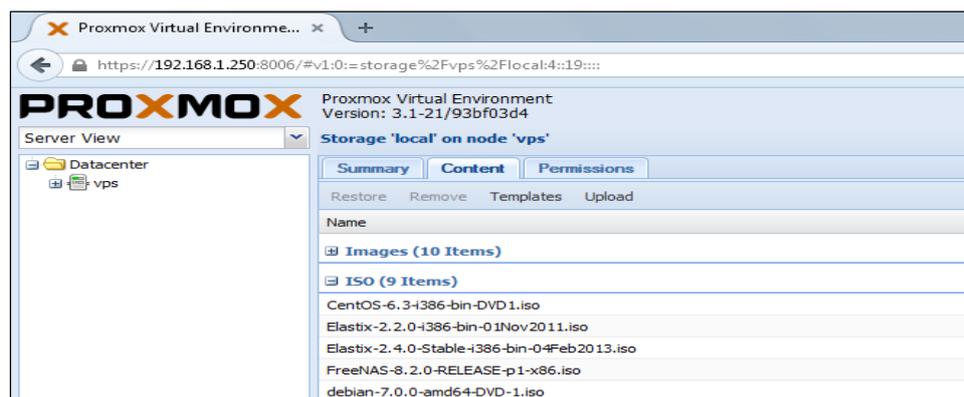


Figura 4.33 Discos de SO para instalación almacenados en el servidor.

a.3 Creación de Máquinas Virtuales

1. Presionar el botón Create VM en la esquina superior derecha de la interfaz web y a continuación establecer el nombre y el identificador de la instancia, ver figura 4.34.

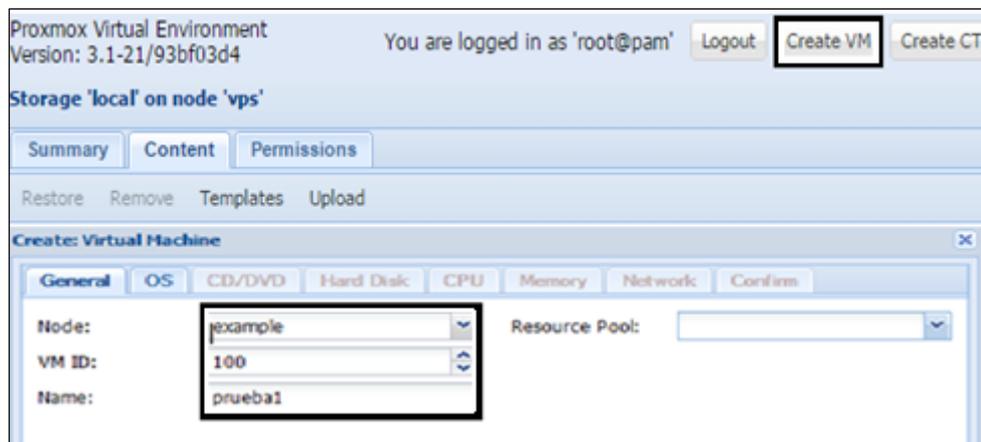


Figura 4.34 Descripción general de la máquina virtual.

2. Escoger el sistema operativo que se va a utilizar para la MV (Linux o Windows), ver figura 4.35.

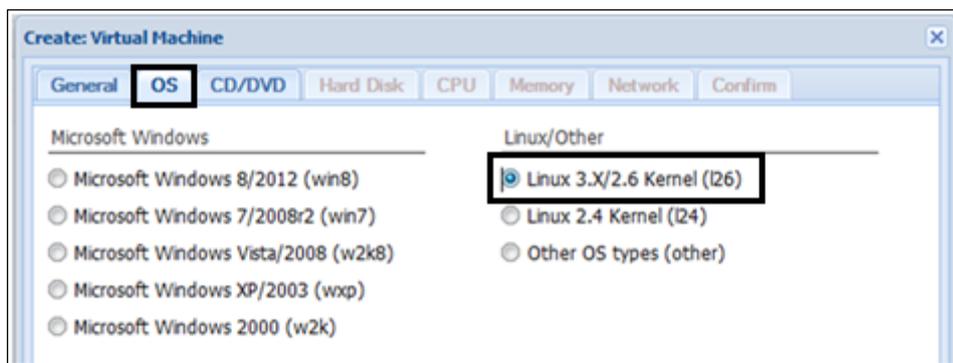


Figura 4.35 Sistema operativo para la MV.

3. Escoger la imagen de disco anteriormente cargada para la MV, ver figura 4.36

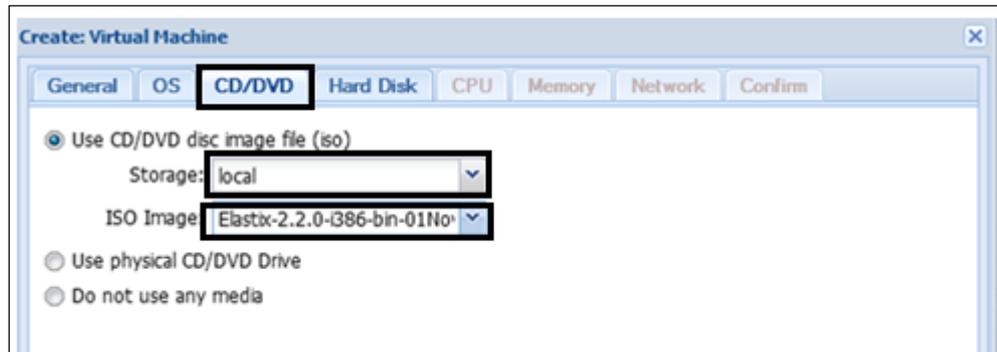


Figura 4.36 Imagen de disco de Elastix 2.2.0.

4. Establecer el tamaño máximo del disco y el tipo que mejor emule un tipo específico de SO, se recomienda para distribuciones Linux QEMU ver figura 4.37.

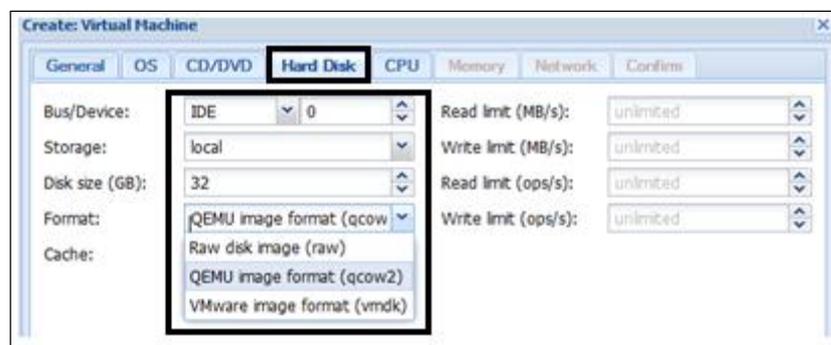


Figura 4.37 Características del disco emulado para la MV.

5. Establecer las características del CPU por número de núcleos y sockets además del modo de emulación (por defecto kvm64), ver figura 4.38.

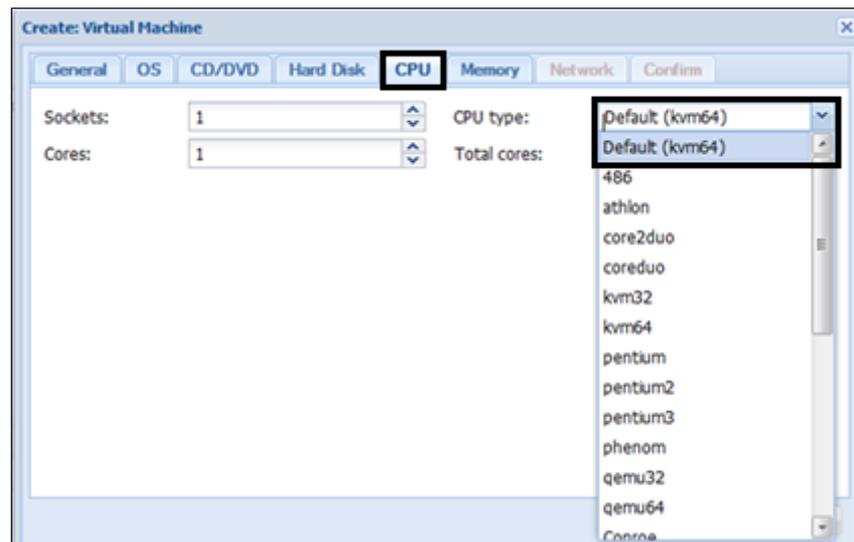


Figura 4.38 Características del núcleo del CPU.

6. Establecer las memoria RAM dedicada o compartida para la MV, agregando que se puede utilizar como valores por defecto un, máximo de 1024 MB y un mínimo de 256 MB con compartición de 700MB, ver figura 4.39.

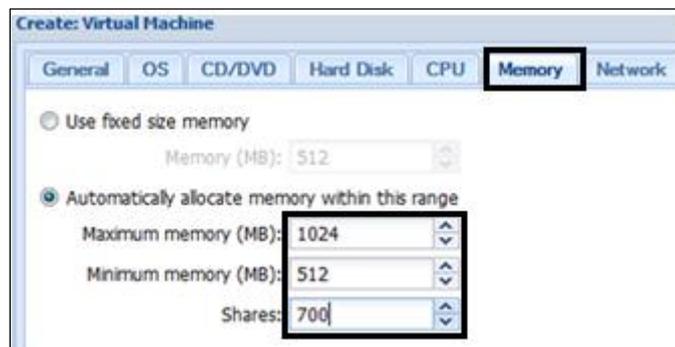


Figura 4.39 Memoria RAM de la MV.

7. Crear los parámetros para el uso de la red, en este caso se utiliza la configuración por defecto: NIC (Tarjeta d Red) en modo vmbr0, modelo Intel E1000 y sin límite en la tasa de transferencia, ver figura 4.40.

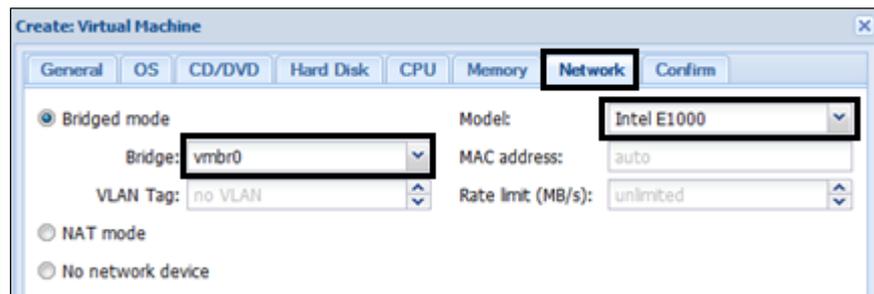


Figura 4.40 Configuraciones para la NIC emulada.

8. Confirmar los valores previamente definidos, que finalizara la creación de la MV, ver figura 4.41

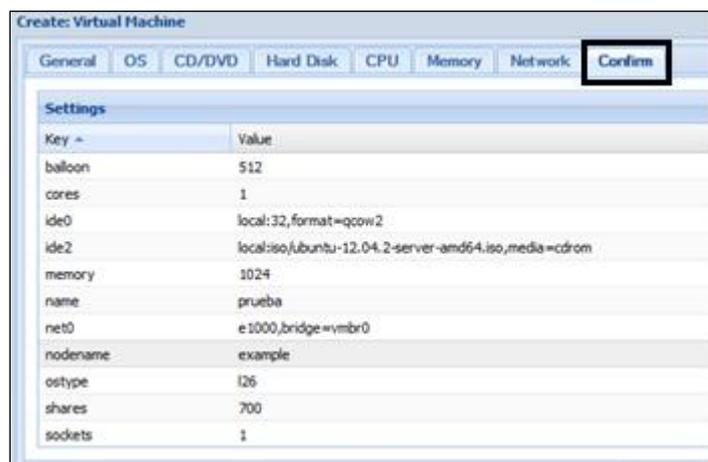


Figura 4.41 Ventana de confirmación de datos.

9. Encender la MV, para lo cual por el sistema de archivos en árbol se dirige a la ID que se dio a la instancia y se debe presionar el botón start.

a.4. Personalización de máquinas virtuales

La personalización de las máquinas virtuales se las realiza de la siguiente manera:

1. Dirigirse por la estructura de archivos en árbol al identificador de la máquina virtual y después a la pestaña options, ver figura 4.42.

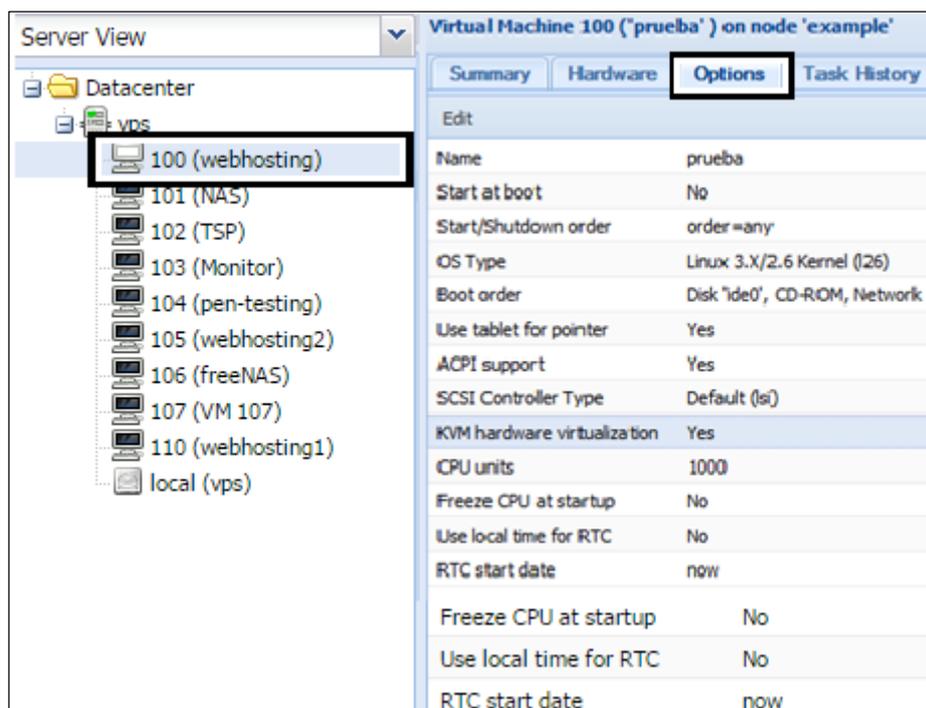


Figura 4.42 Pestaña Options de la MV 100.

2. Como se observa en las figuras 4.43 una MV tiene para el orden de inicio y sus respectivos tiempos

Hacer clic sobre la opción start at boot y cambiarla por yes con el botón edit, para que la instancia virtual se inicie con el equipo, ver figura 4.43.

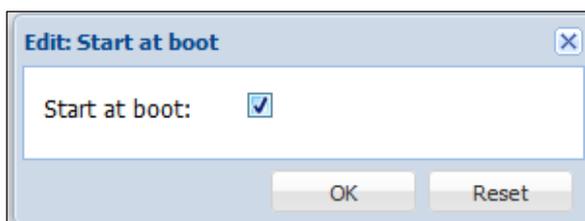


Figura 4.43 Ventana emergente de inicio con sistema de Proxmox.

3. En MVs se puede establecer los tiempos en los cuales una maquina debe iniciar y apagarse; la ventana emergente de la figura 4.44, establece la prioridad y los tiempos en segundos del inicio.

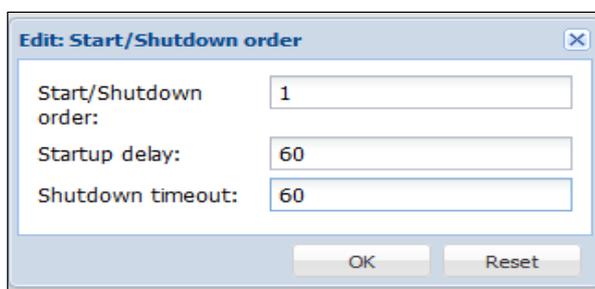


Figura 4.44 Personalización del inicio del servidor Proxmox.

4. Para cada Máquina Virtual se realiza el mismo procedimiento, de esta manera la distribución PROXMOX del Servidor Principal para la red PLC posee las siguientes configuraciones presentadas en la tabla 4.5.

Tabla 4.5

Configuraciones del ambiente virtualizado Proxmox.

Máquina Virtual	Dirección IP	Sistema Operativo
VM100	192.168.1.100	Debian 7 de 64bits
VM101	192.168.1.101	FreeNAS 8.2 de 64bits
VM102	192.168.1.102	Elastix 2.4 de 32bits
VM103	192.168.1.103	Security Onion de 32bits

b. CONFIGURACIÓN PARA SERVICIOS DE LA RED PLC

La configuración se orienta para cada servicio que prestara la red PLC, los cuales se detalla a continuación.

- Configuración del servidor de WebHosting
- Configuración del Servicio de Almacenamiento NAS
- Configuración de un central telefónica de VoIP

- Configuración del servidor monitoreo

b.1 Configuración del servidor de WebHosting

Después de haber instalado satisfactoriamente la distribución Debian 7, se debe enfocar a la configuración e instalación de las aplicaciones que componen la arquitectura LAMP, para lo cual se debe seguir los siguientes pasos en la Shell del Servidor.

1. Cambiar la contraseña de root, debido a que en la instalación por motivos de seguridad, solo se configura la cuenta de administrador; la clave de root que se ha elegido es A11quarK y los comando a ejecutar se muestran en la tabla 4.6:

Tabla 4.6

Tabla de configuración de la clave de root.

Paso	Comando
Cambiar la contraseña de root	webhost@vps#passwd root Enter new UNIX password: Retype new UNIX password:
Loguearse como root	root@vps#powerline

2. La instalación de Debian, configura automáticamente la red para poder obtener una dirección dinámica via DHCP. Sin embargo, para que el sistema esté configurado como servidor, éste debe tener una dirección IP estática. Esto se hace desde el archivo "nano /etc/network /interfaces", donde se definen las configuraciones de las interfaces de red físicas y virtuales.. A continuación se presenta el archivo de configuración de red del servidor principal, ver tabla 18.

Tabla 4.

7 Tabla de configuración de red.

Paso	Comando
Ubicarse en el directorio de los archivos de configuración de red	<code>root@vps# nano /etc/network/interfaces</code>
Agregar las siguientes líneas al archivo	<pre>iface eth0 inet static address 192.168.1.250 netmask 255.255.255.0 Gateway 192.168.1.1 dns-nameservers 8.8.8.8 8.8.4.4</pre>
Reiniciar las interfaces de red	<code>/etc/init.d/networking restart</code>
El nombre del sistema o hostname debe contar solo con el nombre del sistema.	<pre>root@vps# nano /etc/hosts /etc/init.d/hostname restart</pre>
El nombre del servidor debe estar asociado a un nombre completo de dominio y una dirección IP en el archivo <code>nano /etc/hosts</code>	<pre>127.0.0.1 localhost.localdomain localhost 192.168.1.250 vps.espel.edu.ec vps pve localhost</pre>
Comprobar que el nombre del hostname ha cambiado	<code>root@vps# nano /etc/hostname</code>

3. Actualizar el sistema con los comandos:

```
apt - get update y apt - get upgrade
```

4. Instalar el servidor de e-mail y base de datos, ver tabla 4.8.

Tabla 4.8

Comandos para instalación y configuración de postfix.

Paso	Comando
Instalar Postfix, Dovecot, MySQL, phpMyAdmin, rkhunter, binutils	<pre>root@vps# apt-get install postfix postfix-mysql postfix-doc mysql-client mysql-server openssl getmail4 rkhunter binutils dovecot-imapd dovecot-pop3d dovecot-mysql dovecot-sieve sudo</pre>
Responder las siguientes preguntas.	<pre>Password for the MySQL "root" user: rootsqlpassword Repeat password for the MySQL "root" user: rootsqlpassword General type of mail configuration: Internet Site System mail name: webhost.labplc.org</pre>
Abrir puertos TLS/SSL para el servidor de e-mail	
Editar el archivo master.cf	<pre>nano /etc/postfix/master.cf</pre>
Quitar el signo # de las secciones comentadas de smpts y submisión, exceptuando milter_macro_daemon	<pre>El archivo quedaría de la siguiente forma: submission inet n - - - smtp -o syslog_name=postfix/submission -o smtpd_tls_security_level=encrypt -o smtpd_sasl_auth_enable=yes -o Smtpd_client_restrictions= permit_sasl_authenticated.reject milter_macro_daemon_name=ORIGINA TING smtps inet n - - - - smtpd -o syslog_name=postfix/smtps -o smtpd_tls_wrappermode=yes -o smtpd_sasl_auth_enable=yes -o smtpd_client_restrictions=permit_sasl_au thenticated.reject -o milter_macro_daemon_name=ORIGINA TING</pre>
Reiniciar postfix	<pre>service postfix restrt</pre>

5. Instalar Amavisd-new, SpamAssassin, y Clamav, ver tabla 4.9.

Tabla 4.9

Configuración de las herramientas anti-spamming.

Paso	Comando
Instalar Amavisd, SpamAssassin y clamav	<pre>root@vps#apt-get install amavisd-new spamassassin clamav clamav-daemon zoo unzip bzip2 arj nomarch lzop cabextract apt-listchanges libnet-ldap-perl libauthen- sasl-perl clamav-docs daemon libio-string- perl libio-socket-ssl-perl libnet-ident-perl zip libnet-dns-perl</pre>

6. Instalar apache2, PHP5, phpMyAdmin, FCGI, suExec, pear y mcrypt, ver tabla 4.10.

Tabla 4.10

Instalación del servidor web y lenguajes de programación.

Paso	Comando
Instalación del servidor web y los lenguajes de programación	<pre>root@vps#apt-get install apache2 apache2.2-common apache2-doc apache2- mpm-prefork apache2-utils libexpat1 ssl- cert libapache2-mod-php5 php5 php5- common php5-gd php5-mysql php5-imap phpmyadmin php5-cli php5-cgi libapache2-mod-fcgid apache2-suexec php- pear php-auth php5-curl php5-mcrypt mcrypt php5-imagick imagemagick libapache2-mod-suphp libruby libapache2- mod-ruby libapache2-mod-python libapache2-mod-perl2</pre>
Responder las siguientes preguntas	<pre>Web server to reconfigure automatically: apache2 Configure database for phpmyadmin with dbconfig-common? No</pre>
Reiniciar Apache2	<pre>Service apache2 restart</pre>

7. Instalar FTP y cuota, ver tabla 4.11.

Tabla 4.11

Instalación y configuración de FTP

Paso	Comando
Instalación	<code>root@vps#apt-get install pure-ftpd-common pure-ftpd-mysql quota quotatool</code>
Reiniciar el servicio FTP	<code>service pure – ftpd – mysql restart</code>

8. Instalar un cliente de visualización de email, squirrelmail, ver tabla 4.12.

Tabla 4.12

Instalación y configuración de squirrelmail.

Paso	Comando
Instalar squirrelmail	<code>root@vps#apt-get install squirrelmail</code>
Configuración	<code>squirrelmail-configure</code>
Reiniciar apache	<code>service apache2 restart</code>
Editar el archivo squirrelmail.conf	<code>nano /etc/apache2/conf.d/squirrelmail.conf</code>
Crear un directorio temporal para squirrelmail	<code>mkdir /var/lib/squirrelmail/tmp</code>
Reiniciar apache	<code>service apache2 restart</code>
Testear que está funcionando con el siguiente url	<code>http://192.168.1.100/mail</code>
Reiniciar apache	<code>service apache2 restart</code>

9. Instalación y configuración de ISPconfig3, ver tabla 4.13.

Tabla 4.13

Instalación y configuración de ISPConfig3.

Paso	Comando
Descargar ISPConfig3	<pre> root@vps#cd /tmp wget http://www.ispconfig.org/downloads/ISPCon fig-3- stable.tar.gz tar xzf ISPConfig-3-stable.tar.gz cd ispconfig3_install/install/ </pre>
Correr el script de instalación	<pre> php -q install.php </pre>
Responder las siguientes preguntas	<pre> Select language (en,de) [en]: Enter Installation mode (standard,expert) [standard]: Enter Full qualified hostname (FQDN) of the server, eg server1.domain.tld [webhost.lab- plc.org]: Enter MySQL server hostname [localhost]: Enter MySQL root username [root]: Enter MySQL root password []: A100quarK MySQL database to create [dbispconfig]:Enter MySQL charset [utf8]: Enter Country Name (2 letter code) [AU]: Enter State or Province Name (full name) [Some- State]: Enter Locality Name (eg, city) []:Enter Organization Name (eg, company) [Internet Widgits Pty Ltd]: Enter Organizational Unit Name (eg, section) []:Enter Common Name (e.g. server FQDN or YOUR name) []:Enter Email Address []:Enter Configuring Jailkit Configuring Dovecot Configuring Spamassassin Configuring Amavisd Configuring Getmail Configuring Pureftpd Configuring BIND </pre>

CONTINÚA 

Configuring Apache
 Configuring Vlogger
 Configuring Apps vhost
 Configuring Bastille Firewall
 Configuring Fail2ban
 Installing ISPConfig
 ISPConfig Port [8080]: Enter
 Do you want a secure (SSL) connection to
 the ISPConfig web interface (y,n) [y]: Enter

b.1.1 Entorno ISPConfig

ISPConfig3 bajo Debian 7 (Wheezy) es un software que permitirá a los usuarios de la Red PLC en el Laboratorio administrar servidores, gestionar sitios web, direcciones de correo electrónico y los registros DNS, a través de una interfaz web.

1. Testear el uso de ISPConfig 3 en la siguiente dirección <https://192.168.1.100:8080/>, las credenciales son: usuario admin y password: admin, ver figura 4.45 y 4.46



Figura 4.45 Página de inicio de ISPConfig3.

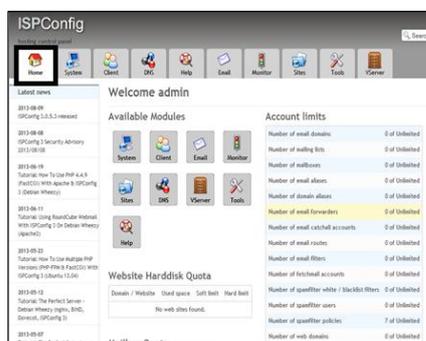


Figura 4.46 Página de inicio de ISPConfig3.

2. Cambiar la contraseña de administrador a A100quarK en la pestaña de sistema, ver figura 4.47.

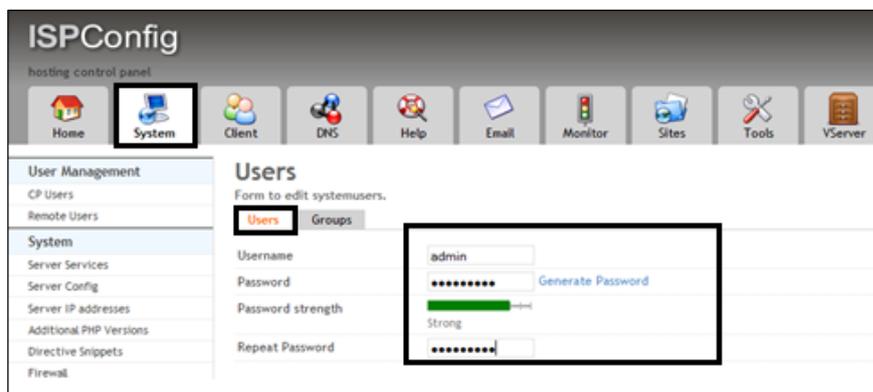


Figura 4.47 Cambio de contraseña de administrador de ISPConfig3.

A continuación se describe el uso de servicios de internet con un enfoque comercial de web hosting, resaltando el uso de protocolos web. Por lo tanto se tratan los siguientes temas:

- Creación de usuarios en la VPS web hosting
- Creación de sitios web
- Creación de base de datos
- Creación de usuarios ftp

b.1.2 Creación de Usuarios en la VPS Web Hosting

La presente sección describe cómo utilizar la interfaz Web ISPConfig para la creación de usuarios de tipo:

- Administrador
- Revendedor
- Cliente final

b.1.2.1 Administrador

Un usuario administrador en el web-panel ISPConfig tiene los siguientes privilegios:

- Cambiar las propiedades del o los servidores
- Visualización de estadísticas por usuario
- Crear y administrar revendedores y clientes
- Crear copias de seguridad de las base de datos de ISPConfig
- Editar las entradas DNS
- Privilegios de revendedor y de cliente

1. Dirigirse a la pestaña Sistema => Usuario del panel, ver figura 4.48.

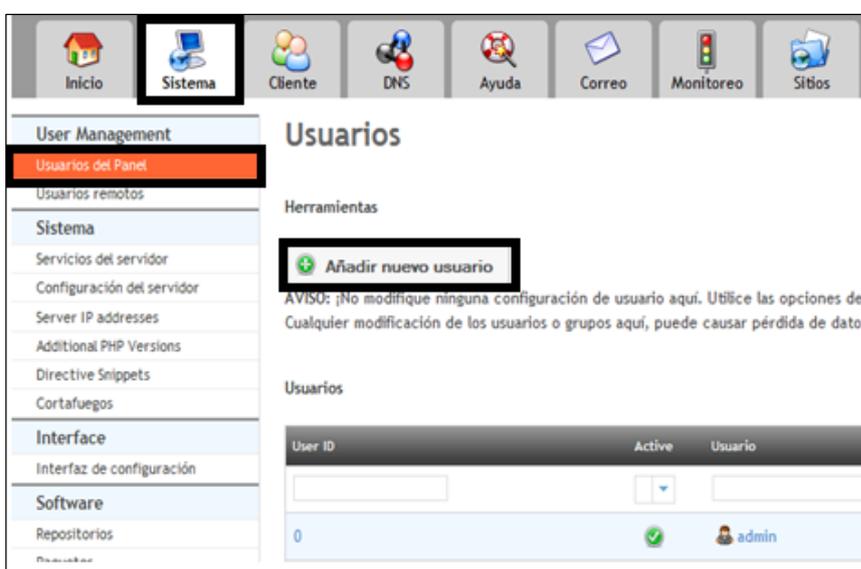


Figura 4.48 Interfaz web de ISPConfig3.

2. Agregar nuevo usuario, llenando los campos nombre de usuario y su respectiva clave, ver figura 4.49.



Figura 4.49 Creación de usuario administrador secundario.

3. Establecer los módulos que podrá observar este usuario, ver figura 4.50.

Módulo	
	<input checked="" type="checkbox"/> sites
	<input type="checkbox"/> help
	<input checked="" type="checkbox"/> admin
	<input checked="" type="checkbox"/> tools
	<input checked="" type="checkbox"/> vm
	<input checked="" type="checkbox"/> monitor
	<input checked="" type="checkbox"/> dashboard
	<input checked="" type="checkbox"/> mail
	<input checked="" type="checkbox"/> dns
	<input checked="" type="checkbox"/> client

Figura 4.50 Módulos de usuario de ISPConfig.

4. Establecer el módulo inicial y activar la cuenta, ver figura 4.51.

Módulo inicial	dashboard
Defecto	<input checked="" type="radio"/> default
Tipo	<input checked="" type="radio"/> user <input type="radio"/> admin
Activar	<input checked="" type="checkbox"/>
Idioma	es
<input checked="" type="button" value="Guardar"/> <input type="button" value="Cancelar"/>	

Figura 4.51 Usuarios para el panel.

b.1.2.2 Revendedor

Un usuario tipo revendedor en el web-panel ISPConfig tiene los siguientes privilegios:

- Crear y administrar clientes
- Crear y administrar sitios web
- Crear entradas DNS
- Privilegios de cliente

Para crear un usuario tipo revendedor se realiza los siguientes pasos:

1. Previamente iniciado sesión en ISPConfig dirigirse a la pestaña Clientes, la opción Añadir Revendedor, ver figura 4.52.

The screenshot shows the ISPConfig interface with the 'Reseller' form. The 'Clientes' menu is highlighted, and the 'Añadir revendedor' option is selected. The form contains the following fields and values:

Nombre de la empresa	espej
Nombre de contacto*	mirian
Número Cliente	1
Usuario*	admin
Contraseña	*****
Fortaleza de la contraseña	Good
Repeat Password	*****
The passwords do match.	
Idioma	es
Tema	default
Calle	junin
Código Postal	
Localidad	
Estado o provincia	
Pais	
Idioma	es
Tema	default
Calle	junin
Código Postal	
Localidad	
Estado o provincia	

Figura 4.52 Datos en el sistema del revendedor.

2. Llenar los datos administrativos del revendedor, ver figura 4.53.

Idioma	es
Tema	default
Calle	Junin
Código Postal	
Localidad	
Estado o provincia	Cotopaxi
Pais	Ecuador
Teléfono fijo	032813454
Móvil o celular	09543345
Fax	
Correo	mirian_orbea@yahoo.com
Internet	http://
ICQ	
VAT ID	
Company/Entrepreneur ID	Espe
Bank account owner	
Bank account no.	
Bank code	
Bank name	
IBAN	
BIC / Swift	
PayPal Email	
Notas	

Figura 4.53 Datos administrativos de revendedor.

3. Pasarse a la pestaña límites para establecer los limitantes del revendedor en el web-hosting, ver figura 4.54, donde -1 significa ilimitado.

Web Limits	
Servidor web por defecto	webhost.lab-plc.org
Número máximo de dominios	-1
Cuota Web	-1 MB
Cuota de Tráfico	-1 MB
Opciones PHP	<input checked="" type="checkbox"/> Disabled <input checked="" type="checkbox"/> Fast-CGI <input checked="" type="checkbox"/> CGI <input checked="" type="checkbox"/> Mod-PHP <input checked="" type="checkbox"/> SuPHP <input checked="" type="checkbox"/> PHP-FPM
CGI available	<input checked="" type="checkbox"/>
SSI available	<input checked="" type="checkbox"/>
Perl available	<input checked="" type="checkbox"/>
Ruby available	<input checked="" type="checkbox"/>
Python available	<input checked="" type="checkbox"/>

Figura 4.54 Limitantes de revendedor.

En el paso anterior se establecen y se personaliza las funciones del revendedor, por lo general se lo deja por defecto

b.2.2.3 Cliente final

Un usuario tipo cliente en el web-panel ISPCConfig tiene los siguientes privilegios:

- Leer los datos básicos del sitio y sus estadísticas
- Crear y administrar usuarios y cuentas de correo
- Crear y administrar sub-dominios
- Pedir certificados SSL (opcional)
- Administrar el acceso a bases de datos MySQL

Para añadir un cliente al sistema se realiza los siguientes pasos:

1. Dirigirse a la pestaña clientes, opción añadir cliente, ver figura 4.55.

Figura 4.55 Creación de un cliente en ISPConfig.

2. Llenar los datos administrativos, de la misma manera como se realiza para un revendedor
3. Llenar los límites para los clientes, para lo cual solo se dará un número de dominios limitado, acorde al plan que adquiere.
4. Una plantilla de cliente se debe crear acorde el número de dominios que puede crear un cliente como límite.

b.1.3 Creación de Sitios Web

La creación de sitios web es asignar un espacio de disco duro a una carpeta publica, que asociada a una zona DNS, permite ver una página en internet. Para la creación de un sitio web en ISPConfig se debe seguir los siguientes pasos:

1. Dirigirse a la pestaña Sitios y la opción sitio web, ver figura 4.56.

Web Domain	
Dominio	
Servidor	webhosting.lab-plc.org
Cliente	electro :: electrón
IPv4-Address	*
IPv6-Address	
Dominio	electronica.org
Cuota disco duro	-1 MB
Cuota de tráfico	-1 MB
CGI	<input checked="" type="checkbox"/>
SSL	<input checked="" type="checkbox"/>
Perl	<input checked="" type="checkbox"/>
Ruby	<input checked="" type="checkbox"/>
Python	<input checked="" type="checkbox"/>
SuEXEC	<input checked="" type="checkbox"/>
Documentos propios de error	<input checked="" type="checkbox"/>
Auto-Subdominio	www.
SSL	<input type="checkbox"/>
PHP	Fast-CGI
PHP Version	Default
Activar	<input checked="" type="checkbox"/>

Figura 4.56 Creación de sitios web.

Como se puede observar en la figura, los datos necesarios son el servidor donde se encuentra, el cliente, la dirección ip4 en caso de usar un servidor web externo, además de ipv6 en caso de soportarlo, el dominio y los lenguajes a utilizar.

Las demás pestañas pueden ayudar al usuario a realizar backups o crear una llave SSL, e inclusive dar una clave para las estadísticas de webalizer

2. Crear la zona DNS en la pestaña DNS, añadir Zona con asistente, ver figura 4.57.

DNS Zone Wizard	
Planilla	Default
Servidor	webhosting.lab-plc.org
Cliente	electro :: electrón
Dominio	electronica.org
Dirección IP	192.168.1.100
NS 1	192.168.1.100
NS 2	192.168.1.100
Correo	admin@electronica.org

Figura 4.57 Zona DNS.

3. Realizar pruebas, ejecutando el link en cualquier navegador como por ejemplo www.electronica.org, que muestra la figura 4.58.

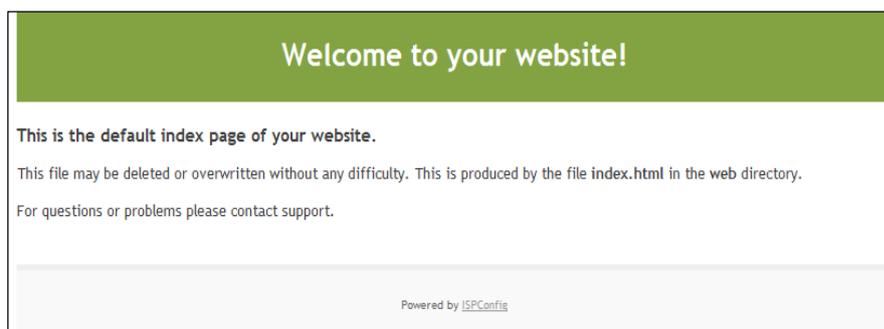


Figura 4.58 Página web por defecto de ISPConfig.

Para iniciar sesión desde el nuevo dominio se utiliza el link siguiente: <https://www.electronica.org:8080>.

b.2.3 Creación de Base de Datos

Una base de datos es un conjunto de datos de un mismo contexto y almacenados sistemáticamente para su posterior uso. La creación de bases de datos lleva un papel muy importante en un web hosting, debido a que es usado para gestores de contenido que permiten la actualización en tiempo real de la información de una página web. Los gestores de contenido de Julior uso son: drupal, wordpress y joomla. Para realizar la creación de bases datos se realiza los siguientes pasos:

1. Crear el usuario de la base de datos, para lo cual se debe dirigirse a la pestaña Sitios opción Database users, ver figura 4.59.

Base de datos	
Servidor	webhosting.lab-plc.org
Site	electronica.org
Tipo	MySQL
Nombre BD	c21
Usuario BD	c2select
Read-only database user	optional
Tabla de caracteres BD	
Acceso remoto	<input checked="" type="checkbox"/>
IPs de acceso remoto (separadas por ,) (dejar en blanco para admitir cualquier)	
Activar	<input checked="" type="checkbox"/>

Figura 4.59 Creación de usuarios para base de datos.

Como se puede observar en la figura 4.59, los datos necesarios son un nombre nuevo y las contraseñas.

2. Crear la base datos que se asocia al respectivo usuario, para lo cual en la misma pestaña pulsar en la opción base de datos, ver figura 4.60.

Base de datos	
Servidor	webhosting.lab-plc.org
Site	electronica.org
Tipo	MySQL
Nombre BD	c21
Usuario BD	c2select
Read-only database user	optional
Tabla de caracteres BD	
Acceso remoto	<input checked="" type="checkbox"/>
IPs de acceso remoto (separadas por ,) (dejar en blanco para admitir cualquier)	
Activar	<input checked="" type="checkbox"/>

Figura 4.60 Creación de bases de datos.

Como se observa en la imagen 4.60, los datos a llenar en el formulario son el usuario de la base de datos previamente creado, la base de datos y marcar la casilla de acceso remoto y activar.

La base de datos ya está creada, lo único restante es usarla en algún gestor de contenido o servicio web (WordPress).

b.2.4 Creación de Clientes FTP

La transmisión de archivos entre un ordenador personal y un servidor se hace mediante un protocolo denominado FTP y que se corresponde con la terminología inglesa File Transfer Protocol.

La creación de usuarios ftp en un web hosting es necesaria para transferir los archivos necesarios para el funcionamiento de la página web, para lo cual el usuario necesitara un cliente FTP. Hay diferentes alternativas para ello. Una de ellas, de gran interés, es Filezilla. A continuación se describen los pasos para configurar un usuario de FTP y su posterior inicio de sesión en el servidor.

Sitios web	FTP User Opciones
Sitio web	Sitio web: electronica.org
Subdominio	Usuario: electronicaelec
Alias de dominio	Contraseña: <input type="password"/> Generate Password
Base de datos	Fortaleza de la contraseña: <input type="password"/> Too short
Base de datos	Repeat Password: <input type="password"/>
Database Users	The passwords do match.
Web Access	Cuota de disco: -1 MB
Usuario FTP	Activar: <input checked="" type="checkbox"/>
Usuario de Webdav	
Protected Folders	
Protected Folder Users	
Command Line	
Usuario de consola	
Cron Jobs	
ADC Installer	

Figura 4.61 Usuarios FTP.

b.1.6 Creación de página Web con Wordpress

WordPress es una avanzada plataforma semántica de publicación personal orientada a la estética, los estándares web y la usabilidad, además es libre y, al mismo tiempo, gratuito.

Con WordPress se crea una página Web (electrónica.org) que estará disponible para los usuarios de la Red PLC en el Laboratorio de Comunicaciones.

a. Requerimientos previos para instalar y configurar Wordpress

Antes de empezar la instalación de WordPress, hay varias cosas que se necesita tener y hacer, detalladas a continuación.

- Para que la página web pueda ser visitada por los usuarios, adicional al nombre de dominio, se debe contratar con un servicio de hospedaje (web hosting) dentro del servidor principal conectado a la Red PLC, este se encarga de ofrecer un espacio físico para que el contenido del sitio web esté disponible y los visitantes encuentren lo que buscan cuando den clic en un enlace o ingresen tu dirección web en su navegador. Para la red PLC se tiene el hospedaje web en la máquina virtual #100, la cual cuenta con los requisitos para instalar WordPress.
- El servidor necesita de una base de datos para guardar todos los datos de la web o blog. Esta base debe ser del tipo MySQL,
- Para poder subir al servidor los archivos de WordPress, se necesita algún medio. Lo normal es usar una cuenta FTP. En este caso se ocupa FileZilla.

b. Pasos Para Instalar y Configurar WordPress

1. Entrar al panel de control de nuestro hosting y crear una nueva base de datos MySQL. Esta Base de Datos ya fue creada y detallada anteriormente con sus pasos en la sección b.1.4 de la que se queda con los siguientes datos necesarios para la instalación.

- Nombre de la base de datos: "c10bd_tesis"
- Usuario de la base de datos: "c10user_bd"

- Contraseña: "CYIBX1voXXzj"
 - Servidor: 192.168.1.100
2. Crear/Configurar una cuenta de FTP, mediante la cual se puede subir los archivos de WordPress a nuestro hosting. Esta cuenta ya fue creada y detallada anteriormente con sus pasos en la sección b.1.5 de la que se queda con los siguientes datos necesarios para conectarse con FileZilla.

- Usuario FTP: "electronicaelec"
- Contraseña FTP: "HaWdeSTO1NM"
- Servidor: 192.168.1.100

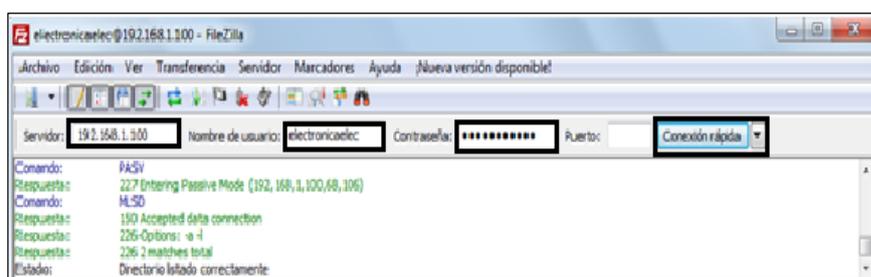


Figura 4.62 Cliente FTP Filezilla

3. Descarga el paquete de la última versión WordPress y descomprímelo en una carpeta vacía de tu ordenador.

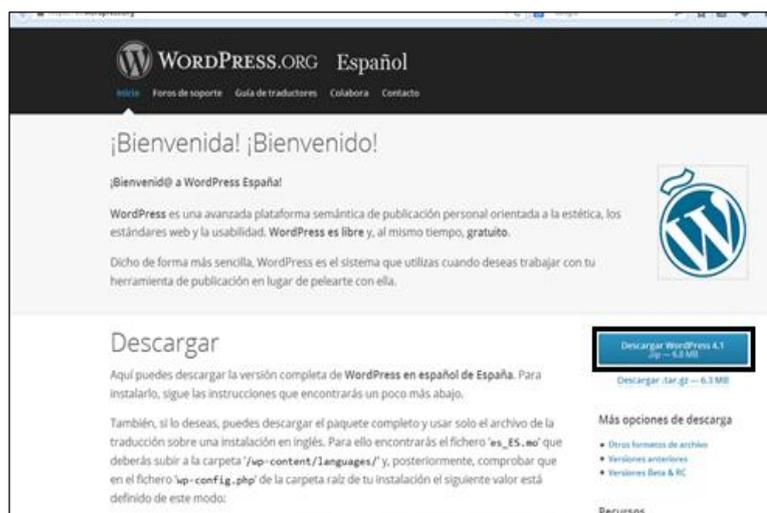


Figura 4.63 Panel de Bienvenida de Wordpress

4. Abrir el archivo wp-config-sample.php con un editor de texto y rellena los datos de la conexión a tu base de datos. Ver figura 4.64 y 4.65.

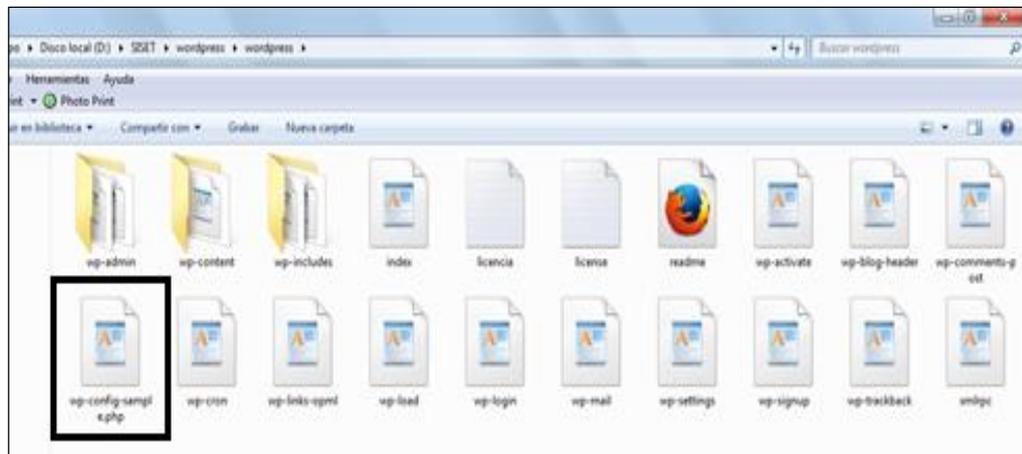


Figura 4.64 Archivos de Wordpress.

```

*
* @package WordPress
*/

// ** Ajustes de MySQL. Solicita estos datos a tu proveedor de
alojamiento web. ** //
/** El nombre de tu base de datos de WordPress */
define('DB_NAME', 'c10bd_tesis');

/** Tu nombre de usuario de MySQL */
define('DB_USER', 'c10user_bd');

/** Tu contraseña de MySQL */
define('DB_PASSWORD', 'CYIBX1voXXzj');

/** Host de MySQL (es muy probable que no necesites cambiarlo)
*/
define('DB_HOST', '192.168.1.100');

```

Figura 4.65 Archivo wp-config-sample.php

5. Guarda el archivo como wp-config.php.

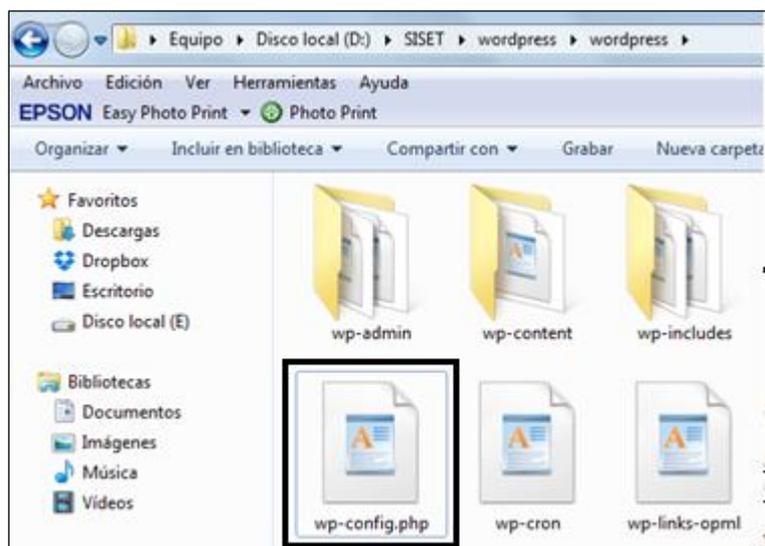


Figura 4.66 Archivo wp-config.php

6. Seguidamente subir, halando todos los ficheros de la carpeta “wordpress” a nuestro servidor mediante FTP (Filezilla) en la carpeta Web desplegada en el panel derecho.

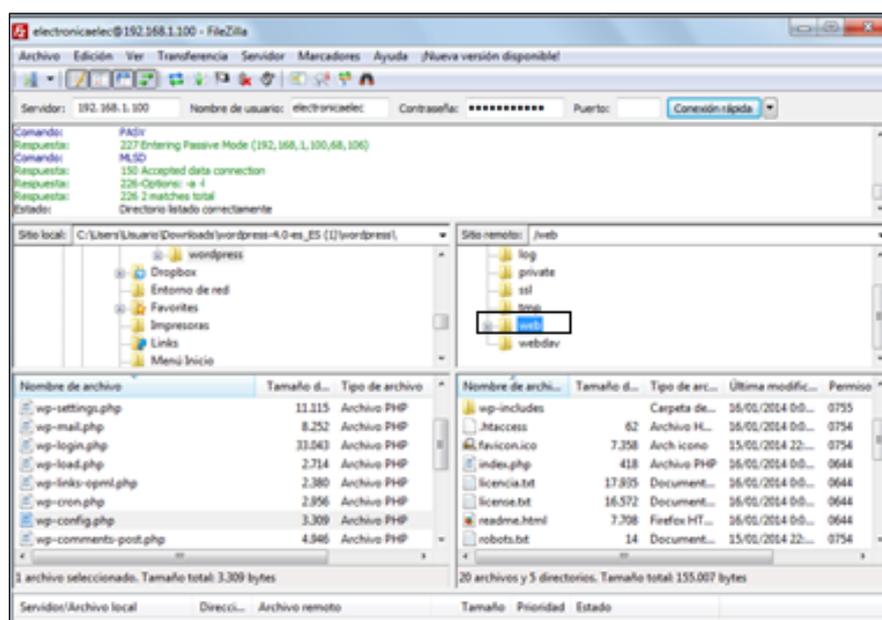


Figura 4.67 Archivos Wordpress subidos a FileZila.

7. Una vez subidos los archivos de WordPress, en el navegador se digita <http://electronicaelec.com/wp-admin/install.php>. Con esto deberán crearse las tablas necesarias para tu sitio.

Se genera una nueva pantalla con texto de bienvenida y la información necesaria que te solicitará WordPress para la instalación mostrado en la figura 4.68. Los datos que necesitas son:

- Título del sitio.- Este título es como se llamará tu sitio una vez instalado.
- Nombre de usuario.- Es el nombre con el que se acceder al panel de administración de WordPress. Escribir admin.
- Password, dos veces.- Es la contraseña con la que permite acceder al panel de administración de WordPress.

Figura 4.68 Panel de Bienvenida de WordPress.

8. A continuación, pulsa el botón "Instalar Wordpress".

Si la información en el paso anterior se ha introducido correctamente, tiene que salir una pantalla informando, que todo se ha desarrollado con "éxito". Esta pantalla muestra un campo con el nombre de usuario llamado "Admin" y la contraseña temporal. Pulsar el botón "Acceder".



Figura 4.69 Acceso a Wordpress.

9. Seguidamente se muestra el panel de WordPress donde se puede comenzar a diseñar la página Web, introduciendo contenidos, cambiar los temas, etc.

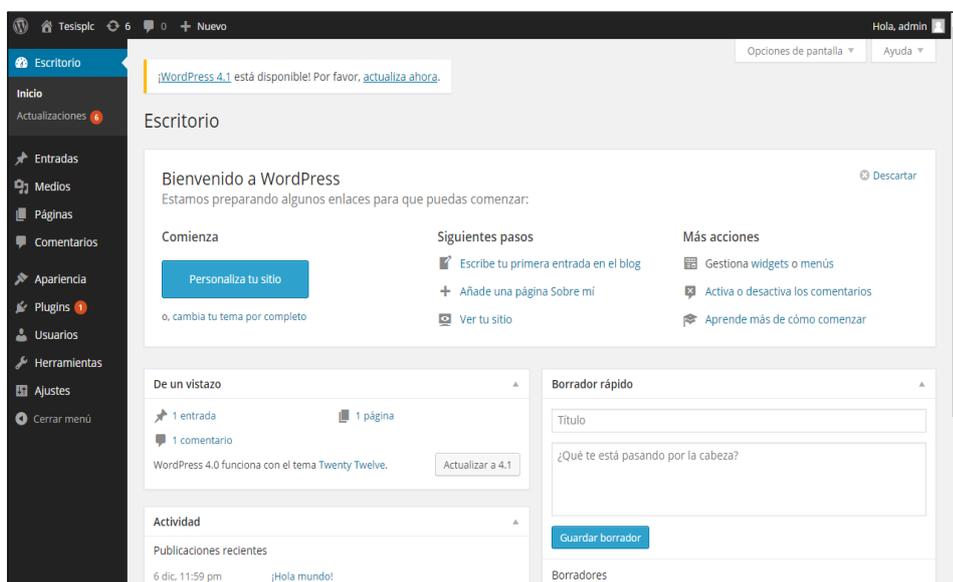


Figura 4.70 Panel de Wordpress para editar Páginas Web.

b.1.7. Creación de e-mails

La creación de e-mails en un web hosting es uno de los puntos vitales de los servicios por internet, para lo cual el cliente inicia sesión y se dirige a la pestaña de correo. A continuación se describen los pasos para configurar un dominio para e-mails y su posterior inicio de sesión en el servidor y envío de datos.

1. Hacer clic en la pestaña Correos, opción Dominio, ver figura 4.71.



Figura 4.71 Menú de correos en el web-panel ISPConfig.

2. Clic en el botón añadir dominio, llenarlo con los datos respectivos, a continuación la figura 4.72 muestra un ejemplo.



Figura 4.72 Dominio de ejemplo para el servidor de e-mail.

3. Dirigirse a la opción “buzón de correo”, donde se crearan los respectivos e-mails, ver figura 4.73.



Figura 4.73 Vista del panel de creación de e-mails.

4. Crear el buzón, a continuación la figura 4.74 muestra un ejemplo.

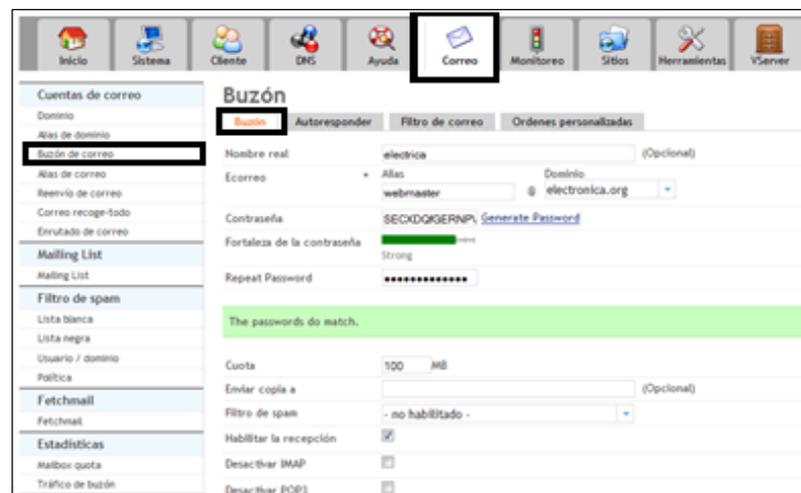


Figura 4.74 Creación de un e-mail.

5. Verificar el funcionamiento del buzón, ver figura 4.75 y 4.76.



Figura 4.75 Inicio de sesión del e-mail creado

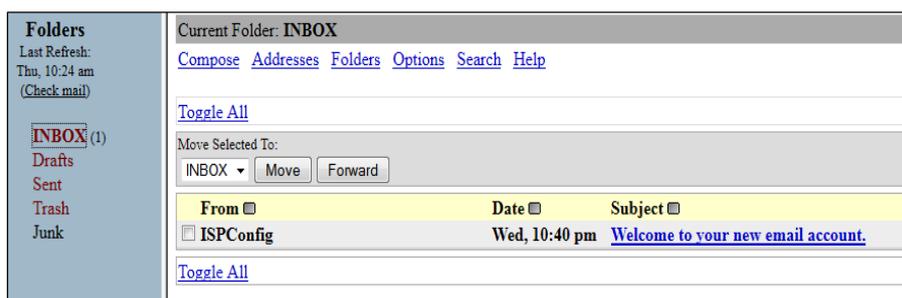


Figura 4.76 Inicio de sesión del e-mail creado.

6. Enviar un e-mail, haciendo clic en Compose, ver figura 4.77

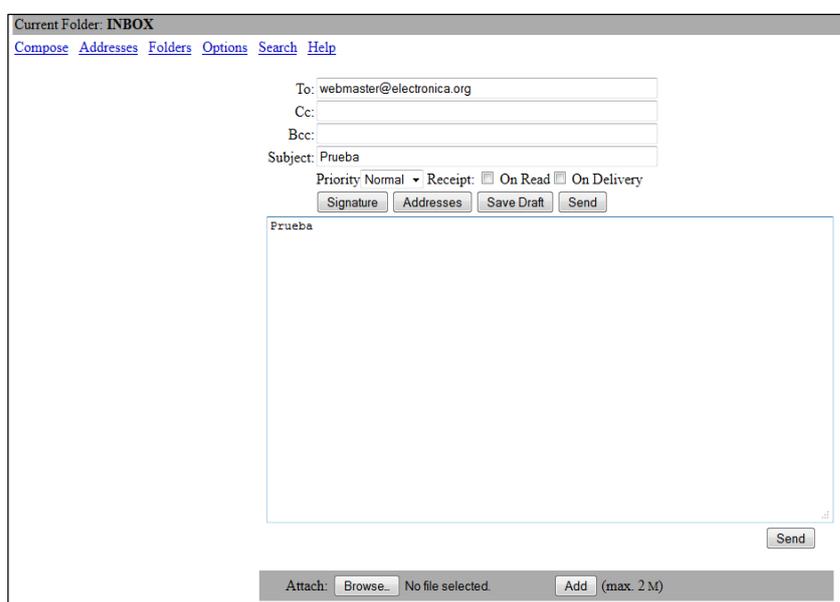


Figura 4.77 Edición de un e-mail.

c. Configuración del Servicio de Almacenamiento NAS

NAS (Almacenamiento conectado a red) permite el acceso a ficheros de datos a un amplio conjunto de clientes de la Red PLC, desde cualquier ordenador.

El almacenamiento NAS de la red de datos PLC funciona sobre la distribución libre FreeNAS y la VPS 101, el acceso se realiza mediante cualquier navegador con la dirección <https://192.168.1.101:446/>, usuario: admin y clave powerline101 de la siguiente manera:

1. Ingresar a la interfaz Web, ver figura 4.78 y 4.79.



Figura 4.78 Verificación de credenciales en FreeNAS.

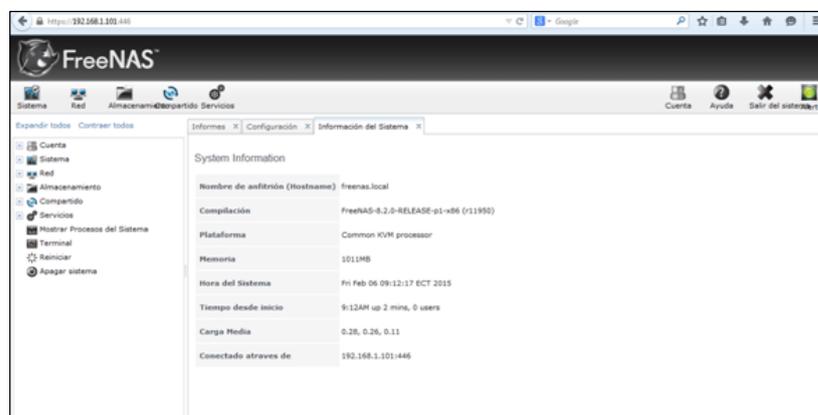


Figura 4.79 Panel de Inicio FreeNAS.

2. Cambiar la clave de administrador powerline101, en caso de requerirlo, ver figura 4.80.



Figura 4.80 Ventana de cambio de contraseña en freeNAS.

Configurar el Gateway y los servidores de dominio, ver figura 4.81

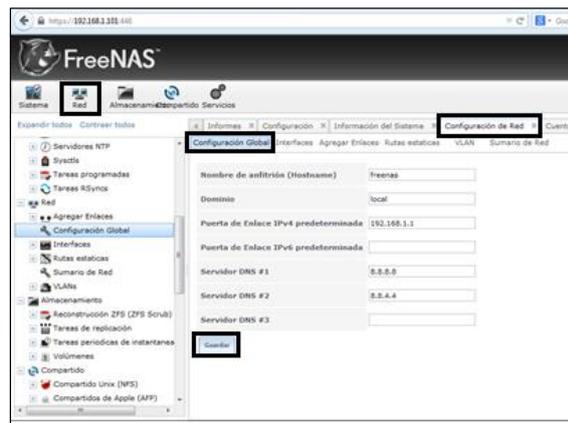


Figura 4.81 Configuración global de freeNAS.

3. Configurar la interfaz de red, ver figura 4.82.

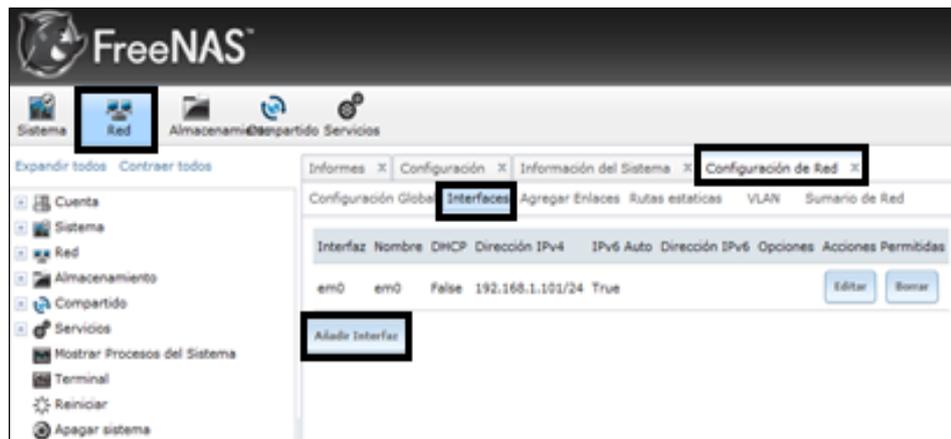


Figura 4.82 Acceso a Interfaz.

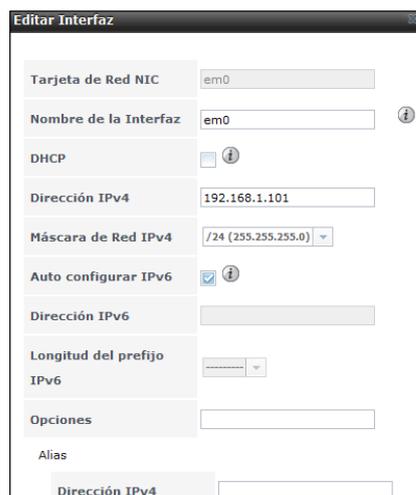


Figura 4.83 Configuración de la interfaz de red en freeNAS.

- Configurar del acceso a la interfaz web, con protocolo seguro HTTPS y el 446, ver figura 4.84.



Figura 4.84 Configuración de la interfaz web en freeNAS.

- Crear un nuevo Volumen ZFS en la pestaña de storage o almacenamiento según le idioma, ver figura 4.85 y 4.86.

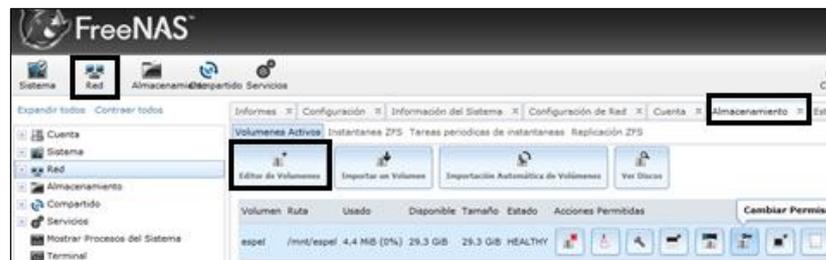


Figura 4.85 Acceso a creación de Volúmenes

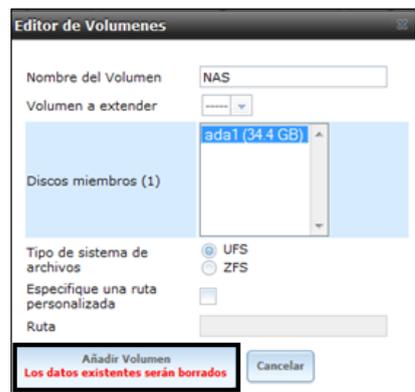


Figura 4.86 Ventana de creación de volúmenes

Cambiar los permisos del volumen, para que cualquier usuario sea capaz de utilizarlo sin necesidad de permisos, ver figura 4.87 y 4.88.



Figura 4.87 Acceso a Permisos de Volúmenes

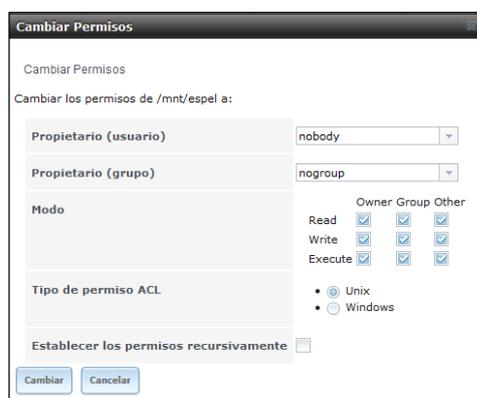


Figura 4.88 Ventana de permisos de volumen.

7. Configurar el volumen para trabajar en Windows, desde la pestaña sharing o compartidos, sub pestaña Samba, agregar Windows ESPE share, ver figura 4.89 y 4.90.

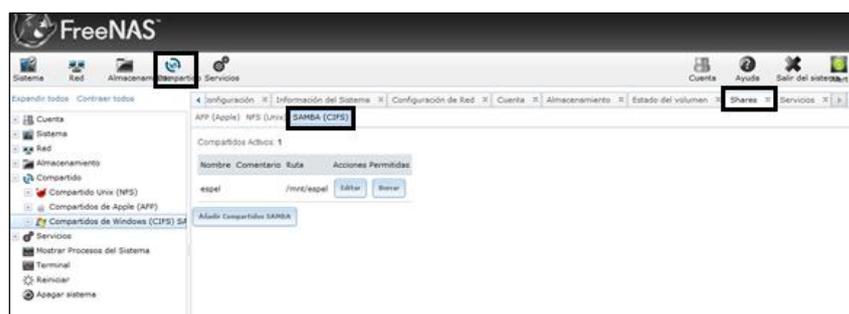


Figura 4.89 Acceso configuración compartición para Windows.

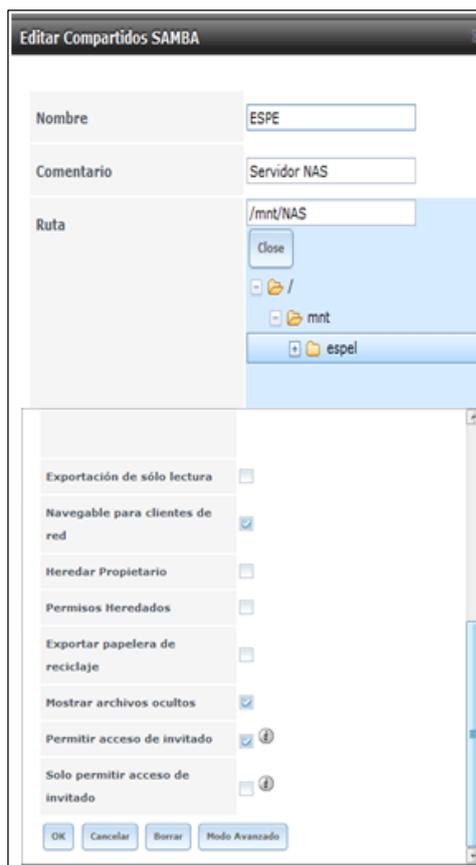


Figura 4.90 Vista de configuración de compartición para Windows.

8. Seguido configurar el servicio Samba, en la pestaña de servicios para permitir el uso de usuarios sin credenciales y para sistemas de 64 bits, ver figura 4.92 y 4.93.



Figura 4.91 Acceso al servicio Samba.

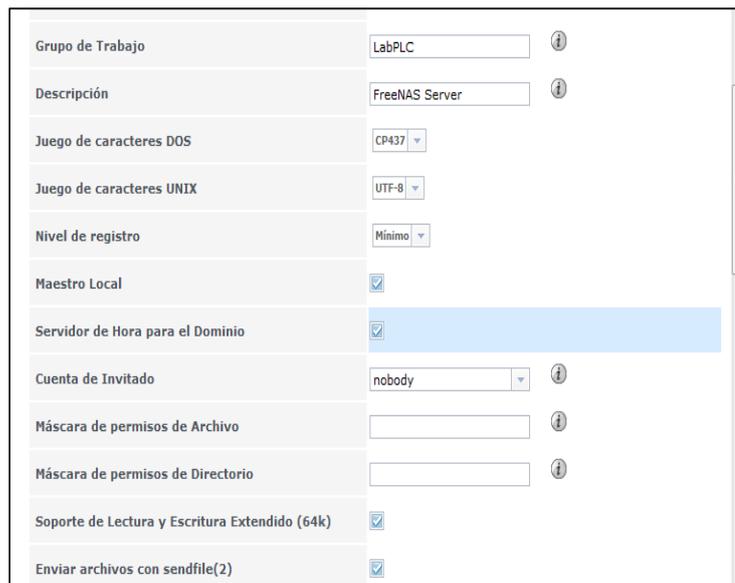


Figura 4.92 Configuración del servicio CIFS.

- Una vez hecho esto, ya se puede acceder a la carpeta para incluir cualquier archivo y compartir con todos los usuarios de la Red PLC. Para ello, se va a la pestaña de Red en cualquier equipo que conforma la Red PLC. Ver figura 4.94.

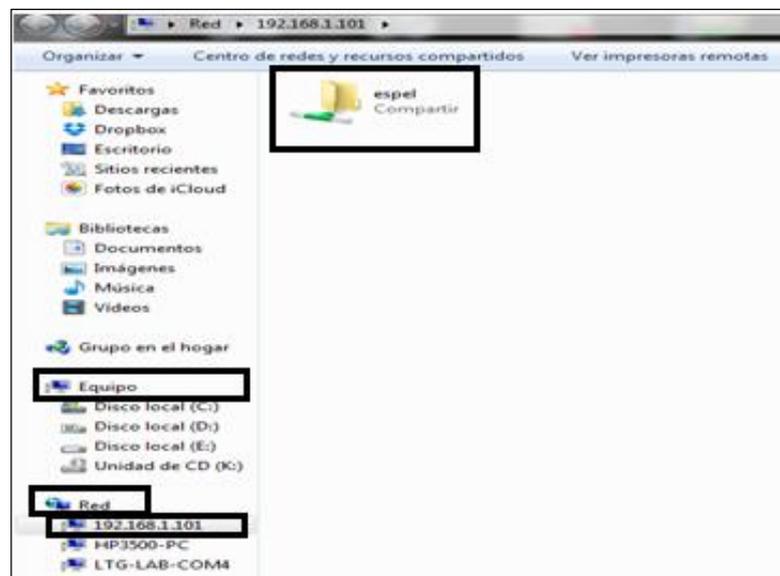


Figura 4.93 Acceso a la Capeta de Compartición.

d. Configuración de un Central Telefónica de VoIP

Voz sobre IP hace posible que la señal de voz viaje a través de la Red PLC.

La central de VoIP corre sobre la distribución Elastix 2.4 y en la VPS 102, cuya configuración se realizó en los pasos siguientes:

1. Crear extensiones dirigiéndose a la pestaña PBX =>Add Extensiones, esto se debe realizar sin clave debido a que es para uso en intranet, ver figura A3.16

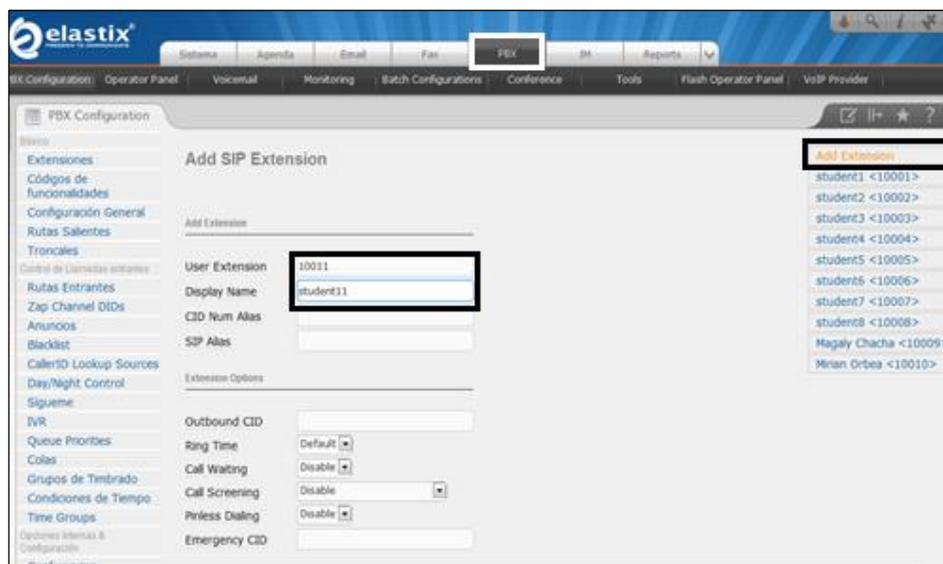


Figura 4.94 Creación de extensiones sin clave.

2. La verificación se realiza con el softphone Ekiga, agregando la cuenta SIP al teléfono en la pestaña Editar, sub pestaña cuentas, ver figura 4.96

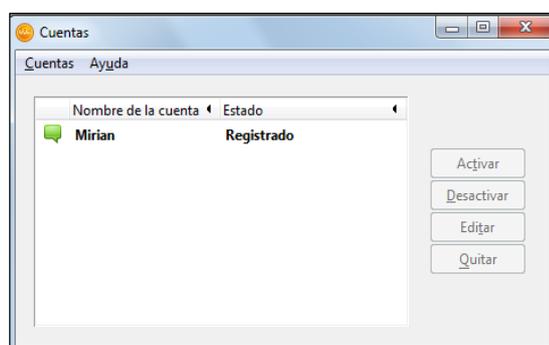


Figura 4.95 Ventana de configuración de cuentas de softphone.

3. Agregar la cuenta sip en la pestaña Editar => cuenta, opción agregar cuenta sip utilizando las credenciales de la extensión como se muestra en la figura 4.97

Editar cuenta

Actualice los siguientes campos:

Nombre: Mirian

Servidor de registro: 192.168.1.102

Usuario: 10010

Usuario para autenticación: 10010

Contraseña:

Tiempo de expiración: 3600

Activar cuenta

Cancel OK

Figura 4.96 Edición de una cuenta SIP en Ekiga.

4. Para verificar las llamadas se agrega al directorio una de las extensiones que se esté utilizando, ver figura 4.98.

Añadir a la lista local

Rellene este formulario para añadir un nuevo contacto a la lista interna de Ekiga

Nombre: student3

Dirección: sip:10003@192.168.1.2

Poner los contactos en grupos:

Amigo

Asistente

Asociado

Familia

Servicios

Añadir grupo

Cancel OK

Figura 4.97 Ventana de directorio de Ekiga.

5. Realizar una llamada como se muestra en la figura 4.98 y 4.99

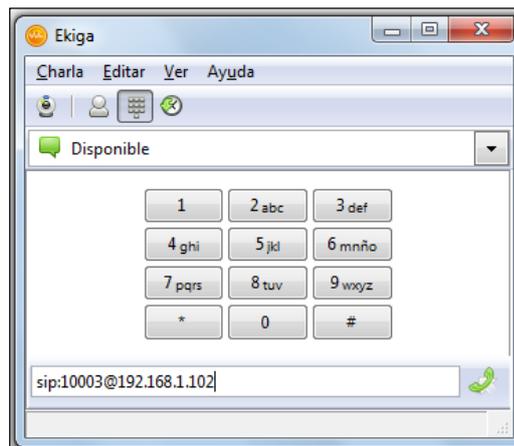


Figura 4.98 Ventana de marcación a extensiones SIP de la misma red.

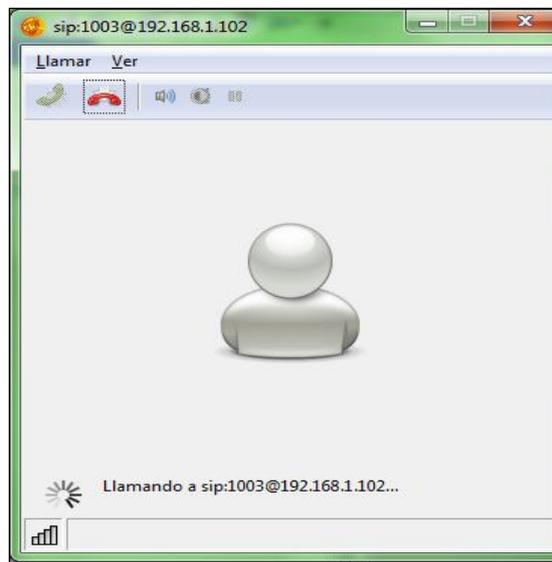


Figura 4.99 Ventana emergente de la llamada actual.

e. Configuración del Servidor Monitoreo

El monitoreo de red describe el uso de un sistema que constantemente monitoriza la red PLC en busca de componentes defectuosos o lentos

1. Para ingresar a las interfaces de configuración y visualización de eventos de Squert se debe ingresar en cualquier navegador a la dirección

<https://192.168.1.103/squert/> con las credenciales monitor y la clave A103quarK, ver figura 4.100.

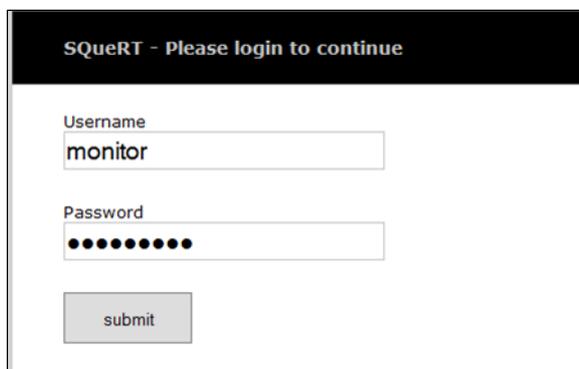


Figura 4.100 Ventana de ingreso de Squert.

2. Se visualiza la interfaz mostrada en la figura 4.102

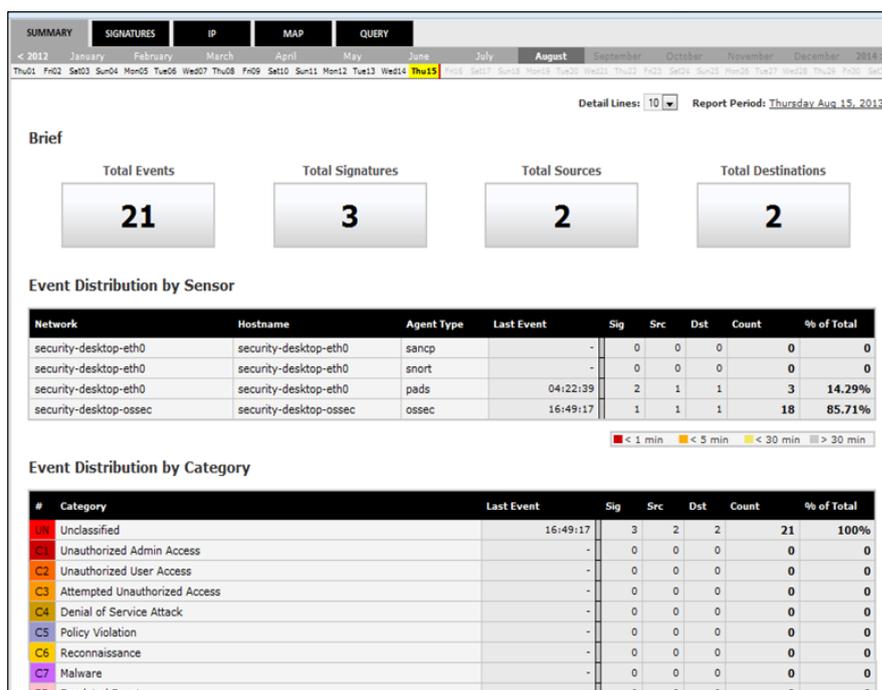


Figura 4.101 Interfaz de Squert.

4.4 Conexión Física de Equipos

Esta parte describe la instalación de los equipos PLC de la marca CORINEX, para ser desplegados en un Laboratorio, enfocándose al siguiente tema:

4.4.1 Conexión del Cableado en Equipos

La presente sección describe cómo conectar el cableado de cada equipo PLC ya sea en AC o en DC, de los cuales se analiza los siguientes:

- Gateway PLC CORINEX de baja tensión
- CPE PLC CORINEX.
- Filtro de ruido CORINEX.

a. Gateway Power Line Communications de Baja Tensión

El Gateway PLC posee varios conectores, que son para corriente alterna, corriente directa, Ethernet, serial rs485, tierra y coaxial, de lo cual para la red de datos se ocupan el puerto AC, el de red y la tierra en caso de haberla.

Se puede conectar directamente a un máximo de 31 módems CPE. Este Gateway básico puede ser utilizado en una red pequeña. A continuación la figura 4.102 muestra los conectores.

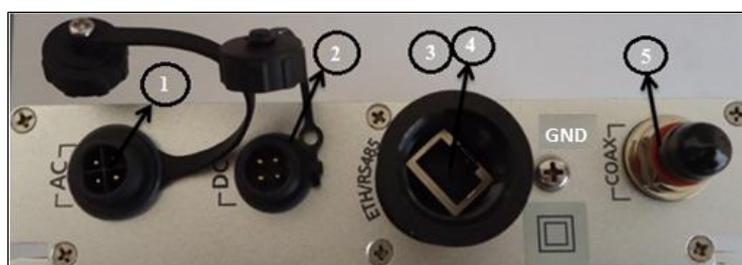


Figura 4.102 Conectores del Gateway PLC CORINEX.

1. Zócalo de alimentación AC de 4 pines para la energía y el acceso PLC en la línea eléctrica,

2. Zócalo de 4 patas para de alimentación DC de respaldo.
3. Un RJ-45 Interfaz Ethernet para el acceso a la red Ethernet
4. Puerto serial rs485
5. Conector hembra tipo TNC para proporcionar acceso PLC en un cable coaxial

Enfocándose al puerto de AC, la conexión realizada es hecha con el cable proporcionado en la misma caja del equipo y siguiendo las especificaciones de la figura 4.103 y la tablas 24

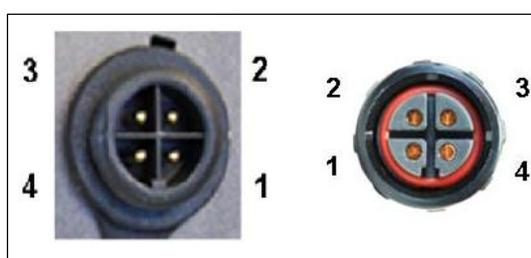


Figura 4.103 Acercamiento del puerto de AC.

Tabla 4.14

Puerto de AC del Gateway.

Pin 1	Café	Línea de AC	Línea eléctrica AC PLC+
Pin 2	Negro	Línea de AC	PLC+
Pin 3	Blanco	Línea de AC	PLC+
Pin4	Azul	Neutro	Línea eléctrica AC PLC-

a.1. Conexión de cables Gateway

Para la conexión se procede de la siguiente manera:

1. Se identifica la caja de breakers si las líneas que llegan al mismo es monofásico, bifásico o trifásico, en nuestro caso es bifásico de tal manera que para la conexión se utiliza el cable café para la fase 1, el cable negro para la fase 2 y el azul para neutro, y se aísla el cable sobrante, ver figura 4.105



Figura 4.104 Cable de AC del Gateway PLC.

2. El cable PLC debe ser conectado a la caja de breakers o fusibles según sea el caso, se debe abrirla teniendo en cuenta las precauciones del caso, ver figura 4.105.



Figura 4.105 Caja de breakers del Laboratorio.

3. Identificar cual es la tierra, el neutro y fase del en la caja de distribución eléctrica, para lo cual se debe usar un probador de corriente, ver figura 4.106

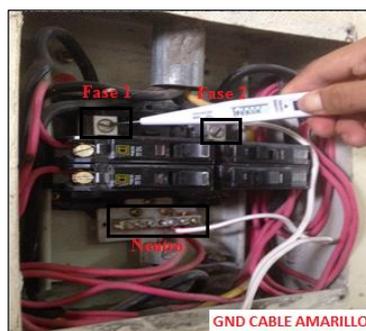


Figura 4.106 Identificación del sistema de distribución de energía eléctrica.

Como se puede observar en la figura 4.106 el detector de tensión indica el valor en caso de ser fase. En la caja de distribución del Laboratorio se encuentra con un sistema bifásico es decir un sistema de distribución de energía eléctrica basado en dos tensiones eléctricas alternas desfasadas en su frecuencia 90° .

4. Seguidamente se desconecta la alimentación para todo el Laboratorio poniendo en OFF cada breaker. Comprobar que la energía está desconectada tocando con un detector de tensión.
5. Conectar el conductor de tierra existente en la caja de distribución eléctrica (color amarillo calibre # 12 AWG) al Gateway (tornillo incorporado) mediante un conductor (color verde calibre # 12 AWG)
6. Aflojar los tornillos que sujetan cada fase del panel eléctrico.
7. Insertar el conductor de calibre # 12 AWG color rojo en la ranura Fase 1, adjunto al cable de alimentación # 8 AWG, luego empujando hacia abajo hasta que encaje en el lugar. Ajustar el tornillo de tal manera que queden fijos los dos conductores.
8. Fijar el conductor de calibre # 12 AWG color negro en la ranura Fase 2, adjunto al cable de alimentación calibre # 8 AWG, luego empujando hacia abajo hasta que encaje en el lugar. Ajustar el tornillo de tal manera que queden fijos los dos conductores.

9. Aflojar un terminal vacío en la barra de neutro e insertar el cable blanco calibre # 12 AWG. Ajusta el terminal.
10. Dejar cable de reserva en el panel para futuras conexiones.

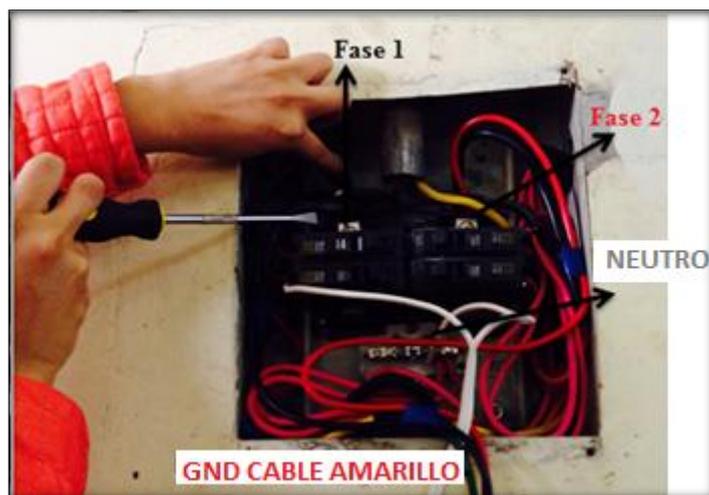


Figura 4.107 Conexión en la caja de breakers.

11. Instalar la tapa en el panel eléctrico invirtiendo el proceso utilizado para retirarla.
12. Desliza el cable eléctrico a través de canaletas de plástico en el Laboratorio hacia la ubicación que desea conectar al Gateway.
13. Conectar los cables del Gateway con los de la energía eléctrica con mucha precaución, verificando cuales son las dos fases, neutro y tierra para evitar daños al Gateway. A continuación se muestra por colores la unión de cables en la figura 108 y 109 y con más detalle en la tabla 4.15.

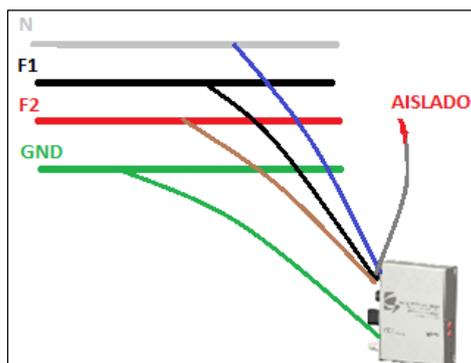


Figura 4.108 Conexión de cables del Gateway con cables de energía por colores.

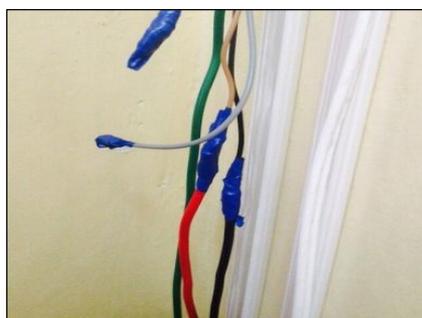


Figura 4.109 Unión de los cables.

Tabla 4.15

Configuración del cable de corriente

Color del cable eléctrico	Función	Posición en la caja de breakers	Conexión con el Gateway
Negro	Fase 2	Arriba	Cable Negro
Blanco	Neutro	Abajo	Cable Azul
Rojo	Fase 1	Arriba	Cable Café
Verde	Tierra	Tierra	Tornillo de tierra

- Conectar el Gateway PLC y verificar el estado de los led indicadores, estos mostraran el encendido que está usando baja tensión y la nvram como arranque, ver figura 4.110, cabe resaltar que el led PLC no se enciende porque no se ha conectado los CPE.



Figura 4.110 Leds indicadores del Gateway PLC.

A continuación se describe las funciones de los botones y de los led Existentes en el Gateway PLC.

a.1.1 Botones del Gateway:

Cada uno de los botones tiene múltiples funcionalidades. Las funciones cambiarán dependiendo del tiempo que se presiona cada botón. La siguiente tabla describe las funcionalidades de los mismos:

Tabla 4.16

Funcionalidades de los Botones del Gateway PLC

Botón	Indicación	1^{ra} Función Presionar de (1 a 4) seg	2^{da} Función Presionar por 10 seg
RST	N/A	Reseteo de Hardware	Recuperación de valores establecidos de fábrica
CP/SW	LV/C	Cambia el Modo de acoplamiento (LV/Coaxial). Opción A (LV): Cambiar la MAC (PLC/EoC). Opción B (Coaxial): RPM Switch (activar / desactivar)	Cambia el modo PTPP (activar / desactivar)

Fuente: [29]

a.1.2 LEDS del Gateway

Cada uno de los 6 LED muestra y ayudan a diagnosticar el comportamiento de la puerta de enlace de la red PLC. En algunos casos, múltiples estados son mostrados por un LED. Ver tabla 4.17.

Tabla 4.17

Funciones que cumplen los LEDS del Gateway

LED	Función	ON	OFF	Palpita cada 1s	Palpita cada 0.1s
PWR	Indica si el Gateway esta alimentado	Energía ON	Energía OFF	N/A	N/A
LV-C*	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Modo de acoplamiento (1^{ra} función) ✓ Modo PTTP (2^{da} función) 	acoplamiento a LV Optativa A: RPM activado	acoplamiento a Coaxial Optativa A: RPM desactivado	N/A	período de parpadear para indicar PTTP
REG	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Configuración automática ✓ Pulsador (1^{ra} y 2^{da} función) 	La configuración automática está terminada	<ul style="list-style-type: none"> ✓ La configuración automática no ha terminado ✓ La IP no está establecido. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ La configuración automática no ha terminado ✓ La IP fue asignada. 	Parpadea de 1s a 4s y después de 8s mientras se presiona el botón.
ETH	Conexión Ethernet	enlace Ethernet establecido	No hay enlace Ethernet	N/A	hay actividad de Ethernet
DC-PWR	Alimentación DC	Alimentación DC - ON	Alimentación DC - OFF	N/A	N/A
PLC	Indica si existe conexión PLC	enlace PLC establecido	No hay ningún dispositivo conectado a la red	algunos dispositivos están conectados a la red	hay actividad de red PLC

Fuente: [29]

b. CPE PLC CORINEX

El CPE PLC es un modem que cambia señales PLC a señales Ethernet, por lo tanto en conjunto con el Gateway, convierte un sistema eléctrico en una red de datos, a continuación se procede a mostrar los datos para su instalación:

Saque el CPE del empaque y conéctelo en una toma de corriente que sea del mismo circuito del Gateway, ver figura 4.111

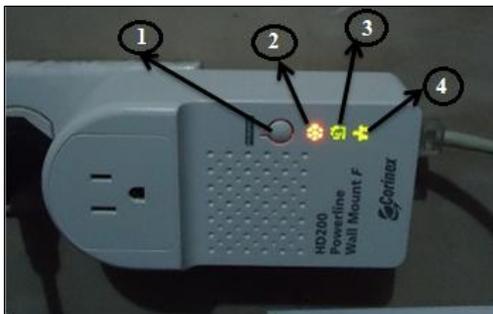


Figura 4.111 Características del núcleo del CPU.

Como se observa en la figura el adaptador CPE tiene el puerto Ethernet que está situado en la parte inferior del dispositivo; el enchufe macho en la parte posterior del dispositivo que se utiliza para la comunicación de la línea eléctrica, un botón y tres indicadores LED para mostrar los diferentes estados.

1. Botón PTTP / FRST
2. Led AP
3. Led VIP
4. Led EHT

b.1 Botón del Modem:

Botón PTTP / FRST.- El botón se utiliza para seleccionar el modo de PTTP (es un protocolo propietario que permite la comunicación con la VLAN de administración) y realizar restauración de fábrica del dispositivo.

- Con el fin de cambiar el modo de PTTP del dispositivo, mantenga pulsado el botón durante 3 segundos. El estado de modo PTTP se indica mediante el LED AP (ver abajo). Si el modo de PTTP está desactivada, el LED AP será de color verde. Si está habilitada, la AP LED será de color ámbar.
- Con el fin de realizar la restauración de fábrica, mantenga presionado el botón durante más de 10 segundos. El dispositivo se reiniciará después con los valores de ajuste de fábrica.

b.2 LEDS del Modem

b.2.1 LED AP

Este LED indica varios estados del adaptador:

- Estado del dispositivo (si está encendido o apagado).
- Situación de modo PTTP (activado o desactivado).
- Estado de la conexión a cargo de Puerto solucionador.
- Estado de la conexión PLC.
- Situación de descarga de archivos de configuración.

Si el LED AP está apagado, el dispositivo está apagado, así. Si el LED está encendido, el dispositivo esté encendido. El color y el comportamiento del LED varían con el fin de mostrar diferentes estados antes mencionados. Las tablas 5.4 describe la funcionalidad en detalle de cada uno.

Tabla 4.18

Funciones que cumple el LED AP.

ESTADO DEL LED	SIGNIFICADO			
	Modo PTTP	Solucionador de Puerto se encarga de la conexión	Conexión PLC establecido	Estado de autoconfiguración
luz verde cada 2 seg	Deshabilitado	En curso	N/A	N/A
Luces Rojo / Verde alterno	Deshabilitado	terminado	En curso	N/A
luces verdes cada 0,5 seg	Deshabilitado	terminado	terminado	En curso
Luz Verde	Deshabilitado	terminado	Terminado	Terminado
Luz ámbar parpadea cada 2 seg	Deshabilitado	En curso	N/A	N/A

CONTINÚA 

Luces Rojo / Ámbar alterno	Deshabilitado	terminado	En curso	N/A
Luz ámbar parpadea cada 0,5 seg	Deshabilitado	terminado	terminado	En curso
Luz ámbar	Deshabilitado	terminado	Terminado	Terminado

Fuente: [30]

b.2.2 LED VIP

Este LED muestra si hay enlace y actividad de tráfico en la interfaz de la línea eléctrica, así como el nivel de rendimiento de la aplicación prevista.

Tabla 4.19

Funciones que cumple el LED VIP

.Estado del LED	SIGNIFICADO
Apagado	No hay enlace en la interfaz de la línea eléctrica
Rojo	Rendimiento Físico estimado < Umbral bajo
Ámbar	Umbral bajo \leq Rendimiento Físico estimado < Umbral alto
Verde	Rendimiento Físico Estimado \geq umbral de nivel alto
Parpadeo (en rojo, ámbar o Verde)	Tráfico en la interfaz de la línea eléctrica.

Fuente: [30]

b.2.3 LED ETH

Este LED indica que existe enlace y actividad en la interfaz Ethernet:

Tabla 4.20

Funciones que cumple el LED ETH.

Estado del LED	SIGNIFICADO
Apagado	El adaptador no tiene enlace en la interfaz Ethernet.
Verde	Hay un enlace de 100 Mbps en la interfaz Ethernet.
Ámbar	Hay un enlace de 10 Mbps en la interfaz Ethernet.
Parpadeando (verde o ámbar)	Hay una actividad en la interfaz Ethernet.

Fuente: [30]

Conectar el cable Ethernet que fue suministrada por CORINEX al puerto Ethernet del Modem, y a un puerto Ethernet de su ordenador.



Figura 4.112 Conexión Ethernet entre el Modem y el ordenador.

Configure las direcciones IP de su máquina de forma estática debido a que el modem no posee un servidor dhcp o también en el puerto Ethernet del Gateway puedo colocar un router que facilita el trabajo. A continuación en la figura 4.113 se muestra las configuraciones IP en una Workstation Windows

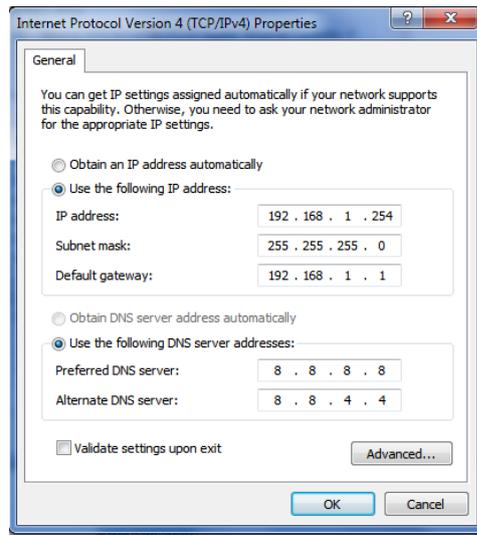


Figura 4.113 Memoria RAM de la MV.

c. FILTRO DE RUIDO CORINEX

El filtro de ruido tiene como función reducir el ruido armónico producido por reguladores de voltaje, cargadores o maquinaria con gran inductancia, su proceso de instalación es simplemente conectarlo a la toma de corriente y sobre este los aparatos causantes del ruido, a continuación las figuras 4.114 y 4.115 muestran el despliegue:



Figura 4.114 Conexión a la toma de corriente del filtro.



Figura 4.115 Colocar la de ruido al filtro.

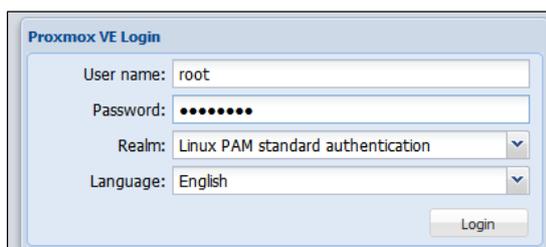
Cabe agregar que en caso de realizar alguna configuración errónea en el CPE o Gateway se puede volver a subir la configuración presionando el botón de reset durante 10 segundos y teniendo activado el servidor tftp.

4.5 Puesta en Funcionamiento

Permite a los usuarios en la Red PLC dar uso de los diferentes servicios implementados como son:

- Servidor de WebHosting
- Servidor de Almacenamiento NAS
- Servidor de VoIP (TSP)
- Servidor de Monitoreo

Para iniciar las máquinas o ambientes virtuales donde se encuentran los diferentes servicios se necesita iniciar sesión vía Web al servidor de VPS con la dirección <https://192.168.1.250:8006/> y utilice las credenciales de root y la clave “powerline”, ver figura 4.116



The image shows a web-based login form for Proxmox VE. The form is titled "Proxmox VE Login" and contains the following fields: "User name" with the value "root", "Password" which is masked with black dots, "Realm" set to "Linux PAM standard authentication", and "Language" set to "English". There are dropdown arrows next to the Realm and Language fields. A "Login" button is positioned at the bottom right of the form.

Figura 4.116 Inicio de sesión en la interfaz de Proxmox VE.

4.5.1 Servidor de WebHosting

Clic derecho sobre la instancia virtual a iniciar, en nuestro caso web hosting con ID 100, ver figura 4.117.

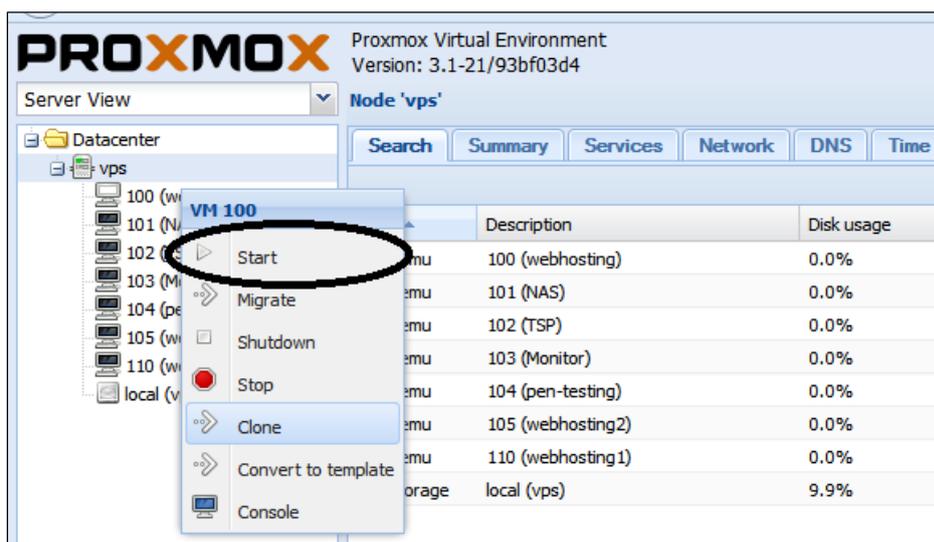


Figura 4.117 Panel con distribución de árbol de la VMs 100.

Para la verificación de servicios se utiliza la instancia virtual de web hosting, en la cual se tiene los siguientes servicios.

- Servidor de Nombres DNS.
- Servidor WEB.
- Servidor de Correo
- Servidor FTP.

Con estas características se procede a verificar los servicios de internet, de acuerdo al manual de usuario.

a. Servidor de Nombres DNS

El servidor DNS permite traducir una dirección IP válida en un nombre como google.com; previamente en el servidor fue configurado el dominio electrónica.org, entonces para verificarlos se desarrolla los siguientes pasos:

1. Cambiar las configuraciones de red, de la Workstation para que solicite los dominios al servidor de web hosting, ya que al no tener contratado un dominio y una IP pública no se puede utilizar directamente los de google. A continuación la figura 4.118 muestra las configuraciones IP para la Workstation.

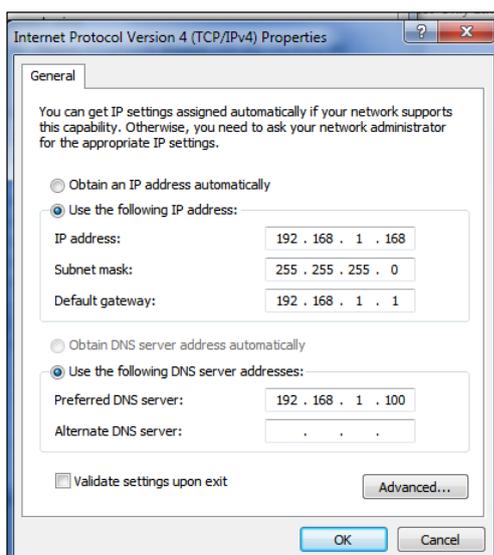


Figura 4.118 Dirección de DNS para verificación de servicios en intranet.

2. Utilizar un terminal y utilizar la herramienta ping y nslookup para comprobar que los dominios están activos, ver figura 4.119.

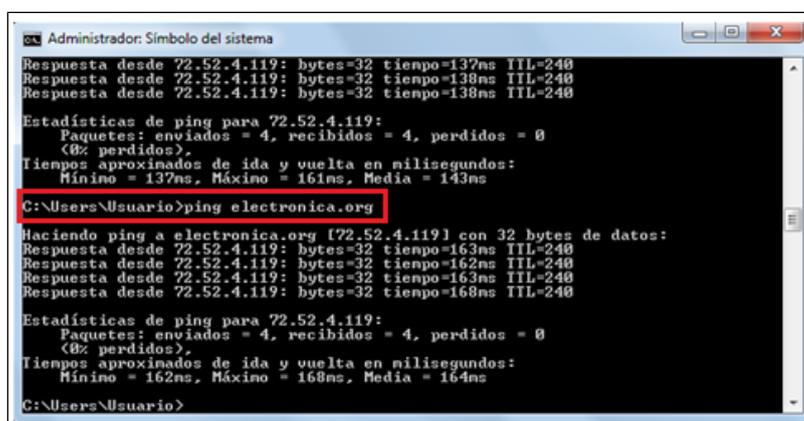


Figura 4.119 Verificación del dominio electronica.org.

Como se puede observar en la figura el dominio electronica.org responde exitosamente.

b. Servidor WEB

El servidor Web permite publicar información en internet, mediante documentos de hipertexto html, php, etc. Para verificar el servidor web se utilizan los mismos dominios del servidor de DNS, y la ayuda de un navegador.

Se debe agregar que las credenciales del dominio son las siguientes en cada una de las pruebas:

- electronica.org: usuario electronica; password HaWdeSTO1NM

A continuación se desarrolla los siguientes pasos para la verificación del servidor web:

1. En el navegador escribir electronica.org, la respuesta será una página hecha con wordpress como se muestra en la figura 4.120.



Figura 4.120 Página web de electronica.org

2. Cabe agregar que si se desea modificar la página o agregar una entrada deberá iniciar sesión con las credenciales descritas anteriormente en el link electronica.org/wp-admin y si desea cambiar la página deberá utilizar el cliente FTP como se indicó en la sección 4.3.

c. Servidor de Correo

El servidor de correo permite enviar mensajes privados entre persona o empresas, para verificarlo se ha creado dos emails por dominio de acuerdo a la sección 4.3 estos son:

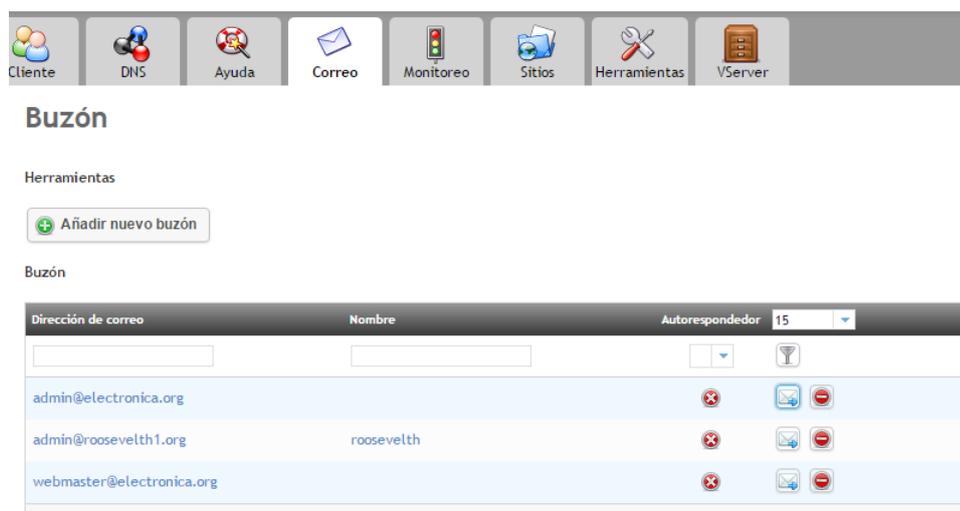


Figura 4.121 Verificación de Correos.

- admin@roosevelth1.org password: Pf6fMMSOaw
- webmaster@electronica.org password: HaWdeSTO1NM

Para comprobar el funcionamiento del servidor se desarrolla los siguientes pasos:

1. Acceder a la siguiente dirección correspondiente a cada dominio: roosevelth1.org/webmail y en otro navegador a electronica.org/webmail., ver figura 4.122.



Figura 4.122 Interfaz web de Squirrelmail

2. En electrónica.org iniciar sesión como admin@electronica.org y en rosevelth1.org como admin@roosevelth1.org y enviar un email entre ellos, ver figuras 4.123 y 4.124.



Figura 4.123 Envió de un e-mail desde admin@electronica.org



Figura 4.124 Recepción del email desde admin@electronica.org

El envío también puede ser bidireccional, pero eso se deja para el usuario.

d. Servidor FTP

El servidor FTP permite subir los archivos de una página web al espacio reservado en el web hosting, para lo cual previamente se configuró los usuarios y contraseñas para los sitios roosevelth1.org y electronica.org. Las credenciales configuradas son:

- <http://roosevelth1.org/> usuario: roosevelth1roose; password: 1Qz5uXtFbjb5ym
- <http://electronica.org/> usuario: electronicaelec; password: HaWdeSTO1NM

Para la comprobación del servicio se usó el cliente FTP Filezilla con los pasos descritos a continuación:

Ejecutar el cliente FTP y llenar con las credenciales para iniciar sesión, ver figura 4.125

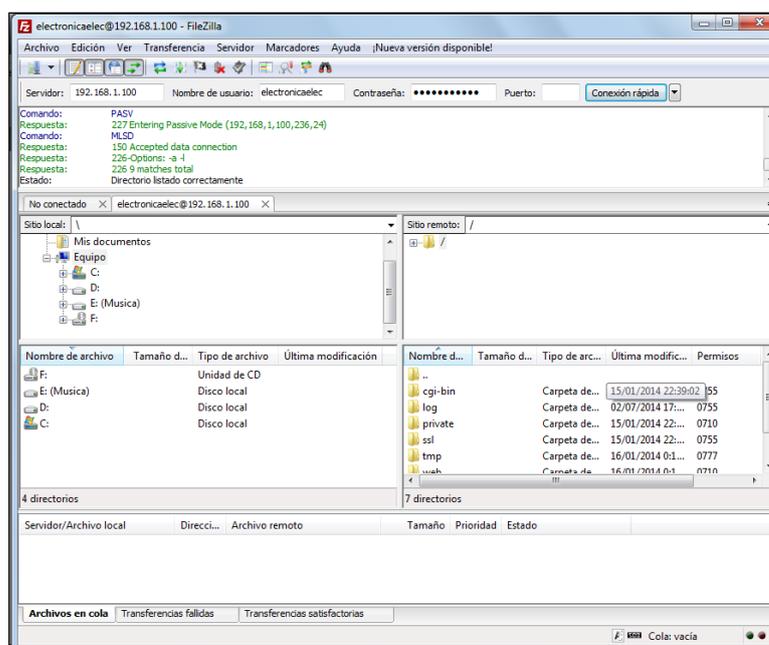


Figura 4.125 Inicio de sesión en filezilla

Servidor Almacenamiento NAS

Para la verificación del servicio se da clic derecho sobre la instancia virtual a iniciar, en nuestro caso NAS con ID 101.



Figura 4.126 Panel con distribución de árbol de la VMs 100.

El acceso a un NAS se realiza ingresando a Equipo a través de la pestaña Red como se muestra en la figura 4.127.

En esta carpeta se puede colocar cualquier documento que se desee compartir con todos los usuarios de la Red PLC en el Laboratorio de Comunicaciones.

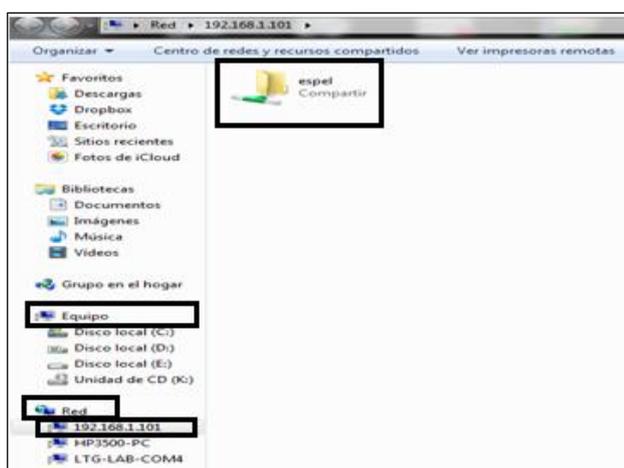


Figura 4.127 Carpeta NAS.

4.5.2 Servidor VoIP

Para la verificación del servicio se da clic derecho sobre la instancia virtual a iniciar, en nuestro caso TSP con ID 102.

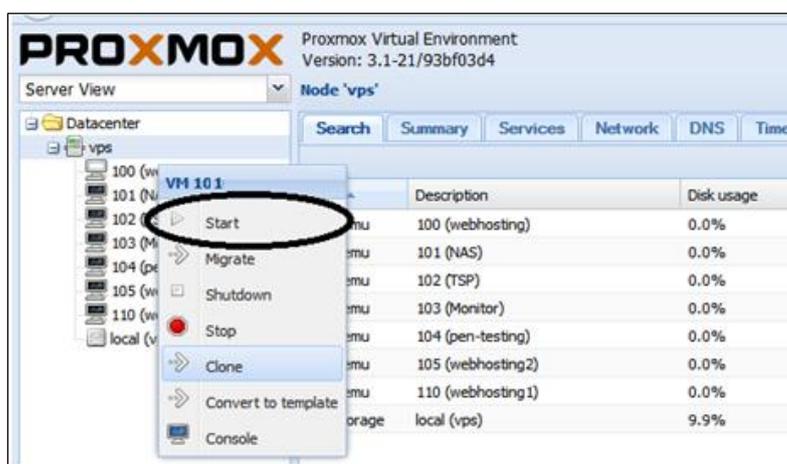


Figura 4.128 Panel con distribución de árbol de la VMs 102.

Para verificar el funcionamiento se utiliza el programa ekiga y se realiza una video llamada ingresando la extensión a quien se requiera llamar como se muestra en la figura 4.129 y 4.130



Figura 4.129 Ventana de marcación a extensiones SIP de la misma red.

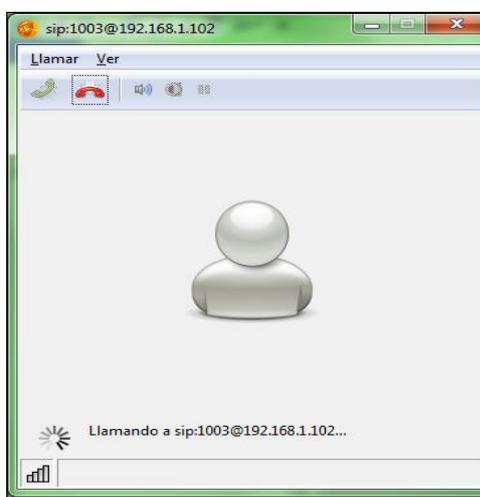


Figura 4.130 Ventana emergente de la llamada actual.

4.5.3 Servidor de Monitoreo de Redes:

1. Para la verificación del servicio se da clic derecho sobre la instancia virtual a iniciar, en nuestro caso TSP con ID 103.

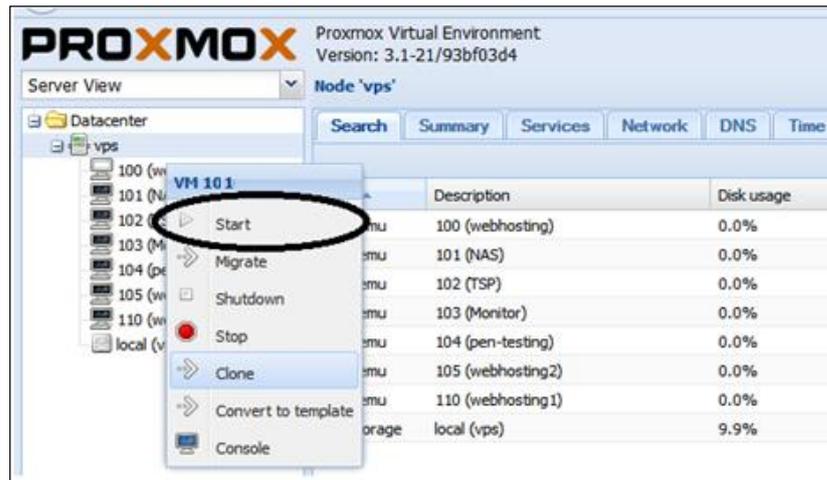


Figura 4.131 Panel con distribución de árbol de la VMs 103.

- Para ingresar a las interfaces de configuración y visualización de eventos de Squert se debe ingresar en cualquier navegador a la dirección <https://192.168.1.103/squert/> con las credenciales monitor y la clave A103quarK, ver figura 4.132.

The screenshot shows the Squert login page. The page title is 'SQuERT - Please login to continue'. The form contains the following elements:

- Username:** A text input field containing the value 'monitor'.
- Password:** A password input field with masked characters represented by black dots.
- submit:** A button labeled 'submit'.

Figura 4.132 Ventana de ingreso de Squert.

- Se visualiza la interfaz mostrada donde se indica los eventos en la Red PLC en la figura 4.133

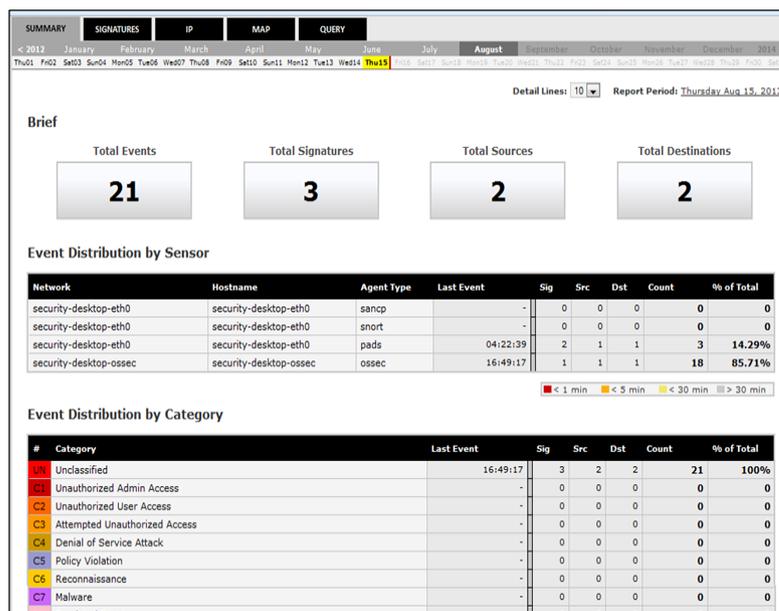


Figura 4.133 Interfaz de Squert.

CAPÍTULO V

5. PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Para la determinación del desempeño de la Red Power Line Communications implementada, se debe considerar que la línea de energía eléctrica no está diseñada para el envío de datos, por esta razón el desempeño de la Red puede variar dependiendo de algunos factores. Es así que las pruebas que se detallan a continuación tienen el fin de determinar la respuesta que la red PLC implementada trabaja en diferentes condiciones.

6.1 Análisis de Tráfico de Datos en la Red Power Line Communications (PLC)

El análisis de tráfico de red en tecnología PLC se basa en el uso de un software (Wireshark). Dicho software captura y registra el tráfico de paquetes sobre la red de datos.

Procedimiento.

- Poner en funcionamiento la Red Power Line Communications.
- Iniciar Wireshark 1.12.1.
- Seleccionar la interfaz en la que se desea capturar, Red de área local.
- Dar click en Start, esperar unos segundos y observar los resultados desplegados.

Resultados

Una vez seguido el procedimiento para las pruebas de tráfico de datos con el software Wireshark, se presentan los resultados para cerciorarse que el envío del flujo de datos se está realizando correctamente. La figura 5.1 Indica la captura de los paquetes en la Red Power Line Communications.

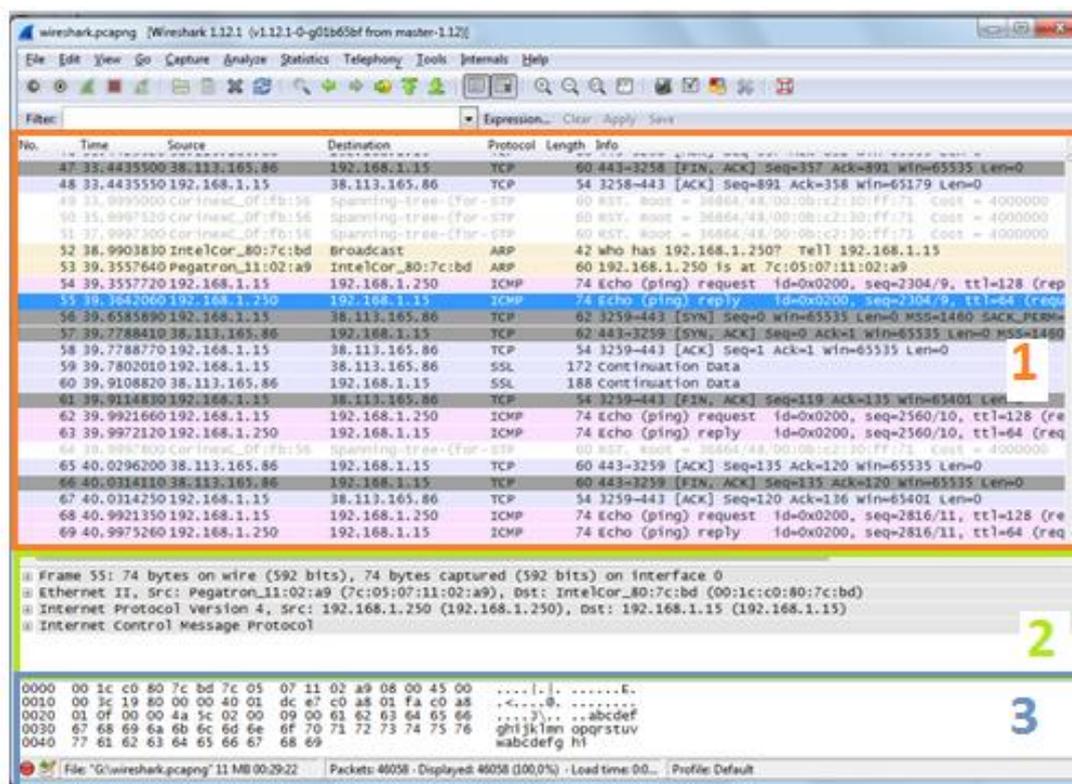


Figura 5.1 Tráfico Capturado en la red PLC.

1. En este panel se puede observar la lista de paquetes capturados. Cada línea corresponde a un paquete capturado donde indica lo descrito a continuación, por ejemplo en el caso escogido de la figura 5.1.

- **No:** Posición del paquete en la captura: 55
- **Time:** Muestra el Timestamp del paquete: 36422060
- **Source:** Dirección origen del paquete: 192.168.1.250 (IP del servidor)
- **Destination:** Dirección destino del paquete: 192.168.1.250 (IP del computador)
- **Protocol:** Nombre del protocolo del paquete: ICMP
- **Info:** Información adicional del contenido del paquete: 74 Echo Ping reply ttl 64.

2. Aquí se despliega información detallada del paquete seleccionado en el panel de paquetes.
3. Despliega en Bytes la información contenida en el campo seleccionado desde el panel de detalles del paquete seleccionado en el panel de paquetes.

En la figura 5.2 se presenta las características generales sobre el archivo de captura.

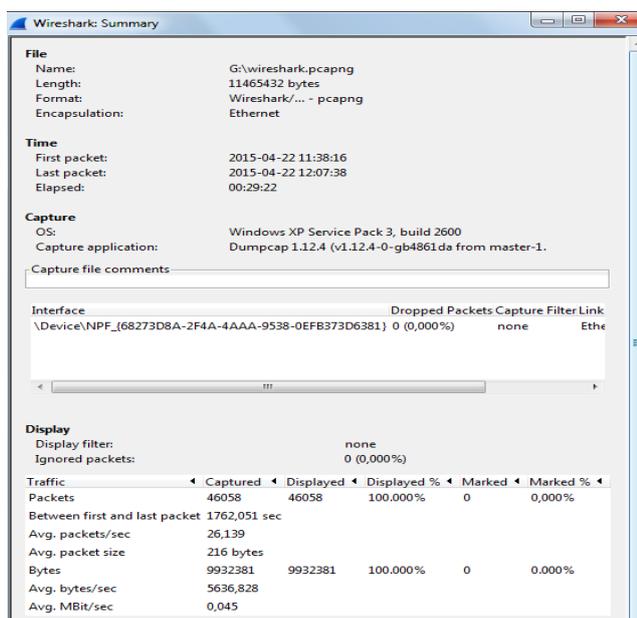


Figura 5.2 Características del paquete capturado.

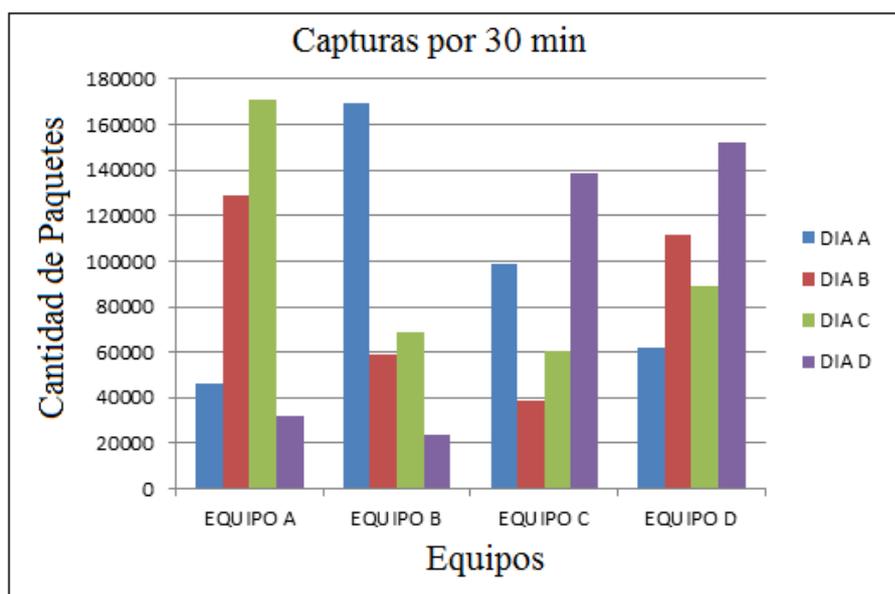
- **Archivo:** Indica la información general sobre el archivo de captura.
- **Tiempo:** Muestra las marcas de tiempo cuando fueron capturados el primero y el último paquete (y el tiempo entre ellos): 29 minutos
- **Captura:** Enseña la información de la época en que se realizó la captura
- : Windows XP Service Pack 3
- **Pantalla:** Indica la pantalla de información relacionada: Sin filtro y cero paquetes ignorados.
- **Tráfico:** Enseña algunas estadísticas del tráfico de red visto.

Se toma valores de los paquetes en cuatro computadoras del laboratorio de Comunicaciones por cuatro días para comprobar el perfecto funcionamiento de la Red Power Line Communications, detallados en la tabla 5.1 y figura 5.3.

Tabla 5.1

Paquetes capturados.

	TIEMPO (Min)	EQUIPO A	EQUIPO B	EQUIPO C	EQUIPO D
DIA A	30	46058	169156	98756	62135
DIA B	30	128844	59156	38743	111353
DIA C	30	170581	69035	60231	89321
DIA D	30	32196	23680	138756	152135

**Figura 5.3** Captura de paquetes en diferentes equipos.

De los datos obtenidos durante cuatro días y en diferentes equipos de la Red se puede apreciar que el enlace Power Line Communications no tiene ninguna dificultad en transmitir el tráfico de datos demandado por los estudiantes en el laboratorio de comunicaciones.

6.2 Análisis de la Atenuación. Relación Señal Ruido y Velocidad de la Red PLC.

Para el estudio del canal Power Line Communications y sus características importantes de transmisión se usan los equipos PLC, con velocidad de transmisión de 200Mbps, adicionalmente se usó una herramienta de software desarrollada por la empresa proveedora de los equipos PLC para el monitoreo de ciertos parámetros específicos como estado del canal, atenuación y Relación Señal Ruido (SNR), que es conocida como SNR Viewer, con la cual se visualiza el desempeño de red entre el Gateway y un módem PLC, con la información de conexión brindada entre ellos se presentan como resultado las características del canal PLC en ese momento.

Procedimiento.

- Identificar el Gateway y Modem PLC a analizar.
- Iniciar el SNR Scope 1.6.5.exe.
- Introducir las direcciones IP del Gateway y el Modem PLC a analizar.
- Presionar Start, esperar unos segundos y observar los resultados desplegados.
- Con los resultados se realiza el registro de los datos en una tabla y grafique.

Para el análisis de los enlaces, se utiliza como referencia los valores de CFR y SNR en el espectro total donde una comunicación PLC puede ser llevada a cabo. El espectro de frecuencias para Comunicaciones PLC va desde los 2 hasta los 34MHz, aunque por protocolo UPA los equipos CORINEX utilizan desde los 2MHz hasta los 32MHz.

Cabe resaltar que los equipos CORINEX están trabajando en modo 6, es decir una velocidad máxima de 205Mbps y la frecuencia central de 19MHz, y la aplicación SNR viewer toma valores de un enlace utilizando como equipo local el Gateway y como remoto los CPE.

Resultados.

5.2.1 Enlace 1: GWPLC01 – MPLC01. Distancia: 3m

. A continuación la figura 5.4 muestra los valores de CFR y SNR del enlace 1 entre el Gateway y el CPE 1.

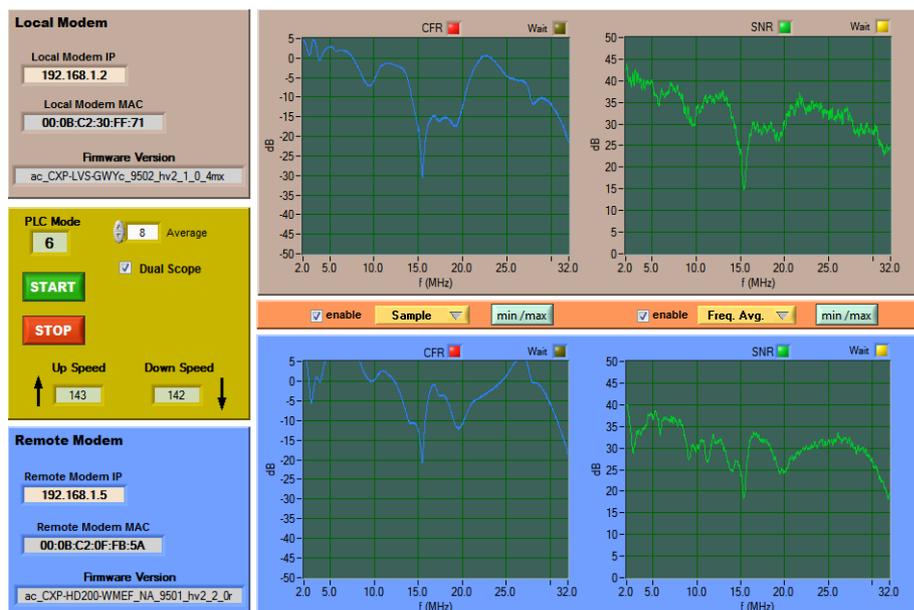


Figura 5.4: Espectro de frecuencias para los enlaces PLC

Como se aprecia en la figura 5.4, el medio de acceso en las frecuencias de 2 a 12MHz, y de 23MHz a 32MHz muestra poco ruido y un desarrollo excelente para las Comunicaciones, debido a que el CFR tiene valores de 5 hasta -30dB y el SNR desde 45 a 15dB.

Además se observa la velocidad actual del enlace en bits por segundo, de lo que se observa que la velocidad actual de subida en este enlace es de 143 Mbps y 142 Mbps de bajada.

Una característica necesaria para evaluar un enlace es la atenuación del medio donde se ha desplegado, la figura 5.5 muestra que la atenuación desde la perspectiva de los dispositivos local y remoto es de 1.27dB y 6.36dB respectivamente y el SNR es de 32.36dB y 32.05Db.

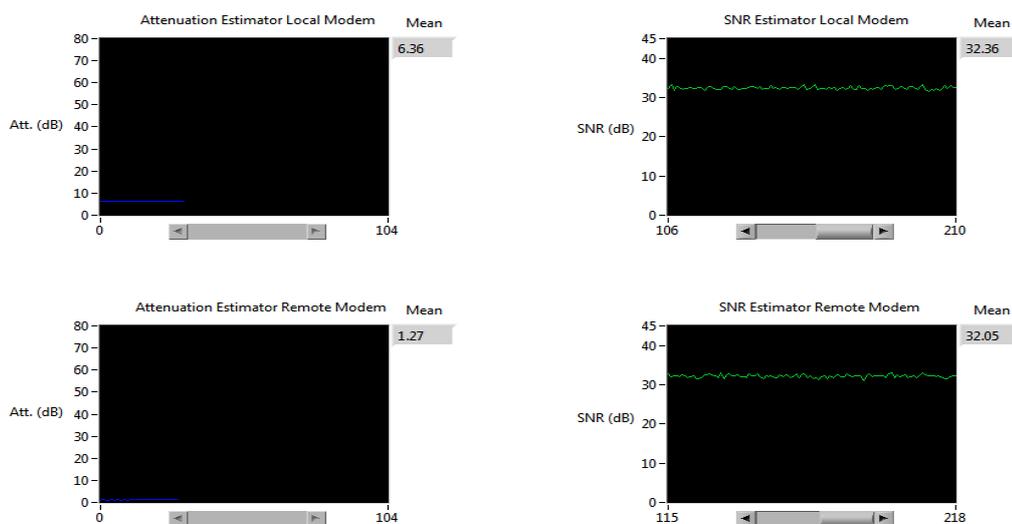


Figura 5.5: Medida de atenuación en el enlace PLC1.

5.2.2 Enlace 2: GWPLC01 – MPLC02. Distancia: 3m

El espectro del enlace 2 está representado por la figura 5.6, cuyo medio de acceso muestra deficiencias con respecto al enlace 1, debido a que la respuesta CFR está sobre pasando los límites de los enlaces PLC de 5dB y en algunas frecuencias el SNR han sido reducidas hasta 15dB, por lo tanto la velocidad se ve afectada a 85 Mbps de subida y 57 Mbps de bajada como se aprecia.

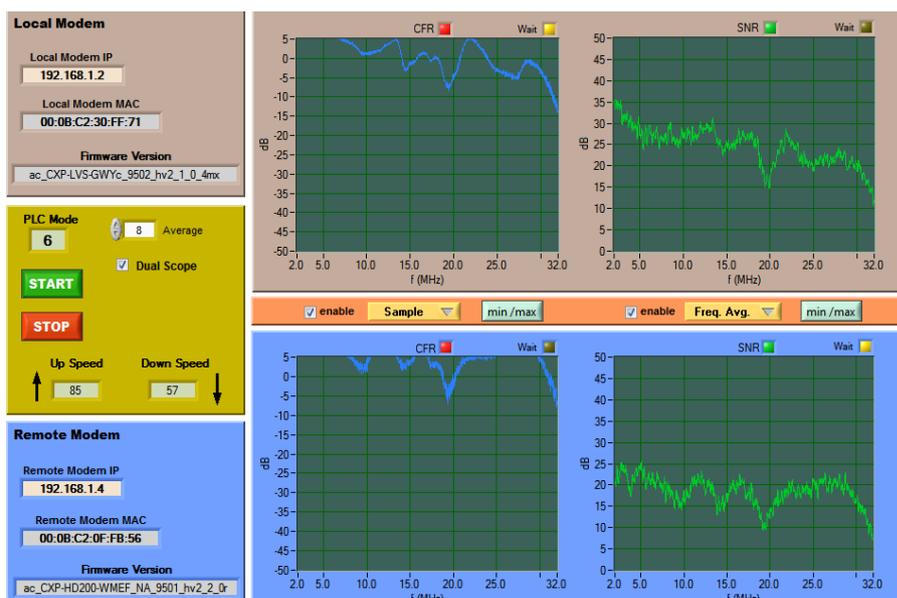


Figura 5.6 Espectro de frecuencia producido por el enlace 2.

Para finalizar el análisis del enlace 2, se tiene los valores de atenuación de las señales PLC, donde se muestra una variación de 1 y 5dB, pero el SNR está disminuido debido al ruido del medio que esta con 14 y 28dB, como se muestra en la figura 5.7.

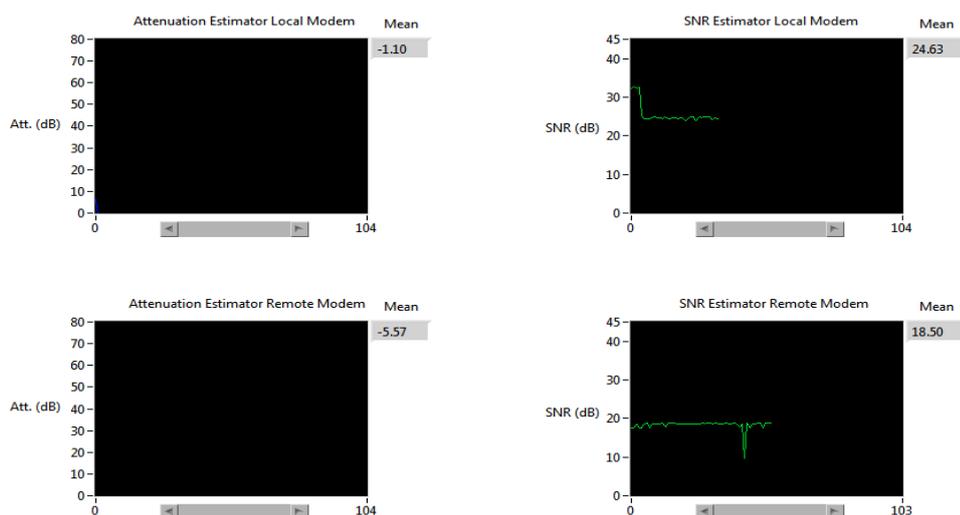


Figura 5.7 Atenuación y SNR del enlace 2.

5.2.3 Enlace 3: GWPLC01 – MPLC03. Distancia: 9 m

De la misma manera que el enlace 2, el enlace 3 muestra un desempeño pobre, debido a que el CFR muestra una caída a -30dB en frecuencias superiores a 15MHz, que ocasiona conflictos con el uso del modo 6 del enlace que tiene como frecuencia de operación 19MHz. Asimismo el SNR del enlace ha disminuido a 15dB de su valor normal de 40 a 60dB. La velocidad en la figura 5.8 ha sido reducida a valores de 76Mbps y 74Mbps, debido a la respuesta del medio de acceso. A continuación la figura 5.8 muestra el espectro de frecuencias en el enlace 3.

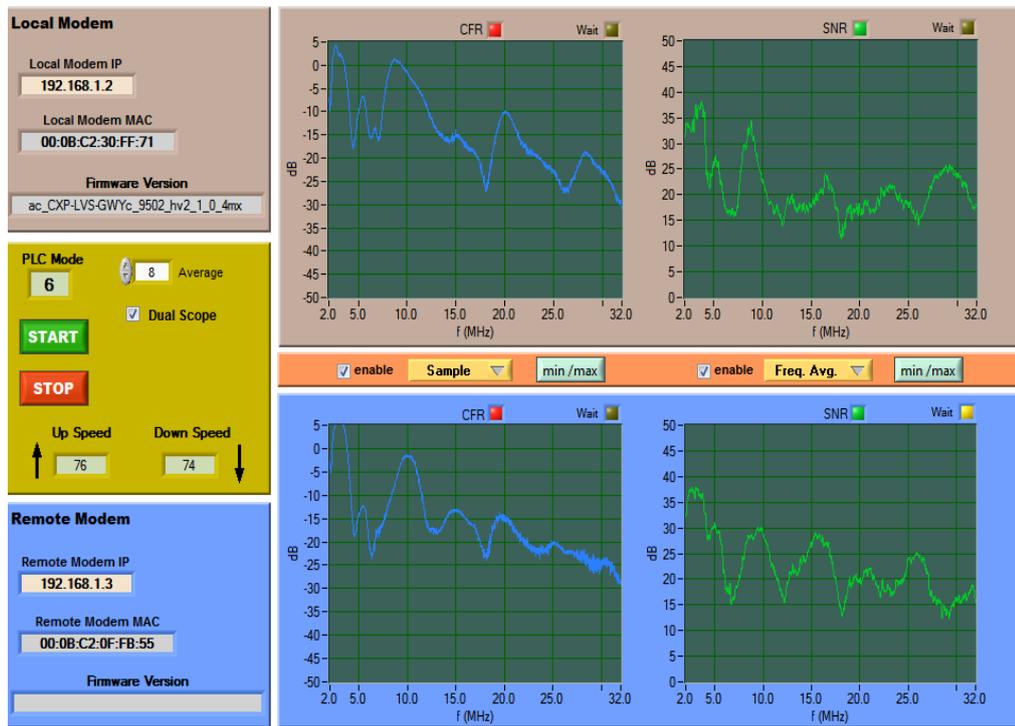


Figura 5.8: Espectro de frecuencias del enlace 3.

La figura 5.9 muestra los valores de atenuación y SNR del enlace 3, donde se observa una atenuación de 14 y 16dB en el dispositivo local y remoto, además de un SNR de 23dB, concluyendo que el enlace posee un desempeño promedio.

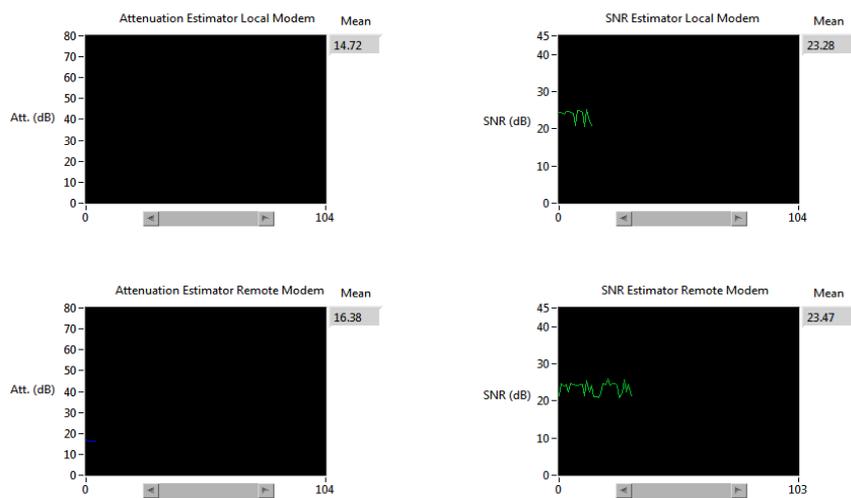


Figura 5.9: Atenuación y SNR del enlace 3.

5.2.4 Enlace 4: GWPLC01 – MPLC01. Distancia: 12m

El enlace 4 fue ubicado en el punto más lejano con el fin de experimentar la eficiencia de la red, mostrando un desempeño regular, debido a que el CFR muestra -15dB de respuesta en frecuencias menores a 20MHz. También el SNR del enlace ha disminuido su valor a 10dB de su valor normal de 40 a 60dB. A continuación la figura 5.10 muestra el espectro de frecuencias en el enlace 4.

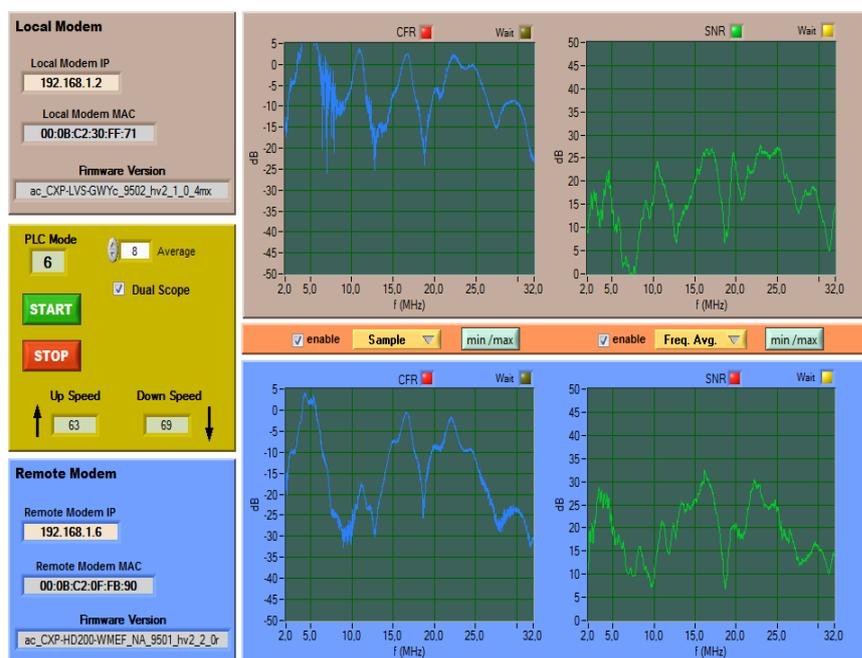


Figura 5.10 Espectro de frecuencia para el enlace 4.

Se puede apreciar el rendimiento de la red en función de la velocidad en bps, cuyos valores son 63 a 69Mbps, debido a la distancia.

Para finalizar la figura 5.11 muestra los valores de atenuación y SNR del enlace 4, donde se observa una atenuación de 5 y 13dB, además de un SNR con 19 y 22dB, concluyendo que el enlace posee un desempeño promedio.

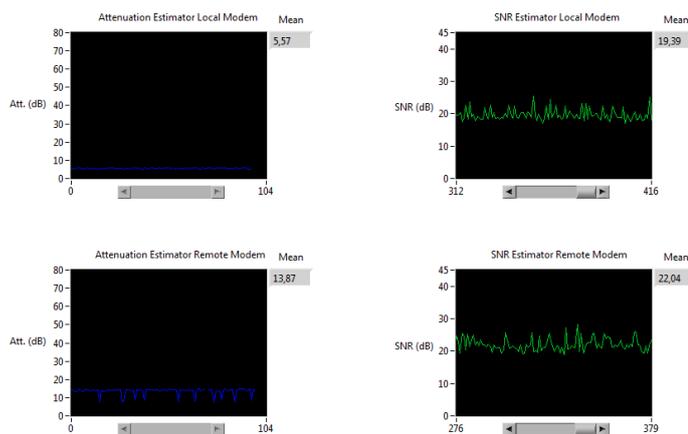


Figura 5.11 Atenuación y SNR del enlace 4.

A continuación se genera un resumen de los datos tomados en la tabla 5.2 y en la figura 5.12 se observa el comportamiento de la velocidad colocando a diferentes distancias los módems PLC.

Tabla 5.2

Resumen de velocidad, atenuación y SNR

	3 metros		6 metros		9 metros		12 metros	
	Modem Local	Modem Remoto						
Velocidad(Mbps)	143	142	85	57	76	74	63	69
Atenuación(dB)	6.36	1.27	- 1.10	-5. 57	14.72	16.38	5.57	13.87
SNR(dB)	32.36	32.05	24.63	18.50	23.28	23.47	19.39	22.04

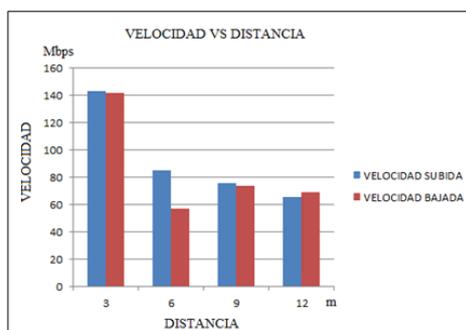


Figura 5.12 Comportamiento de la velocidad de transmisión a diferentes distancias.

Se confirmó que la velocidad de transmisión de datos variar debido a distancias, ya sea por factores inherentes a la propia red como la separación entre conductores durante el recorridos, el tipo de cable, los tipos de acople usados, entre otros, los cuales producen perdidas extra de potencia de la señal.

A la máxima distancia se tiene una velocidad de 63 Mbps de subida y 69 Mbps de bajada

6.3 Análisis de Velocidad de transmisión sobre señales de datos PLC en ambientes eléctricos con diferentes condiciones de carga.

El objetivo de estas pruebas es analizar el funcionamiento de los equipos Power Line Communications en ambientes eléctricos con diferentes condiciones de carga. De manera de comprobar y medir la velocidad de transmisión de datos, y observar los efectos que se producen en la transmisión ante la presencia o ausencias de equipos eléctricos conectados a la red eléctrica.

Para el análisis de la velocidad de transmisión a diferentes condiciones de carga en la red PLC se utiliza la interface de Usuario Corinex, la cual nos da la velocidad de cada dispositivo Power Line Communications.

Para la toma de los diferentes valores de corriente se utiliza un Transformador de Corriente de marca YHDC con relación 30A/1V y un multímetro Agilent U1253B con comunicación Bluetooth para obtener un registro de la corriente del Laboratorio de Comunicaciones en la aplicación Agilent Mobile Logger. Conectado como se indica en la figura 5.13.



Figura 5.13 Medición de corriente en la caja de breakers.

5.3.1 Con condiciones normales de carga en la Red eléctrica.

El caso que se considera a la red eléctrica del laboratorio de Comunicaciones con condiciones normales de carga, es cuando a ella no se conectan todos los equipos a los enchufes del laboratorio.

Procedimiento.

- Enganchar el transformador de corriente al cable de alimentación en la caja de breakes.
- Encender el multímetro con bluetooth incorporado.
- Medir con el multímetro el voltaje en las salidas del transformador.
- Realizar la relación de transformación 30A/1V para obtener la corriente en el laboratorio.
- Generar registros de corriente encendiendo la aplicación Agilent Mobile Logger.
- Introducir la dirección Ip del dispositivo Power Line Communications en cualquier navegador.
- Observar la velocidad de transmisión y sus variaciones con el incremento de módems PLC.
- Generar tablas en diferentes tiempos.

Resultados.

- **Registro de valores con un módem en condiciones normales de carga**

En la figura 5.14 se observa la velocidad de subida y bajada de transmisión con un modem, cuya dirección MAC es (000BC20FFB55) y en la tabla 5.3 se generan los valores obtenidos durante una hora, con un Host conectado a la Red.

The screenshot shows the 'Corinex HD200 User Interface' with two main sections: 'Status' and 'PLC Connections'.

Status

FW Version: ac_CXP-LVS-GWYc_9502_hv2_1_0_4mx sv5_0_110_0_0_11_07_28 almapro

IP Address	192.168.1.2	IP Configuration	Fixed
MAC Address	000BC230FF71		
Ethernet	100 Mbps	MAC Type	Access
Access Protocol	FILLING_TABLE	Node Type	HE
Sync	Done	Link Mode	6
Notches	Disabled	RX Gain	2
PTTP Mode	Enabled	Auto-configuration	Disabled
Coupling State	LV	PHY Medium	PLC
Uptime	30 days, 20h 59m 45s	Number of Boots	66

PLC Connections

No.	PLC Port	MAC Address	Phy Tx	Phy Rx	Bridge State
1	11	000BC20FFB56	45 Mbps	33 Mbps	Enabled

Figura 5.14 Velocidad de transmisión con un modem PLC.

Tabla 5.3

Valores de velocidad y corriente con un modem.

TIEMPO	VELOCIDAD SUBIDA (Mbps)	VELOCIDAD BAJADA (Mbps)	CORRIENTE (A)
10.53	45	33	0.585
10.05	26	38	0.609
10.20	28	32	0.978
10.37	25	32	1.713
10.48	24	32	2.643
11.05	26	35	3.48

- **Registro de valores con dos módems en condiciones normales de carga**

En la figura 5.15 se observa la velocidad de subida y bajada de transmisión con dos módems, cuyas direcciones MAC son (000BC20FFB55, 000BC20FFB56) y en la tabla 5.4 se generan los valores obtenidos durante una hora, con los dos Host conectados a la Red.

The screenshot shows the Corinex HD200 User Interface. The 'Status' section displays the following information:

FW Version:	ac_CXP-LV8-QWYc_9502_hv2_1_0_4mrv5_0_110_0_0_11_07_28_almapro			
IP Address:	192.168.1.2	IP Configuration:	Fixed	
MAC Address:	000BC20FF71			
Ethernet:	100 Mbps	MAC Type:	Access	
Access Protocol:	FILLING_TABLE	Node Type:	HE	
Sync:	Done	Link Mode:	8	
Notches:	Not1	Disabled	RX Gain	1
PTTP Mode:	Enabled	Auto-configuration:	Disabled	
Coupling State:	LV	PHY Medium:	PLC	
Uptime:	28 days, 23h 16m 28s	Number of Boots:	66	

The 'PLC Connections' section shows the following data:

No.	PLC Port	MAC Address	Phy Tx	Phy Rx	Bridge State
1	11	000BC20FFB55	17 Mbps	32 Mbps	Enabled
2	9	000BC20FFB56	90 Mbps	55 Mbps	Enabled

Figura 5.15 Velocidad de transmisión con dos módems.

Tabla 5.4

Valores de velocidad y corriente con dos módems.

TIEMPO	Host 1		Host 2		CORRIENTE (A)
	VELOCIDAD SUBIDA (Mbps)	VELOCIDAD BAJADA (Mbps)	VELOCIDAD SUBIDA (Mbps)	VELOCIDAD BAJADA (Mbps)	
11.10	17	32	90	55	2,442
11.25	25	24	75	53	2,373
11.46	27	25	80	57	2,748
11.55	21	25	39	38	3,063
12.00	19	22	38	37	3,093

- **Registro de valores con tres módems en condiciones normales de carga**

En la figura 5.16 se observa la velocidad de subida y bajada de transmisión con tres módems, cuyas direcciones MAC son (000BC20FFB55, 000BC20FFB56, 000BC20FFB90) y en la tabla 5.5 se generan los valores obtenidos durante una hora, con los tres Host conectados a la Red.

The screenshot shows the Corinex HD200 User Interface. The 'Status' section displays the following information:

FW Version:	ac_CXP-LV8-QWYc_9502_hv2_1_0_4mrv5_0_110_0_0_11_07_28_almapro			
IP Address:	192.168.1.2	IP Configuration:	Fixed	
MAC Address:	000BC20FF71			
Ethernet:	100 Mbps	MAC Type:	Access	
Access Protocol:	FILLING_TABLE	Node Type:	HE	
Sync:	Done	Link Mode:	8	
Notches:	Not1	Disabled	RX Gain	1
PTTP Mode:	Enabled	Auto-configuration:	Disabled	
Coupling State:	LV	PHY Medium:	PLC	
Uptime:	28 days, 23h 52m 2s	Number of Boots:	66	

The 'PLC Connections' section shows the following data:

No.	PLC Port	MAC Address	Phy Tx	Phy Rx	Bridge State
1	11	000BC20FFB55	15 Mbps	29 Mbps	Enabled
2	9	000BC20FFB56	67 Mbps	69 Mbps	Enabled
3	12	000BC20FFB90	13 Mbps	67 Mbps	Enabled

Figura 5.16 Velocidad de transmisión con tres módems.

Tabla 5.5

Valores de velocidad y corriente con tres módems.

TIEM P	Host 1		Host 2		Host 3		CORRIEN TE (A)
	VEL. SUBID (Mbps)	VEL. BAJADA(Mbps)	VEL. SUBIDA (Mbps)	VEL. BAJADA(Mbps)	VEL. SUBIDA (Mbps)	VEL. BAJADA(Mbps)	
12.19	17	30	70	41	27	96	3,377
12.21	16	33	111	82	13	67	3,681
12.34	16	32	87	40	13	67	3,546
12.56	15	29	67	69	13	67	4,425
13.15	8	23	84	35	51	29	4,857

- **Registro de valores con cuatro módems en condiciones normales de carga**

En la figura 5.17 se observa la velocidad de subida y bajada de transmisión con cuatro módems, cuyas direcciones MAC son (000BC20FFB55, 000BC20FFB56, 000BC20FFB90, 000BC20FFB5A) y en la tabla 5.6 se generan los valores obtenidos durante una hora, con los cuatro Host conectados a la Red.

The screenshot shows the 'Corinex HD200 User Interface' with two main sections: 'Status' and 'PLC Connections'.

Status:

- FW Version: ac_cxPLV3-GWrc_9502_hr2_1_0_4mx sv6_0_110_0_0_11_07_28 almpro
- IP Address: 192.168.1.2 | IP Configuration: Fixed
- MAC Address: 000BC20FF71
- Ethernet: 100 Mbps | MAC Type: Access
- Access Protocol: FILLING_TABLE | Node Type: HE
- Sync: Bond | Link Mode: S
- Notches[!st]: Disabled | RX Gain: 1
- PTTP Mode: Enabled | Auto-configuration: Disabled
- Coupling State: LV | PHY Medium: PLC
- Uptime: 28 days, 23h 58m 9s | Number of Boots: 66

PLC Connections:

No.	PLC Port	MAC Address	Phy Tx	Phy Rx	Bridge State
1	11	000BC20FFB55	22 Mbps	23 Mbps	Enabled
2	9	000BC20FFB56	84 Mbps	53 Mbps	Enabled
3	10	000BC20FFB5A	82 Mbps	26 Mbps	Enabled
4	12	000BC20FFB90	54 Mbps	49 Mbps	Enabled

Figura 5.17 Velocidad de transmisión con cuatro módems.**Tabla 5.6**

Valores de velocidad y corriente con cuatro módems.

TIEM P	Host 1		Host 2		Host 3		Host 4		CORRIEN TE (A)
	VEL. SUBID (Mbps)	VEL. BAJAD (Mbps)	VEL. SUBID (Mbps)	VEL. BAJA (Mbps)	VEL. SUBI (Mbps)	VEL. BAJA(M bps)	VEL. SUBID (Mbps)	VEL. BAJAD (Mbps)	
14.05	22	21	80	57	56	42	54	49	4.434
14.16	21	21	83	43	78	36	62	10	4.284
14.22	20	26	75	30	58	26	23	26	4.395
14.55	11	19	84	35	72	32	77	75	4.464

En la figura 5.18 se observa el registro de los valores de voltaje medidos en las salidas del transformador en condiciones normales de carga en el laboratorio. Para conocer la corriente se realiza la relación 30 Amperios equivale a 1 Voltio.

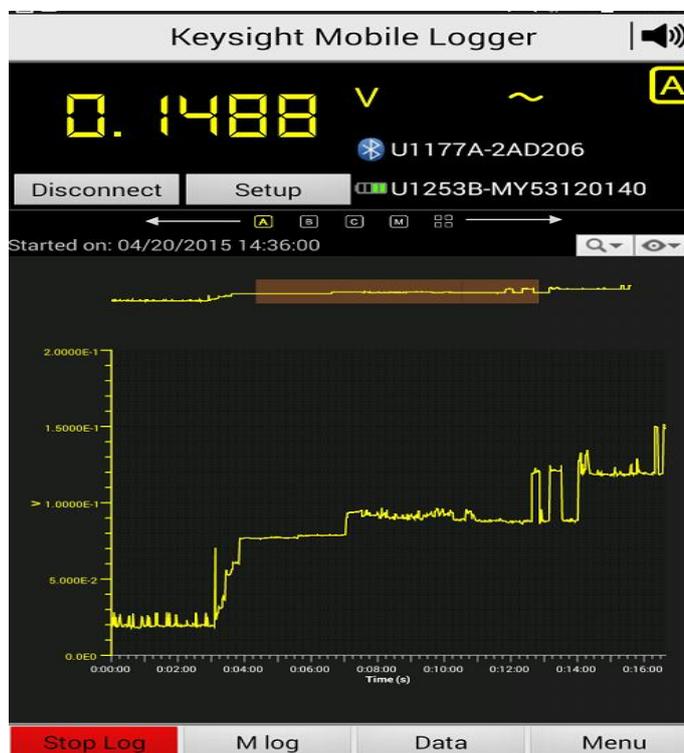


Figura 5.18 Registro de valores de voltaje en el laboratorio.

De las pruebas realizadas variando el número de hosts se puede concluir que los resultados de la comunicación para condiciones normales de carga sobre la red eléctrica permite tener una red de datos en excelentes condiciones de comunicación con velocidades óptimas de transmisión sin afectar el incremento de dispositivos en la red eléctrica.

Las pruebas de velocidad se han realizado en condiciones óptimas por lo que el resultado de la medida de velocidad ha sido satisfactorio, con un aprovechamiento máximo de los megabits disponibles como se indica en la figura 5.19.

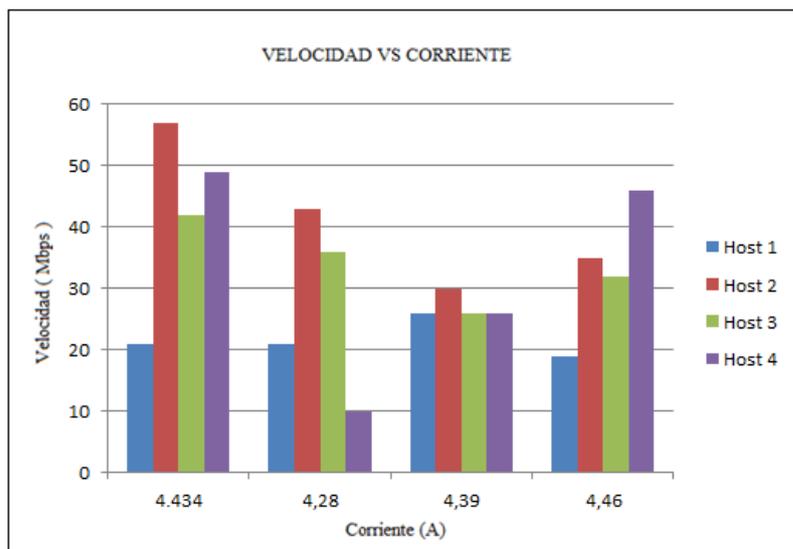


Figura 5.19 Registro de velocidad vs corriente en condiciones normales de carga

5.3.2 Con condiciones máximas de carga en la Red eléctrica.

El caso que se considera a la red eléctrica del laboratorio de Comunicaciones con condiciones máximas de carga, es cuando a ella se conectan todos los equipos a los enchufes del laboratorio con una considerable cantidad de ruido eléctrico como es una licuadora.

Procedimiento.

- Enganchar el transformador de corriente al cable de alimentación en la caja de breakes.
- Encender todos los equipos existentes en el laboratorio con el fin de incrementar la corriente al punto máximo.
- Encender el multímetro con bluetooth incorporado.
- Medir con el multímetro el voltaje en las salidas del transformador.
- Realizar la relación de transformación 30A/1V para obtener la corriente en el laboratorio.
- Generar registros de corriente encendiendo la aplicación Agilent Mobile Logger.

- Introducir la dirección Ip del dispositivo Power Line Communications en cualquier navegador.
- Observar la velocidad de transmisión y sus variaciones con el incremento de módems PLC.
- Generar tablas en diferentes tiempos.

Resultados.

- **Registro de valores con un módem en condiciones máximas de carga**

En la figura 5.19 se observa la velocidad de subida y bajada de transmisión con un módem, cuyas dirección MAC es (000BC20FFB55) y en la tabla 5.7 se generan los valores obtenidos durante una hora, con un modem conectado a la Red.

The screenshot shows the 'Corinex HD200 User Interface' with two main sections: 'Status' and 'PLC Connections'.

Status Section:

FW Version: ac_CXP-LVB-GWfc_9502_hv2_1_0_4mrvsv5_0_110_0_0_11_07_28 almipro			
IP Address	192.168.1.2	IP Configuration	Fixed
MAC Address	000BC20FFB55	Ethernet	Disconnected
Access Protocol	FULLING_TABLE	MAC Type	Access
Sync	Done	Node Type	HE
Notches [list]	Disabled	Link Mode	6
PTTP Mode	Enabled	RX Gain	2
Coupling State	LVPHY Medium	Auto-configuration	Disabled
Uptime	29 days, 21h 18m 51s	PLC	
		Number of Boits	68

PLC Connections Section:

No.	PLC Port	MAC Address	Phy Tx	Phy Rx	Bridge State
1	11	000BC20FFB55	40 Mbps	57 Mbps	Enabled

Figura 5.20 Velocidad a condiciones máximas de carga (1 modem)

Tabla 5.7

Valores de velocidad y corriente con un modem.

HOST 1			
TIEMPO	VELOCIDAD SUBIDA (Mbps)	VELOCIDAD BAJADA(Mbps)	CORRIENTE (A) 30A /1V
10.53	63	44	10.701
10.05	45	55	10.569
10.20	51	33	11.016
10.37	36	41	10.968

- **Registro de valores con dos módems en condiciones máximas de carga**

En la figura 5.20 se observa la velocidad de subida y bajada de transmisión con tres módems, cuyas direcciones MAC son (000BC20FFB55, 000BC20FFB56) y en la tabla 5.8 se generan los valores obtenidos durante una hora, con los dos módems conectados a la Red.

The screenshot shows the 'Corinex HD200 User Interface' with two main sections: 'Status' and 'PLC Connections'.

Status Section:

- FW Version: ac_CXP-LV8-GWYc_9502_hv2_1_0_4mc sv5_0_110_0_0_11_07_28 almapro
- IP Address: 192.168.1.2 | IP Configuration: Fixed
- MAC Address: 000BC230FF71
- Ethernet: 100 Mbps | MAC Type: Access
- Access Protocol: FILLING_TABLE | Node Type: HE
- Sync: Done | Link Mode: 6
- Notches[list]: Disabled | RX Gain: 1
- PTTP Mode: Enabled | Auto-configuration: Disabled
- Coupling State: LV | PHY Medium: PLC
- Uptime: 28 days, 23h 16m 28s | Number of Boots: 66

PLC Connections Section:

No.	PLC Port	MAC Address	Phy Tx	Phy Rx	Bridge State
1	11	000BC20FFB55	17 Mbps	32 Mbps	Enabled
2	9	000BC20FFB56	90 Mbps	55 Mbps	Enabled

Figura 5.21 Velocidad a condiciones normales de carga (2 módems)

Tabla 5.8

Valores de velocidad y corriente con dos modems

TIEMPO	Host 1		Host 2		CORRIENTE (A)
	VEL. SUBIDA (Mbps)	VEL. BAJADA (Mbps)	VEL. SUBIDA (Mbps)	VEL. BAJADA (Mbps)	
11.10	60	39	62	39	10.545
11.25	48	75	88	78	10.473
11.46	51	33	94	94	9.654
11.55	36	41	35	46	10.563

- **Registro de valores con tres módems en condiciones máximas de carga**

En la figura 5.21 se observa la velocidad de subida y bajada de transmisión con tres módems, cuyas direcciones MAC son (000BC20FFB55, 000BC20FFB56, 000BC20FFB90) y en la tabla 5.8 se generan los valores obtenidos durante una hora, con los tres módems conectados a la Red.

The screenshot shows the 'Corinex HD200 User Interface' with a 'Status' section and a 'PLC Connections' table.

Status

FW Version: ac_CXP-LV8-GWYc_9502_hv2_1_0_4mksv5_0_110_0_0_11_07_28 almapro

IP Address	192.168.1.2	IP Configuration	Fixed
MAC Address	000BC230FF71		
Ethernet	100 Mbps	MAC Type	Access
Access Protocol	FILLING_TABLE	Node Type	
Sync	Done	Link Mode	
Notches	Disabled	RX Gain	
PTTP Mode	Enabled	Auto-configuration	Disabled
Coupling State	LV	PHY Medium	
Uptime	29 days, 0h 6m 45s	Number of Boots	

PLC Connections

No.	PLC Port	MAC Address	Phy Tx	Phy Rxc	Bridge State
1	11	000BC20FFB55	14 Mbps	24 Mbps	Enabled
2	9	000BC20FFB56	58 Mbps	44 Mbps	Enabled
3	10	000BC20FFB5A	45 Mbps	24 Mbps	Enabled

Figura 5.22 Velocidad a condiciones normales de carga (3 módems).

Tabla 5.9

Valores de velocidad y corriente con tres módems.

TIEMPO	Host 1		Host 2		Host 3		CORRIENTE (A)
	VEL. SUBIDA (Mbps)	VEL. BAJADA (Mbps)	VEL. SUBIDA (Mbps)	VEL. BAJADA (Mbps)	VEL. SUBIDA (Mbps)	VEL. BAJADA (Mbps)	
12.19	17	30	70	41	27	96	10.875
12.21	16	33	111	82	13	67	11.181
12.34	16	32	87	40	13	67	11.646
12.56	15	29	67	69	13	67	11.925

- **Registro de valores con cuatro módems en condiciones máximas de carga**

En la figura 5.22 se observa la velocidad de subida y bajada de transmisión con cuatro módems, cuyas direcciones MAC son (000BC20FFB55, 000BC20FFB56, 000BC20FFB90, 000BC20FFB5A) y en la tabla 5.9 se generan los valores obtenidos durante una hora, con los cuatro módems conectados a la Red.

The screenshot shows the 'Corinex HD200 User Interface' with two main sections: 'Status' and 'PLC Connections'.

Status

FW Version: ac_CXP-LVS-GWYc_9502_hv2_1_0_4mx sv5_0_110_0_0_11_07_28 almapro

IP Address	192.168.1.2	IP Configuration	Fixed
MAC Address	000BC230FF71		
Ethernet	100 Mbps	MAC Type	Access
Access Protocol	FILLING_TABLE	Node Type	HE
Sync	Done	Link Mode	6
Notches	1	Disabled	RX Gain
PTTP Mode	Enabled	Auto-configuration	Disabled
Coupling State	LV	PHY	Medium
Uptime	28 days, 23h 58m 9s	Number of Boots	66

PLC Connections

No.	PLC Port	MAC Address	Phy Tx	Phy Rx	Bridge State
1	11	000BC20FFB55	22 Mbps	23 Mbps	Enabled
2	9	000BC20FFB56	84 Mbps	53 Mbps	Enabled
3	10	000BC20FFB5A	82 Mbps	26 Mbps	Enabled
4	12	000BC20FFB90	54 Mbps	49 Mbps	Enabled

Figura 5.23 Velocidad a condiciones normales de carga (4 módems)

Tabla 5.10

Valores de velocidad y corriente con cuatro módems.

TIEM.	Host 1		Host 2		Host 3		Host 4		CORRI (A)
	VEL. SUBIDA (Mbps)	VEL. BAJAD (Mbps)	VEL. SUBID (Mbps)	VEL. BAJA (Mbps)	VEL. SUBID (Mbps)	VEL. BAJA (Mbps)	VEL. SUBIDA (Mbps)	VEL. BAJA (Mbps)	
14.05	39	45	49	48	36	47	68	38	11.634
14.16	36	43	45	48	45	27	52	45	11.784
14.22	35	42	55	53	63	53	39	48	11.895
14.55	34	46	45	56	81	72	42	43	11.664

Durante las diferentes pruebas en condiciones máximas de carga, se encontraron resultados de velocidad similares que en condiciones normales de carga

En la figura 5.24 se puede observar la variación de la velocidad gráficamente en diferentes medidas de corriente. Se encontró un pico de 72 Mbps, el 36 % de 200 Mbps en valores teóricos.

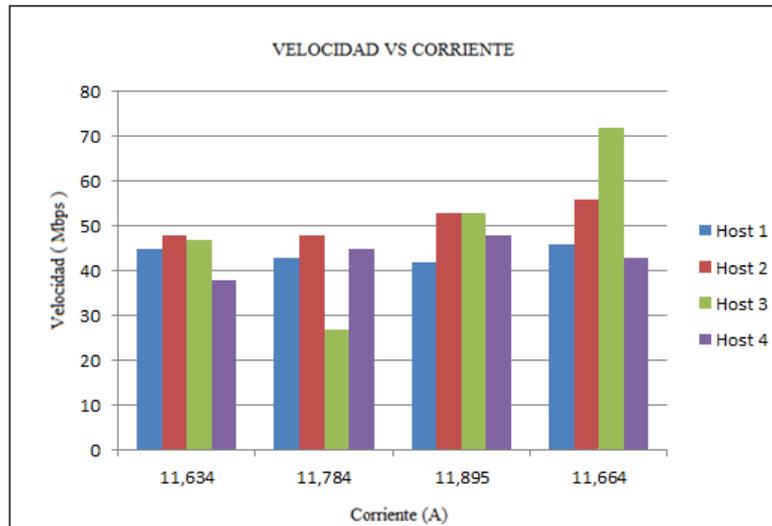


Figura 5.24 Registro de velocidad vs corriente en condiciones máximas de carga

En la figura 5.23 se observa el registro de los valores de voltaje medidos en las salidas del transformador que van incrementando en condiciones máximas de carga en el laboratorio de comunicaciones. Para conocer la corriente se realiza la relación 30 Amperios equivale a 1 Voltio.

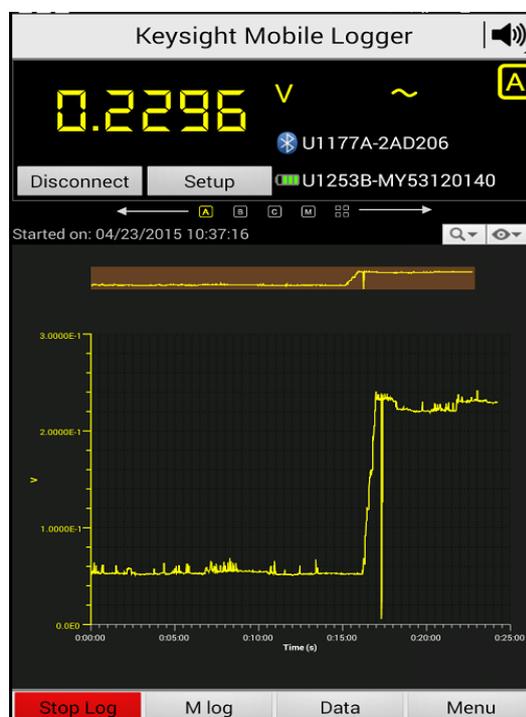


Figura 5.25 Registro de valores de voltaje en el laboratorio en máximas condiciones de carga.

De acuerdo a los valores obtenidos con condiciones maximas de carga y variando el número de modems a considerables tiempos, se obtuvo velocidades parecidas a las de condiciones normales de carga, como se observa en las diferentes tablas. Esto permite tener una red de datos en excelentes condiciones de comunicación con velocidades optimas de transmición sin que afecte el incremento de dispositivos en la red eléctrica.

6.4 Análisis de la velocidad de transmisión de Tecnología Wireless y Tecnología PLC.

Esta prueba consiste en realizar una comparación de velocidades de transmisión entre la tecnología Power Line Communications y la tecnología Wireless disponible en el laboratorio de comunicaciones para lo cual se utiliza medidores de velocidad de conexión online y una computadora portátil provista de una placa de red inalámbrica.

Procedimiento

- Verificar que la computadora tenga acceso a la red Internet.
- Ingresa mediante un navegador a la página de CNT en el link <http://speedtest.cnt-grms.com.ec/> o la página de SUPERTEL <http://speedtest.supertel.gob.ec/>.
- Presionamos START para conocer la velocidad de transmisión.
- Registrar los datos obtenidos.

Resultados

Tabla 5.11

Comparación de velocidad de transmisión

Tecnología	Velocidad Máxima Teórica	Velocidad de Subida Experimentada	Velocidad de bajada Experimentada
Wireless 802.11 g	54 Mbps	3.77 Mbps	3.40 Mbps
Power Line Communications	200 Mbps	73 Mbps	65 Mbps

Evidentemente observamos en la tabla 5. 11 que la velocidad de transmisión de la red Wireless del laboratorio de Comunicaciones es inferior a la Red Power Line Communications, siendo inapropiada para transmitir un gran volumen de datos.

Al utilizar la red Wireless hay que tener cuidado en cuanto a la seguridad. Cualquier ordenador que tenga capacidades Wireless será capaz de ver la red y acceder a ella. Por ello será necesario protegerla, añadirle una contraseña.

Obviamente, aquí se encuentra ante las necesidades de cada tecnología, por lo que es aconsejable hacer un compendio de ambas.

6.5 Análisis de costos

Se realiza el estudio de los costos que conlleva implementar la infraestructura de la red de datos con tecnología PLC (Power Line Communications) para proveer servicios de red como WEB, E- Mail, FTP, DNS e internet al laboratorio de sistemas de comunicación.

A continuación la tabla 5.12, muestra los equipos y sus respectivos valores monetarios.

Tabla 5.12

Costos de equipos PLC

Cantidad	Número de serie	Descripción	Precio unitario	Total
1	CXP-LVC-GWYC	Corinex LV Compact Gateway	\$ 330,36	\$ 330,36
4	CXP-HD200	Corinex HD200 Powerline Wallmount Female Enterprise Adapter	\$ 81,67	\$ 326,68
4	CXF-CXP-200-1.1	Noise Filters	\$ 14,00	\$ 56,00
1		Servidor	\$ 450	\$ 450
1	TL-WR340G	Router	\$ 150	\$ 150
			Total	\$ 1313,04

CAPÍTULO IV

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

- Se determinó que la red Power Line Communications esta apta para ser utilizada en el Laboratorio de Comunicaciones de la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE como medio de transporte de información, haciendo uso de servicios en tiempo real como son voz, datos y multimedia.
- Se probó que existen factores de influencia que afectan a la eficiencia de comunicación en la red como longitud, arquitectura de la red eléctrica, esto se pudo comprobar al aumentar la distancia entre el Gateway y una estación en la cual se atenuó más la señal, por lo que la calidad del canal bajo y se empezó a reducir la velocidad de transmisión por el canal.
- Las velocidades que se producen en la transmisión de datos ante el incremento de corriente en la red eléctrica no son afectadas. Esto permite tener una red de datos en excelentes condiciones de comunicación con velocidades optimas de transmisión ya sea con la presencia o ausencias de equipos eléctricos conectados a la red eléctrica.
- Los equipos PLC son sensibles al ruido por lo tanto, CORINEX provee en el firmware el uso de QoS, equitativo (fair) y basado en prioridades, otro aspecto relevante del firmware es el uso de submodos con el fin de utilizar otra frecuencia de operación, evitando así la interferencia de una frecuencia específica en el espectro de 2 a 34MHz.
- La tecnología Power Line Communications permite la fácil compatibilidad con otras tecnologías desplegadas ya que se la considera una tecnología complementaria y no sustitutiva.
- El uso de la tecnología PLC para servicios de internet como web hosting, almacenamiento NAS, VoIP y seguridades de internet es de altas prestaciones, con velocidades suficientes para mantener un ISP y en ambientes educativas permite al estudiante utilizar un Laboratorio con las tecnologías actuales a bajo costo y con

diversos enfoques al ambiente laboral, desde la configuración de equipos, su administración y monitoreo.

- El despliegue y costo de implementación de la tecnología PLC sobre las redes eléctricas es sencillo y rápido comparado con otras tecnologías de acceso, al aprovechar los cables existentes de energía eléctrica.
- PLC tiene posibilidades en el ámbito residencial, empresarial y pequeñas oficinas, ya que, PLC tiene el potencial de llegar a un porcentaje Julior de la población cumpliendo de esta forma el objetivo social detrás de este proyecto.
- Es necesaria una regulación tecnológica que posibilite la creación de estándares, que permitan alcanzar economías de escala a los fabricantes reduciendo costes y facilitando masivas inversiones a largo tiempo a las empresas eléctricas.

6.2 Recomendaciones

- Se recomienda verificar que las redes eléctricas estén en buen estado, debido a que si existen demasiados empalmes o si ésta se encuentra deteriorada, se pueden tener pérdidas y los cables podrían actuar como antenas causando errores e interferencias.
- Utilizar filtros de ruido en maquinaria con alta inductancia o aparatos que ingresen en la red eléctrica, con el fin de aumentar la eficiencia de la red PLC.
- Cambiar el tamaño de la ventana TCP de 64kbytes a 512kbytes para mejorar el uso de redes PLC, ya que el valor por defecto es para redes Ethernet y PLC soporta valores más altos.
- Grabar la configuración en la NVRAM de los dispositivos CORINEX con el fin de hacerlas permanentes, ya que algún evento podría dejar inhabilitado el servidor de DHCP o TFTP, perdiendo la comunicación de los equipos y perdiendo recursos en levantarla de nuevo.
- Usar reglas QoS basadas en prioridades para mejorar el rendimiento de la red, en servicios como VoIP y video llamadas.
- Se recomienda la elaboración de un Marco Legal que sirva como propuesta para el establecimiento de regulaciones acerca de la aplicación de la tecnología PLC en nuestro país.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] M. Ndlovu, « An OFDM Inter-Subcarrier Permutation Coding Scheme for Power-Line Communication » *IEEE ISPLC 2014 - 18th IEEE International Symposium on Power Line Communications and Its Applications*, 2014.
- [2] R. GOMEZ, «Implementación de un sistema de telecomunicaciones basado en la tecnología plc,» 2005.
- [3] H. Paz, «Consideraciones técnicas sobre transmisión de información en la red eléctrica domiciliaria,» [En línea]. Available: [http://copernico.escuelaing.edu.co/hpaz/images/PDF/Articulo transmisi3n datos RT.pdf](http://copernico.escuelaing.edu.co/hpaz/images/PDF/Articulo_transmisi3n_datos_RT.pdf).
- [4] CORINEX, «SmartLights,» 10 07 2012. [En línea]. Available: <http://www.corinex.com/printpdf/19?block=solution>. [Último acceso: 27 Octubre 2014]
- [5] J. Palet, « Como IP puede llegar a todo el planeta: Boletín de RedIRIS,» 2003. [En línea]. Available: <https://www.rediris.es/difusion/publicaciones/boletin/62-63/ponencia15.pdf>. [Último acceso: 2 Octubre 2013]
- [6] M. M. Fullana Pablo Catoira Fernando, «Power line communications,» 2004. [En línea]. Available: https://freedomotica.files.wordpress.com/2011/09/2_plc-power-line-communications.pdf.
- [7] EVELIUX, «PLC, Powerline Communications,» 2012. [En línea]. Available: <http://www.eveliux.com/mx/PLC-Powerline-Communications-Comunicaciones-por-la-red-de-electricidad.html>. [Último acceso: 2 Junio 2014]
- [8] C.EP, «Las Telecomunicaciones Multimedia,» 2014. [En línea]. Available:

- https://www.celec.gob.ec/transelectric/index.php?option=com_content&view=article&id=126:laselecomunicaciones&catid=38:quienesomos&Itemid=556&lang=es. [Último acceso: 2 Octubre 2013].
- [9] C. EP, «Servicios de Telecomunicaciones,» 2012. [En línea]. Available: https://www.celec.gob.ec/transelectric/index.php?option=com_content&view=article&id=125:servicios&catid=38:quienesomos&Itemid=281&lang=es. [Último acceso: 2 Octubre 2013].
- [10] G. Narvaez, «Análisis de Eficiencia y Rendimiento de la implementación de Servicios Triple - Play sobre Tecnología PLC,» 2013. [En línea]. Available: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/6838/1/T-ESPE-047300.pdf>.
- [11] R. Vite, «Estudio Y Diseño De Una Red De Área Local Bajo Tecnología De Comunicación Por Red Eléctrica (PLC),» 2013. [En línea]. Available: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/123456789/1702/1/T-UCSG-PRE-TEC-IEM-11.pdf>.
- [12] H. d. Pozo, «Ley Orgánica de Comunicación,» 2013. [En línea]. Available: <http://es.slideshare.net/mauroandino/ley-orgnica-comunicacin-registro-oficial>.
- [13] «Informe Segundo Debate Tr. 198869.pdf,» 2014. [En línea]. Available: <http://www.asambleanacional.gob.ec/documentos-oficiales>.
- [14] E. Endesa, «Cromotex,» 2010. [En línea]. Available: http://www.endesa.com/ES/SALADEPRENSA/CENTRODOCUMENTAL/Publicaciones/Smartcity_Malaga_ESP.pdf.
- [15] E. Madera, «Power Line Communication,» 2008. [En línea]. Available: <http://es.slideshare.net/alejandronicolini25/plc-20013>.
- [16] S. K. M. M. Apa Ling, «The Japanese Smart Grid Initiatives, Investments, and Collaborations,» 2012. [En línea]. Available: <http://arxiv.org/abs/1208.5394>.

- [17] G. Perez, «Revista Electro industria,» Smart Grids Incorporando Inteligencia en las redes electricas , 2011[Último acceso: 14 Diciembre 2013].
- [18] CENELEC Community, «CENELEC - About CENELEC - Who we are,» 2013. [En línea]. Available: <http://www.cenelec.eu/aboutcenelec/howeare/index.html>.
- [19] Standardization, European, «WORK PROGRAMME 2015 European Standardization and related activities,» de *European Committee Standardization*, 2015.
- [20] «uit Visión General,» 2015. [En línea]. Available: <http://www.itu.int/es/pages/default.aspx>. [Último acceso: 6 Noviembre 2013].
- [21] «UIT: Comprometida para conectar el mundo,» 2015. [En línea]. Available: <http://www.itu.int/es/pages/default.aspx>. [Último acceso: 18 de Febrero 2014].
- [22] National Telecom and Information Administration, «About NTIA | NTIA,» 2013. [En línea]. Available: <http://www.ntia.doc.gov/about>. [Último acceso: 06 de Febrero 2014].
- [23] Power Line ETSITR, «Power Line Telecommunications,» 2014. [En línea]. Available:http://www.etsi.org/deliver/etsi_tr/103200_103299/103234/01.01.01_60/tr_103234v010101p.pdf. [Último acceso: 10 de Febrero 2014].
- [24] Federal Communications Commission, «What we do,» 2014. [En línea]. Available: <http://captricity.com/what-we-do/>. [Último acceso: 18 de Marzo 2014].
- [25] C.-h. Lo, «The Progressive Smart Grid System from Both Power and Communications Aspects,» de *IEEE COMMUNICATIONS SURVEYS TUTORIALS*, 2012.

- [26] Freedom Digital Networks, «Universal Powerline Association (UPA),» 2014. [En línea]. Available: [http://www.freedomdigitalnetworks.com/article/85/Universal+Powerline+Association+\(UPA\)](http://www.freedomdigitalnetworks.com/article/85/Universal+Powerline+Association+(UPA)). [Último acceso: 21 de Marzo 2014].
- [27] A. H. R. L. Halid Hrasnica, «Broadband powerline communications: network design,» 2008. [En línea]. Available: <http://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=d270N6yvWCoC&oi=fnd&pg=PR7&dq=Broadband+Powerline+Communications+Networks+Network+Design&ots=SLedZCMiEN&sig=sOOPrWPmw3C9RZsJ9G70bqLA2CU>. [Último acceso: 24 de Marzo 2014].
- [28] K. D. Manfred Zimmermann, «An Analysis of the Broadband Noise Scenario in Powerline Networks,» de *Institute of Industrial Information Systems*, 2006.
- [29] CORINEX, «HD Compact Gateway & Corinex LV Compact Gateway,» pp. 1-2, 2013.
- [30] Corinex, «HD200 Powerline Wall Mount F Adapter Manual,» pp. 5-28, 2011.
- [31] Corinex, «Manual AV200 Powerline Ethernet Adapter,» p. 24, 2006.
- [32] H. Hanewinkel, «haneWIN DHCP Server Documentation,» 2012. [En línea]. Available: <http://www.hanewin.net/doc/dhcp/dhcp.htm>. [Último acceso: 02 de Abril 2014].
- [33] Debian, «Debian. El sistema operativo universal,» 2011. [En línea]. Available: <http://www.debian.org/index.es.html>. [Último acceso: 07 de Abril 2014].
- [34] PROXMOX, «Home proxmox,» 2015. [En línea]. Available: <http://www.proxmox.com/es>. [Último acceso: 15 de Abril 2014].

- [35] PROXMOX, «Características,» 2015.
- [36] W. Venema, «The Postfix Home Page,» 2013. [En línea]. Available: <http://www.postfix.org/>. [Último acceso: 20 de Agosto 2014]
- [37] Dovecot MTA, «Secure IMAP Server,» 24 10 2014. [En línea]. Available: <http://www.dovecot.org>. [Último acceso: 24 de Agosto 2014]
- [38] P. Lesniewski, «SquirrelMail - Webmail for Nuts,» 2010. [En línea]. Available: <http://squirrelmail.org/>. [Último acceso: 28 de Agosto 2014]
- [39] The Apache Software Foundation, «SpamAssassin Welcome to SpamAssassin,» 2014. [En línea]. Available: <http://spamassassin.apache.org/> [Último acceso: 24 de Agosto 2014]
- [40] ClamAV, 2015. [En línea]. Available: <http://www.clamav.net/index.html>. [Último acceso: 10 de Septiembre 2014]
- [41] T. Jan, «AMaViS - A Mail Virus Scanner,» 2007. [En línea]. Available: <http://amavis.sourceforge.net/>. [Último acceso: 04 de Octubre 2014]
- [42] F. DENIS, «Pure-FTPd - About,» 21 MARZO 2012. [En línea]. Available: <http://www.pureftpd.org/project/pure-ftpd>. [Último acceso: 16 de Octubre 2014]
- [43] JeremyMorton, «Subversion - Debian Wiki,» 20 Noviembre 2014. [En línea]. Available: <http://wiki.debian.org/Subversion>. [Último acceso: 20 de Octubre 2013]
- [44] ISPCONFIG, «Hosting Control Panel Software,» 2011. [En línea]. Available: <http://www.ispconfig.org>. [Último acceso: 26 de Enero 2013]
- [45] FileZilla, «FileZilla - The free FTP solution,» 2013. [En línea]. Available: <https://filezilla-project.org/>. [Último acceso: 21 de Enero 2014]

- [46] Wordpress, «WordPress › Español,» 2012. [En línea]. Available: <http://es.wordpress.org/>. [Último acceso: 12 de Septiembre 2013]
- [47] P. Solutions, «Elastix - Overview,» 2014. [En línea]. Available: <http://elastix.org/index.php/en/product-information/elastix-info.html> [Último acceso: 15 de Diciembre 2014] .
- [48] EKIGA, «Ekiga ~ Free Your Speech,» 2011. [En línea]. Available: <http://www.ekiga.org/>. [Último acceso: 16 de Diciembre 2014]
- [49] Security Onion Solutions LLC, «Security Onion,» 2012. [En línea]. Available: <http://blog.securityonion.net/p/securityonion.html> [Último acceso: 17 de Diciembre 2013]
- [50] A. Deuble, «Detecting and Preventing Web Application,» 2012, pp. 1-32.
- [51] WIRESHARK, «Wireshark · Go deep.,» 27 JULIO 2010. [En línea]. Available: <http://www.wireshark.org/> [Último acceso: 08 de Febrero 2014]

ANEXOS