



UNIVERSIDAD CATÓLICA “ANDRÉS BELLO”

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería de Telecomunicaciones



**Diseño de un sistema de servicio de datos entre el Hotel Humboldt y la red
Metro Ethernet de la empresa EDC Network Comunicaciones S.C.S.**

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

Presentado ante la

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

Como parte de los requisitos para optar al título de

INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES

REALIZADO POR:

Diego G. Pantoli P.

Julio I. Solarte L.

TUTOR:

Ing. José Daniel Duarte

FECHA:

Caracas, 2 de Julio 2012

Dedicatoria

Este documento demuestra el resultado de meses de trabajo, todos los esfuerzos realizados para culminarlo fueron inspirados en mi Madre, que con sus palabras de aliento y ánimo me impulsaron a nunca detenerme, a mi Padre por sus valores de trabajo y responsabilidad, a mis Hermanos Nelson y Mauricio por estar siempre pendientes y nunca dejar que vacilara en ningún momento, a Patrizia y Aiskel que siempre me ayudaron para lo que necesitara y a mi Sobrino Sergio por siempre regalarme alegrías. A mí querida novia y amiga Vero que mejoró mi forma de ver el mundo y que me apoyó incondicionalmente en todo momento.

Diego G. Pantoli Prosperi

Quiero dedicarles este trabajo a mis padres y a mi abuela, que con su arduo esfuerzo me han ayudado de manera incondicional no solo para este trabajo, sino durante toda mi vida. Este documento es producto de una grandiosa labor que hemos llevado a lo largo de toda mi carrera universitaria por lo que el merito no es solo mío, sino también en gran medida de ustedes. Les agradezco enormemente todo el apoyo que me han brindado.

Julio Ibrahim Solarte Lugo

Agradecimientos

Queremos agradecerle a Dios por permitirnos alcanzar esta meta con éxito.

Agradecemos a nuestros familiares, por su apoyo para culminar este logro y ser Ingenieros, por sus conocimientos para ayudarnos a tomar decisiones en nuestras vidas a nivel profesional y personal.

A nuestros amigos que han sido un gran apoyo y con quién hemos compartido en la universidad buenos y malos momentos: Gianpi, Giampa, Moisés, Juan Miguel, Daniel, Jorge, Mario, Ricardo, Oscar, Xavier, Gianfu, Claudia y Emilio.

Al Ing. José Daniel Duarte, tutor del Trabajo Especial de Grado por impartirnos sus conocimientos para realizar el proyecto con el mayor de los éxitos.

Al Ing. Osmel Fonseca por la ayuda otorgada y por compartir sus experiencias y conocimientos durante la realización de este Trabajo Especial de Grado.

Al Ing. Álvaro López por el apoyo brindado, por su orientación y guía durante el desarrollo del trabajo.

Resumen

Diseño de un sistema de servicio de datos entre el Hotel Humboldt y la red Metro Ethernet de la empresa EDC Network Comunicaciones S.C.S.

Pantoli Prosperi, Diego Gabriele

Dgpantoli.11@gmail.com

Solarte Lugo, Julio Ibrahim

lostprofile@gmail.com

Actualmente el Hotel Humboldt no posee una infraestructura de red que le permita el acceso a Internet a los futuros clientes del establecimiento. Es por ello que el gobierno venezolano, ente encargado de la restauración del hotel, le ha pedido a EDC Networks Comunicaciones la implementación de un diseño de red de acceso que permita la conexión a Internet usando la red Metro Ethernet de la empresa. Este proyecto tiene como fin encontrar un diseño eficaz y tiene como objetivos la realización un estudio de alternativas entre las tecnologías WiFi, ADSL y BPL, la selección de opción más idónea, investigar acerca de los equipos que se puedan tomar en cuenta para el diseño y su posible ubicación en el complejo turístico. Por otro lado el presente trabajo también tiene la finalidad de diseñar de una red de telemedición para hacer mediciones de las cargas concentradas en las subestaciones ubicadas en la estación de teleférico y en el hotel. Para cumplir con estos objetivos, se utilizó una metodología la cual se encuentra dividida en tres fases. En la primera fase, se realizó toda la investigación teórica y referencial necesaria para la realización del proyecto, así como también toda la información relacionada con las redes de transporte de la empresa. La segunda fase abarca todo el estudio realizado acerca de las diferentes tecnologías tomadas en cuenta: ADSL, WiFi, BPL. Entre los criterios utilizados para el estudio tenemos rendimiento, escalabilidad, topología de la red, y también se calcularon los costos aproximados de lo que sería una posible implementación en el hotel. En ésta fase también se realizó unas pruebas de la tecnología BPL siguiendo el RFC 2544 para conocer su rendimiento en un ambiente real. Acto seguido, se realizó un estudio de los equipos de la tecnología seleccionada para conocer las marcas líderes en el mercado y las prestaciones que ofrecen. En la

última fase se realizó el diseño de la red de conexión de datos y de telemedición. En base al estudio de alternativas se decidió utilizar un sistema híbrido entre BPL y Wi-Fi ya que esta combinación es la que ofrece una mayor facilidad en su implementación y cumple con los requerimientos previstos. En detalle, se utilizará BPL y Wi-Fi para la red de acceso y BPL para la red de transporte. En cuanto a la red de telemedición, se utilizará la misma red empleada para el servicio de datos, pero agregando un equipo especializado que va conectado al equipo cabecera BPL.

Palabras clave: ADSL, WiFi, BPL, telemedición, Metro Ethernet.

Índice General

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	3
PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO	3
I.1. Planteamiento del Problema	3
I.2. Objetivos.....	8
I.2.1. Objetivo General 1:.....	9
I.2.1.1. Objetivos Específicos:	9
I.3. Justificación del problema.....	10
I.4. Alcances y Limitaciones.....	10
CAPÍTULO II.	12
MARCO REFERENCIAL	12
II.1. Tecnologías de Acceso a Internet:.....	12
II.1.1. WLAN “Wireless Local Area Network”	13
II.1.1.1. Pérdidas por Espacio Libre.....	13
II.1.1.2. Potencia Isotrópica Radiada Equivalente	14
II.1.1.3. Multitrayecto	14
II.1.1.4. Señal Mínima Detectable (SMD)	14
II.1.1.5. Punto de acceso inalámbrico	14

II.1.1.6. Enrutadores inalámbricos	15
II.1.2. Wireless Fidelity “Wi-Fi”	15
II.1.2.1. Estándares IEEE 802.11	15
II.1.2.2. Funcionamiento	16
II.1.2.3. Seguridad.....	17
II.1.2.3.1. Wireless Equivalent Privacy “WEP”	17
II.1.2.3.2. WiFi Protected Access “WPA”	17
II.1.2.3.4. Ventajas de WiFi	18
II.1.3. Asymmetric Digital Subscriber Line “ADSL”	18
II.1.3.1. Descripción.....	18
II.1.3.2. Orígenes:	19
II.1.3.3. Funcionamiento:	20
II.1.3.3.1. Estructura del sistema.....	20
II.1.3.3.2. Modulación:.....	21
II.1.3.3.2.1. DMT (Discrete Multi-Tone).....	21
II.1.3.3.2.2. Modulación QAM	22
II.1.3.3.2.3. Transceiver DMT	23
II.1.3.3.2.4. Inconvenientes en el canal de transmisión:	24
II.1.3.3.2.5. Ventajas de la Tecnología ADSL	25
II.1.4. Broadband over Powerlines “BPL”	25
II.1.4.1. Origen	25
II.1.4.2. Pruebas y Proyectos pilotos:.....	27

II.1.4.3. Funcionamiento	30
II.1.4.3.1. Breve Descripción del sistema de suministro eléctrico en Venezuela	31
II.1.4.3.3. Técnicas de modulación	33
II.1.4.3.4. Enlace de datos	36
II.1.4.3.5. Acceso al medio:	38
II.1.4.4. Infraestructura de la red BPL	38
II.1.4.4.1. Sistema de Acceso BPL:	39
II.1.4.4.1.1. End-to-End Acceso BPL:	39
II.1.4.4.1.2. Sistema Híbrido de Acceso BPL:	43
II.1.4.4.2. Sistema “In-Home” o domiciliario BPL:	44
II.1.4.5. Problemas de Red.....	44
II.1.4.6. Estandarización:	45
II.2. Tecnologías de transmisión de datos.....	47
II.2.1. Ethernet.....	47
II.2.1.1. Definición.....	47
II.2.1.2. Arquitectura.....	48
II.2.1.3. Principios básicos de Ethernet.....	51
II.2.1.3.1. Tecnología de conmutación de paquetes de capa 2.....	51
II.2.1.3.2. Aprendizaje de direcciones MAC	51
II.2.1.3.3. Extendiendo la red con troncales (Trunks).....	52
II.2.1.3.4. Etiquetas VLAN	52
II.2.1.3.5. Protocolo Spanning Tree	53

II.2.2. Metro Ethernet.....	54
II.2.2.1. Concepto.....	54
II.2.2.2. Arquitectura.....	55
II.2.2.3. Funcionamiento	55
II.2.2.4. Servicios Metro Ethernet.....	56
II.2.2.5. Beneficios.....	56
II.3. EDC Network Comunicaciones	57
II.4. Red eléctrica en el Cerro WARAIRAREPANO	57
CAPÍTULO III.....	58
METODOLOGÍA Y DESARROLLO.....	58
III.1 Fase I.	58
III.1.1 Investigación documental y bibliográfica.	58
III.1.2 Análisis de redes de la compañía.	59
III.1.2.2. Red Metro Ethernet en la empresa EDC Network Comunicaciones S.C.S.	60
III.1.3. Levantamiento de la información en campo.	62
III.2 Fase II.....	63
III.2.1. Alternativas entre las tecnologías BPL, ADSL y WiFi.....	63
III.2.1.1. Consideraciones previas.....	64
III.2.1.2. Alternativa BPL.	66
III.2.1.3. Alternativa ADSL.	68
III.2.1.4. Alternativa WiFi.....	70

III.2.2. Ejecución del protocolo de prueba de las redes BPL ya implementadas en las oficinas de EDC Network Comunicaciones S.C.S.	72
III.2.3 Estudio de los posibles equipos especializados que puedan utilizarse en el diseño de la red de conexión de datos, de acuerdo a la tecnología seleccionada y la posible ubicación de los mismos.....	74
III.2.4 Estudio de los posibles equipos especializados que puedan utilizarse en la red de telemedición, de acuerdo a la tecnología seleccionada y la posible ubicación de los mismos.....	76
III.3. Fase III.	76
III.3.1 Diseño de la red de conexión de datos y red de telemedición de las cargas concentradas.....	77
III.3.2. Realización del tomo.....	77
CAPÍTULO IV	78
RESULTADOS.....	78
IV.1. Selección de la tecnología a utilizar entre las alternativas ADSL, WiFi y BPL.	78
IV.2. Identificación del sistema de las tecnologías seleccionadas a utilizar en el proyecto.....	82
IV.3. Ejecución del protocolo de prueba de las redes BPL ya implementadas en las oficinas de EDC Network Comunicaciones S.C.S.....	84
IV.4. Investigación de los equipos especializados que puedan ser tomados en cuenta para el diseño de la red con la tecnología a seleccionar.....	85
IV.5. Estudio de la ubicación de los equipos especializados con la tecnología a seleccionar.....	93

IV.6. Investigación de los equipos especializados en base a la tecnología seleccionada, que puedan ser tomados en cuenta para el diseño de la red de telemedición de las cargas concentradas en la subestación eléctrica “Warairarepano” y en El Hotel Humboldt.	94
IV.7. Diseño del sistema de servicio de datos.....	96
IV.7.1. Diseño de la red de conexión de datos.....	96
IV.7.2. Diseño de la red de telemedición de datos.....	102
CAPÍTULO V	105
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	105
V.1 Conclusiones	105
V.2 Recomendaciones.....	108
Bibliografía	109

Índice de Figuras

Figura 1. Espectro de la señal ADSL	5
Figura 2. Ecuación de Friis	13
Figura 3. Sistema de Referencia ADSL	20
Figura 4. Siemens DSLAM SURPASS hiX 5625.	21
Figura 5. Asignación de los sub-canales en la modulación DMT.....	22
Figura 6. Diagrama de Bloques de un transceiver con 256 sub portadoras	23
Figura 7. Desarrollo PLC a nivel mundial.	27
Figura 8. Sistema de suministro eléctrico.	31
Figura 9. Uso de la Transformada de Fourier.	35
Figura 10. Diagrama de bloques del modulador OFDM.....	35
Figura 11. Diagrama de bloques del demodulador OFDM.....	36
Figura 12. Trama utilizada en BPL	37
Figura 13. Red de Acceso BPL	39
Figura 14. End-to-End Access BPL.	40
Figura 15. Equipo Head End.....	41
Figura 16. Repetidor BPL	42
Figura 17. Extractor BPL	42
Figura 18. Módem BPL	43
Figura 19. Sistema Híbrido de Acceso BPL	43
Figura 20. Sistema BPL Domiciliario.....	44
Figura 21. Paquetes con Etiqueta 802.1Q	52
Figura 22. Ejemplo de red Metro Ethernet.....	54
Figura 23. Servicios Metro Ethernet(Schmidberg, 2009)	56
Figura 24. Diagrama del “Backbone” de la red Metro Ethernet	61

Figura 25. Diagrama de red.....	64
Figura 26. Planta de habitaciones de El Hotel Humboldt.	65
Figura 27. Red BPL.	66
Figura 28. Red de acceso ADSL.	69
Figura 29. Red de acceso WiFi	71
Figura 30. Cableado eléctrico Parque “Warairarepano”.	79
Figura 31. Sistema Híbrido de Acceso BPL.	83
Figura 32. Corinex MV-LV Access Gateway.....	89
Figura 33. Corinex Adaptador Ethernet.	89
Figura 34. Dispositivos Head End llevo.	90
Figura 35. Dispositivos repetidores llevo.	90
Figura 36. Dispositivos acopladores llevo.	91
Figura 37. Dispositivos CPE llevo.....	91
Figura 38. Ubicación del Head End BPL.....	93
Figura 39. Ubicación de los repetidores BPL.	94
Figura 40. Smart Meter Communication Module ZPA CXP-SG200-MDZ.	95
Figura 41. Smart Meter Communication Module L&G CXM-SG200-MDL.....	95
Figura 42. Cálculo de la cantidad total de usuarios.	96
Figura 43. Cálculo de la capacidad.	97
Figura 44. Diagrama de la red de conexión de datos.	100
Figura 45. Diagrama Lógico del sistema de servicio de datos.....	103

Índice de Tablas

Tabla 1. Familia de estándares 802.11	16
Tabla 2. Principales proyectos pilotos a nivel mundial.	28
Tabla 3. Principales Proyectos pilotos a nivel mundial.	29
Tabla 4. Denominación de la tecnología.....	30
Tabla 5. Etapas del sistema de suministro eléctrico en Venezuela.....	32
Tabla 6. Trama Ethernet.....	48
Tabla 7. Interfaz física Ethernet.....	50
Tabla 8. Interfaz física Ethernet con fibra óptica.....	50
Tabla 9. Inversión monetaria en tecnología ADSL.....	81
Tabla 10. Inversión monetaria en tecnología WiFi.....	81
Tabla 11. Inversión tecnología BPL	81
Tabla 12. Configuración de la prueba.	84
Tabla 13. Parámetros resultantes de la prueba.	85
Tabla 14. Proveedores Corinex e Ileva.	92

INTRODUCCIÓN

El Hotel Humboldt, construido a finales de 1956, ha sido un ícono de la ciudad de Caracas desde su inauguración por su gran diseño arquitectónico y su ubicación, el cerro Warairarepano, uno de los sitios turísticos más visitados en la capital. Actualmente el Hotel se encuentra en desuso, pero se ha iniciado un proceso de remodelación y equipamiento por parte del Gobierno Venezolano, para restaurar la antigua gloria que poseía en la Caracas de antaño.

En la actualidad, el tener acceso a internet se ha convertido en algo indispensable para las personas, tanto a nivel personal como a nivel laboral, ya que ofrece una amplia gama de beneficios tales como la comunicación de manera casi instantánea con personas que se encuentran a grandes distancias.

Es obvio pensar que en el planeamiento de la restauración del hotel se tomó en cuenta este factor y es por ello que se le ha encomendado a la empresa EDC Network Comunicaciones diseñar una solución efectiva para brindar el servicio de acceso a Internet a los futuros clientes del hotel.

La elaboración de este trabajo tiene como fin diseñar un sistema de datos para el Hotel Humboldt utilizando las redes de la empresa, desplegadas en la ciudad. Para ello se evaluarán las condiciones actuales del establecimiento, para luego estudiar qué tecnología es la que mejor se adapta. Entre las alternativas a considerar tenemos ADSL, una tecnología bastante aceptada y desplegada a nivel mundial, WiFi, muy popular debido a la gran movilidad que ofrece y a la gran cantidad de dispositivos que lo utilizan, y BPL (Broadband over PowerLines), la cual es muy parecida a la primera salvo que utiliza como medio de transmisión el cableado eléctrico.

También se busca con este trabajo diseñar un sistema de tele medición de las cargas concentradas en la subestación que se encuentra ubicada en el cerro Warairarepano y en el hotel Humboldt, a fin de que la empresa pueda monitorear la condiciones de la líneas eléctricas.

El presente documento se encuentra estructurado en seis capítulos. El primer capítulo contiene el planteamiento del problema, los objetivos a cumplir para la realización del trabajo, una breve justificación del mismo y los alcances y limitaciones que posee. Todo el marco referencial utilizado para el estudio de alternativas y la elaboración del diseño está contenido en el capítulo dos.

En el capítulo tres se define la metodología a utilizar para llevar a cabo este trabajo y su desarrollo. Los resultados, producto de la investigación realizada, se encuentran definidos en el capítulo cuatro.

El quinto capítulo contiene las conclusiones y recomendaciones basadas en los resultados obtenidos en la realización del presente trabajo. Las referencias bibliográficas que fueron consultadas se encuentran en el último capítulo.

CAPÍTULO I.

PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO

En el presente capítulo se desarrolla la necesidad de diseñar un sistema de servicio de datos entre El Hotel Humboldt y la red Metro Ethernet de la empresa EDC Network Comunicaciones S. C. S., para atender el problema planteado en el Trabajo Especial de Grado. Se incluye el planteamiento del problema argumentando la causa por la cual se necesita esta solución y los beneficios que se gozarían, los objetivos trazados y la definición de hasta dónde se pretende llegar con el proyecto.

I.1. Planteamiento del Problema

El acceso a servicios de datos, como por ejemplo Internet, tiene la finalidad de ofrecer una plataforma abierta de comunicación entre varios usuarios y conectarlos entre sí para poder intercambiar cualquier tipo de información. En la actualidad, el poder gozar de una conexión Internet nos brinda un gran número de posibilidades como poder consultar las cuentas bancarias, mantenerse informado de las noticias, adquirir conocimientos, comprar artículos electrónicos, entre otros y todo esto nos demuestra que el poder gozar de acceso a Internet es indispensable hoy en día.

La empresa EDC Network Comunicaciones, que tiene como principal objetivo la instalación, operación y comercialización de servicios de telecomunicaciones, se le ha planteado desde CORPOELEC (Corporación Eléctrica Nacional), ofrecer el servicio de Internet a las habitaciones del Hotel Humboldt como parte de un plan de reestructuración y reconstrucción que se está llevando a cabo desde el 2010 en el hotel, por parte del Gobierno Nacional, ya que las instalaciones no poseen este tipo de servicios por ser una antigua edificación de los años 50.

El Ejecutivo Nacional proyecta reinaugurar a mediados de este año el Hotel Humboldt, mediante la inversión de más de 100 millones de bolívares en obras de reconstrucción y rehabilitación de las instalaciones de este emblemático hotel, ubicado a más de dos mil 200 metros de altitud, en el parque nacional Warairarepano, frente a la ciudad de Caracas.

En el futuro, en el momento de la reinauguración, el hotel podrá contar con una conexión a Internet en todas sus habitaciones, así, las personas que se vayan a hospedar en el hotel, ya sea por motivos de trabajo o turismo, puedan disponer de las distintas posibilidades que Internet pueda ofrecer.

Al llegar al punto de decidir qué tecnología utilizar para otorgar el servicio de Internet al Hotel Humboldt se debe hacer un estudio sobre qué tecnologías existen actualmente en el mercado, cuáles son las más utilizadas y cuál debería de utilizarse en este tipo de proyecto.

Inicialmente una de las tecnologías más utilizadas en la actualidad es DSL; tecnología que permite acceso a la red Internet. Surgió de la necesidad que tenían las compañías telefónicas de brindar acceso a Internet a sus subscriptores sin la necesidad de hacer cambios mayores en la infraestructura de su red, como por ejemplo instalar fibra óptica. Esta tecnología utiliza el mismo par trenzado empleado para la comunicación telefónica, aprovechando el espectro que no está siendo usado por la voz (4KHz). El alcance de esta tecnología se encuentra limitado por la distancia que separa a los usuarios de la estación telefónica.

Existen muchos tipos de esta tecnología, pero en este estudio se tomará en consideración la variante ADSL debido a su popularidad en el mercado.

Asymmetric Digital Subscriber Line (ADSL) es una de las variantes xDSL más populares debido a las grandes velocidades de transmisión de datos que puede

alcanzar. Se dice que es asimétrico debido a que la tasa de transmisión desde el operador hacia el usuario (downstream) y desde el usuario hacia el operador (upstream) es diferente entre sí (al contrario de Symetric-DSL donde sí son iguales), siempre la primera es mayor que la segunda. Alcanza velocidades de 12 Mb/s en downstream y 1.3 Mb/s en upstream (estándar ITU G.992.1). A continuación se muestra el espectro utilizado en ADSL:

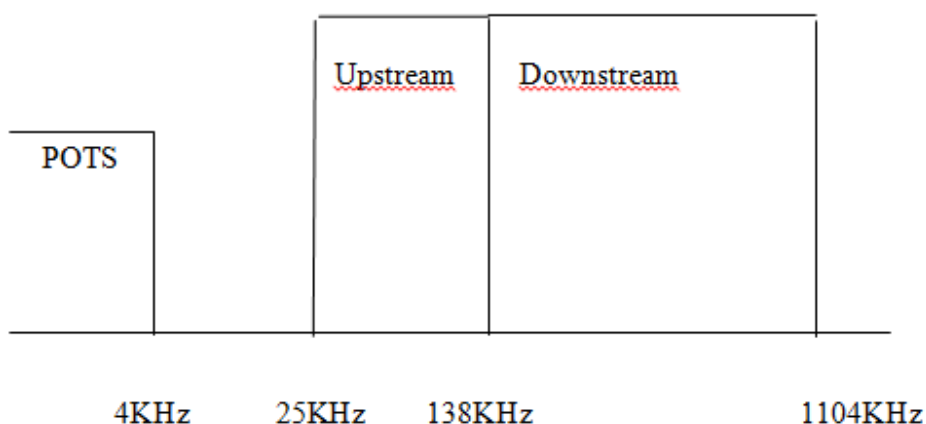


Figura 1. Espectro de la señal ADSL

(Fuente propia)

Teóricamente la diferencia entre ADSL y BPL radica en el medio que utilizan para la transmisión de datos ya que las velocidades que pueden ofrecer y la forma como utilizan el medio físico son similares. ADSL utiliza el par trenzado utilizado en el servicio telefónico mientras que BPL utiliza el cableado eléctrico que se encuentra en la instalación. El cableado telefónico tiene un gran alcance hoy en día por la fiabilidad y estabilidad, comparándola con la tecnología wireless, pero el cableado eléctrico abarca distancias mucho mayores ya que el servicio eléctrico es fundamental en la actualidad. Otro inconveniente que posee ADSL es que el abonado

necesariamente debe estar ubicado a menos de 5 Km (aproximadamente) de una estación telefónica, debido a la distorsión en la transmisión causada por la longitud del cable.

En la práctica, en nuestro caso de diseño, actualmente en el Hotel Humboldt no está en operación un sistema ADSL, por ser de gran antigüedad la edificación y no gozar de un mantenimiento adecuado, además de no estar en funcionamiento el Hotel por muchos años. En este sentido se debe instalar completamente el cableado necesario para esta tecnología, invirtiendo gran cantidad de dinero y de tiempo, además de ser un procedimiento invasivo para la infraestructura del Hotel Humboldt.

Luego tenemos otra tecnología como lo es WiFi, utilizando el estándar 802.11 que en términos generales facilita la interconexión de redes de datos en un entorno local sin la utilización de cables físicos sino empleando el espectro radio-eléctrico para su conexión. Esta tecnología se creó para ser utilizada en redes locales inalámbricas, pero es frecuente que en la actualidad también se utilice para acceder a Internet, transmisión de datos y VoIP, además de ofrecer ventajas como la eliminación del cableado, máxima movilidad dentro de su cobertura, fácil instalación, adaptabilidad y escalabilidad. Entre los distintos estándares de WiFi tenemos que la más alta velocidad es de 54 Mbps.

Comparando directamente WiFi con BPL tenemos que ambas pueden alcanzar la misma velocidad, como también tienen la facilidad de no tener que instalar ningún sistema de cableado y asegurar la movilidad de donde se encuentre el usuario ya que BPL cuenta con las líneas eléctricas que se encuentran en casi cualquier ambiente y WiFi tiene hasta cierta distancia su propia cobertura. Lo que hay que tener bien claro es que BPL no es una tecnología sustitutiva, también se pueden utilizar modelos híbridos donde se utilizan los equipos BPL y Access Points para que cuando sea

necesario disponer con ciertas condiciones de un área con cobertura inalámbrica, sea posible satisfacer al usuario final.

Al confrontar estas tecnologías en el entorno de este proyecto, con BPL simplemente se deben obtener los módems especializados que se deben conectar a los enchufes que estarían ubicados en la totalidad de la infraestructura del Hotel mientras que con WiFi se deben instalar Access Points en un cierto rango específico y tomando en cuenta que en el Hotel por la gran cantidad de pisos y de habitaciones habría mayor atenuación de la señal inalámbrica y por lo tanto un decaimiento en la señal, y sin contar que resultaría más costoso el instalar un sin número de Access Points en la edificación y ocuparía mayor tiempo en la instalación.

Como una posible opción para realizar el diseño de un sistema de servicio de datos para el Hotel Humboldt, se tiene la tecnología BPL (Broadband over Power Lines), debido a que es realmente costoso y tomaría más tiempo del previsto realizar instalaciones convencionales en el edificio o de dispositivos adicionales, en cambio, con la tecnología BPL se utilizan las líneas eléctricas ya existentes en el Hotel Humboldt y se presenta como una propuesta alternativa a los métodos que se utilizan en la actualidad para brindar el servicio de internet, pero a velocidades entre 500 Kbps y 54 Mbps. Técnicamente, en este proyecto, esta tecnología se aplicará desde la estación de transformación eléctrica de baja tensión hasta el Hotel Humboldt donde ya existe una red eléctrica y a partir de la estación de transformación se conecta con la red de telecomunicaciones convencional (fibra óptica/carrier/Ethernet). Previamente se haría un estudio de investigación sobre qué equipos podrían ser más convenientes para este sistema, tomando en cuenta el entorno donde serían instalados y el clima, y la calidad y durabilidad de los dispositivos.

Se pretende realizar un protocolo de prueba según la RFC 2544, en las oficinas de la empresa EDC Network Comunicaciones donde ya está en uso una red

BPL que permite el acceso de los departamentos de trabajo a Internet, para garantizar el buen funcionamiento, calidad de servicio y velocidad de esta tecnología.

Valiendo el hecho de tener que conectar la estación de transformación eléctrica de baja tensión con la red de fibra óptica ya existente en la zona, EDC Network Comunicaciones plantea la posibilidad de diseñar un sistema de medición de las cargas concentradas en la subestación eléctrica “Warairarepano” y en El Hotel Humboldt, transportando los datos obtenidos por medio de la interconexión de la red de fibra con la red Metro Ethernet de la Empresa. Primeramente se hará una investigación de los equipos necesarios más adecuados para poder efectuar la medición de las cargas concentradas en las subestaciones eléctricas, como también se hará un estudio de cuál equipamiento es necesario para interconectar la red Metro Ethernet de la Empresa con el sistema de medición a diseñar.

La intención por parte de la empresa EDC Network Comunicaciones de obtener la medición de las cargas concentradas, es de tener un constante control y monitoreo sobre los parámetros de tensión en la subestación eléctrica ubicada en el Cerro Warairarepano y en el Hotel, asegurándose así, el correcto mantenimiento de las mismas.

I.2. Objetivos

A raíz del planteamiento del problema y para dar respuesta al título de investigación del estudio, se establecerán dos objetivos generales y sus respectivos objetivos específicos, los cuales se presentan a continuación:

I.2.1. Objetivo General 1:

Diseñar un sistema de servicio de datos entre el Hotel Humboldt y la red Metro Ethernet de la empresa EDC Network Comunicaciones S.C.S

I.2.1.1. Objetivos Específicos:

- Realizar un estudio de alternativas entre las tecnologías ADSL, WiFi y BPL.
- Seleccionar la tecnología más idónea para el tipo de proyecto a realizar basado en el estudio de alternativas.
- Identificar cuál es el sistema de la tecnología seleccionada, a utilizar en el proyecto.
- Investigar los equipos especializados que puedan ser tomados en cuenta para el diseño de la red de conexión de datos con la tecnología a seleccionar.
- Estudiar la ubicación de los equipos especializados con la tecnología a seleccionar, para el sistema de conexión de datos.
- Realizar un protocolo de prueba según el RFC 2544 de las redes BPL instaladas en las oficinas de EDC Network Comunicaciones.
- Diseñar un sistema de conexión de datos para el Hotel Humboldt basado en la tecnología a seleccionar.
- Investigar los equipos especializados en base a la tecnología seleccionada, que puedan ser tomados en cuenta para el diseño de la red de telemedición de las cargas concentradas en la subestación eléctrica “Warairarepano” y en El Hotel Humboldt.

- Diseñar un sistema de telemedición de las cargas concentradas en la subestación eléctrica “Warairarepano” y en El Hotel Humboldt.

I.3. Justificación del problema

En la actualidad los servicios de telecomunicaciones han agregado gran dinamismo en el desarrollo de las actividades administrativas, de mantenimiento, de negocios así como de entretenimiento, y por lo tanto deben estar al alcance de la mayor parte de las personas. El presente Trabajo Especial de Grado sirve para brindar este dinamismo tecnológico a los huéspedes que se vayan a alojar en El Hotel Humboldt, así como también a CORPOELEC mediante el monitoreo de las cargas concentradas en la subestación eléctrica “Warairarepano” y en el mismo hotel. Con este proyecto además de modernizar al Hotel Humboldt otorgando un servicio de telecomunicaciones, permite a la empresa CORPOELEC tener un servicio de mantenimiento de la red eléctrica presente en el Hotel. Lo anteriormente explicado demuestra que las telecomunicaciones son de vital importancia para el desarrollo sustentable en las sociedades actuales y futuras, y se muestra en evidencia con el presente Trabajo Especial de Grado.

I.4. Alcances y Limitaciones

- La presente investigación se centró únicamente en el diseño del sistema propuesto, sin entrar en la implementación del mismo, sin embargo se realizó un protocolo de prueba en las oficinas de la compañía para observar el comportamiento de las redes BPL ya implementadas. EDC Network Comunicaciones tendrá la potestad de utilizar el diseño si así lo desea.

- El servicio de datos proporcionado al Hotel Humboldt sólo incluye la conexión a Internet con un 99,999% de disponibilidad equivalente a 6 horas de fallas al año y una velocidad de 54 Mbps (ofrecida específicamente por EDC Network Comunicaciones) y el servicio de telemedición del consumo eléctrico del hotel.
- El servicio de datos en la subestación eléctrica “Warairarepano” es solo de medición y transporte hacia la red Metro Ethernet de la compañía EDC Network Comunicaciones.

CAPÍTULO II.

MARCO REFERENCIAL

En este capítulo se hace una reseña de los conceptos teóricos que sustentan la investigación realizada en este Trabajo Especial de Grado. El mismo está dividido en cuatro secciones: 1) Tecnologías de Acceso a Internet: dónde se explica el funcionamiento de WiFi, ADSL y BPL a estudiar en el proyecto, 2) Tecnologías de transmisión de datos: se expone las tecnologías de transporte de datos que interesan en el proyecto como lo son Ethernet y Metro Ethernet, 3) EDC Network Comunicaciones: se describe la empresa y los servicios que provee en el Área Metropolitana de Caracas, 4) Red Eléctrica en el Cerro WARAIRAREPANO: se explica brevemente las líneas eléctricas instaladas desde la subestación eléctrica Cota Mil hasta El Hotel Humboldt.

II.1. Tecnologías de Acceso a Internet:

Para la realización del presente Trabajo Especial de Grado se tomaron en cuenta tres tecnologías que facilitan el acceso a Internet de diversos modos: WiFi, ADSL y BPL.

Para el desarrollo teórico de WiFi, primero debemos hablar de Wireless Local Area Network “WLAN”.

II.1.1. WLAN “Wireless Local Area Network”

Las redes de área local inalámbricas, como su nombre los indica, son redes que utilizan medios de transmisión el aire. Debido a la naturaleza de este medio es necesario conocer algunos conceptos básicos de radioenlaces.

II.1.1.1. Pérdidas por Espacio Libre

Cuando las ondas electromagnéticas viajan de un punto a otro a través del aire, sufre pérdidas en su potencia. Estas pérdidas pueden ser producidas por las condiciones del terreno y el ambiente, pero principalmente se producen debido a que son directamente proporcionales a la distancia recorrida por la onda y a su vez son inversamente proporcionales a la longitud de onda. En resumidas cuentas, si la distancia total del enlace y la frecuencia de transmisión son muy altas, estas pérdidas son bastantes significativas, como es en el caso de los enlaces de microondas. La fórmula que sirve para calcular estas pérdidas, también llamada ecuación de Friis, es la siguiente:

$$L = \frac{16\pi^2 d^2}{\lambda^2}$$

Figura 2. Ecuación de Friis

(Fuente propia)

Donde “d” representa la distancia del enlace y “λ” es la longitud de la onda que se propaga.

II.1.1.2. Potencia Isotrópica Radiada Equivalente

Es una medida de la potencia a la que transmite una antena. Esta potencia toma en cuenta ganancia de la antena y la potencia del transmisor. Este valor es muy importante en el cálculo de radioenlaces ya que simplifica los cálculos en el balanceo de las potencias.

II.1.1.3. Multitrayecto

Cuando una onda que se propaga por el aire se enfrenta a un obstáculo pueden ocurrir dos fenómenos: difracción de la onda o reflexión. Si la onda que se refleja llega también al receptor se produce el fenómeno de multitrayecto. Con esta premisa se puede decir que la onda que se transmite puede tomar distintos caminos para llegar al destino. Claro está que las ondas reflejadas llegan retardadas con respecto a la onda que llega directamente. Esto ocasiona lo que se denomina distorsión multitrayecto.

II.1.1.4. Señal Mínima Detectable (SMD)

Este término se refiere a la sensibilidad que posee el receptor, es decir la potencia mínima que se requiere para que la señal pueda ser procesada. Este valor es especificado por el fabricante del receptor y por lo general viene dado en decibelios.

II.1.1.5. Punto de acceso inalámbrico

Son dispositivos que sirven de mediador entre las conexiones inalámbricas y las físicas. A estos dispositivos se pueden conectar varios dispositivos móviles y formar pequeñas redes inalámbricas.

II.1.1.6. Enrutadores inalámbricos

Realizan la misma función de los enrutadores convencionales, manejan y distribuyen el tráfico de una red, pero en una WLAN. También cumplen la misma función que un punto de acceso.

II.1.2. Wireless Fidelity “Wi-Fi”

Wi-Fi es un acrónimo para Wireless Fidelity y es un certificado otorgado por la Wi-Fi Alliance para asegurar la compatibilidad de los dispositivos que trabajan bajo el estándar 802.11 emitido por la IEEE.

Según (Parziale, 2006):

El estándar 802.11 se refiere a una familia de especificaciones desarrolladas por la IEEE para tecnología LAN inalámbrica. El estándar 802.11 especifica una interface “over-the-air” entre un cliente inalámbrico y una estación base o entre dos clientes inalámbrico. La IEEE acepto esta especificación en 1997.

II.1.2.1. Estándares IEEE 802.11

Algunos de los estándares pertenecientes a la familia IEEE 802.11 se muestran en la siguiente tabla:

Estándar	Frecuencia (GHz)	Tasa de transmisión (Mbps)	Modulación
802.11	2,4	1-2	DSSS ó FHSS
802.11a	5	54	OFDM

802.11b	2,4	11	DSSS
802.11g	2,4	20+	OFDM
802.11n	2,4 y 5	600	OFDM

Tabla 1. Familia de estándares 802.11

(Fuente propia)

II.1.2.2. Funcionamiento

Cada 100 ms, el WAP (Wireless Application Protocols) envía un broadcast a la red mediante paquetes beacon para definir los identificadores SSIDs. Los dispositivos que reciben estos paquetes pueden optar a conectarse al punto de acceso inalámbrico. Existen varios factores que influyen en la conexión con el WAP:

- La configuración del cliente. Puede que este configurado para no conectarse con el SSID difundido.
- La intensidad de la señal emitida por el WAP. En algunos casos, el cliente puede recibir varios paquetes beacon de pertenecientes a distintos WAP, pero con el mismo SSID. En ese caso el cliente se conectara al WAP con la mayor intensidad en su señal.
- El nivel de seguridad ofrecido por el WAP.

Cada paquete beacon es difundido en la red a 1 Mbps, para asegurar que los dispositivos que se pueden conectar soportan al menos esa tasa de transmisión. El área que puede alcanzar la señal de WAP se denomina hotspot. Estos hotspot pueden abarcar grandes distancias si se utilizan varios WAP con el mismo SSID.

Aparte de permitir acceso a Internet, estas redes también sirven para interconectar dispositivos inalámbricos, útil para aplicaciones tales como servidores y juegos.

II.1.2.3. Seguridad

Debido a que el medio de transmisión o el canal es el aire, es lógico pensar en formas de proteger los datos, debido a que este medio puede ser accedido por terceros con relativa seguridad, solo es necesario tener un dispositivo WiFi. Para aumentar la seguridad de los datos, se utilizan protocolos de encriptación. Aunque el uso de estos protocolos reducen la tasa de transmisión efectiva debido al agregado de los datos de encriptación, los anchos de banda de los estándares 802.11 son lo suficientemente altos como para que el usuario no perciba estas medidas.

II.1.2.3.1. Wireless Equivalent Privacy “WEP”

Esta fue la primera técnica de encriptación utilizada en conexiones WiFi. Esta técnica requiere una clave compartida de encriptación por lo que todos los dispositivos deben tener acceso a ella antes de establecer la conexión con el WAP. Esto supone una falla debido a que la capacidad de cómputo de hoy en día es capaz de decodificar esta clave en tiempos muy reducidos. Esta técnica de encriptación no es muy utilizada debido a diversas fallas en cuanto a seguridad. Hoy en día se utiliza WiFi Protected Access (WPA)

II.1.2.3.2. WiFi Protected Access “WPA”

Es similar a WEP pero la clave de encriptación es administrada y distribuida por un servidor 802.1X de autenticación.

Usa un cifrador RC4 con una clave de encriptado de 128 bits y un vector de inicialización de 48-bits. Existen dos modos de esta técnica, PSK, donde trabaja de manera similar a WEP y TKIP (Temporal Key Integrity Protocol) donde la clave sufre pequeños cambios cada cierto tiempo.

II.1.2.3.4. Ventajas de WiFi

- Ahorro en los costos de implementación debido a que no es necesario realizar el cableado típico de las redes LAN físicas.
- Movilidad: usuarios con dispositivos móviles pueden conectarse en cualquier lugar siempre y cuando están dentro del área del WAP.
- Escalabilidad: el alcance de las redes WLAN puede ser ampliado fácilmente con el uso de varios WAP compartiendo el mismo SSID.
- Debido a su gran aceptación a nivel mundial, los costos de esta tecnología son bastante reducidos en comparación con otras. Además, a mucha diversidad de dispositivos que utilizan WiFi y son producidos en forma masiva, por ejemplo: teléfonos móviles, laptops, tablets, tarjetas de red compatibles.

II.1.3. Asymmetric Digital Subscriber Line “ADSL”

II.1.3.1. Descripción

La línea de abonado digital asimétrica (ADSL) es una técnica de acceso de banda ancha muy popular a nivel mundial. Utiliza información digital como forma primaria de datos a través de las líneas que comunican al proveedor del servicio y al usuario subscriptor (concepto básico de la tecnología DSL).

Lo que diferencia ADSL de otros xDSL es que las velocidades de transmisión de subida (Upstream) y de bajada (Downstream) son diferentes, siendo esta última mucho mayor. Esto debido a que esta tecnología está dirigida a hogares y oficinas, donde hay mucho más tráfico de la central al usuario (bajada) que en dirección contraria (subida).

La tasa de transmisión que se puede lograr con esta tecnología puede llegar hasta los 8Mbps.

II.1.3.2. Orígenes:

El origen de ADSL se remonta al final de los 80's, cuando Bellcore (Bell Communications Research, actualmente Telcordia Technologies) propone la idea de una nueva tecnología para soportar tráfico de datos de manera asíncrona que pudiera explotar la naturaleza asimétrica de la mayor parte de las aplicaciones multimedia, donde gran cantidad de la información debe fluir hacia el subscriptor.

Según Alcudia (2006): “Los estudios computacionales realizados por Bellcore fueron cedidos a universidades y a compañías fabricantes para refinar la teoría matemática y construir diversos prototipos” (p. 9). Gracias a esto, se aceleró el proceso de estandarización por parte de organismos a nivel mundial, donde surgieron los 2 estándares reconocidos a nivel mundial para ADSL: el estándar T1.413 en 1995, propuesto por la ANSI (American National Standards Institute) para USA, y el estándar ITU-T G.992.1, propuesto por el ITU (International Telecommunications Union) en 1997.

II.1.3.3. Funcionamiento:

II.1.3.3.1. Estructura del sistema

La estructura básica de un sistema de acceso de banda ancha basado en ADSL se ilustra en la siguiente figura:

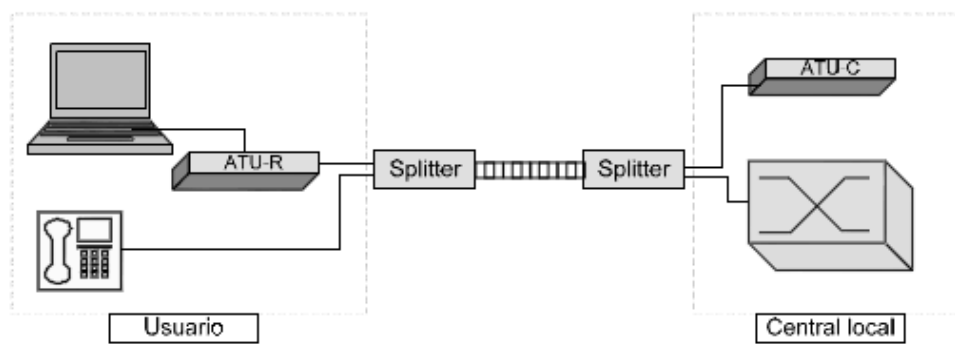


Figura 3. Sistema de Referencia ADSL

(Gómez, 2005)

Donde el ATU-C (ADSL Transceiver Unit – Central Office) es el dispositivo transmisor/receptor ubicado en la oficina central. El ATU-R (Remote) es el dispositivo transmisor/receptor ubicado en la oficina o residencia. Ambos dispositivos son módems ADSL.

En la oficina central es posible colocar varios ATU-C en un solo dispositivo denominado DSLAM (Digital Subscriber Line Access Multiplexer). La principal ventaja de este aparato es que, aparte de concentrar la información en un solo dispositivo, permite multiplexar y demultiplexar la información hacia una red de transporte, como por ejemplo una red ATM.



Figura 4. Siemens DSLAM SURPASS hiX 5625.

(Fuente propia)

La línea telefónica (el par de cobre) está conectada a un “Splitter” el cual se encarga de separar la información ADSL del servicio de voz (POTS o RDSI). Este dispositivo está formado por un filtro pasa bajo (filtra la señal de voz) y un filtro pasa alto (filtra la señal de datos).

II.1.3.3.2. Modulación:

II.1.3.3.2.1. DMT (Discrete Multi-Tone)

El tipo de modulación aceptada a nivel mundial por los distintos organismos es el DMT debido a la robustez frente a las distorsiones que se producen en la línea de transmisión, el ruido y las interferencias.

DMT utiliza el principio básico de FDM (Frequency Division Multiplexing), divide el espectro del canal en 256 sub canales o portadoras y cada una de ellas transmite parte de la información.

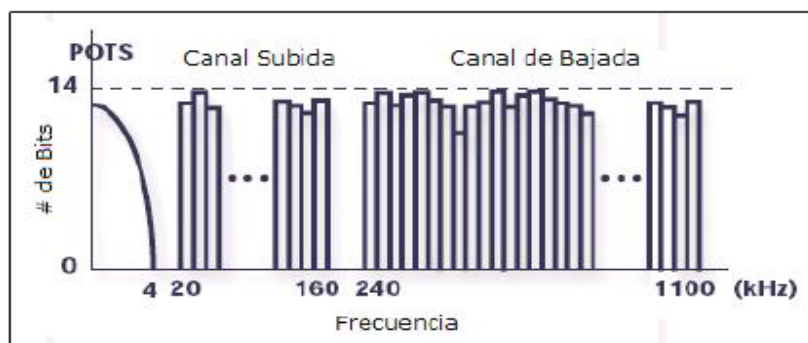


Figura 5. Asignación de los sub-canales en la modulación DMT

(Alcudia, 2005)

Cada sub-canal tiene un ancho de banda de 4,3125 kHz. El primer canal está reservado para POTS (servicio de telefonía fija). Para evitar interferencias entre el servicio telefónico y el servicio de datos, se reservó una banda de guardia que va desde el canal 2 al canal 6 (21 kHz). A partir del canal 7 hasta el canal 32 se utilizan para upstream, el resto es utilizado para downstream.

La cantidad de bits transmitidos no es igual para todos los canales. Al iniciar la conexión entre el ATU-C y el ATU-R se realizan unas pruebas para determinar cuáles son los canales con mejor relación señal a ruido (SNR) y a éstos canales se les asigna la mayor cantidad de bits.

Cada portadora es modulada utilizando modulaciones basadas en QAM (Quadrature Amplitude Modulation).

II.1.3.3.2.2. Modulación QAM

La modulación QAM es una modulación digital en la que el mensaje está contenido tanto en la amplitud como en la fase de la señal transmitida. Se basa en la

transmisión de dos mensajes independientes por un mismo y único camino. Esto se consigue modulando la misma portadora, desfasada entre uno y otro mensaje (Alcudia 2005). El desfasaje entre las portadoras es de 90° para asegurar la ortogonalidad entre ellas, para que no se interfieran entre sí.

En el diagrama de constelación, las portadoras reciben el nombre de componente en fase I y componente en cuadratura Q. El número de puntos de la constelación depende de cuantos bits están codificados por símbolo (b) y viene dado por 2^b . Ésta modulación es bastante popular debido a su robustez frente al ruido e interferencias.

II.1.3.3.2.3. Transceiver DMT

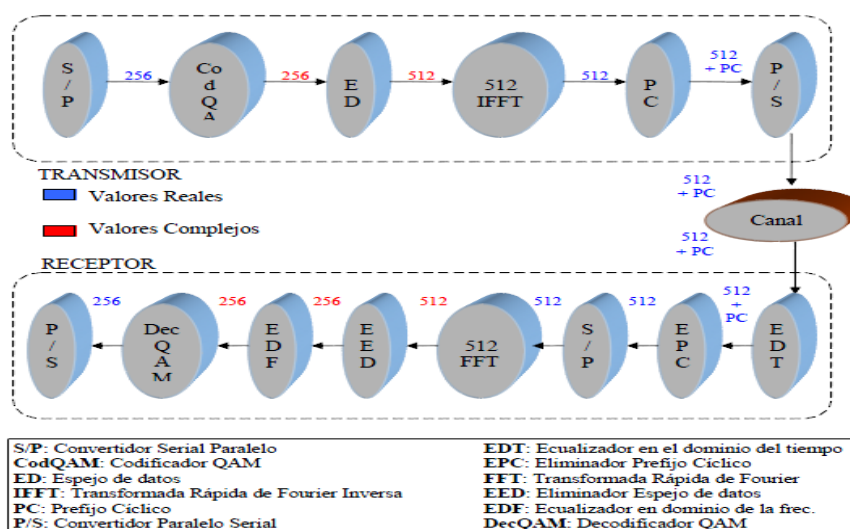


Figura 6. Diagrama de Bloques de un transceiver con 256 sub portadoras

(Alcudia, 2005).

Según Alcudia (2005):

El primer bloque es un convertidor serie paralelo que divide la serie de bits entrantes en un conjunto de varias series de bits cuyo destino es el banco de codificadores QAM, donde a cada sub canal se le asigna un número determinado de bits. Cada una de estas series de bits es codificada en símbolos que contienen el número de bits determinado por la tabla de asignación de bits en cada subcanal o tono. Estos símbolos son números complejos que pueden ser vistos como elementos en el dominio de la frecuencia (p.21-22)

La siguiente etapa realiza una imagen de las salidas del banco QAM con los complejos conjugados de los subsímbolos, lo que se conoce como espejo de datos, con el objeto de implementar un bloque que realice una IFFT (Inverse Fast Fourier Transform) de $2N$ puntos, donde N es el número de subcanales (p.22)

A la salida del bloque IFFT hay $2N$ muestras con valores reales en el dominio del tiempo. Este bloque de $2N$ subsímbolos forma lo que se conoce como símbolo DMT.

Luego se le añade un prefijo cíclico para evitar interferencias entre los símbolos DMT. El receptor realiza la operación inversa para demodular la señal.

II.1.3.3.2.4. Inconvenientes en el canal de transmisión:

El canal de transmisión utilizado en ADSL es la línea telefónica que conecta al usuario del servicio con la oficina central. Este canal presenta algunos inconvenientes, tanto internos como externos, que afectan el desempeño de la transmisión y recepción de los datos.

Entre los inconvenientes intrínsecos del medio de transmisión tenemos: el ruido térmico, ecos y reflexiones, atenuación y crosstalk, inductancias parasitas, etc.

Para Alcudia (2005):

Ejemplos de inconvenientes extrínsecos son el ruido impulsivo proveniente de lámparas, aparatos eléctricos, maquinaria, etc. Otro tipo de ruido muy común que se acopla electromagnéticamente a la línea es el generado por propagación de RF. Las transmisoras AM son las principales fuentes (p. 24)

II.1.3.3.2.5. Ventajas de la Tecnología ADSL

Algunas de las ventajas más resaltantes de esta tecnología son:

- Conexión permanente a Internet con Tarifa Plana.
- Velocidades de hasta 8Mbps.
- Debido al buen ancho de banda, se pueden ofrecer servicios de videoconferencia y streaming de audio y video.
- Su implementación es relativamente fácil debido a que aprovecha la infraestructura construida por la central telefónica.

II.1.4. Broadband over Powerlines “BPL”

II.1.4.1. Origen

El servicio de comunicaciones en las redes eléctricas no nace en la actualidad. Las compañías que proporcionan el servicio de electricidad fueron las primeras en incursionar en este campo, y el primer paso fue estudiar y medir las cargas en las

líneas eléctricas y generar las facturas de pagos de los clientes. Esto podría equivaler a una señalización que transportaban las redes eléctricas a través de una señal de baja frecuencia (100 Hz) y a velocidades de 9,6 Kbps donde se lograba:

- El mantenimiento, control y gestión de las redes eléctricas
- Detección de averías y de la procedencia de datos de los distintos contadores.

Al inicio las comunicaciones estaban limitadas por su baja velocidad y por la transmisión en una sola dirección, pero luego en los años 80 se realizaron pruebas para utilizar la línea eléctrica como medio bidireccional. Posteriormente en Europa, las compañías eléctricas empezaron a utilizar sus redes de distribución para la transmisión de datos de modo interno. Y luego en 1997 las compañías Ascom (Suiza) y Norweb (Reino Unido) ya ejecutaban pruebas para la transmisión de datos bidireccionales a través de la red de suministro eléctrico.

En 1998 la compañía israelí NAMS “Nisko Advanced Metering Solutions” fue una de las desarrolladoras más importantes en este campo ya que diseñó un equipo medidor de electricidad que funcionaba como estación comando que permitía el control del encendido y apagado de luminarias públicas, semáforos y otras aplicaciones. Durante la prueba de este equipo se lograron transmitir datos a 1 Mbps y máximo 10 Mbps en cortas distancias. Con estas experimentaciones se crea el protocolo NISCOM, que permitía operar las líneas eléctricas como una red de comunicaciones. Esta tecnología fue conocida entonces como PLC “Power Line Communications”.

II.1.4.2. Pruebas y Proyectos pilotos:

Para el 2000 la demanda del servicio de comunicaciones a través de las redes eléctricas ha incrementado rápidamente a nivel mundial donde países como Australia, Austria, China, Finlandia, Hong Kong, Hungría, Irlanda, Italia, Corea, Japón, Holanda, Polonia y Suiza se encontraban realizando estudios de campo para determinar la viabilidad de este servicio.



Figura 7. Desarrollo PLC a nivel mundial.

(Fuente propia)

El acelerado desarrollo de las técnicas de transmisión, además del gran interés por explotar las aplicaciones sobre esta tecnología motivó a importantes compañías a nivel mundial a emprender proyectos de investigación. A continuación se describen las principales pruebas realizadas en distintos países:

PAÍS	AÑO	OPERADORA	PROVEEDOR	DESCRIPCIÓN
EUROPA				
Alemania	1998	EnBW-Tesion	Siemens/ NOR.WEB	Las pruebas empezaron con 150 clientes. El sistema se basa en topología estrella, usa modulación OFDM, que distribuye a 400 portadores a lo largo de una banda que va de los 0 a los 10 MHz.
	2000	RWE	ASCOM/ KEYIN	Se empleó PLC como tecnología de acceso desde el transformador de bajo voltaje a 200 hogares, de los cuales 150 fueron equipados con tecnología ASCOM y 50 con KEYIN.
	2000	MVV	ABB/ ALCATEL	Fuchs Petreolub es el primer cliente industrial. Además en Mannheim se realizó una prueba en 100 hogares.
	2000	VEBA/ Avacon Online	Online/ Enikia	Se realizó una prueba en 8 hogares, para probar servicios de alta velocidad para transmisión de voz y datos.
Italia	2000	ENEL	ASCOM	Se empleó tecnología PLC desde los hogares a la subestación y fibra óptica para el tramo restante.
Suecia	2000	Evicom Sydkraft	ASCOM	Se experimentó con equipos PLC de segunda generación.
Hungría	2000	ELMU/ Novaco	Siemens	Pruebas piloto en la ciudad de Budapest
Dinamarca	2001	R-KOM	Alcatel	Participaron clientes corporativos como la empresa Danone.
Austria	2001	EVN	ASCOM	Permitía velocidades de transmisión de 3 Mbps. Empleaba un innovador chip que evitan interferencias eléctricas.
Francia	2001	France Telecom	ASCOM	Pruebas de los servicios potenciales y la aceptación de los clientes.
Rusia	2002	Energomegasbit	ASCOM	Se desarrolló en Jelesnogorsk y contó con 20 mil usuarios.
Inglaterra	2003	SST Telecom	MAIN NET	Plan piloto comercial con mil usuarios en la ciudad de Winchester.

Tabla 2. Principales proyectos pilotos a nivel mundial.

(Paez, 2006)

PAÍS	AÑO	OPERADORA	PROVEEDOR	DESCRIPCIÓN
EUROPA				
España	2000	Iberdrola/NAMS	NAMS	El proyecto denominado Niscom1 probó el acceso a Internet, voz y videoconferencia. En el proyecto Niscom2 se alcanzó velocidades de hasta 10 Mbps.
	2000	Endesa	ASCOM	Se desarrolló en Barcelona, alcanzó 3 Mbps e incluyó el servicio de telefonía.
	2001	Endesa	DS2	Fue realizada en Sevilla, incluyó acceso a Internet, video, música, telefonía IP y videoconferencia a 12 Mbps.
AMÉRICA				
Estados Unidos	2002	Cinergy	ASCOM	Se realizó en Cincinnati y con pequeñas compañías municipales de zonas rurales.
	2002	Nortel	NORWEB	Se realizó en la escuela "Seymour Park" y en dos localidades cercanas a la subestación Stanley en Manchester.
Chile	2002	Emel	TECNOCOM	Emplea un sistema de acceso a Internet por medio de satélite y para la distribución entre los usuarios usa PLC de segunda generación a 3 Mbps.
Brasil	2001	CEMIG	ASCOM	Incluye 40 puntos de Belo Horizonte y permite acceso a Internet de banda ancha empleando la red de baja tensión.
	2002	Electropaulo	ASCOM	Los datos se transmiten a incluso 45 Mbps en el rango de frecuencia de 5 a 30 MHz.

Tabla 3. Principales Proyectos pilotos a nivel mundial.

(Paez, 2006)

En Venezuela, La Electricidad de Caracas inició en la Fase I (2006-2008) instalaciones en 52 edificaciones con un total de 2.600 suministros iluminados y la activación provisional de 459 usuarios residenciales en La Urbina, La Candelaria y Petare (para el mes de Abril de 2008). En la Fase II (2008) del proyecto se continuó

con la incorporación de 2.000 nuevos usuarios con servicio de conexión a Internet mediante Acceso Banda Ancha Eléctrica (ABAE), con una plataforma instalada para 15.000 usuarios. Los factores claves de selección de la zona donde se desarrollaron dichas instalaciones tomaron en cuenta variables como las condiciones de la red eléctrica, su cercanía a un nodo de conexión con la red de fibra óptica, disponibilidad de equipos para la integración a la troncal por parte de EDC Network y densidad de posibles usuarios de la zona escogida.

II.1.4.3. Funcionamiento

Broadband over Power Lines representa una tecnología que permite a la data ser transmitida por las líneas eléctricas. Es una tecnología de acceso de banda ancha que admite la transmisión de señales digitales como voz, video, datos por la red eléctrica; lo cual lo convierte en una solución de última milla hasta el sitio del cliente. Esta tecnología recibe distintos nombres de acuerdo a la organización encargada de su análisis:

NOMBRE	SIGNIFICADO	ORGANIZACIÓN
PLC	Power Line Communications	European Telecommunications Standard Institute ETSI
PLT	Power Line Transmission	
DPL	Digital Power Line	Federal Communications Commission FCC
BPL	Broadband over Power Line	

Tabla 4. Denominación de la tecnología

(Fuente propia)

La transmisión de energía eléctrica y de datos sobre el mismo cable eléctrico es posible ya que las transmisiones funcionan en rangos de frecuencia separados. BPL

utiliza el rango de frecuencias entre 2 MHz y 34 MHz y el rango máximo que utiliza la energía eléctrica es de 50 o 60 Hz dependiendo del país. En Venezuela la frecuencia es de 60 Hz.

II.1.4.3.1. Breve Descripción del sistema de suministro eléctrico en Venezuela

El sistema de suministro eléctrico en Venezuela está conformando por un conjunto de elementos: generación, transporte y distribución de la energía eléctrica.

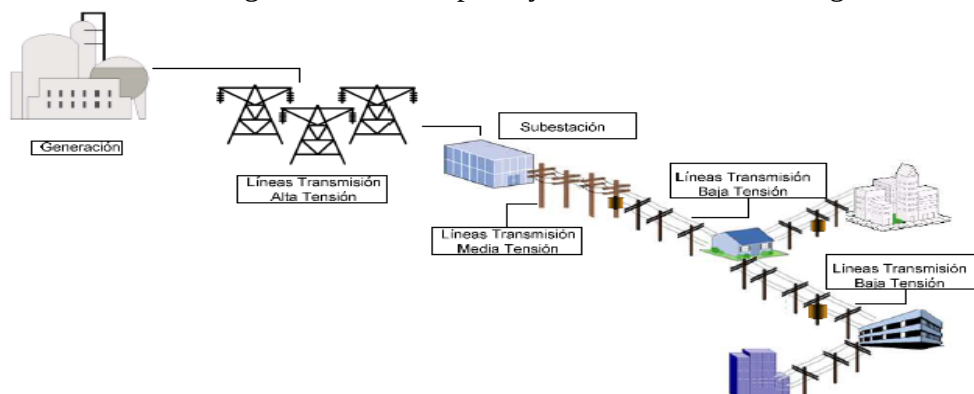


Figura 8. Sistema de suministro eléctrico.

(Zuñiga, 2007)

NOMBRE	VOLTAJE	DESCRIPCIÓN
ALTA TENSIÓN	Mayor o igual a 69 KV	Abarca desde la central de generación de energía hasta la subestación de transporte. Los altos valores de voltaje permiten un transporte más eficiente.
MEDIO TENSIÓN	Entre 1 KV y 69 KV	Comprende el tramo entre la subestación de transporte, que regula a valores de

		tensión inferiores y termina en las subestaciones de distribución de energía.
BAJA TENSIÓN	Menor o igual a 1KV	Finalmente en las subestaciones de distribución se normaliza la tensión a valores adecuados para uso domestico, comercial e industrial (220 V o 110 V)

Tabla 5. Etapas del sistema de suministro eléctrico en Venezuela

(Ministerio p. p. para la Energía Eléctrica, 2012)

La red eléctrica consiste en un sistema donde inicialmente se transporta la energía eléctrica desde los centros de generación hasta las subestaciones de transporte en las cuales se reduce el voltaje (alta/media tensión). Luego se conduce la energía hasta los centros de distribución donde se baja el valor de voltaje (media/baja tensión) para llevar la energía eléctrica a su utilización final de cualquier uso.

La tecnología BPL no utiliza la totalidad del sistema de suministro eléctrico, solo una parte del sistema y depende de la aplicación que se requiera implementar. El punto de unificación entre la comunicación y la red eléctrica ocurre en las subestaciones de distribución donde se regulan los valores de voltaje de media tensión a baja tensión. No se toman en cuenta las líneas de alta tensión por su gran capacidad de generar ruido de gran potencia.

En este punto de unificación se garantiza el enlace a Internet mediante una conexión de alta velocidad hacia un proveedor de servicio de Internet (ISP) y también asegura el control de la red BPL, por un equipo complementario que actúa como

cabecera de la red, otorgando conectividad a través de las líneas de distribución de energía.

En el sector de media tensión se pueden alcanzar velocidades topes de hasta 200 Mbps, dependiendo de los equipos y de la calidad de las líneas de distribución. La velocidad del sector de baja tensión es de máximo 54 Mbps y se compartiría con los usuarios que utilizaran un repetidor específico.

Cabe destacar que la comunicación a través de esta tecnología es protegida por algoritmos y programas propietarios, los cuales son implementados en los equipos y varían dependiendo del fabricante de los equipos.

II.1.4.3.3. Técnicas de modulación

A nivel de capa física, cualquier nodo puede enviar bits a otro nodo conectado a la red eléctrica, al ser este un medio hostil para la comunicación se han desarrollado técnicas de modulación y codificación para contrarrestar este problema en el canal.

Esencialmente se utilizan los siguientes tipos de modulación en BPL:

- **Direct Sequence Spread Spectrum Modulation “DSSSM” y Frequency Hopping Spread Spectrum Modulation “FHSSM”:**

Las técnicas de espectro ensanchado consisten en distribuir la señal en un amplio espectro de frecuencias donde la densidad espectral de potencia sea alta para poder contar con un sistema robusto frente a interferencias. Esto supone utilizar un gran ancho de banda y tener una baja tasa de velocidad.

- **Orthogonal Frequency Division Multiplex “OFDM”:**

Para Held (2006):

Esta técnica es la más utilizada y consiste modular un gran número de portadoras de banda estrecha distribuidas en el ancho de banda, además nos permite tener un sistema con alta eficiencia espectral y robusta frente al ruido, cambios de impedancia y reflexiones por los varios caminos que recorre la señal. (p. 59).

Emplea un método adaptativo que es capaz de medir los niveles de atenuación e interferencia. El proceso es el siguiente:

1. El transmisor envía al receptor una señal de prueba.
2. El receptor estima la atenuación y la interferencia del canal basándose en la señal recibida.
3. Se establece un período de tiempo en el que el transmisor no transmite para que el receptor evalúe las características de la interferencia.
4. Toda la información se envía al transmisor para que haga una adaptación tomando en cuenta las características del canal.

La modulación OFDM transmite una secuencia de bits de datos por varias subportadoras ortogonales de forma que no haya interferencia entre ellas. La señal OFDM está conformada de símbolos que son resultado de la suma de las subportadoras, las cuales son moduladas por PSK o QAM. A esta señal se le realiza la conversión entre el dominio de la frecuencia y el tiempo utilizando la Transformada de Fourier y la Transformada Inversa.

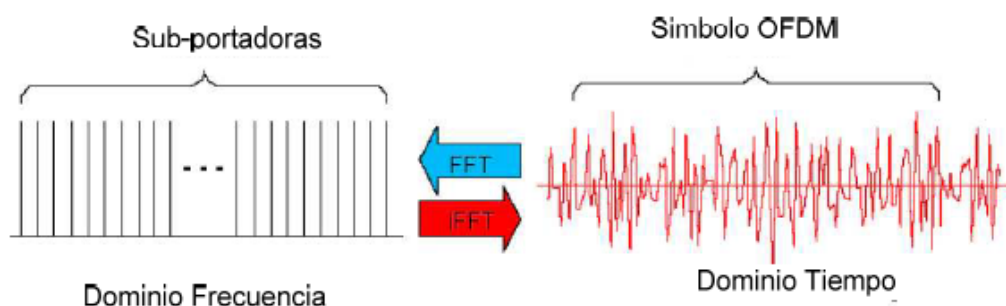


Figura 9. Uso de la Transformada de Fourier.

(Instruments)

Al modulador OFDM ingresa un flujo binario continuo, segmentado en símbolos con números complejos, en el dominio de la frecuencia. Para modular se debe convertir el flujo binario de entrada en serie a paralelo. Luego se aplica la Transformada Inversa para obtener la señal en el dominio del tiempo. Finalmente debido a que la señal de entrada al transmisor debe estar en serie, se convierte La señal de paralelo a serie.



Figura 10. Diagrama de bloques del modulador OFDM

(Fuente propia)

El proceso de demodulación es idéntico al anterior pero en función inversa como se muestra a continuación:

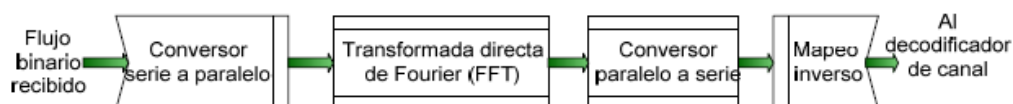


Figura 11. Diagrama de bloques del demodulador OFDM

(Fuente propia)

OFDM como se dijo anteriormente presenta ventajas como alta eficacia espectral, elasticidad a la interferencia de radiofrecuencia, la más baja distorsión de multitrayecto y excelentes mecanismos para la detección de errores; todo esto sin regular velocidades y con el menor costo.

En la actualidad se está probando una nueva tecnología llamada MC-CDMA “Multiple Carrier-Code Division Multiple Access”, que es una unión de CDMA y OFDM permitiendo aumentar el número de subportadoras y la velocidad de transmisión a más de 100 Mbps.

II.1.4.3.4. Enlace de datos

Para garantizar una comunicación sin errores en el canal eléctrico hay que tener presente las técnicas de control, corrección de errores y fragmentación de paquetes grandes en tramas. La MAC (control de acceso al medio) indica el modo de transmitir las tramas por el medio.

La trama que se utiliza para la transmisión de datos en BPL consiste en un delimitador inicial, núcleo y delimitador final de la trama como se muestra en la Figura 11:

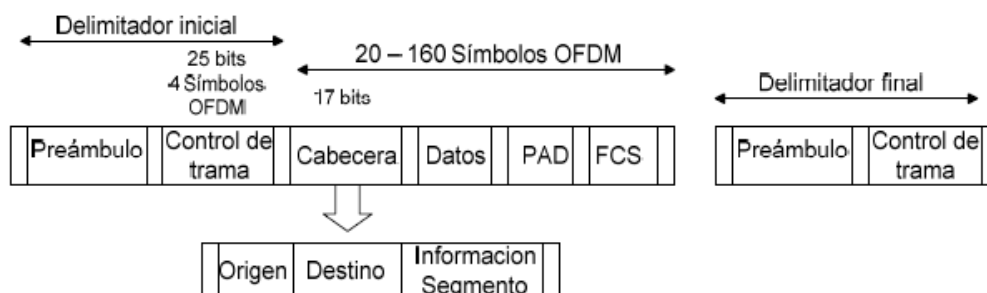


Figura 12. Trama utilizada en BPL

(Held, 2006)

El delimitador de inicio establece el tiempo de duración de la carga útil y se utiliza en la trama larga. Los primeros 17 bits de la carga útil contiene la dirección de destino, origen e información de segmentación. El delimitador final establece el final de la trama y el momento para indicar el final de la transmisión, entonces se conoce el tiempo que va a estar ocupado el canal.

La segmentación y el reensamblado permiten trabajar con tramas cortas permitiendo que el tráfico no sufra grandes retardos.

Algunos mecanismos de control de errores que indican cómo proceder cuando se pierde o sufre algún daño la información son:

- **ARQ (Automatic Repeat Request):** la fuente no reenvía la información hasta que no se reciba un acuse de recibo por parte del otro extremo (ACK, Acknowledgement). En caso de la recepción de un reconocimiento negativo (NACK, Negative Acknowledgement) de un paquete quiere decir que el paquete ha sido recibido por el destino pero existe algún error en el paquete.
- **Go back N:** mejor conocido como vuelta atrás donde existen N paquetes esperando el reconocimiento positivo RR (Receiver Ready). Si

existieran errores en alguna trama, se enviaría el reconocimiento negativo REJ (Reject) y se rechazaría cualquier otra trama hasta que no reciba el RR.

II.1.4.3.5. Acceso al medio:

Para diseñar una subcapa MAC BPL, se toman en cuenta dos factores: las reflexiones producidas por la red y la frecuencia variable. Los protocolos PLC BL se dividen en tres tipos:

- **Protocolos con arbitraje:** un controlador central coordina los equipos conectados, controlando cual debe enviar información en cierto instante. Se requiere acceso a todos los equipos conectados. Se utiliza el protocolo TDMA.
- **Protocolos sin arbitraje:** no existe el controlador central, todos los nodos regulan las colisiones. Se utiliza el protocolo CSMA/CA, es decir el acceso múltiple con detección de portadora y prevención de colisiones, protocolo usado en IEEE 802.11.
- **Protocolos híbridos:** protocolo producto de la combinación de los dos protocolos anteriores.

II.1.4.4. Infraestructura de la red BPL

BPL se basa en dos modalidades o sistemas en los cuales se puede realizar la comunicación: sistema de acceso BPL y sistema “In-home” o domiciliario BPL.

II.1.4.4.1. Sistema de Acceso BPL:

La red de acceso se encarga de proveer el servicio de Internet a través de las líneas eléctricas de media y baja tensión, es decir desde la subestación de distribución eléctrica hasta el uso domiciliario, comercial o industrial.

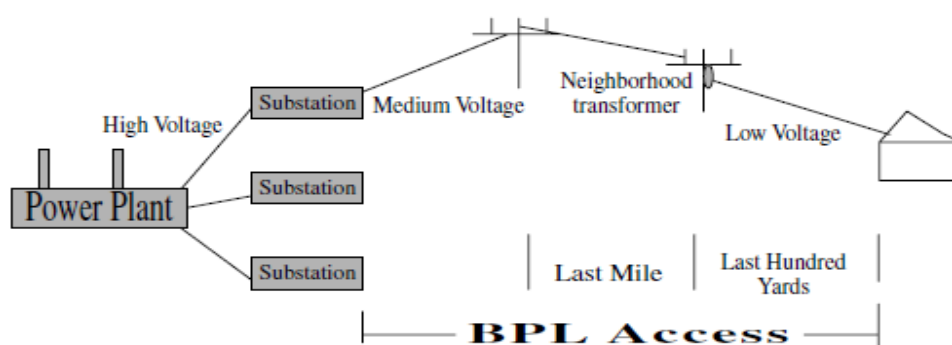


Figura 13. Red de Acceso BPL

(Held, 2006)

Los sistemas de Acceso BPL se subdividen en dos tipos de formatos: End-to-End Acceso BPL y Sistema Híbrido de Acceso BPL.

II.1.4.4.1.1. End-to-End Acceso BPL:

En este caso la señal BPL es inyectada en la línea de media tensión. La señal BPL es transferida a la línea de baja tensión por medio de acopladores y finalmente es llevada al usuario final donde es obtenida por un módem especializado.

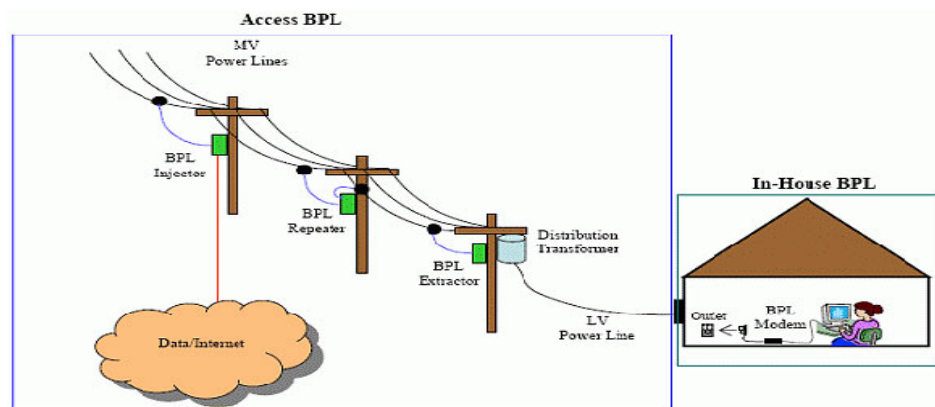


Figura 14. End-to-End Access BPL.

(Industry Canada, 18)

Dentro de este tipo de sistema de Acceso BPL se pueden clasificar los equipos utilizados de la siguiente forma:

- **Head End:** Es conocido como Inyector, Módem de Cabecera o TPE “Transformer Premises Equipment”. El Head End inyecta la señal de internet proveniente del backbone en la red de media o baja tensión. Es el encargado de asignar la frecuencia y gestionar todos los elementos de la red para que se mantenga constante en todo momento el flujo de datos a través de las líneas eléctricas. Por lo general se instala en los transformadores de media tensión que se encuentran a lo largo del tendido eléctrico de media tensión.

Es un módulo que se encuentra cubierto ya que se encuentra expuesto al ambiente externo y en la parte internet del módulo se encuentra una sección de transmisión y recepción y un convertidor de señal. El transmisor y receptor operan en diferentes frecuencias lo cual permite una transmisión Full Duplex sobre las líneas eléctricas. El inyector convierte la señal de la fibra a un formato de señal que es

utilizado para transmitir sobre las líneas de media tensión. Típicamente esta acción resulta en la generación de una señal OFDM.



Figura 15. Equipo Head End

(taiwantrade)

- **Repetidor BPL:** Este equipo se encarga de extender el alcance la red, amplificando y estabilizando la señal atenuada y distorsionada por los cables eléctricos. Se instalan en los transformadores que se encuentran a lo largo del tendido eléctrico de media tensión. Aumenta la cobertura del servicio y se conecta a las líneas eléctricas mediante acopladores eléctricos. Se utilizan acopladores eléctricos ya que los transformadores que están en la red eléctrica atenúan el espectro de alta frecuencia utilizado por el sistema BPL, pues para altas frecuencias los transformadores actúan como un circuito abierto. El acoplador hace la función de un “bypass” que permite crear un camino para el paso de la señal de alta frecuencia. Existen dos tipos de acoplamiento:
 - **Unidades de acoplamiento capacitivo:** Inyectan la señal en líneas de potencia por contacto directo.
 - **Unidades de acoplamiento inductivo:** Inyectan la señal sin contacto directo mediante la inducción de un campo magnético.



Figura 16. Repetidor BPL

(Zuñiga, 2007)

- **Extractor BPL:** Este equipo provee una interfaz entre las líneas de media tensión y las líneas de baja tensión. Están ubicados en las subestaciones de distribución. Algunos extractores incluyen unos repetidores internos que refuerzan la señal a un nivel suficiente para permitir que la transmisión ocurra en las líneas de baja tensión. Estos dispositivos también incluyen acopladores de media-baja tensión. Los extractores pueden transmitir la señal inalámbricamente.



Figura 17. Extractor BPL

(Zuñiga, 2007)

- **CPE “Customer Premise Equipment”:** También conocido como Adaptador BPL o Módem de Usuario. Es un módulo construido para proveer el interfaz hacia los servicio en el hogar. El CPE posee elementos que filtran y separan la corriente alterna eléctrica (50 ó 60 Hz) de las señales de alta frecuencia, que son

las que otorgan servicios de datos. Se instala dentro del lugar donde se encuentra el usuario final y convierte cada toma eléctrica en un punto de red.

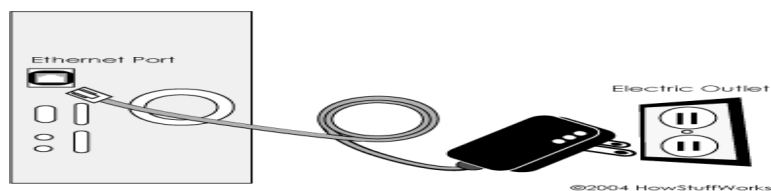


Figura 18. Módem BPL

(How Stuff Works)

II.1.4.4.1.2. Sistema Híbrido de Acceso BPL:

Los sistemas híbridos usan una combinación entre las líneas eléctricas y transmisión inalámbrica. Por ejemplo un sistema híbrido puede inyectar una señal BPL en una línea de tensión media y usar un extractor especial que traduce la señal en un canal inalámbrico que es servido al usuario final.

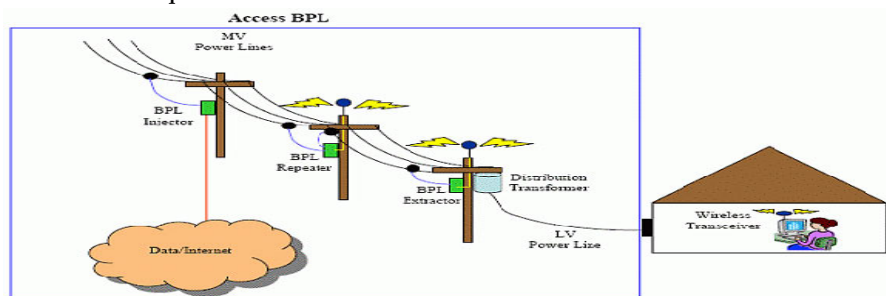


Figura 19. Sistema Híbrido de Acceso BPL

(Industry Canada, 18)

II.1.4.4.2. Sistema “In-Home” o domiciliario BPL:

Es el sistema que utilizando la red eléctrica del interior del hogar permite la conectividad mediante un adaptador o módem de usuario que recoge la señal de la red eléctrica a través de un tomacorriente. Este adaptador es conocido como CPE “Customer Premises Equipment”.

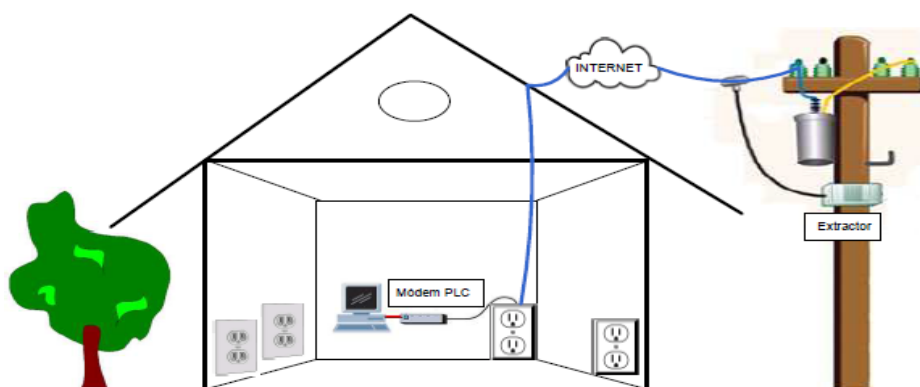


Figura 20. Sistema BPL Domiciliario

(Fuente propia)

II.1.4.5. Problemas de Red

En adición a la necesidad de un acoplador o transformador bypass para las líneas eléctricas que transportan información a alta frecuencia, hay varios problemas adicionales asociados a la intención de comunicar a través de la infraestructura eléctrica. Esos problemas incluyen el ruido resultante de las líneas eléctricas que transportan altos voltajes, de la seguridad integrada y la tolerancia a fallos que son cualidades en la red eléctrica y por último la manera en la cual los hogares y oficinas están conectados a la red eléctrica.

II.1.4.6. Estandarización:

Para el desarrollo, utilización y aplicación de la tecnología BPL es necesario disponer de un marco regulatorio o normalización. Entre los organismos que se encargan de desarrollar la regulación de BPL tenemos: BPL Forum que presenta sus iniciativas a los foros europeos CENELEC y ETSI. HomePlug es otra organización encarga de BPL “In-home”. Y finalmente tenemos los estándares de la IEEE.

- **IEEE:**

La IEEE el 26 de Abril del 2004 se le asignó el proyecto P1675 el cual fue nombrado “Standard for Broadband over Power Line Hardware” que indica la correcta instalación del equipo BPL en las líneas eléctricas aéreas o subterráneas y especifica el equipo utilizado para la inyección de la señal de datos a la red eléctrica.

El 10 de Mayo del 2005 fue aprobado el borrador con el nombre “Power Communications Equipment – Electromagnetic Compability (EMC) Requeriments – Testing and Measurement Methods”. Este estándar verifica los requerimientos de compatibilidad electromagnética en el equipamiento BPL.

Finalmente la IEEE P1901 “Draft Standard for Boradband over Power Line Networks: Medium Access Control and Physical Layer Specifications” define los procedimientos de control de acceso al medio y a las especificaciones de capa física.

- **HomePlug:**

Surge en Marzo del 2000 cuando se funda HomePlug Powerline Alliance por 13 compañías, que buscaban las especificaciones para la transmisión de datos a través de la red eléctrica. El HomePlug 1.0 establece los requerimientos para transmitir datos a 14 Mbps sobre las líneas eléctricas.

En el 2003 surge el HomePlug AV que define condiciones para obtener 200 Mbps en la transferencia de datos. Este estándar sirve para asegurar al cliente conectividad, calidad en videos, compatibilidad, calidad de servicio.

- **Open PLC European Research Alliance for New Generation PLC Integrated Systems:**

El objetivo de esta organización es crear una regulación europea y abierta. Algunos de los objetivos son:

- Incrementar velocidad de 45 a 200 Mbps.
- Reutilizar frecuencias.
- Pasar de soluciones propietarias a estándares internacionales.
- Garantizar compatibilidad.

- **European Telecommunications Standards Institute “ETSI”:**

En 1999 se aprobó la creación de un proyecto llamada EPPLT “European Project Powerline Telecommunications” con el objetivo de desarrollar estándares y especificaciones en servicios de voz y datos por la red eléctrica.

El estándar ETSI TS 101867 divide en dos secciones el acceso con la tecnología BPL: exterior e interior. El espectro desde los 3 MHz hasta los 12 MHz para acceso exterior y de 13 MHz a 30 MHz para aplicaciones de interior.

- **Federal Communications Commission “FCC”:**

Es una organización gubernamental de USA encargada de regular el uso de BPL en ese país.

La normativa FCC part 15 regula que servicios con licencia de espectro no deben interferir con servicios sin licencia, por otra parte los espectros sin licencia deben aceptar las interferencias producidas por los servicios licenciados.

II.2. Tecnologías de transmisión de datos

En esta sección se va a desarrollar teóricamente la tecnología de transmisión de datos que utiliza EDC Network Comunicaciones: Metro Ethernet, donde se va a desglosar puntualmente para tener una noción de esta tecnología que utiliza la compañía.

Primero debemos investigar y examinar el funcionamiento de Ethernet para luego entender y estudiar Metro Ethernet.

II.2.1. Ethernet

II.2.1.1. Definición

“Es un conjunto de estándares en capa física (cableado e interfaz física) y capa de enlace (direccionamiento local, detección de errores y control de acceso a la capa física), para la transmisión de datos” (Schmidberg, 2009, p. 2).

La tecnología Ethernet fue adoptada para su estandarización por el comité de redes locales (LAN) de la IEEE como IEEE 802.3. El estándar IEEE 802.3 fue publicado por primera vez en 1985.

El nombre correcto para esta tecnología es IEEE 802.3 CSMA/CD por las siglas en inglés de acceso múltiple con detección de portadora y detección de colisiones.

II.2.1.2. Arquitectura

La arquitectura de Ethernet puede definirse como una red de conmutación de paquetes de acceso múltiple y difusión amplia (Broadcast). Proporciona detección de errores pero no de corrección.

Ethernet realiza empaquetado y desempaquetado de los datagramas, manejos del enlace, codificación y decodificación de datos y acceso al canal. Quien maneja el enlace también vigila el mecanismo de colisiones, “escuchando” hasta que el medio de transmisión esté libre antes de iniciar una transmisión. El manejo de colisiones se realiza deteniendo la transmisión y esperando un cierto tiempo antes de intentar de nuevo.

A continuación se presenta la descripción de una Ethernet:

Trama IEEE 802.3	Preámbulo	SOF	Destino	Origen	Longitud	Datos	Relleno	FCS
	7 bytes	1 byte	6 bytes	6 bytes	2 bytes	0 a 1500 bytes	0 a 46 bytes	4 bytes

Tabla 6. Trama Ethernet

(Fuente propia)

- **Preámbulo:** Campo de 7 bytes (56 bits) usada para sincronizar y estabilizar el medio físico antes de iniciar la transmisión de datos.
- **SOF “Start of Frame”:** Inicio de Trama. Campo de 1 byte (8 bits) con un patrón de 1’s y 0’s alternados y que termina con dos 1’s consecutivos. El patrón del SOF es 10101011 que indica que el siguiente bit será el bit más significativo.
- **Dirección de Destino:** Campo de 6 bytes (48 bits) que especifica la dirección MAC de tipo EUI-48 hacia la que se envía la trama. Cada estación examina este campo para verificar si debe aceptar la trama o no.

- **Dirección de Origen:** Campo de 6 bytes (48 bits) que especifica la dirección MAC EUI-48 desde la que se envía la trama.
- **Tipo:** Campo de 2 bytes (16 bits) que identifica el protocolo de red de alto nivel asociado con la trama.
- **Datos:** Campo de 0 a 1500 bytes de longitud. Cada Byte contiene una secuencia arbitraria de valores. La carga útil es la información recibida del nivel de red. Este campo también incluye los H3 y H4 (cabeceras de nivel 3 y 4) provenientes de niveles superiores.
- **Relleno:** Campo de 0 a 46 bytes que se utiliza cuando la trama no alcanza los 64 Bytes mínimos para que no se presenten problemas de detección de colisiones cuando la trama es muy corta.
- **FCS “Frame Check Sequence”:** Secuencia de Verificación de trama”: Campo de 32 bits (4 bytes) que contiene un valor de verificación CRC (control de redundancia cíclica). El emisor calcula el CRC de toda la trama, suponiendo que vale 0. El receptor lo recalcula, si el valor es 0 la trama es válida.

En cuanto a la interfaz física, son los especificados en el estándar 802.3 los cuáles son:

Denominación	Cable	Pares	Full dúplex	Conectores	Distancia
10BASE5	Coaxial grueso	1	No	'N'	500 m
10BASE2	RG 58 (Coaxial fino)	1	No	BNC	185 m
10BASE-T	UTP cat. 3	2	Sí	RJ-45	100 m
10BASE-T	UTP cat. 5	2	Sí	RJ-45	150 m*
100BASE-TX	UTP cat. 5	2	Sí	RJ-45	100 m
100BASE-TX	STP	2	Sí	9 pin D sub.	100 m
100BASE-T4	UTP cat. 3	4	No	RJ-45	100 m
1000BASE-CX	STP	2	Sí	8 pin HSSDC o 9 pin D sub.	25 m
1000BASE-T (prev. mar.99)	UTP cat. 5	4	Sí	RJ-45	100 m

Tabla 7. Interfaz física Ethernet

(Fuente propia)

Medio	Ventana	Luz	Fibra	Conector	Distancia
10BASE-FL	1ª	Normal	62,5/125	ST	2 Km
100BASE-FX	2ª	Normal	62,5/125	SC	2 Km
100BASE-SX (propuesto)	1ª	Láser	62,5/125 50/125	SC o ST	500 m 500 m
1000BASE-SX	1ª	Láser	62,5/125 50/125	SC	275 m 550 m
1000BASE-LX	2ª	Láser	62,5/125 50/125 9/125	SC	550 m 550 m 5 Km

Tabla 8. Interfaz física Ethernet con fibra óptica

(Fuente propia)

II.2.1.3. Principios básicos de Ethernet

II.2.1.3.1. Tecnología de conmutación de paquetes de capa 2

A continuación se estudiarán los principios básicos del funcionamiento de la conmutación de paquetes de capa, ya que al igual que Ethernet, Metro Ethernet también se basa en estos principios.

Esta tecnología de “L2 Switching” permite la conmutación de paquetes de información de red basado en la dirección MAC “Media Access Control”. Cuando el paquete llega al conmutador o switch, este examina la dirección MAC destino del paquete y si es conocido, se envía el paquete hacia el puerto de salida por el cual el conmutador conoce a dicha dirección.

Dos elementos que son fundamentales en la conmutación son la dirección MAC y la Virtual LAN (VLAN). En Ethernet la conmutación de paquetes se referencia en estaciones basado en la dirección MAC que son únicas, ya que vienen grabadas en el hardware del dispositivo.

Ethernet es un medio de transmisión broadcast y sin el concepto de VLAN, la transmisión de paquetes Ethernet sería enviado por una estación de la red a todos los segmentos físicos de la red LAN. El concepto de VLAN realiza la segmentación lógica de una red LAN en múltiples entidades lógicas.

II.2.1.3.2. Aprendizaje de direcciones MAC

El concepto de aprendizaje de direcciones MAC, permite a un conmutador LAN aprender las direcciones MAC de una estación en la red para identificar por qué

puerto enviar el tráfico. Los conmutadores LAN mantienen una tabla de direcciones MAC y una tabla de VLAN y se asocian con un puerto determinado.

II.2.1.3.3. Extendiendo la red con troncales (Trunks)

Una red Ethernet de capa 2 puede contener varios “switch’s” de capa 2 interconectados con troncales. Los puertos que se encuentran conectados a un troncal también son llamados puertos troncales que son similares a los puertos de acceso utilizados para conectar estaciones, además los puertos troncales tienen la tarea de transportar tráfico de múltiples VLAN.

II.2.1.3.4. Etiquetas VLAN

Dentro del estándar 802.1Q se define como un paquete Ethernet es etiquetado con un identificador VLAN (VLAN ID), el cual es asignado por el conmutador LAN que asigna un número VLAN al puerto y cada paquete recibido en ese puerto es asignado con ese VLAN ID.

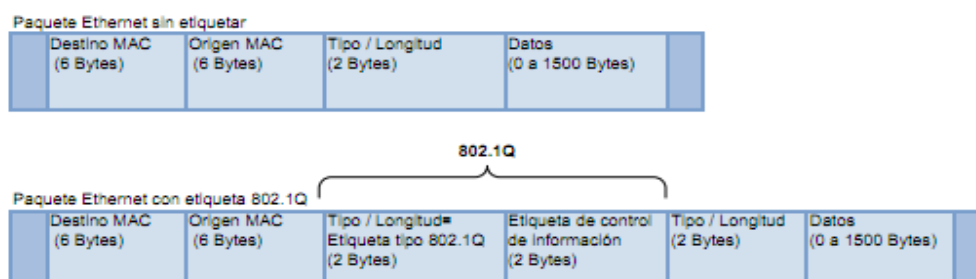


Figura 21. Paquetes con Etiqueta 802.1Q

(Fuente propia)

Según Belmont (2009):

Dentro de algunos de los servicios que utilizan la tecnología Metro Ethernet son requeridas extensiones o ampliaciones de la tecnología L2 Switching. Un ejemplo es la habilidad de realizar una ampliación en el número de VLAN que se pueden asignar o “VLAN Stacking”, que es asignar múltiples etiquetas de 802.1Q en un paquete Ethernet creando apilamiento o “stack” de VLAN ID’s. Diferentes proveedores asignan un nombre distinto a este concepto de realizar una ampliación de etiquetas también llamado “802.1Q en 802.1Q” o simplemente “Q-in-Q” (p. 14).

II.2.1.3.5. Protocolo Spanning Tree

Como se dijo anteriormente, las redes Ethernet operan en base de aprender direcciones MAC. Si existen múltiples trayectorias hacia el mismo destino, y un paquete va dirigido a una dirección MAC desconocida, el paquete es enviado a todos los puertos que pertenezcan a la misma VLAN, esto puede causar que el paquete regrese al conmutador o “switch” original que lo transmitió y que nuevamente sea enviado a toda la red, ocasionando lo que se conoce como tormenta de broadcast (Broadcast Storm). Este protocolo previene estos eventos en la red al bloquear trayectorias redundantes y asegurando que solo exista una trayectoria activa a la vez entre dos conmutadores o “switch’s” en la red. El protocolo Spanning Tree utiliza el protocolo llamada Bridge Protocol Data Units (BDPU’s), que son paquetes de control que circulan por la red e identifican qué trayectoria utilizar, y por lo tanto, que puertos requieren ser bloqueados.

II.2.2. Metro Ethernet

II.2.2.1. Concepto

“Es una arquitectura tecnológica destinada a suministrar servicios de conectividad MAN / WAN a nivel de capa 2. A su vez beneficiará con soluciones de multiservicio de alta velocidad con calidad de servicio” (Schmidberg, 2009, p. 16).

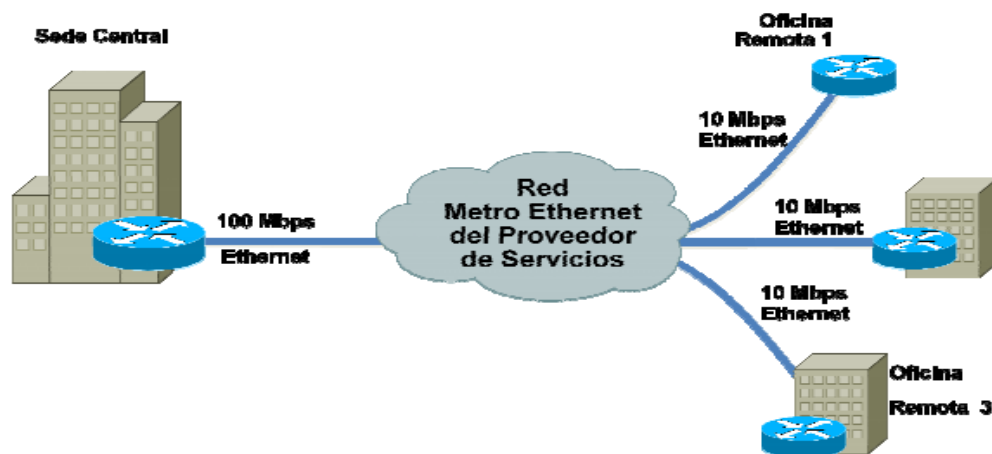


Figura 22. Ejemplo de red Metro Ethernet

(Santitiro, 2003)

II.2.2.2. Arquitectura

Una MEN “Metro Ethernet Network” esta comprendido por componentes físicos y lógicos manejados por uno o varios proveedores de servicio que proveen transporte, ya sea por tecnologías como SONET, WDM , RPR, entre otros para la entrega de tramas Ethernet.

La MEF “Metro Ethernet Fórum” tiene la misión de acelerar la adopción de la tecnología y servicios Ethernet a nivel de operador. Este organismo así como recomienda normas y procedimientos, define atributos y parámetros que describen los servicios que son establecidos entre un proveedor de servicio Metro y sus clientes. Este organismo definió un modelo de referencia de 4 capas para las MEN:

- **Capa Física:** Está conformada por la infraestructura que permite la transmisión de datos (cable coaxial, cobre, fibra óptica, medios inalámbricos.) Por ejemplo: 10Base-T, 100Base-T, 1000Base-SX.
- **Capa de Transporte:** Soporta las tecnologías de transporte como son: IEEE 802.1, SONET/SDH, MPLS, entre otras.
- **Capa de Servicios Ethernet:** Soporta la conectividad (Carrier Ethernet).
- **Capa de Aplicación:** Soporta las aplicaciones del usuario final. Por ejemplo IP, MPLS, PDH, etc.

II.2.2.3. Funcionamiento

Los conceptos de EVC “Ethernet Virtual Connection” y de UNI “User Network Interface son conceptos definidos por el MEF. El UNI es definido como el punto de demarcación entre el proveedor de servicio y el cliente. El EVC es la asociación entre dos o más UNI’s, es decir, el EVC es un túnel lógico que conecta

dos o más sitios que son habilitados para transmitir paquetes Ethernet entre ellos. El equipo del cliente o CPE “Customer Premise Equipment” es responsabilidad del cliente, y donde la elección de un router o switch de capa 2 debe basarse en la recomendación del proveedor de servicios de acuerdo a las consideraciones del diseño.

II.2.2.4. Servicios Metro Ethernet



Figura 23. Servicios Metro Ethernet

(Schmidberg, 2009)

II.2.2.5. Beneficios

El servicio permite a un UNI soportar múltiples EVC's, comparado con la alternativa de separar las interfaces físicas para cada EVC, se presentan varios beneficios:

- Costo bajo de los equipos, ya que se minimiza el número de enrutadores y conmutadores y maximiza la densidad de utilización puerto/slot.
- Minimiza espacio, potencia y cableado.
- Simplifica la activación de nuevos servicios.

II.3. EDC Network Comunicaciones

EDC Network Comunicaciones S.C.S, es una empresa venezolana, fundada en el año 2001. Tiene como objetivo principal la instalación, operación y comercialización de servicios de telecomunicaciones. La compañía se basa en proporcionar servicios de Transporte de Señales de Telecomunicaciones, en el Área Metropolitana de Caracas, con estándares de calidad Carrier Class, basándose en la tecnología avanzada de la Red de Conectividad y Multiservicios por Fibra Óptica. También es una empresa que ofrece servicios de fibra óptica “end-to-end” a los clientes.

II.4. Red eléctrica en el Cerro WARAIRAREPANO

En base a las cuadrículas obtenidas por la investigación documental, tenemos que en el Cerro Warairarepano se encuentran dos subestaciones eléctricas de distribución. La primera ubicada en Cota Mil que distribuye líneas de media tensión (entre 1 KV y 69 KV) hacia el cerro y la segunda ubicada cercana a la estación del teleférico Warairarepano, llamado subestación “Warairarepano”, que recibe las líneas de media tensión y las transforma de media a baja tensión para abastecer eléctricamente todos los establecimientos incluyendo el Hotel Humboldt, ubicados en el Parque Warairarepano.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y DESARROLLO

La metodología empleada para la realización del Trabajo Especial de Grado será descrita a continuación y está dividida en tres fases.

III.1 Fase I.

Esta fase abarca toda la información necesaria para realizar el Trabajo Especial de Grado.

III.1.1 Investigación documental y bibliográfica.

En este apartado fue necesario realizar una investigación documental teórica para conocer las tecnologías de conexión a Internet más utilizadas en la actualidad y cuáles son las más eficientes, donde fueron elegidas como casos de estudio: WiFi, ADSL y BPL ya que las dos primeras son las más difundidas en el país y las más económicamente aceptables para esta investigación, y la tercera por qué es una tecnología que representa la innovación y no es nada convencional con respecto a las tecnologías utilizadas en el país. Luego se investigó con respecto a las tecnologías de transmisión de datos como lo son Ethernet y Metro Ethernet. Dicha investigación se logró con el estudio de documentación en libros, medios electrónicos, trabajos de investigación nacionales e internacionales, revistas electrónicas y papers.

III.1.2 Análisis de redes de la compañía.

En el siguiente punto de esta fase se realizó un análisis de las redes con las cuales trabaja la empresa y mediante información interna de la compañía se detalló la red Metro Ethernet que está presente en el Área Metropolitana, desarrollando la ingeniería de la red, describiendo la capa física y de transporte de la misma y los equipos que se emplean en los nodos.

III.1.2.1 Ingeniería de la Red.

III.1.2.1.1. Capa Física.

Inicialmente la red estaba conformada por un “Backbone” (Red Principal) de 11 anillos de 96 hilos de Fibra Óptica distribuidos a lo largo y ancho de la ciudad de Caracas. La dimensión inicial de la red era de 250 Kms, instalados en su totalidad en los ductos subterráneos de la C.A La Electricidad de Caracas

Cada cable de Fibra Óptica es tendido entre dos subestaciones eléctricas, la red original cubría 64 subestaciones, actualmente más de 100 subestaciones de la C.A La Electricidad de Caracas cuentan con al menos un cable de fibra óptica. Existen adicionalmente al “Backbone” siete mini anillos colectores, la principal diferencia que tienen estos mini anillos con los cables principales es que el cable entra y sale de los edificios comerciales que están en la ruta del mini anillo, permitiendo de esta manera tener un punto de presencia en la gran mayoría de los edificios comerciales de la ciudad. Actualmente existen dos conexiones troncales fuera de la zona metropolitana de Caracas, uno hacia La Guaira de 27 Kms aproximadamente y otro que llega a Guarenas y Guatire con una distancia aproximada de 30 Kms. Uniendo estos enlaces troncales a los enlaces de última milla La Electricidad de Caracas posee instalados actualmente más de 400 kms de fibra óptica en toda el área servida.

III.1.2.1.2. Capa de Transporte.

La capa de transporte de EDC Network Communications S.C.S se basa en dos redes independientes, la primera es una red SDH (Synchronous Digital Hierarchy, Jerarquía Digital Síncrona) y la otra es una red Metro Ethernet. Ambas redes físicamente comparten la misma red de fibra y los mismos nodos, pero lógicamente son totalmente independientes, es decir, a pesar de que viajan por los mismos cables de fibra óptica, el equipamiento es diferente y no se interconectan entre ellas. Ambas redes son monitoreadas 7 x 24 y configurables vía remota desde el COR (Centro de Operaciones de la Red).

III.1.2.2. Red Metro Ethernet en la empresa EDC Network Comunicaciones S.C.S.

La red Metro Ethernet es de marca Nortel y está conformada por dos “switch’s” de alta capacidad modelo Passport 8600, los mismos están ubicados en dos de los nodos que se encuentran dentro del Área Metropolitana. Estos “switch’s” tienen una capacidad de conmutación de 256 Gbps distribuidos en 10 ranuras. En la siguiente capa de la red la cual denominamos de Acceso, se encuentran los equipos Optera Metro 1200 y 1450, estos “switch’s” se interconectan a ambos Passport por dos rutas completamente independientes dándoles completa redundancia a la hora de cualquier corte de servicio. Los anchos de banda que maneja esta red van desde 1Mbps hasta 1 Gbps, con granularidad de 1 Mbit. A continuación se muestra la topología de la red Metro Ethernet de EDC Network.

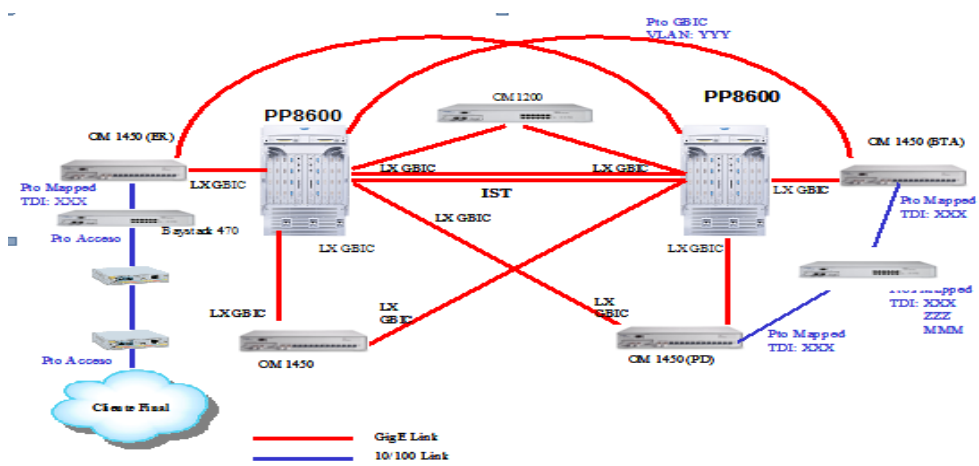


Figura 24. Diagrama del “Backbone” de la red Metro Ethernet

(EDC Network Comunicaciones)

Los servicios Metro Ethernet pueden ofrecerse a través de múltiples soluciones opciones que dependen de la capa Ethernet común para todos. En el caso de EDC Network Comunicaciones, se utiliza la solución propietaria de Nortel, SMLT “Split Multilink Trunking”.

III.1.2.2.1. Nortel Split Multilink Trunking “SMLT”.

Esta tecnología es la alternativa al protocolo de la IEEE 802.1w RSTP “Rapid Spanning Tree Protocol” para la recuperación de las redes Ethernet metropolitanas.

SMLT esta basado en el protocolo de la IEEE 802.1ab MLT, que esta diseñado para permitir conexiones entre un grupo de grandes anchos de banda troncales y el balanceo de tráfico a través de troncales. Este protocolo permite a los proveedores configurar caminos redundantes hacia una compañía o un edificio sin

protocolos de enrutamiento como por ejemplo OSPF “Open Shortest Path First or Routing Information Protocol”.

Este software corre en los equipos Nortel Passport 8600 Ethernet/IP que utiliza la compañía EDC Network Comunicaciones. (Terri Gimpelson, 2001, para 4).

Nortel busca dar respuesta a tres problemas de fiabilidad de Ethernet: fallos de enlace y de nodos, preservación de la conversación y la utilización máxima del ancho de banda.

Para la falla de enlace y de nodos, SMLT hace que la agregación de un par de “switch’s” se vean como un solo “switch” hacia el resto de la red. Los “switch’s” comunican las direcciones MAC entre ellos usando SMLT.

Ambos “switch’s”, conectados por múltiples enlaces Gigabit Ethernet, aprenden las direcciones de destino MAC del tráfico de “switch’s” conectados hacia un Passport 8600. Si un nodo falla, SMLT asegura que el nodo restante tenga la información de dirección MAC de destino para reenviar el tráfico en nombre del “switch” principal.

Si uno de los enlaces entre los “switch’s” se pierde, SMLT divide las sesiones sobre los enlaces restantes, esto hace que haya más eficiencia sobre el ancho de banda disponible eliminando la redundancia “basura” que es solo usado cuando hay fallas.

III.1.3. Levantamiento de la información en campo.

Se realizaron visitas a El Hotel Humboldt, la subestación eléctrica ubicada junto a la estación teleférico “Warairarepano” y se observó y analizó la ubicación del enlace de fibra óptica, perteneciente a la empresa, más próximo a la subestación eléctrica Warairarepano. Estas visitas se efectuaron para la observación y análisis de

las ubicaciones de futuros equipos, tipos de equipos existentes y la infraestructura del hotel, además de analizar en qué punto del recorrido del enlace de fibra óptica se debe empalmar un cable de fibra óptica adicional para que alcance la localidad deseada como lo es el Parque Warairarepano y así conectar la red de transporte Metro Ethernet y la red de acceso a seleccionar. Para cumplir con estas visitas se debió formalizar la permisología correspondiente a CORPOELEC.

III.2 Fase II.

Esta fase abarca gran parte de los objetivos a cumplir durante la realización del diseño del sistema planteado.

III.2.1. Alternativas entre las tecnologías BPL, ADSL y WiFi.

En este punto se desarrolló un estudio de comparación entre las alternativas BPL, ADSL y WiFi, para seleccionar la más adapta y aplicarla en El Hotel Humboldt. Para este estudio se tomó en cuenta efectividad, movilidad, instalación, calidad, velocidad de la señal con respecto al lugar dónde se va diseñar el sistema de conexión de datos a Internet, así como la escalabilidad de la tecnología y la inversión monetaria correspondiente a cada alternativa. Posteriormente luego de realizar la comparación se eligió la mejor tecnología en base al estudio de alternativas para realizar el diseño del proyecto. De acuerdo a la selección de la tecnología, se eligió qué tipo de sistema se utilizó dentro de la tecnología, en base a: la situación de la infraestructura de El Hotel Humboldt, la ubicación de las conexiones que se encuentren en los lugares adyacentes al hotel, tipo de tensión que alimente al hotel. Todo esto se realizó en base a la teoría investigada y la información proporcionada por la empresa.

III.2.1.1. Consideraciones previas.

Para la realización de este estudio, fue necesario conocer el estado del lugar donde se diseñaría la solución, debido a que las tres tecnologías a tomar en cuenta utilizan diferentes medios físicos para su funcionamiento.

Entre las consideraciones que se tuvo que tomar en cuenta para el estudio, se tiene que el enlace de fibra óptica proveniente de un Switch Metro Ethernet ubicado en el Área Metropolitana de Caracas, llegaría hasta la estación teleférico “Warairarepano”, es decir, desde este punto hasta el hotel, es dónde aplicaría una de las alternativas. Para efectos del proyecto se denominará red de transporte desde el cuarto eléctrico de la subestación “Warairarepano” hasta el cuarto eléctrico de El Hotel Humboldt. La red de acceso estaría en el interno del edificio dónde se prestará el servicio de datos.

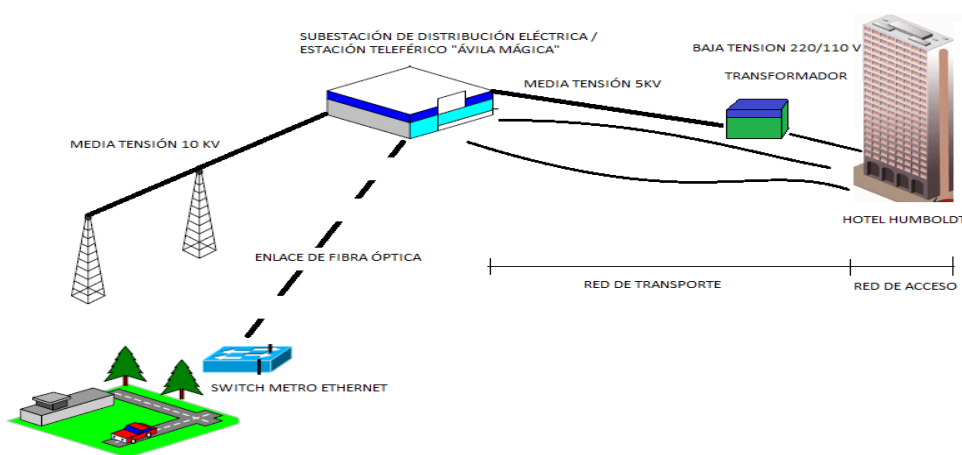


Figura 25. Diagrama de red.

(Fuente: propia)

Desde la subestación “Warairarepano” hasta el hotel tenemos aproximadamente una distancia de 800 metros. El Hotel Humboldt se encuentra actualmente en desuso, y lleva en ese estado un tiempo considerable. El cableado eléctrico se encuentra en buenas condiciones debido a que actualmente se está llevando a cabo un proyecto de restauración de las instalaciones. En el piso de mezanina se encuentra una central telefónica, que en la actualidad no esta en funcionamiento. El hotel cuenta con 19 pisos de los cuales 14 pisos son de 5 habitaciones de 29 m² y de los 5 pisos restantes, PB y mezanina tienen más de 800 m², el primer piso 315 m², el PH más de 100 m² y el sótano con áreas de servicio con más de 500 m².

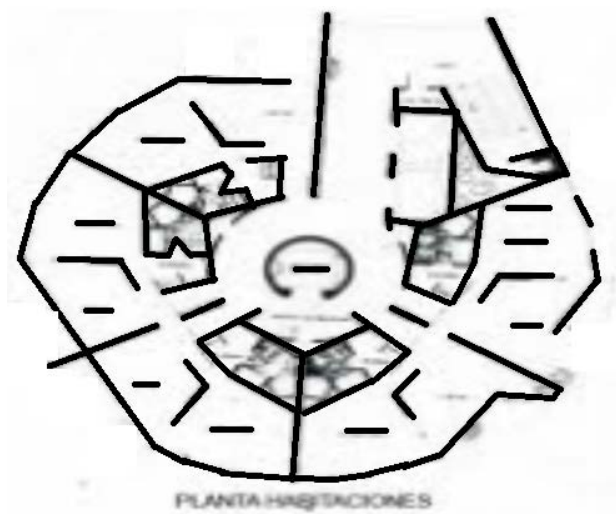


Figura 26. Planta de habitaciones de El Hotel Humboldt.

(EDC Network Comunicaciones)

III.2.1.2. Alternativa BPL.

De acuerdo al estudio de la tecnología BPL tenemos que emplea el medio eléctrico en el rango de frecuencias entre 2 y 34 MHz dónde se utiliza el esquema de modulación OFDM el cual brinda robustez frente a interferencias y con una tasa de bits límite de 200 Mbps debido a las 1536 portadoras que intervienen en la modulación OFDM. En cuanto a los elementos que están presentes en este tipo de tecnología, tenemos al primer dispositivo que entra en juego en la red eléctrica, el “Head End” o también llamada cabecera BPL, que funciona como el “switch” BPL principal que estaría ubicado en el cuarto eléctrico de la subestación “Warairarepano” y que estaría conectado al transceiver para poder realizar la conversión óptica-eléctrica proveniente de la señal óptica del cable de fibra, e inyectaría la señal BPL a las líneas de media tensión. Es a partir de este punto que iniciaría la red BPL y finalizaría en El Hotel Humboldt para poder prestar el servicio de datos en el edificio.

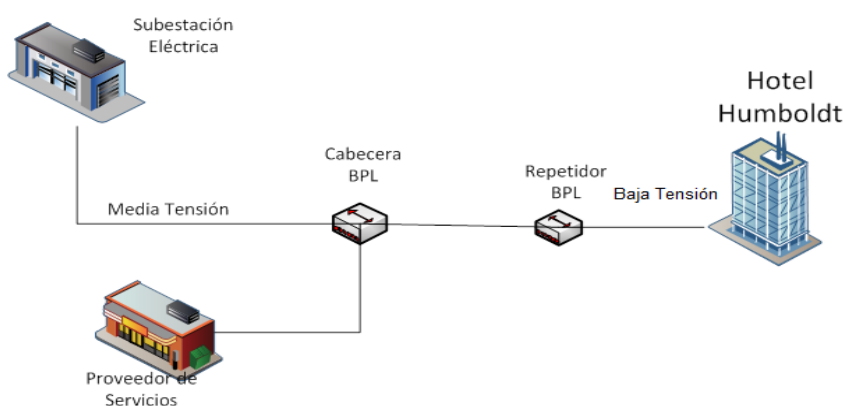


Figura 27. Red BPL.

(Fuente: propia)

III.2.1.2.1. Red de conexión de datos.

Desde el cuarto eléctrico de la subestación “Warairarepano” hasta El Hotel Humboldt tenemos una línea eléctrica de media tensión de 5 KV que interconecta estos dos puntos, estando ubicadas a un lado de la caminería que esta presente en el Parque “Warairarepano”. De acuerdo a la distancia de 800 metros entre la subestación y el hotel, se deben colocar repetidores BPL para regenerar la señal. La norma que se cumple mundialmente es la ubicación de un repetidor cada 400 metros, pero para el presente proyecto se ubicaran cada 300 metros, es decir, se ubicarían 2 repetidores BPL para cubrir todo el recorrido de la red de transporte.

Una vez en el cuarto eléctrico del hotel se ubicaría un dispositivo Media Gateway que también regenera la señal (realiza la función de un repetidor) junto con un acoplador de tipo capacitivo para poder realizar un puente de la señal de alta frecuencia por el transformador que pasa la señal eléctrica de media tensión a baja tensión.

Ubicados en el hotel, estaríamos en el segmento de la red de acceso, dónde en cada uno de los catorce pisos se ubicaría un módem BPL, el módem podría ser convencional con conexión Ethernet y conectado a un Access Point o un módem inalámbrico. De los cinco pisos restantes, en PB y en mezanina como tienen una gran extensión se deberían ubicar seis módems BPL con dos repetidores, el primer piso se le destinaría dos módems BPL y un repetidor y para PH un solo modem BPL, para el sótano no se tendría previsto otorgar conectividad ya que es un área de servicio de los trabajadores.

III.2.1.2.2. Red de telemedición de datos.

En el cuarto eléctrico de la subestación eléctrica “Warairarepano” utilizando el mismo “Head End” o cabecera BPL de la red de conexión de datos, se podrá operar

la red de telemedición que comprende la medición de datos en la subestación eléctrica y en el hotel. Para la telemedición en la subestación no es necesario ubicar repetidores ya que la distancia entre el “Head End” y la ubicación del medidor de energía BPL no sobrepasa los 25 metros, entonces simplemente se ubicaría un medidor de energía BPL. En cuanto a la telemedición en El Hotel Humboldt, se utilizaría la misma red de transporte del sistema de conexión de datos y en el cuarto eléctrico del hotel se ubicaría un medidor de energía BPL.

III.2.1.3. Alternativa ADSL.

En cuanto al estudio de la tecnología ADSL tenemos que específicamente se tratará ADSL2+, que utiliza el medio telefónico a través del par de cobre en el rango de frecuencias de 0,14 MHz a 2,2 MHz con una modulación QAM para alcanzar tasas de 24 Mbps. Para esta tecnología se necesitan varios elementos fundamentales como el DSLAM (Digital Subscriber Line Access Multiplexer) el cual concentra el tráfico ADSL de todos los abonados y los envía a la red de transporte del operador, un Splitter el cual separa la señal ADSL de la línea telefónica.

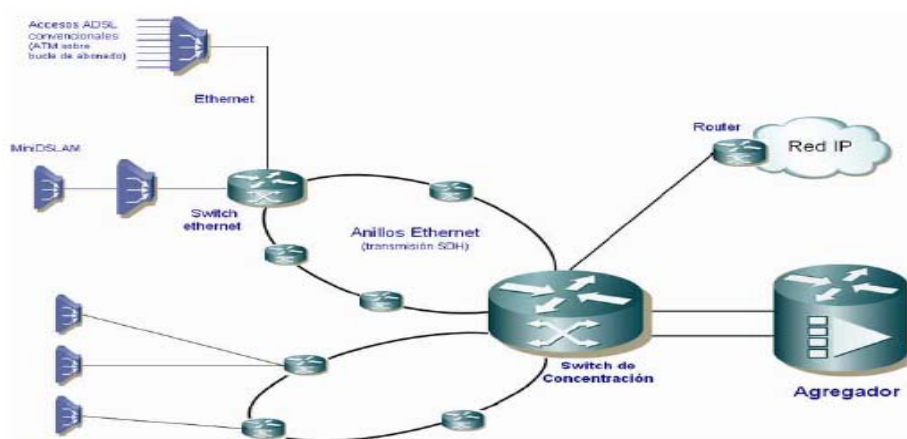


Figura 28. Red de acceso ADSL.

(Fuente: Inventario de red y servicios para un sistema de provisión automática en un entorno Triple-Play, César Albarrán)

Cuando se conecta la red de acceso ADSL con la red de transporte Metro Ethernet, las tramas MAC se etiquetan con unos identificadores de VLAN diferentes para cada usuario manteniendo la tecnología ATM en el bucle de abonado, de forma que el router y el DSLAM establecen un circuito ATM, pero luego el dispositivo DSLAM saca las celdas ATM, regenera las tramas IP y las monta sobre Ethernet.

III.2.1.3.1. Red de conexión de datos.

En el cuarto eléctrico del hotel estaría presente un Módem ADSL para realizar la modulación en el canal telefónico así como un Router ADSL y un Switch Ethernet para realizar en encaminamiento y direccionamiento de las tramas y paquetes respectivamente, para luego distribuir los puntos Ethernet en cada piso.

III.2.1.3.2. Red de telemedición de datos.

Para la telemedición en el hotel tenemos que se ubicaría un medidor de energía compatible con la tecnología ADSL que estaría conectado a la misma red de conexión de datos presente en el hotel. Y la telemedición en la subestación eléctrica “Warairarepano” se tendría que instalar un medidor de energía y estaría directamente conectado al dispositivo DSLAM junto con un Splitter, un Módem ADSL y un Router.

III.2.1.4. Alternativa WiFi.

Finalmente tenemos esta última tecnología que utiliza el medio inalámbrico y de acuerdo al estándar 802.11a, se emplea la banda de frecuencia ISM, ya que no se necesitan permisos para su uso, y con un esquema de modulación OFDM para obtener tasas topes de 54 Mbps. Para poder transmitir la señal WiFi por la anteriormente denominada red de transporte, se utilizaría un enlace de microondas LOS (Line of Sight) con modulación QAM. Para la antena receptora, habría que considerar la construcción de una torre o la ubicación en un lugar en la edificación del hotel que sea apto para su instalación, como por ejemplo la azotea.

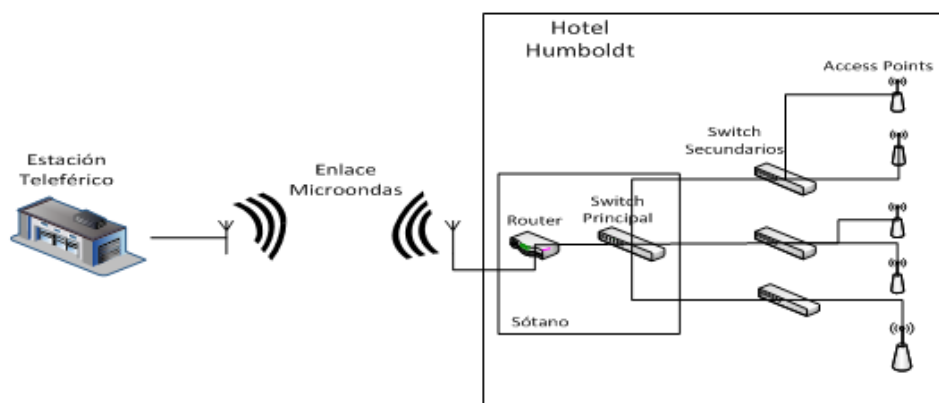


Figura 29. Red de acceso WiFi

(Fuente: propia)

III.2.1.4.1. Red de conexión de datos.

La red de conexión funcionaría análogamente a la alternativa ADSL, dónde se emplearían elementos como un Router y un Switch Ethernet, agregando Access Points en cada uno de los catorce pisos y en los cinco pisos restantes, en PB y en mezanina como tienen una gran extensión se deberían ubicar seis Access Points, al primer piso se le destinaría dos Access Points y para PH un solo Access Point, para el sótano no se tendría previsto otorgar conectividad ya que es un área de servicio de los trabajadores.

III.2.1.4.2. Red de telemedición de datos.

Para la telemedición en el hotel tenemos que se colocaría un medidor de energía compatible con la tecnología WiFi conectado a la red de conexión de datos y para la telemedición en la subestación eléctrica se ubicaría un medidor de energía conectado a la red de transporte.

III.2.2. Ejecución del protocolo de prueba de las redes BPL ya implementadas en las oficinas de EDC Network Comunicaciones S.C.S.

La RFC 2544 discute y define un número de pruebas que pueden ser utilizadas para describir y comparar las características de rendimiento de los dispositivos de interconexión de redes. La manera de implementar las pruebas fue usando un equipo de prueba con puertos de transmisión y recepción. La ejecución de este protocolo se centró en las pruebas de rendimiento descritas en la RFC 2544:

- **Throughput:** es la máxima tasa a la cual ninguna de las tramas ofrecidas es descartada por el dispositivo. Se envió un número específico de tramas (tamaños de tramas entre 64 y 1518 Bytes) a una tasa específica a través del DUT (device under control), y luego se contabilizó las tramas correctamente recibidas. Si la cantidad de tramas ofrecidas es menor a la cantidad de tramas recibidas, la tasa del flujo ofrecido se reduce y el ensayo se vuelve a correr. El throughput es la máxima tasa a la cual la cantidad de tramas transmitidas por el DUT es la misma que la transmitida por el equipo de prueba.
- **Latency:** Para dispositivos Store and Forward es el intervalo de tiempo comenzando cuando el último bit de la trama entrante alcanza el puerto de entrada y terminando cuando el primer bit de la misma trama es visto en el puerto de salida. Para dispositivos bit Forwarding es el intervalo de tiempo comenzando cuando el final del primer bit de la trama entrante alcanza el puerto de entrada y terminando cuando el comienzo del primer bit de la misma trama es visto en el puerto de salida. Primero se determina el throughput del DUT para cada uno de los largos de trama. Se envía un flujo de datos de un particular tamaño de trama a través del DUT al throughput que se determinó anteriormente, hacia un destino específico. El flujo

deberá ser de por lo menos 120 segundos de duración. Un marcador deberá ser incluido dentro de una trama luego de los 60 segundos. El tiempo en el cual esta trama es completamente transmitida se graba (marca de tiempo A). La lógica del receptor en el equipo de prueba debe reconocer este marcador en el flujo de datos y grabar el tiempo en el cual esta trama es recibida (marca de tiempo B). La latencia es la resta de las marcas de tiempo B y A. Esta prueba debe repetirse por lo menos 20 veces y reportar el valor medio de los valores.

- **FrameLossRate:** Porcentaje de tramas que deberían ser enviadas por un dispositivo de red bajo estado estacionario de carga (constante), pero que no son enviadas por falta de recursos. Se envía un específico número de tramas a una tasa específica a través del DUT y se cuentan cuantas tramas son transmitidas por el DUT. La tasa de pérdida de tramas se calcula como:

$$((\text{contador_entrada} - \text{contador_salida}) * 100) / (\text{contador_entrada})$$

- **Back-to-back frames:** Se envían tramas de un mismo largo a una tasa para la cual hay una separación mínima entre tramas, para un medio dado, durante un período de tiempo, comenzando desde el estado inactivo. Primero se envía una ráfaga de tramas con el mínimo inter-frame gap al DUT y se cuentan las tramas enviadas por el DUT. Si la cuenta de tramas transmitidas es igual al número de tramas enviadas se incrementa el largo de la ráfaga y la prueba se vuelve a correr. Si el número de tramas enviadas es menor que el número de tramas transmitidas, se reduce el largo de la ráfaga y la prueba se vuelve a correr. El valor del back-to-back frames es el número de tramas con el mayor tamaño de ráfaga para el cual el DUT puede manejarlas sin pérdida de tramas. La duración de la prueba debe ser por lo menos de 2 segundos y repetida 50 veces. El valor reportado deberá ser el promedio de los valores obtenidos.

- **SystemRecovery:** el objetivo es de caracterizar la rapidez a la cual el DUT se repone de una situación de sobrecarga. Primero se determina el throughput del DUT para cada tamaño de trama especificado. Luego se envía un flujo de datos a la tasa mínima entre el 110% del throughput o la máxima tasa para ese medio, durante al menos 60 segundos. A una marca de tiempo A determinado se reduce al 50% de la tasa actual y se graba el tiempo de la última trama perdida (marca de tiempo B). El tiempo de recuperación se determina por la resta de las marcas de tiempo B y A. La prueba debería ser repetida un número determinado de veces y el promedio de los resultados deberá ser reportado
- **Reset:** el objetivo es de caracterizar la rapidez a la cual el DUT se recupera de un reset de hardware o software. Primero se determina el throughput del DUT para cada tamaño de trama especificado. Luego se envía un flujo continuo de tramas al determinado throughput para el mínimo largo de tramas. Causar el reset en el DUT. Monitorear la salida hasta que las tramas comiencen a ser enviadas y guardar los tiempo en que la última trama del flujo inicial (marca A) y la primera del siguiente flujo (marca B) son recibidas. El valor de reset se obtiene de la resta de las marcas de tiempo B y A.

III.2.3 Estudio de los posibles equipos especializados que puedan utilizarse en el diseño de la red de conexión de datos, de acuerdo a la tecnología seleccionada y la posible ubicación de los mismos.

Se realizó una investigación de las principales marcas líderes en el mercado de equipos que intervienen en el servicio de conexión de datos de acuerdo a la tecnología y servicio seleccionado. Por ello, son varios los aspectos que influyen y que deben ser considerados en el diseño de un proyecto, específicamente en los equipos que otorgan la conectividad. Los principales criterios son:

- Topología: la disposición de los equipos en la red de comunicaciones debe ser aquella que permita la mayor cobertura de la manera más práctica, rápida y rentable.
- Servicios: es necesario considerar que el presente proyecto tiene la finalidad de prestar servicios de banda ancha, por lo tanto la velocidad de transmisión definida por cada fabricante debe permitir cumplir la velocidad a servir al usuario.
- Alcance: el alcance de la señal para una adecuada recepción es importante, por lo cual la máxima distancia propuesta debe ser analizada.
- Seguridad: en los sistemas se debe realizar un análisis de la seguridad en la red. La inseguridad puede afectar la confidencialidad de los datos de los clientes. En la actualidad los mismos fabricantes implementan sus soluciones en cuanto a seguridad se trata.
- Equipos adicionales: dependiendo de las características de alcance de los equipos, se deben requerir equipos adicionales para evitar la afectación en la calidad de la señal.
- Estándares: en algunos sistemas no existe una norma definida de manera universal, es importante que los equipos operen según recomendaciones internacionales vigentes.
- Interoperabilidad: la interoperabilidad entre los equipos se obtiene sin problemas cuando se trata de elementos del mismo fabricante. En la actualidad existen algunos productos ofrecidos por fabricantes no son compatibles entre sí y la presencia de diferentes tecnologías es interpretada como ruido.

- **Coexistencia:** también es necesario considerar la posibilidad que se empleen equipos de diferentes fabricantes en cada segmento del sistema, debiendo operar de manera independiente garantizando la coexistencia.
- **Escalabilidad:** la facilidad de un sistema para expandir o disminuir la capacidad de acuerdo a la demanda de usuarios que exista.

III.2.4 Estudio de los posibles equipos especializados que puedan utilizarse en la red de telemedición, de acuerdo a la tecnología seleccionada y la posible ubicación de los mismos.

Se realizó un estudio de los distintos equipos necesarios para la telemedición de las cargas concentradas en la subestación “Warairarepano” y en El Hotel Humboldt, así como también de los distintos software de monitoreo que sean necesarios para su implementación. Se busca que los equipos puedan medir variables tales como:

- **Estado de la línea de transmisión:** Es necesario conocer el nivel de ruido e interferencias en la línea a fin de tomar las medidas necesarias para solucionar posibles problemas causados por estos fenómenos.
- **Tráfico de datos:** Esta variable es muy importante en el monitoreo de una red ya que permite conocer el nivel de uso de la red.

III.3. Fase III.

En esta fase final se procedió a realizar una toma de decisiones con respecto a las mejores opciones disponibles, para la realización del diseño del proyecto.

III.3.1 Diseño de la red de conexión de datos y red de telemedición de las cargas concentradas.

De acuerdo al estudio de las tecnologías ADSL, WiFi y BPL que se realizó anteriormente, se procedió a elegir en base a ciertos factores, cuál de estas es la más óptima para la realización de un sistema de conexión y de telemedición de datos. Luego se eligió el tipo de sistema de la tecnología que se utilizaría en el proyecto. Con las selecciones realizadas se estudió cuál sería el equipamiento en cada tipo de red.

En base a la orientación planteada anteriormente, se procedió al diseño de las redes de conexión y telemedición de datos tomando en cuenta las tecnologías, estudio de equipos, estudio de campo, levantamiento de información en el campo e investigación teórica realizada para definir una solución al proyecto planteado.

Además de los factores a tomar en cuenta para el diseño, también se tuvo que especificar la banda de frecuencia con la cual se trabajó en el proyecto, la división modal del espectro de frecuencia seleccionado con la que trabajan la red de telemedición y la red de conexión; así como la utilización y disposición de los equipos en cada red respectivamente.

III.3.2. Realización del tomo.

Se procedió a realizar el documento que contiene el diseño del proyecto.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

En el presente capítulo se expresarán los resultados correspondientes a los objetivos planteados en el inicio del Trabajo Especial de Grado.

IV.1. Selección de la tecnología a utilizar entre las alternativas

ADSL, WiFi y BPL.

Llevado a cabo el estudio de alternativas entre las tecnologías ADSL, WiFi y BPL, se procede a realizar la selección que más se adapta al proyecto a realizar. Entre los principales factores que intervienen en la selección tenemos el proceso de instalación de equipos y el cableado correspondiente, la movilidad y velocidad que puede brindar la tecnología, la escalabilidad que puede dar al diseño del proyecto y finalmente la inversión monetaria aproximada que se debe hacer con cada alternativa.

- Proceso de instalación de equipos y cableado:

En caso de seleccionar la tecnología ADSL se tendría que realizar una instalación de cableado UTP en todo el edificio, significando un aumento considerable de los costos de instalación ya que las líneas que actualmente están instaladas no presentan los mínimos requerimientos necesarios para el correcto funcionamiento de esta tecnología. Para la instalación del equipo necesario para poner en funcionamiento esta tecnología tenemos a los dispositivos DSLAM y los splitters, así como el módem para modular la señal.

Para la tecnología WiFi no se requeriría de la utilización de cableado ya que es una tecnología inalámbrica. Para tener en funcionamiento esta tecnología se

tendría que instalar un enlace de microondas desde la subestación del teleférico hasta el hotel con línea de vista, así como un módem y los Access Points.

Respecto a la tecnología BPL, tenemos que en todo el parque Warairarepano, desde la estación del teleférico “Warairarepano” hasta El Hotel Humboldt, en paralelo a la caminería, están presentes las líneas eléctricas operativas, como se muestra en la figura a continuación:



Figura 30. Cableado eléctrico Parque “Warairarepano”.

(Fuente: propia)

Por lo tanto no habría que realizar instalación adicional de cableado eléctrico en la zona y solamente se requeriría instalar los dispositivos BPL como lo son: Cabecera BPL, Repetidores, Acopladores, filtros de línea, Media Gateway, medidores de energía BPL y los módems BPL.

- Movilidad y velocidad:

En este segmento la tecnología ADSL no brinda la característica de movilidad ya que con la presencia de las tomas telefónicas en determinados lugares se debe estar fijamente en estas ubicaciones, en cuanto a velocidad, y hablando específicamente para ADSL 2+, tenemos de 12-24 Mbps.

Con respecto a WiFi se puede indicar que posee como característica principal la movilidad debido a la utilización de Access Points en el edificio y contando con una velocidad de 54 Mbps (802.11a).

En cuanto a la tecnología BPL, se puede decir que no goza de la característica de la movilidad, ya que análogamente a ADSL, se debe estar conectado a una toma eléctrica. La velocidad que brinda esta tecnología aplicada a este proyecto sería de 54 Mbps.

- Escalabilidad:

Con la tecnología ADSL tenemos que con la adición de líneas telefónicas a la extensión de la central telefónica es posible servir la señal a demás puntos de interés fuera del hotel, para la tecnología WiFi sería necesario la ubicación e instalación de una antena receptora en el lugar deseado, para recibir la señal de microondas desde la subestación “Warairarepano” y servirla con Access Points y finalmente con respecto a la tecnología BPL tenemos que este es un factor principal de la tecnología ya que al haber líneas eléctricas en todo el parque, es posible conectarse a la red de servicio de datos con un módem BPL.

- Inversión Monetaria: A continuación se mostrará la inversión monetaria inicial necesaria para cada aplicación de la tecnología:

DISPOSITIVOS ADSL	CANTIDAD	COSTO POR UNIDAD (\$)	COSTO TOTAL (\$)
DSLAM	1	2500	2500
Módem	2	100	200
Router	2	500	1000
Splitter	2	10	20
Cableado UTP	300 m	170	170
Switch Ethernet alta capacidad	1	1000	1000
Switch Ethernet baja capacidad	8	500	4000
Medidor de Energia	2	250	500
TOTAL = 9390 \$			

Tabla 9. Inversión monetaria en tecnología ADSL.

(Fuente: propia)

DISPOSITIVOS WiFi	CANTIDAD	COSTO POR UNIDAD (\$)	COSTO TOTAL (\$)
TX/RX	1	15000	15000
Router	1	500	500
AP	23	50	1150
Cableado UTP	300m	170	170
Switch Ethernet	1	500	500
Medidor de Energia	2	250	500
TOTAL = 17820 \$			

Tabla 10. Inversión monetaria en tecnología WiFi.

(Fuente: propia)

DISPOSITIVOS BPL	CANTIDAD	COSTO POR UNIDAD (\$)	COSTO TOTAL (\$)
Head End	1	1200	1200
Repetidores	5	800	4000
Acopladores	1	200	200
Media Gateway	1	1000	1000
Modem BPL	23	120	2760
Medidor de Energia BPL	2	400	800
TOTAL = 9960 \$			

Tabla 11. Inversión tecnología BPL

(Fuente: propia)

De acuerdo a los análisis realizados anteriormente tenemos que en el aspecto de instalación de equipos y cableado, la tecnología BPL junto con la tecnología WiFi tienen una gran ventaja respecto a ADSL, ya que no debe ser instalado cableado adicional, mientras que con ADSL, sí. En cuanto a la movilidad WiFi tiene una gran ventaja frente a BPL y WiFi, pero al confrontar el factor de velocidad tenemos que BPL y WiFi transmiten a 54 Mbps mientras que ADSL entre 12 Mbps y 24 Mbps. Para la escalabilidad las tres tecnologías necesitarían de equipamiento adicional pero sin presentar mayor problema para el diseño de una red más amplia en el parque. Finalmente en el factor de inversión monetaria tenemos que la inversión en la tecnología ADSL es la menos costosa con 9390 \$, cercano a la inversión inicial de la tecnología BPL, pero a este valor habría que agregarle el costo de instalación del cableado UTP en la edificación lo cual aumentaría considerablemente el costo de este proyecto hasta por un valor del doble del mismo calculado. Igualmente ocurre con la tecnología WiFi que ya con el elevado costo de 17820 \$, por el enlace de microondas, significaría una gran suma de dinero para el proyecto en sí. Y tenemos a la tecnología BPL que sin tener la necesidad de tener que instalar cableado adicional y con sus bajos costos (9960\$) significaría un buen candidato para la realización del diseño de este proyecto.

Por lo tanto se plantea aplicar al diseño del proyecto una solución mixta, dónde la red de transporte sea de la tecnología BPL y la red de acceso sea parte BPL y parte WiFi.

IV.2. Identificación del sistema de las tecnologías seleccionadas a utilizar en el proyecto.

De acuerdo a las necesidades de movilidad y ahorro en costos, tenemos que se utilizaría el “Sistema Híbrido de Acceso BPL”. Acceso BPL, porque de acuerdo a

este tipo de arquitectura, la tecnología interviene desde las líneas eléctricas de medio voltaje hasta bajo voltaje, comprendiendo la comunicación entre la subestación eléctrica y la red doméstica del hotel. Híbrido por que este sistema trabaja en medios diversos como lo son el eléctrico, desde la subestación “Warairarepano” hasta el hotel (red de transporte), y el inalámbrico (WiFi) dentro de la edificación (red de acceso). Este tipo de configuración es clave en la evolución de los sistemas BPL, por que permite enlazar múltiples usuarios y con una sola conexión todos acceden a redes de datos complementarios, evitando así llevar un terminal a cada uno de los transformadores de media a baja tensión. Esto representa una gran ventaja para la escalabilidad del proyecto ya que en futuro se tendrá la oportunidad de extender la tecnología BPL a todo el Parque Warairarepano.

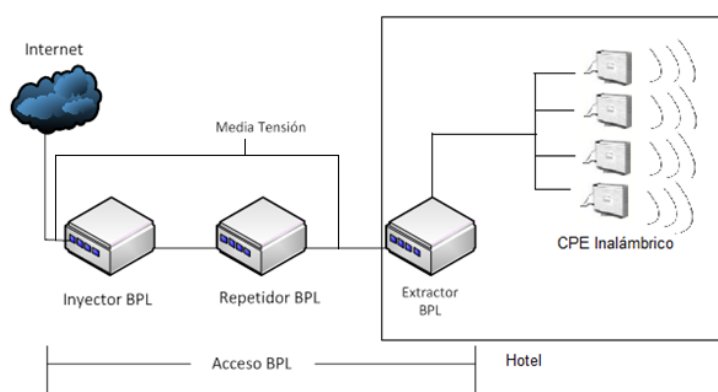


Figura 31. Sistema Híbrido de Acceso BPL.

(Fuente: propia)

IV.3. Ejecución del protocolo de prueba de las redes BPL ya implementadas en las oficinas de EDC Network Comunicaciones S.C.S.

De acuerdo al protocolo de prueba basado en el RFC 2544, tenemos que los parámetros a medir en la red fueron el throughput o rendimiento, latency o retardo, frame loss rate o tasa de pérdida de trama y back-to-back frames o repetición de tramas.

Se establecieron valores en la configuración del equipo de medición:

Tasa máxima de rendimiento (Mbps)	Umbral de rendimiento (Mbps)	Repetición de tramas	Tasa máxima de pérdida de tramas (Mbps)	Umbral de pérdida de tramas (Mbps)	Tasa máxima de retardo (Mbps)	Umbral de retardo (ms)
2	0,4	No Disponible	2	0,1	2	125

Tabla 12. Configuración de la prueba.

(Fuente: propia)

Cabe destacar que en el momento de configurar los parámetros en el equipo de medición para realizar el protocolo de prueba, tenemos que al establecer el back-to-back frame o repetición de tramas el equipo no permitía acceder a ese parámetro ya que arrojaba un error desconocido. Por lo tanto no se pudo visualizar el comportamiento de la red con respecto a este parámetro.

Luego se procedió a realizar el protocolo de prueba y a continuación se muestran los resultados:

Tamaño de la trama (Bytes)	Tasa de Rendimiento (Mbps)	Tasa de pérdida de tramas (%)	Retardo (ms)
64	2	0	0,32263
128	2	0	0,38658
256	2	0	0,50916
512	2	0	0,78009
1024	2	0	1,3195
1280	2	0	1,5769
1518	2	0	1,83195

Tabla 13. Parámetros resultantes de la prueba.

(Fuente: propia)

IV.4. Investigación de los equipos especializados que puedan ser tomados en cuenta para el diseño de la red con la tecnología a seleccionar.

Cómo la tecnología seleccionada fue BPL, tenemos que la investigación llevada a cabo fue en base a dispositivos que tratan el manejo de datos a través del medio eléctrico. Entre los importantes y más renombrados proveedores que comercializan los dispositivos de Broadband over Powerlines tenemos:

- **AMPERION:**

Amperion es el líder en proveer soluciones en infraestructura de comunicaciones en la red eléctrica. Amperion tiene estándares basados en arquitectura modular proveyendo flexibilidad e instalaciones “plug and play” que es requerida en entornos rurales o en entornos urbanos complicados. Las soluciones de

Amperion están enfocadas en la utilidad de construir una red eléctrica inteligente privada, segura y altamente confiable para soportar protección diferencial de la línea, generación distribuida y automatización distribuida. Amperion es un proveedor establecido y un innovador técnico en las comunicaciones eléctricas con más de 100 patentes. Amperion puede utilizar las líneas de media tensión, escalando de líneas de bajo voltaje hasta 138 KV, usando la tecnología OFDM adaptativa en tasas dinámicas en tiempo real que controla la latencia y el jitter.

- MainNet:

La tecnología BPL habilita recursos para expandir las fuentes de ingresos con asociación de compañías de comunicaciones para proveer alternativas y acceso de última milla para los subscriptores. Además las soluciones inteligentes de ancho de banda por las líneas eléctricas de MainNet permite un Internet más rápido, VOIP y transmisión de video así como extensiones WiFi en cualquier infraestructura eléctrica ya sea en hoteles, hospitales, etc.

- TrendNet:

TrendNet es un proveedor global de reconocidas soluciones para redes de tamaño pequeño a mediano para usuarios corporativos y particulares. Creando soluciones para redes desde 1990, TrendNet permite que los usuarios puedan compartir el acceso de banda ancha, contenido de multimedia y periféricos en red para una verdadera conectividad en cualquier lugar. La diversa línea de productos de TrendNet incluye inalámbricos, fibra, conmutadores, Gigabit, voz sobre protocolo de Internet (VoIP), interruptores KVM (teclado/vídeo/ratón), cámaras para Internet, servidores de impresión, comunicaciones eléctricas, Bluetooth, servidores de almacenamiento, Power over Ethernet (PoE), accesorios para multimedia.

- NetGear:

NetGear ha sido desde 1996 un proveedor mundial de tecnología avanzada y de productos de redes. La misión de esta compañía es de ser el mayor proveedor de soluciones de innovación en cuanto a redes para pequeños negocios y hogares.

- Corinex:

La Corporación de Comunicaciones Corinex desarrolla y manufactura soluciones de vanguardia para servir la necesidad global de bajos costos y baja emisión de carbón. Corinex provee soluciones de comunicaciones sobre redes eléctricas existentes en edificios y en líneas eléctricas al aire libre. La tecnología Corinex se ha preocupado por las huellas de carbón de sus productos por lo tanto se han encargado de reducir estas huellas para tener un menor impacto en el planeta.

- Ileo:

Ileo es una compañía global sueca. En su etapa más temprana fue desarrollada como espina dorsal de Ericsson, con un enfoque hacia IP y experticia en telecomunicaciones. En el 2003, Ileo se unió a Schneider Electric. En la actualidad la compañía ha crecido hasta ser especialista en el mundo BPL, utilizando las redes eléctricas para ofrecer servicios de energía y multimedia.

El correcto funcionamiento de una arquitectura BPL, se basa principalmente en el buen estado de la red eléctrica y en el equipo a utilizar. Al ser la red eléctrica una infraestructura construida desde hace muchos años, se considera como un parámetro invariable, dejando el equipo a utilizar como la única opción a variar. Diversas compañías se han dedicado a fabricar controladores o chips para implementar en la tecnología BPL, como lo es DS2, Ambient y Amperion, Main.net, Siemens, Corinex, entre otros. Y de todos estos fabricantes, DS2 ha sido el controlador más importante construido para la tecnología BPL, tanto así que los demás fabricantes adoptaron este controlador para manejar sus redes inteligentes BPL.

en todas partes del mundo. Es debido a este controlador que las redes inteligentes BPL compuestas de dispositivos de diferentes fabricantes son compatibles y no ocasionan conflictos. DS2 fabrica chips que transmiten hasta 200 Mbps sobre las líneas eléctricas, consiguiendo las mayores velocidades de transmisión para redes de media tensión.

Algunos fabricantes como TrendNet y NetGear ofertan productos de tecnología BPL sólo para el desarrollo de redes tipo LAN, cuya cobertura se limita al hogar u oficina, no incluyen equipos para el acceso de banda ancha a Internet. Y otros fabricantes como Amperion, MainNet tienen productos para una red BPL de media tensión, dejando de lado los equipos de baja tensión. Dicho esto, los antes mencionados fabricantes no son aplicables para este proyecto ya que tenemos no solo red de acceso dentro del hotel (baja tensión), sino la denominada anteriormente “red de transporte BPL” desde el hotel hasta la subestación eléctrica (media tensión).

En cuanto a los fabricantes Corinex e Ileo si ofertan productos para la tecnología BPL de acceso e In-Home como es el caso de este proyecto.

Dispositivos Corinex:

- Corinex MV-LV Access Gateway/Regenerator ó Regenerador/ Acceso de Entrada para media ó baja tensión: permite el uso de la red eléctrica para conectarse a Internet. Este equipo transmite y repite la señal cada 2Km en las líneas de media tensión. Presenta seguridad por encriptación DES/3DES. Modulación OFDM, Alimentación: 85 – 265 Vac, Frecuencia: 50 – 60 Hz, Frecuencia de operación: 2 – 34 MHz, Potencia consumida: máx. 35W, Condiciones Climáticas: -20°C a +55°C, 10% a 80% humedad.



Figura 32. Corinex MV-LV Access Gateway.

(Fuente: <http://www.corinex.com/>)

- Corinex AV200 Adaptador Powerline Ethernet: este adaptador utiliza los tomacorrientes como un medio de comunicación, para conectar una LAN, soportando velocidades de 200 Mbps. Este equipo permite conectar a los usuarios que utilizan la PC u otros equipos con comunicación Ethernet con la LAN existente a través de las redes eléctricas usando BPL.



Figura 33. Corinex Adaptador Ethernet.

(Fuente: <http://www.corinex.com/>)

- Dispositivos Ilevo:

- ✓ Head End:

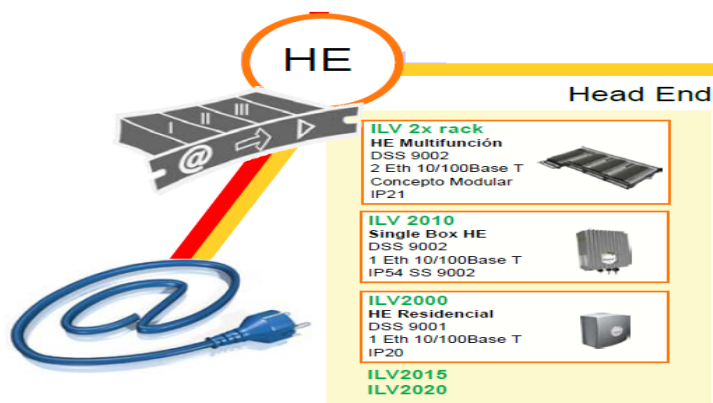


Figura 34. Dispositivos Head End Ilevo.

(Fuente: www.schneider-electric.com)

- ✓ Repetidores:

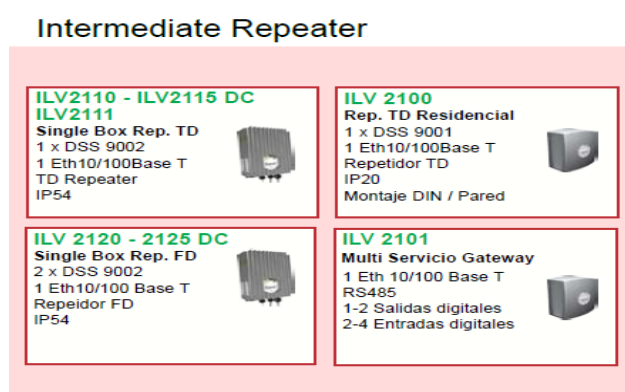


Figura 35. Dispositivos repetidores Ilevo.

(Fuente: www.schneider-electric.com)

✓ Acopladores:



Figura 36. Dispositivos acopladores llevo.

(Fuente: www.schneider-electric.com)

✓ CPE:

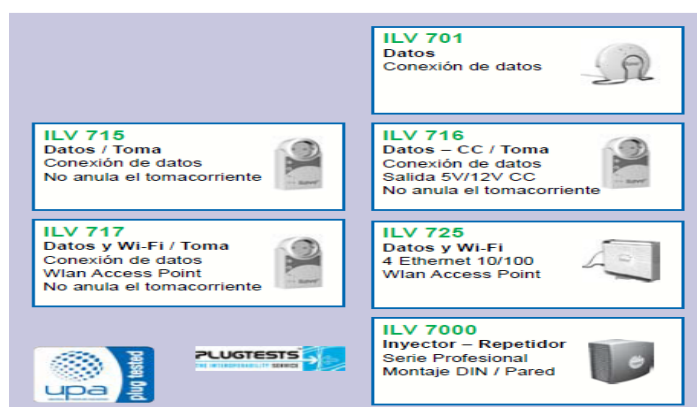


Figura 37. Dispositivos CPE llevo.

(Fuente: www.schneider-electric.com)

	<u>Corinex</u>	<u>Ilevo</u>
Topología	BPL In-Home - BPL Acceso	BPL In-Home - BPL Acceso
Características Técnicas	Velocidad: 200 Mbps Modulación: OFDM	Velocidad: 200 Mbps Modulación: OFDM
VoIP	Disponible	Disponible
Seguridad	3DES/AES (key size= 256 bits)	3DES/AES (key size= 256 bits)
Equipamiento Adicional	Si necesita	No necesita
Estándares	Homeplug 1.0.1 - IEEE 802.3	Homeplug 1.0.1 - IEEE 802.3
Interoperabilidad	Si	Si
Coexistencia	Si (DS2)	Si (DS2)

Tabla 14. Proveedores Corinex e Ilevo.

(Fuente: propia)

De acuerdo a la investigación realizada acerca de estos dos proveedores de dispositivos BPL de acceso tenemos que en cuanto a sus características técnicas hay similitudes en modulación, velocidades y la aceptación de VoIP, pero al analizar la oferta de los dispositivos que tienen disponibles, Corinex no ofrece los elementos de acople y repetidores, sino sólo Media Gateways (que realizan la función también de cabecera BPL) y CPE (terminales de usuario). Los elementos faltantes para completar la red BPL con la compañía Corinex se tendrían que adquirir de marcas genéricas.

Para la marca Ilevo tenemos que si ofrecen todos los elementos necesarios para conformar una red BPL de acceso e In-Home, contando con altas velocidades hasta 200 Mbps gracias a la modulación OFDM. Además de contar con seguridad 3DES/AES con una clave de hasta 256 bits. En cuanto a la interoperabilidad de los equipos, si responden a los estándares de transmisión de datos y convive con los otros

elementos de la red. Y finalmente llevo cuenta con la característica de coexistencia con demás fabricantes gracias a poseer el controlador DS2 en sus dispositivos. Con todas las características anteriormente expuestas tenemos que el proveedor de los equipos a utilizar en la red de conexión de datos es llevo.

IV.5. Estudio de la ubicación de los equipos especializados con la tecnología a seleccionar.

En cuanto a la ubicación de los equipos llevo en el parque “Warairarepano” tenemos que para la cabecera o Head End BPL estaría ubicado en el cuarto eléctrico de la subestación eléctrica/estación teleférico “Warairarepano” como se muestra a continuación en la imagen tomada:



Figura 38. Ubicación del Head End BPL.

(Fuente: propia)

Luego los repetidores estarían ubicados cada 300 metros en paralelo a la caminería del parque “Warairarepano”, junto con el recorrido de las líneas eléctricas.



Figura 39. Ubicación de los repetidores BPL.

(Fuente: propia)

Para el Media Gateway/Inyector BPL tenemos que estaría ubicado en el cuarto eléctrico de El Hotel Humboldt. Finalmente tenemos que los CPE o equipos terminales estarían ubicados dos en cada piso del hotel.

IV.6. Investigación de los equipos especializados en base a la tecnología seleccionada, que puedan ser tomados en cuenta para el diseño de la red de telemedición de las cargas concentradas en la subestación eléctrica “Warairarepano” y en El Hotel Humboldt.

Para los equipos de la red de conexión de datos utilizando la red BPL tenemos que las marcas Ilevó y Corinex fueron preseleccionadas ya que ambas emplean las líneas de media y baja tensión, pero para la red de telemedición tenemos que Ilevó no posee equipos de telemedición, por lo tanto se elegiría la marca Corinex que sí posee equipos medidores de energía que no presentan problemas de incompatibilidad con los equipos Ilevó debido a que esta casa trabaja con los controladores DS2 al igual que Ilevó.

Entre los medidores de energía BPL que ofrece Corinex tenemos:

- Smart Meter Communication Module ZPA CXP-SG200-MDZ: El módulo de medición usa un chipset de 200 Mbps para comunicar sobre líneas de bajo voltaje con los Gateways que se utilizan en las redes BPL. Cada módulo extiende el alcance de la red actuando como un repetidor.



Figura 40. Smart Meter Communication Module ZPA CXP-SG200-MDZ.

(Fuente: <http://www.corinex.com>)

- Smart Meter Communication Module L&G CXM-SG200-MDL: Este modulo utiliza un chipset de 200 Mbps para comunicar sobre líneas de medio y bajo voltaje con los Gateways que se utilizan en la red BPL. Cada módulo extiende el alcance de la red actuando como un repetidor.



Figura 41. Smart Meter Communication Module L&G CXM-SG200-MDL.

(Fuente: <http://www.corinex.com>)

IV.7. Diseño del sistema de servicio de datos.

Aprovechando el hecho que la tecnología BPL emplea el protocolo 802.1Q VLAN, para el sistema de servicio de datos se emplearan tres distintas VLAN: una destinada a datos, una a la telemedición y una de mantenimiento.

IV.7.1. Diseño de la red de conexión de datos

El diseño del sistema de conexión de datos permitirá a los usuarios de El Hotel Humboldt poder gozar de servicio de Internet para las distintas necesidades que existan. En el diseño de la red se debe tomar en cuenta los usuarios que serán beneficiados de la red de conexión de datos. Suponiendo que hay un máximo alojamiento de los huéspedes tenemos que:

$$U_t = n_{pisos} \times n_{hab} \times U_{hab}$$

Figura 42. Cálculo de la cantidad total de usuarios.

(Fuente: propia)

U_t: Número de usuarios total.

n_{pisos}: Número de pisos.

n_{hab}: Número de habitaciones por piso.

U_{hab}: Número de usuarios por habitación.

El hotel posee una cantidad de 14 pisos de 5 habitaciones con un máximo de dos usuarios por habitación, por lo que:

$$U_t = 14 \text{ pisos} \times 5 \text{ hab/piso} \times 2 \text{ usuarios/hab}$$

$$U_t = 140 \text{ usuarios}$$

De manera general, para dimensionar el canal de acceso correspondiente al hotel, tenemos lo siguiente:

$$C = t_m \times n \times m \times C_{min}$$

Figura 43. Cálculo de la capacidad.

(Fuente: propia)

C: Capacidad requerida.

t_m: Porcentaje de tiempo de uso del servicio en el día.

n: Número de usuarios conectados.

m: Porcentaje de usuarios con acceso simultáneo.

C_min: Capacidad mínima.

La velocidad de usuario que se dispondrá es de 512 Kbps, que se podrá configurar en la VLAN de datos. Por ser un sistema que plantea una conexión permanente se estima un porcentaje de uso del servicio del 70 %, además que se dispone que el 70 % de los usuarios accedan de manera simultánea.

$$C = 0,7 \times 140 \times 0,7 \times 512 \text{ Kbps}$$

$$C=35,123 \text{ Mbps}$$

Tenemos que, de los 54 Mbps dispuestos para el sistema de servicio de datos, para la red de conexión de datos se ocupa aproximadamente 35,123 Mbps, dejando así, ancho de banda disponible para la expansión de dicha red en un futuro.

El sistema de distribución eléctrica del parque Warairarepano opera desde la subestación eléctrica Warairarepano hasta El Hotel Humboldt con líneas de 5 KV correspondiente a la clasificación de cableado de media tensión. Luego existe un transformador que pasa las líneas eléctricas a 110V/220V, es decir, a tensión baja para alimentar al hotel.

La señal utilizada para transmitir datos a través de la red eléctrica con la tecnología PLC, se encuentra disponible en una banda entre 2 a 34 MHz, las frecuencias en dicha banda se encuentran muy alejadas de la frecuencia de la red eléctrica convencional (60 Hz), por lo tanto las posibilidades de interferencias entre ambas señales son nulas.

La arquitectura del sistema de red está basada en una red jerárquicamente organizada, y se puede dividir en niveles:

Primer nivel: Gateway Óptico (vía de entrada)

Proveniente de un Switch de la Red Metro Ethernet de fibra óptica de la empresa EDC Network Comunicaciones, pasando por un Transceiver (transductor óptico-eléctrico) Omnistron se conecta a través de un puerto Ethernet 10/100 (RJ 45) con la entrada del equipo de cabecera BPL o Head End de la red BPL modelo ILV 2120, siendo el switch BPL principal o de mayor jerarquía, permitiendo inyectar las señales al medio eléctrico (cableado de media tensión) por medio del acoplamiento

capacitivo. Físicamente dicho equipo estaría conectado en el cuarto eléctrico de la subestación eléctrica Warairarepano.

Segundo nivel: equipos de la red de transporte

Los equipos repetidores TDR ILV 2110, cuyas ubicaciones serían en paralelo a la caminería del parque Warairarepano cada 300 metros para un total de 2 repetidores. Estos equipos repiten o retransmiten el mensaje enviado por el Head End. Su entrada en la red obedece al compromiso de mantener un margen seguro de potencia de la señal BPL en el medio eléctrico. Estos repetidores actúan en configuración Master-Slaves (Maestro-Esclavo) en relación con el Head End. Para este caso se utilizarían equipos configurados para el empleo de la banda de frecuencia desde 2 hasta 34 MHz. A fin de evitar colisiones en la transmisión de las señales utilizando dicha banda de frecuencia, las comunicaciones entre los equipos se hace en períodos de tiempo diferentes, por ello la denominación TDR (Time Domain Repeater o Repetidor en el Dominio del Tiempo).

Tercer nivel: acceso a usuario

En este nivel de la arquitectura de la red BPL se encuentra el nodo de acceso en el cuarto eléctrico del hotel, con un Media Gateway BPL que realiza la función de repetidor y de traspaso de la señal BPL de media a baja tensión, conjuntamente con un acoplador capacitivo. En el último paso de la red, tenemos conectada a la red eléctrica de baja tensión del hotel, los módems inalámbricos BPL o CPE modelo ILV 725, los cuáles son los dispositivos que hacen las interfaces con los equipos del usuario contando con la tecnología WiFi. Estarían conectados dos CPE por piso, para servir la señal WiFi por cada el piso y no sufrir de desvanecimientos. De los cinco pisos restantes, en PB y en mezanina como tienen una gran extensión se ubicarían seis módems BPL inalámbricos con dos repetidores BPL, el primer piso se le

destinaría dos módems BPL y un repetidor y para PH un solo modem BPL, para el sótano no se tendría previsto otorgar conectividad ya que es un área de servicio de los trabajadores.

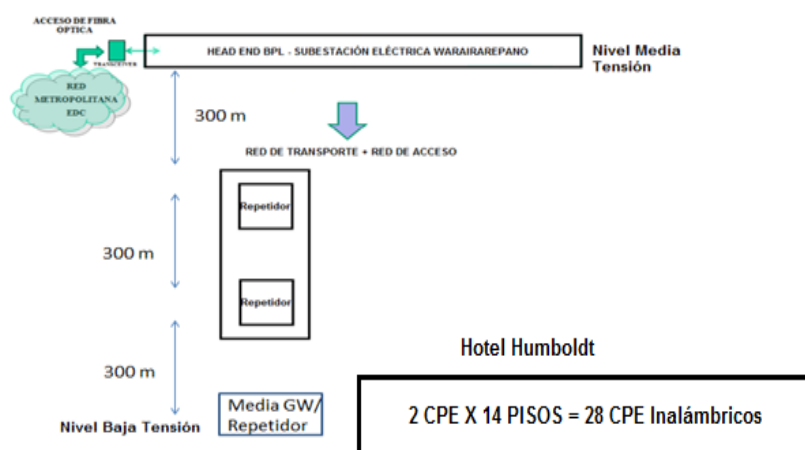


Figura 44. Diagrama de la red de conexión de datos.

(Fuente: propia)

Para el sistema de conexión de datos se ha tenido que destacar la importancia del manejo seguro de la información transportada en la red BPL. Existen varios mecanismos que hacen más segura la comunicación y son:

- Autenticación y autorización de usuario: La topología de la red se encuentra basada en una estructura jerárquica Master – Slave, cualquier nodo “slave” que desee conectarse a la red y tener acceso debe ser reconocido y autorizado por el sistema de Administración. Este proceso de autorización se hace mediante comunicación encriptada y por lo tanto se considera segura. Cualquier CPE, ó Repetidor TDR inclusive que no haya sido autorizado por el sistema de Administración no podrá disponer de los recursos de red necesarios.

- Método de encriptación: La tecnología BPL utilizada emplea dos métodos de encriptación: 3DES para información de largo plazo de vida y para informaciones de corto plazo de vida se emplea el método de encriptación DES.
- 802.1Q VLAN: La tecnología BPL también soporta 802.1 Q VLAN, lo que permite aislar efectivamente grupos de usuarios, unos de otros, lo que es efectuado por el Gateway, que a su vez es controlado completamente por el Sistema de Administración. Significando esto que la administración de los parámetros de configuración de la VLAN son de acceso restringido desde el Sistema de Administración, esto se traduce que usuarios de VLANS diferentes solo podrán comunicarse mediante mecanismos de administración de acceso.
- Administración de los dispositivos de la red LAN BPL: Para el aprovisionamiento y administración de los equipos BPL (HE, Repetidor TDR y CPE) se utiliza el software de gestión IMS (Ilevo Management System) el que permite el acceso y carga de la configuración de los diversos parámetros necesarios para la puesta en servicio de los equipos conformando la red PLC. EL sistema IMS lo conforman los módulos:
 1. “PlcBuilder”: Aplicación que permite el aprovisionamiento y construcción de la red PLC y la configuración de componentes.
 2. “PlcMonitor”: Esta es la interfaz de usuario para el Operador de la red, desplegando la topología de la red, las ventanas de alarmas y de eventos, en donde se encuentra la aplicación.
 3. “SNR Viewer”: Aplicación de despliegue en pantalla de los siguientes estados y/o características de la Red BPL: Gráfico de la relación señal a ruido medido en la línea eléctrica; Gráfico de la velocidad de Transmisión y recepción de los equipos en el canal BPL.

4. “Plc Comm”: Es la aplicación encargada del monitoreo y presentación de estatus, indicadores de rendimiento, alarmas y eventos, información que se guarda en base de datos.

El proceso de despliegue requiere de dos servidores:

- DHCP: Aplicación que provee las direcciones IP + el URL de los archivos de configuración.
- TFTP: Es el módulo que provee las configuraciones de los distintos archivos.

Entre las variables de configuración para el aprovisionamiento de los equipos BPL en el Parque Warairarepano tenemos: habilitación de Head End, Repetidor TRD y CPE según corresponda, MAC Address y dirección IP.

IV.7.2. Diseño de la red de telemedición de datos.

El sistema de telemedición de datos funciona de manera similar al sistema de conexión de datos, ya que utiliza el mismo Head End ubicado en la subestación eléctrica Warairarepano y los repetidores que están presentes en la red de transporte.

Con respecto a la telemedición en la subestación eléctrica, tenemos que el medidor de energía a utilizar es el de la casa Corinex modelo Module L&G CXM-SG200-MDL y estaría directamente conectado a la cabecera BPL. Luego para la telemedición en el hotel, tenemos que también se emplearía el medidor de energía de la marca Corinex Module L&G CXM-SG200-MDL y estaría ubicado en el cuarto eléctrico de la edificación, conectado directamente al Media Gateway de la red de conexión de datos. La tasa de bits que emplearían los CPE o medidores BPL es de un máximo de 1 Mbps, que se puede configurar en la VLAN de medición de datos.

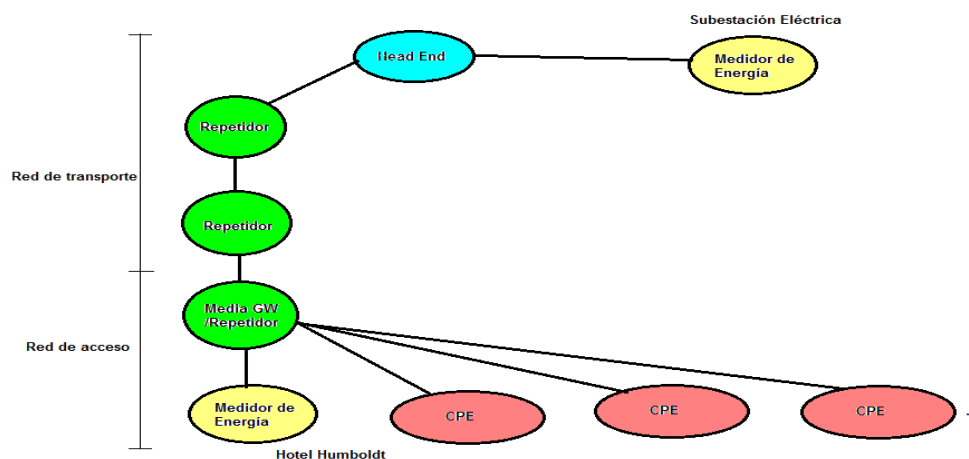


Figura 45. Diagrama Lógico del sistema de servicio de datos.

(Fuente: propia)

Tenemos que el medidor de energía acopla la señal BPL hacia la edificación, además de actuar también como repetidor para extender la cobertura de la red en caso que se necesite. El medidor permite aplicaciones de medición eléctrica tradicionales, como el consumo de KWh, facturación e intervalo de datos, además de guardar hasta un año de datos en una memoria no volátil. Admite los estándares Ethernet IEEE 802.3, IEEE802.3u y los estándares VLAN 802.1p y 802.1q. La frecuencia de trabajo que tendrían los medidores es en la banda entre 2 y 12 MHz.

En la sala de Administración de los datos se contaría con un software propietario de Corinex SmartGrid Connect para la observación de los datos. Este software esta diseñado para ofrecer herramientas para el manejo y el aprovisionamiento de las redes inteligentes eléctricas. Este programa cuenta con notificaciones en tiempo real, conexión o desconexión remota en tiempo real, manejo del inventario de datos de monitoreo, interfaz de exportación de datos de monitoreo,

definición de privilegios de usuario avanzado, soporte en tiempo de uso, encriptado avanzado y autenticación del usuario.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

V.1 Conclusiones

El diseño del sistema de servicio de datos es una actividad que requiere una gran investigación para determinar cuáles son los elementos que mejor se adaptan frente a las condiciones que presenta el lugar dónde se vaya a implementar el proyecto. Es por ello que se realizó un estudio de las diferentes tecnologías existentes como lo son WiFi, ADSL y BPL, de acuerdo a la instalación de equipos y cableado, movilidad, velocidad, escalabilidad e inversión monetaria de las soluciones. En base al estudio realizado se puede concluir que Broadband over Powerlines “BPL” y Wireless Fidelity “WiFi” son las tecnologías que mejor se adaptan al diseño del proyecto, debido a que aprovechan las condiciones actuales tanto del Hotel Humboldt como del Parque Warairarepano.

Por lo anteriormente descrito, se escogió el Sistema Híbrido de Acceso BPL, el cuál combina la solución del medio eléctrico con el medio inalámbrico, tomando ventaja de la presencia de las líneas eléctricas de media tensión en el Parque Warairarepano y de la versatilidad de la tecnología WiFi en un ambiente indoor en El Hotel Humboldt.

De acuerdo a la investigación realizada de los equipos para el diseño de la red de conexión de datos, se tiene que existen gran variedad de compañías fabricantes de dispositivos BPL, pero sólo unas pocas producen todos los equipos que intervienen en las distintas etapas de una arquitectura BPL. Entre las casas fabricantes investigados se tiene que la marca ILEVO produce dispositivos que actúan en la red

de transporte y acceso del proyecto, además de contar con el controlador inteligente DS2 que garantiza coexistencia, interoperabilidad y escalabilidad a la red. En cuanto a la ubicación de los equipos, se tiene que la cabecera BPL se ubicó en el cuarto eléctrico de la subestación eléctrica Warairarepano, los repetidores BPL en paralelo a la caminería del parque Warairarepano cada 300 metros, el Media Gateway se ubicó en el cuarto eléctrico del Hotel Humboldt y finalmente los terminales inalámbricos se ubicaron dos en cada piso de los 14 pisos, mientras que en los cinco pisos restantes, en PB y en mezanina se ubicaron seis módems BPL inalámbricos, el primer piso se le destinó dos módems BPL y para PH un solo modem BPL, para el sótano no se tendría previsto otorgar conectividad ya que es un área de servicio de los trabajadores.

Con respecto a la investigación realizada de los equipos para el diseño de la red de telemedición de datos, se tiene que entre las distintas casas fabricantes de dispositivos BPL, Corinex cuenta con un catálogo de equipos medidores de energía especializados que transforman una red eléctrica clásica en una red inteligente monitoreable, además de también contar con el controlador inteligente DS2 que garantiza coexistencia con otras marcas, interoperabilidad entre equipos y escalabilidad de la red.

Al realizar el protocolo de prueba en las redes BPL implementadas en las oficinas de EDC Network Comunicaciones, se pudo apreciar el comportamiento que tienen estas redes en un ambiente de trabajo real. Según el RFC 2544 los parámetros que se miden en la red son: rendimiento, latencia o retardo y pérdida de tramas las cuáles fueron aprobadas exitosamente por la prueba, mientras que el parámetro de repetición de tramas no pudo ser sometido a prueba en la red, ya que el equipo de medición arrojó errores.

En el diseño del sistema de servicio de datos se planteó la utilización de 3 VLAN: una destinada para datos, una para la telemedición y una de mantenimiento.

Esto para tener un mejor manejo de la red completa, ya que dividirlas de esa manera facilita la administración de la misma. Esto es posible ya que tanto la red Metro Ethernet como la red BPL soportan el protocolo 802.1q.

Un factor muy importante en el diseño del sistema es la estimación de la carga producida en la red, ya que de ello depende el ancho de banda mínimo necesario para que la red no colapse cuando una gran cantidad de usuarios estén haciendo uso de ella. Según los cálculos realizados se tiene que el ancho de banda total, suponiendo máxima cantidad de huéspedes, es de 35,123 Mbps, lo cual no supera la tasa de transmisión dispuesta para la red de conexión de datos que es de 54 Mbps. Esto deja cierto espacio para posibles expansiones de la red u otras aplicaciones multimedia que pudieran ser implementadas en el hotel en un futuro.

Para facilitar su estudio, la arquitectura de la red se dividió en tres niveles jerárquicos: un primer nivel en donde se encuentra la interconexión entre la red de transporte de la empresa y la red de transporte definida en el proyecto, un segundo nivel, el cual describe la mencionada red de transporte y un tercer nivel que engloba la red de acceso para los usuarios. Gracias a esta división es mucho más fácil distinguir las funciones de los equipos que intervienen en la red.

A fin de evitar interferencias en el canal de transmisión, los equipos trabajan en una banda de frecuencias comprendida entre 2 y 34 MHz. Con esto, la señal de datos esta alejada de la señal eléctrica de 60 Hz cuya potencia fácilmente puede crear problemas en la transmisión.

La implementación de la red de telemedición es relativamente sencilla debido al uso de la tecnología BPL, ya que existen equipos medidores basados en ella. Simplemente basta con conectar estos dispositivos con el Head End BPL para empezar a tomar las mediciones en las líneas eléctricas.

V.2 Recomendaciones

Es recomendable hacer un estudio del medio eléctrico en la locación donde se vaya a realizar la implementación de un proyecto con tecnología BPL, ya que de esto depende en gran medida la eficacia de su aplicación.

Al implementar redes BPL es recomendable utilizar dispositivos que contengan el controlador inteligente DS2, esto asegura la interoperabilidad entre las diferentes marcas del mercado.

Es recomendable emplear acopladores capacitivos en ambientes al aire libre, como lo es el Parque Warairarepano, ya que se sufren inconveniente con respecto a los vientos fuertes y espesa nubosidad.

Bibliografía

Alcudia, A. D. (2005). Modelado y simulación de transmisión de datos en un ADSL transceiver utilizando LabVIEW. Tesis, Universidad de las Americas Puebla, Chulula.

Anatory, J., & Theethayi, N. (2010). BROADBAND POWER-LINE COMMUNICATION SYSTEMS. Southampton: WIT Press.

Belmont, E. (2009). SERVICIOS DE METRO ETHERNET MAN Y WAN. Obtenido el 20 Enero, 2012 de: <http://itzamna.bnct.ipn.mx:8080/dspace/bitstream/123456789/7567/1/ice%20267.pdf>

Britt, D. T., Davis, C., Forrester, J., Liu, W., Matthews, C., Parziale, L., et al. (2006). TCP/IP Tutorial and Technical Overview. New York: IBM.

Castillo, M. A., & Paquin, H. V. (2008). ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TECNOLÓGICA Y PROCEDIMENTAL PARA OFRECER EL SERVICIO SOBRE LA TECNOLOGÍA METRO ETHERNET EN LA PLATAFORMA CANTV. Tesis, Universidad Católica Andrés Bello: Caracas.

Castro, A., Fuenmayor, E., Gonzalez, G., & Montenegro, R. (2009). REDES DE BANDA ANCHA: METROETHERNET. Trabajo, Universidad Rafael Bellosó Chacín: Maracaibo.

Gimpelson, T. (2001). Nortel's alternative for metro Ethernet recovery. Obtenido el 20 enero, 2012 de: http://www.networkworld.com/edge/news/2001/125760_10-01-2001.html

Held, G. (2006). Understanding Broadband Over Power Lines. New York: Auerbach Publications.

Lizano, C. G. (2005). Alternativas para aumentar el radio de interconexión entre los equipos para el acceso a internet ADSL y las centrales en Costa Rica. Tesis, Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio.

Martínez, N. A. (2005). EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LA TECNOLOGÍA ADSL EN LA RED DE INTERNET BANDA ANCHA. Telematique, pp. 141-163.

Ortega, P., & Páez, E.F. ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE LA TECNOLOGÍA “BROADBAND OVER POWER LINE” (BPL) USANDO LA INFRAESTRUCTURA DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE LAS SUBESTACIONES SAN RAFAEL Y SANGOLQUÍ DE LA EMPRESA ELÉCTRICA “QUITO” S.A. Quito: Universidad de las Américas Puebla.

Páez, E. F. (2006). ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE LA TECNOLOGÍA “BROADBAND OVER POWER LINE” (BPL) USANDO LA INFRAESTRUCTURA DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE LAS SUBESTACIONES SAN RAFAEL Y SANGOLQUÍ DE LA EMPRESA ELÉCTRICA “QUITO” S.A. Tesis, Escuela Politécnica Nacional, Quito.

Porras Zúñiga, A. (2007). Análisis de viabilidad para brindar servicios de Internet en RACSA a través de las redes eléctricas de Costa Rica, utilizando la tecnología PLC. Tesis, Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio.

Santitoro, R. (2003). Metro Ethernet Services – A Technical Overview. Obtenido el 20 Enero, 2012 de: <http://metroethernetforum.org/metro-ethernet-services.pdf>

Schmidberg, E. (2009). Metro Ethernet. Obtenido el 20 Enero, 2012 de: <http://www.ieee.org.ar/downloads/metroethernet.pdf>

Schmidberg, E. Introducción a la Tecnología SDH (Jerarquía Digital Síncrona). Obtenido el 20 Enero, 2012 de : <http://www.ieee.org.ar/downloads/sdh-intro.pdf>

Smith, R. J. (2003). WiFi Home Networking. New York: McGraw-Hill.

Summers, C. K. (1999). ADSL: Standards, Implementation and Architecture. CRC Press.

BiPAC 2300 BPL Access Head End Unit. Obtenido el 13 Enero, 2012 de: http://www.taiwantrade.com.tw/MAIN/en_front/searchserv.do?method=listProductProductDetail&locale=2&MEMBER_TYPE=4&WEB_OPEN=&DOMAIN_NAME=&DOMAIN_NAME_FLAG=&company_id=6859&catalog_id=521243&come_soon=0

Consultation Paper on Broadband over Power Line (BPL) Communication Systems. Obtenido el 13 Enero, 2012 de: <http://www.ic.gc.ca/eic/site/smt-gst.nsf/eng/sf08434.html>

Glosario de Energía Eléctrica. Obtenido el 13 Enero, 2012 de: <http://www.mppee.gob.ve/inicio/glosario-de-terminos>.

OFDM and Multi-Channel Communication Systems. Obtenido el 13 Enero, 2012 de: <http://zone.ni.com/devzone/cda/tut/p/id/3740>.

APÉNDICE A

PROTOCOLO DE PRUEBA

EXFO Electro-Optical Engineering Inc.

User Information:

Report Date: 2/22/2012 5:29:20

-----Test Configuration-----

Type: RFC 2544

Throughput Test Time (MM:SS): 00:01

Throughput Max Rate (Mbps): 2.0

Throughput Threshold (Mbps): 0.4

Back-to-Back Max. Burst Duration (MM:SS): No information is available

Back-to-Back Threshold (%): 100.0

Frame Loss Test Time (MM:SS): 00:01

Frame Loss Maximum Rate (Mbps): 2.0

Frame Loss Threshold (%): 0.1

Latency Maximum Rate (Mbps): 2.0

Latency Test Time (MM:SS): 00:01

Latency Threshold (ms): 125.0

Test Interface:

Port: Electrical 100Mbps Full

Source MAC Address: 00:03:01:FF:68:95

IP Version: IPv4

IP Address: 10.10.10.1

Source UDP Port: 49184

VLAN ID/Priority:

None

Stream Info:

Dest. MAC Address: 00:03:01:FF:68:75

Dest. IP Address: 10.10.10.2

Dest. UDP Port: 7

Remote ID:

-----Test Results-----

Start Time: 5:23:15

Status:

Throughput Completed

Frame Loss Completed

Latency Completed

Pass/Fail Verdict:

Throughput Pass

Frame Loss Pass

Latency Pass

Duration:

RFC 2544 0d 00:05:01

Throughput 0d 00:02:14

Frame Loss 0d 00:01:23

Latency 0d 00:01:22

-----Alarms-----

Alarm Seconds

LOS N/A

Link Down 0

Frequency 0

-----Errors-----

Error	Count	Error	Count
-------	-------	-------	-------

Symbol	0	Jabber	0
--------	---	--------	---

Undersize	0	Late Coll.	--
-----------	---	------------	----

FCS	0	Runt	0
-----	---	------	---

Collision	--	Exc. Coll.	--
-----------	----	------------	----

Alignment	0
-----------	---

-----Statistics-----

Throughput (Mbps, All Layer):

64: 2.0

128: 2.0

256: 2.0

512: 2.0

1024: 2.0

1280: 2.0

1518: 2.0

Frame Loss (% Loss):

64: 0.0

128: 0.0

256: 0.0

512: 0.0

1024: 0.0

1280: 0.0

1518: 0.0

Latency (ms, Cut Thru):

64: 0.32263

128: 0.38658

256: 0.50916

512: 0.78009

1024: 1.3195

1280: 1.5769

1518: 1.83195

-----System Information-----

Module Information:

Module ID: AXS-855

Revision Number: 65

Serial Number: 502658



UNIVERSIDAD CATÓLICA “ANDRÉS BELLO”

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería de Telecomunicaciones

**Diseño de un sistema de servicio de datos entre el Hotel Humboldt y la red
Metro Ethernet de la empresa EDC Network Comunicaciones S.C.S.**

Artículo de Trabajo de Grado

EFFECTUADO POR

Diego Pantoli

dgpantoli.11@gmail.com

Julio Solarte

julioibra@hotmail.com

Caracas, 2 de Julio 2012

Resumen

Actualmente el Hotel Humboldt no posee una infraestructura de red que le permita el acceso a Internet a los futuros clientes del establecimiento. Es por ello que el gobierno venezolano, ente encargado de la restauración del hotel, le ha pedido a EDC Networks Comunicaciones la implementación de un diseño de red de acceso que permita la conexión a Internet usando la red Metro Ethernet de la empresa. Este proyecto tiene como fin encontrar un diseño eficaz y tiene como objetivos la realización un estudio de alternativas entre las tecnologías Wi-Fi, ADSL y BPL, la selección de opción más idónea, investigar acerca de los equipos que se puedan tomar en cuenta para el diseño y su posible ubicación en el complejo turístico. Por otro lado el presente trabajo también tiene la finalidad de diseñar de una red de telemedición para hacer mediciones de las cargas concentradas en las subestaciones ubicadas en la estación de teleférico y en el hotel. Para cumplir con estos objetivos, se utilizó una metodología la cual se encuentra dividida en tres fases. En la primera fase, se realizó toda la investigación teórica y referencial necesaria para la realización del proyecto, así como también toda la información relacionada con las redes de transporte de la empresa. La segunda fase abarca todo el estudio realizado acerca de las diferentes tecnologías tomadas en cuenta: ADSL, Wi-Fi, BPL. Entre los criterios utilizados para el estudio tenemos rendimiento, escalabilidad, topología de la red, y también se calcularon los costos aproximados de lo que sería una posible implementación en el hotel. En ésta fase también se realizó unas pruebas de la tecnología BPL siguiendo el RFC 2544 para conocer su rendimiento en un ambiente real. Acto seguido, se realizó un estudio de los equipos de la tecnología seleccionada para conocer las marcas líderes en el mercado y las prestaciones que ofrecen. En la última fase se realizó el diseño de la red de conexión de datos y de telemedición. En base al estudio de alternativas se decidió utilizar un sistema híbrido entre BPL y Wi-Fi ya que esta combinación es la que ofrece una mayor facilidad en su implementación y cumple con los requerimientos previstos. En detalle, se utilizara BPL y Wi-Fi para la red de

acceso y BPL para la red de transporte. En cuanto a la red de telemedición, se utilizará la misma red empleada para el servicio de datos, pero agregando un equipo especializado que va conectado al equipo cabecera BPL.

Palabras clave: ADSL, Wi-Fi, BPL, telemedición, Metro Ethernet.

I. Introducción

Las facilidades y beneficios que nos ofrece la Internet han alcanzado niveles tales que resulta imprescindible tener este recurso en cualquier lugar, ya sea en el hogar, áreas de trabajo, lugares de hospedaje e incluso en zonas de recreación. Es por ello que el siguiente trabajo busca realizar el diseño que permita brindar acceso a internet a los futuros clientes del Hotel Humboldt, ubicado en el cerro Warairarepano, y que actualmente se encuentra en restauración.

II. Planteamiento del Proyecto

II.1 Planteamiento del Problema

Actualmente, el Hotel Humboldt se encuentra en desuso, y ha permanecido así durante varios años. Con el fin de devolverle la antigua belleza que poseía en la Caracas de ayer, el gobierno venezolano ha iniciado un proceso de remodelación y equipamiento de las instalaciones. Como parte de este proceso, se le ha asignado a la empresa EDC Networks Comunicaciones la importante tarea de implementar un sistema que permita el acceso a internet desde cualquier ubicación dentro del hotel. Este trabajo tiene como fin la realización de un diseño para el mencionado sistema.

II.2 Objetivos

II.2.1 Objetivo General:

Diseñar un sistema de servicio de datos entre el Hotel Humboldt y la red Metro Ethernet de la empresa EDC Network Comunicaciones S.C.S

II.2.2 Objetivos Específicos:

- Realizar un estudio de alternativas entre las tecnologías ADSL, WiFi y BPL.
- Seleccionar la tecnología más idónea para el tipo de proyecto a realizar basado en el estudio de alternativas.
- Identificar cuál es el sistema de la tecnología seleccionada, a utilizar en el proyecto.

- Investigar los equipos especializados que puedan ser tomados en cuenta para el diseño de la red con la tecnología a seleccionar.
- Estudiar la ubicación de los equipos especializados con la tecnología a seleccionar.
- Realizar un protocolo de prueba según el RFC 2544 de las redes BPL instaladas en las oficinas de EDC Network Comunicaciones.
- Diseñar un sistema de conexión de datos para el Hotel Humboldt basado en la tecnología a seleccionar.
- Investigar los equipos especializados en base a la tecnología seleccionada, que puedan ser tomados en cuenta para el diseño de la red de telemedición de las cargas concentradas en la subestación eléctrica “Ávila Mágica” y en El Hotel Humboldt.
- Diseñar un sistema de telemedición de las cargas concentradas en la subestación eléctrica “Ávila Mágica” y en El Hotel Humboldt.

III. Marco Teórico

III.1 Línea de Abonado Digital Asimétrico (ADSL)

ADSL es una de las tecnologías de acceso a internet banda ancha más populares en el mundo gracias a su gran facilidad de implementación por parte de los operadores de telefonía. Utiliza como medio de transporte las líneas telefónicas que, en la actualidad, se encuentran desplegadas en gran parte del globo. Esta tecnología se caracteriza por tener una tasa de transmisión hacia el usuario más alta que la tasa en dirección contraria, siguiendo un poco lo que es el comportamiento normal de las personas y de la mayoría de las aplicaciones existentes.

Para transmitir datos usando la línea telefónica, se emplean técnicas de modulación FDM (Multiplexación por División de Frecuencia) para aprovechar el ancho de banda útil del cable.

III.2 Wireless Fidelity (Wi-Fi)

Es un estándar a nivel mundial definido en la norma IEEE 802.11. Utiliza como medio de transmisión el aire mediante enlaces de microondas. Trabaja en la banda de 2.4GHz y puede alcanzar velocidades de hasta 54 Mbps. Utiliza OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) como modulación, lo cual le permite alcanzar las tasas anteriormente descritas. Este estándar es bastante utilizado a nivel mundial y una enorme cantidad de dispositivos son compatibles con él, debido a la gran movilidad que ofrece.

III.3 Broadband over Power Lines (BPL)

Esta tecnología tiene un funcionamiento muy parecido al de ADSL con la gran diferencia de que utiliza las líneas eléctricas como medio de transmisión. Ha tenido poco auge a nivel mundial debido a su gran competidor ADSL y también a que en sus inicios presentaba dificultades producidas por el ambiente ruidoso en el que trabaja. Todo esto ha quedado atrás gracias a la utilización de modulaciones que aprovechan el espectro y que son robustas ante las interferencias como son OFDM y otras modulaciones que aplican teoría de Espectro disperso.

IV. Metodología

El presente proyecto se encuentra dividido en tres fases las cuales están definidas de la siguiente manera:

➤ **Fase I:**

- Investigación documental.
- Análisis de redes de la compañía.
- Levantamiento de la información.

➤ **Fase II:**

- Estudio de alternativas.
- Ejecución del protocolo de prueba.
- Estudio de equipos.

➤ **Fase III:**

- Diseño de la red de conexión de datos.
- Diseño de la red de telemedición de datos.
- Realización del tomo.

V. Desarrollo

Fase I:

En este punto se estudiaron a fondo tres tecnologías bastante utilizadas en el mundo para brindar acceso a Internet: ADSL, Wi-Fi y BPL. En esta fase también se realizó un análisis de las redes de la compañía para conocer en detalle las redes de transporte que utiliza la empresa.

Fase II:

Se realizó el levantamiento de información mediante visitas al hotel Humboldt y la subestación ubicada en la estación de teleférico. Además se analizó la ubicación del enlace de fibra óptica más cercana a la subestación mencionada anteriormente. También se realizó un estudio de alternativas entre ADSL, BPL y Wi-Fi. Para ello se hicieron las siguientes consideraciones:

- El enlace de fibra óptica proveniente de un Switch Metro Ethernet ubicado en el Área Metropolitana de Caracas, llegaría hasta la estación teleférico “Ávila Mágica”, es decir, desde este punto hasta el hotel, es donde se aplicaría el diseño de una de las alternativas.
- Para efectos del proyecto se denominará red de transporte desde el cuarto eléctrico de la subestación “Ávila Mágica” hasta el cuarto eléctrico de El Hotel Humboldt. La red de acceso estaría en el interno del edificio donde se prestará el servicio de datos.
- Desde la subestación “Ávila Mágica” hasta el hotel tenemos aproximadamente una distancia de 800 metros.
- El cableado eléctrico se encuentra en buenas condiciones debido a que actualmente se está llevando a cabo un proyecto de restauración de las instalaciones.

- Para cuando fue construido el hotel, en el piso de mezanina se encuentra una central telefónica, que para la actualidad no está en funcionamiento.
- El hotel cuenta con 19 pisos de los cuales 14 pisos son de 5 habitaciones de 29 m² y de los 5 pisos restantes, PB y mezanina tienen más de 800 m², el primer piso 315 m², el PH más de 100 m² y el sótano con áreas de servicio con más de 500 m².

Luego se procedió a realizar un diseño utilizando las diferentes alternativas, con el fin de poder calcular de manera aproximada la inversión monetaria necesaria para la implementación de alguno de ellos.

Para la alternativa BPL, se consideró colocar el equipo cabecera en la subestación de la estación teleférico y transmitir la señal de datos mediante el cableado de media tensión dirigido hacia el hotel. A partir de allí se transmitiría la señal mediante el cableado de baja tensión hacia cada una de las habitaciones y áreas de interés. Para que la señal pueda ser utilizada por los usuarios, es necesaria la colocación de un modem BPL en cada una de las habitaciones. Con ADSL, el diseño sería algo similar con la salvedad de que se haría un enlace de fibra entre la subestación eléctrica y el hotel. En ese punto la señal será transmitida por el cableado UTP en todo el edificio y se colocarían módems ADSL en cada habitación. Con Wi-Fi, se consideró realizar un enlace microondas para cubrir el espacio entre la subestación y el hotel, para luego repartir la señal con el uso de Access Points inalámbricos.

Por otro lado, también se realizó el protocolo de prueba RFC-2544 para conocer el rendimiento de la tecnología BPL en un ambiente real.

También se realizó estudio de los posibles equipos especializados que pudieran ser utilizados, tomando en cuenta algunos criterios tales como Topología,

servicios, alcance, seguridad, Estándares. También se realizó el mismo estudio pero aplicado a la red de telemedición.

Fase III:

En la última fase se define la tecnología a utilizar y el diseño de la red de conexión de datos y la red de telemedición, tomando en cuenta todo el desarrollo de la fase anterior.

VI. Resultados

VI.1 Selección de la tecnología a utilizar entre las alternativas ADSL, WiFi y BPL.

Entre los principales factores que intervienen en la selección tenemos el proceso de instalación de equipos y el cableado correspondiente, la movilidad y velocidad que puede brindar la tecnología, la escalabilidad que puede dar al diseño del proyecto y finalmente la inversión monetaria aproximada que se debe hacer con cada alternativa.

VI.1.1 Proceso de instalación de equipos y cableado:

En caso de seleccionar la tecnología ADSL se tendría que realizar una instalación de cableado UTP en todo el edificio, significando un aumento considerable de los costos de instalación ya que las líneas que actualmente están instaladas no presentan los mínimos requerimientos necesarios para el correcto funcionamiento de esta tecnología. Para la instalación del equipo necesario para poner en funcionamiento esta tecnología tenemos a los dispositivos DSLAM y los splitters, así como el módem para modular la señal.

Para la tecnología WiFi no se requeriría de la utilización de cableado ya que es una tecnología inalámbrica. Para tener en funcionamiento esta tecnología se tendría que instalar un enlace de microondas desde la subestación del teleférico hasta el hotel con línea de vista, así como un módem y los Access Points.

Para BPL solamente se requeriría instalar los dispositivos BPL como lo son: Cabecera BPL, Repetidores, Acopladores, filtros de línea, Media Gateway, medidores de energía BPL y los módems BPL.

VI.1.2 Movilidad y velocidad:

En este segmento la tecnología ADSL no brinda la característica de movilidad ya que con la presencia de las tomas telefónicas en determinados lugares se debe estar fijamente en estas ubicaciones, en cuanto a velocidad, y hablando específicamente para ADSL 2+, tenemos de 12-24 Mbps.

Con respecto a WiFi se puede indicar que posee como característica principal la movilidad debido a la utilización de Access Points en el edificio y contando con una velocidad de 54 Mbps (802.11a).

En cuanto a la tecnología BPL, se puede decir que no goza de la característica de la movilidad, ya que análogamente a ADSL, se debe estar conectado a una toma eléctrica. La velocidad que brinda esta tecnología aplicada a este proyecto sería de 54 Mbps.

VI.1.3 Escalabilidad:

Con la tecnología ADSL tenemos que con la adición de líneas telefónicas a la extensión de la central telefónica es posible servir la señal a demás puntos de interés fuera del hotel, para la tecnología Wi-Fi sería necesario la ubicación e instalación de una antena receptora en el lugar deseado, para recibir la señal de microondas desde la subestación “Warairarepano” y servirla con Access Points y finalmente con respecto a la tecnología BPL tenemos que este es un factor principal de la tecnología ya que al haber líneas eléctricas en todo el parque, es posible conectarse a la red de servicio de datos con un módem BPL.

VI.1.4 Inversión Monetaria:

Luego de realizar este estudio, se puede decir que la tecnología BPL es la más económica ya que aprovecha al máximo el cableado eléctrico de las instalaciones del hotel. ADSL a cambio, necesitaría la instalación de cableado UTP, lo cual eleva su

costo. Con Wi-Fi tenemos que el enlace microondas es sumamente costoso ya que implica el uso de radio transmisores y receptores cuyo valor es bastante alto.

De acuerdo a las necesidades de movilidad y ahorro en costos, tenemos que se utilizaría el “Sistema Híbrido de Acceso BPL”. Acceso BPL, porque de acuerdo a este tipo de arquitectura, la tecnología interviene desde las líneas eléctricas de medio voltaje hasta bajo voltaje, comprendiendo la comunicación entre la subestación eléctrica y la red doméstica del hotel. Híbrido por que este sistema trabaja en medios diversos como lo son el eléctrico, desde la subestación “Warairarepano” hasta el hotel (red de transporte), y el inalámbrico (WiFi) dentro de la edificación (red de acceso). Este tipo de configuración es clave en la evolución de los sistemas BPL, por que permite enlazar múltiples usuarios y con una sola conexión todos acceden a redes de datos complementarios, evitando así llevar un terminal a cada uno de los transformadores de media a baja tensión. Esto representa una gran ventaja para la escalabilidad del proyecto ya que en futuro se tendrá la oportunidad de extender la tecnología BPL a todo el Parque Warairarepano.

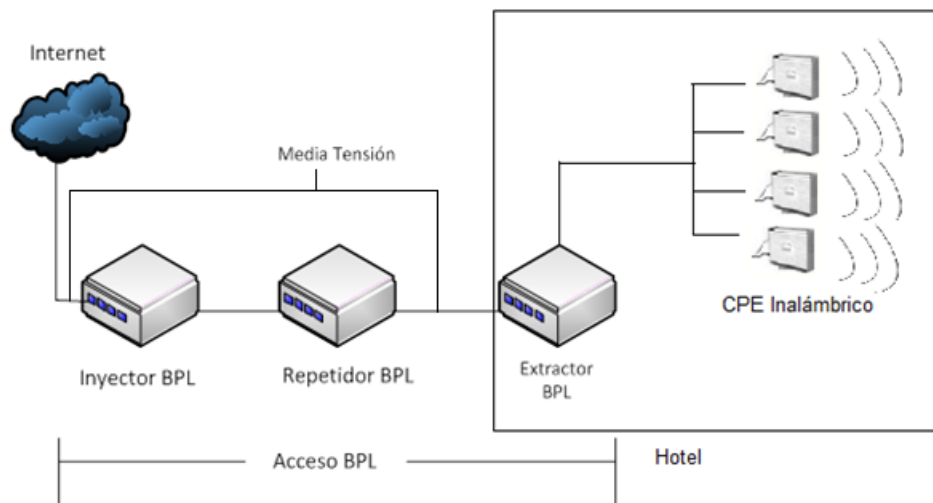


Figura 1. Sistema Híbrido de Acceso BPL (Fuente: propia)

VI.2 Ejecución del protocolo de prueba de las redes BPL ya implementadas en las oficinas de EDC Network Comunicaciones S.C.S.

De acuerdo al protocolo de prueba basado en el RFC 2544, tenemos que los parámetros a medir en la red fueron el throughput o rendimiento, latency o retardo, frame loss rate o tasa de pérdida de trama y back-to-back frames o repetición de tramas.

Se establecieron valores en la configuración del equipo de medición:

Tasa máxima de rendimiento (Mbps)	Umbral de rendimiento (Mbps)	Repetición de tramas	Tasa máxima de pérdida de tramas (Mbps)	Umbral de pérdida de tramas (Mbps)	Tasa máxima de retardo (Mbps)	Umbral de retardo (ms)
2	0,4	No Disponible	2	0,1	2	125

Tabla 1. Configuración de la prueba.

(Fuente: propia)

Cabe destacar que en el momento de configurar los parámetros en el equipo de medición para realizar el protocolo de prueba, tenemos que al establecer el back-to-back frame o repetición de tramas el equipo no permitía acceder a ese parámetro ya que arrojaba un error desconocido. Por lo tanto no se pudo visualizar el comportamiento de la red con respecto a este parámetro.

Luego se procedió a realizar el protocolo de prueba y a continuación se muestran los resultados:

Tamaño de la trama (Bytes)	Tasa de Rendimiento (Mbps)	Tasa de pérdida de tramas (%)	Retardo (ms)
64	2	0	0,32263
128	2	0	0,38658
256	2	0	0,50916
512	2	0	0,78009
1024	2	0	1,3195
1280	2	0	1,5769
1518	2	0	1,83195

Tabla 2. Parámetros resultados de la prueba.

(Fuente: propia)

VI.3 Investigación de los equipos especializados que puedan ser tomados en cuenta para el diseño de la red con la tecnología a seleccionar.

Cómo la tecnología seleccionada fue BPL, tenemos que la investigación llevada a cabo fue en base a dispositivos que tratan el manejo de datos a través del medio eléctrico. Entre los importantes y más renombrados proveedores que comercializan los dispositivos de Broadband over Powerlines tenemos Amperion, Corinex e Ileo. Estas dos últimas compañías ofrecen todos los productos necesarios para la realización de una red de acceso y de transporte basada en BPL, es decir, tienen equipos tanto de media como de baja tensión. En el caso de Amperion solo posee equipos de media tensión (como los Head End).

VI.4 Diseño de la red de conexión de datos

Para la realización de diseño se tomó en cuenta que la velocidad de usuario que se dispondrá es de 512 Kbps, que se podrá configurar en la VLAN de datos. Por ser un sistema que plantea una conexión permanente se estima un porcentaje de uso del servicio del 70 %, además que se dispone que el 70 % de los usuarios accedan de manera simultánea.

$$C = 0,7 \times 140 \times 0,7 \times 512 \text{ Kbps}$$

$$C = 35,123 \text{ Mbps}$$

Tenemos que, de los 54 Mbps dispuestos para el sistema de servicio de datos, para la red de conexión de datos se ocupa aproximadamente 35,123 Mbps, dejando así, ancho de banda disponible para la expansión de dicha red en un futuro.

El sistema de distribución eléctrica del parque Warairarepano opera desde la subestación eléctrica Warairarepano hasta El Hotel Humboldt con líneas de 5 KV correspondiente a la clasificación de cableado de media tensión. Luego existe un transformador que pasa las líneas eléctricas a 110V/220V, es decir, a tensión baja para alimentar al hotel.

La señal utilizada para transmitir datos a través de la red eléctrica con la tecnología PLC, se encuentra disponible en una banda entre 2 a 34 MHz, las frecuencias en dicha banda se encuentran muy alejadas de la frecuencia de la red eléctrica convencional (60 Hz), por lo tanto las posibilidades de interferencias entre ambas señales son nulas.

La arquitectura del sistema de red está basada en una red jerárquicamente organizada, y se puede dividir en niveles:

✓ **Primer nivel: Gateway Óptico (vía de entrada)**

Proveniente de un Switch de la Red Metro Ethernet de fibra óptica de la empresa EDC Network Comunicaciones, pasando por un Transceiver (transductor óptico-eléctrico) Omnistron se conecta a través de un puerto Ethernet 10/100 (RJ 45) con la entrada del equipo de cabecera BPL o Head End de la red BPL modelo ILV 2120, siendo el switch BPL principal o de mayor jerarquía, permitiendo inyectar las señales al medio eléctrico (cableado de media tensión) por medio del acoplamiento capacitivo. Físicamente dicho equipo estaría conectado en el cuarto eléctrico de la subestación eléctrica Warairarepano.

✓ **Segundo nivel: equipos de la red de transporte**

Los equipos repetidores TDR ILV 2110, cuyas ubicaciones serían en paralelo a la caminería del parque Warairarepano cada 300 metros para un total de 2 repetidores. Estos equipos repiten o retransmiten el mensaje enviado por el Head End. Su entrada en la red obedece al compromiso de mantener un margen seguro de potencia de la señal BPL en el medio eléctrico. Estos repetidores actúan en configuración Master-Slaves (Maestro-Esclavo) en relación con el Head End. Para este caso se utilizarían equipos configurados para el empleo de la banda de frecuencia desde 2 hasta 34 MHz. A fin de evitar colisiones en la transmisión de las señales utilizando dicha banda de frecuencia, las comunicaciones entre los equipos se hace en períodos de tiempo diferentes, por ello la denominación TDR (Time Domain Repeater o Repetidor en el Dominio del Tiempo).

✓ **Tercer nivel: acceso a usuario**

En este nivel de la arquitectura de la red BPL se encuentra el nodo de acceso en el cuarto eléctrico del hotel, con un Media Gateway BPL que realiza la función de repetidor y de traspaso de la señal BPL de media a baja tensión, conjuntamente con un acoplador capacitivo. En el último paso de la red, tenemos conectada a la red eléctrica de baja tensión del hotel, los módems inalámbricos BPL o CPE modelo ILV 725, los cuáles son los dispositivos que hacen las interfaces con los equipos del usuario contando con la tecnología WiFi. Estarían conectados dos CPE por piso, para servir la señal WiFi por todo el piso y no sufrir de desvanecimientos.

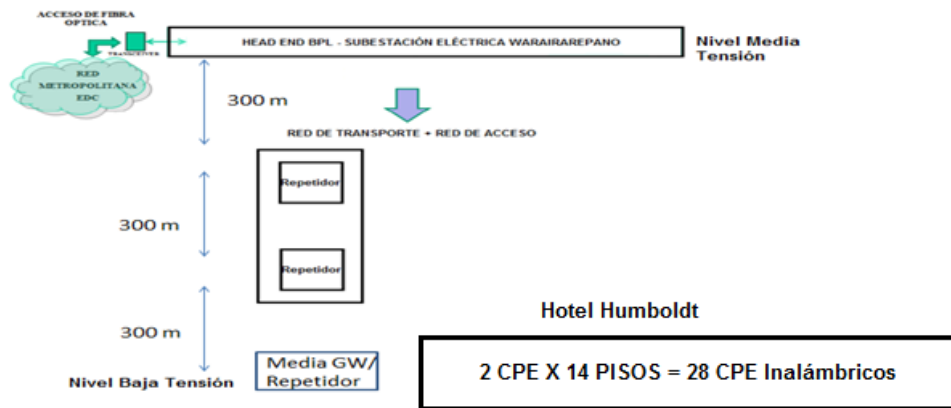


Figura 42. Diagrama de la red de conexión de datos.

(Fuente: propia)

VI.5 Diseño de la red de telemedición de datos.

El sistema de telemedición de datos funciona de manera similar al sistema de conexión de datos, ya que utiliza el mismo Head End ubicado en la subestación eléctrica Warairarepano y los repetidores que están presentes en la red de transporte.

VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

VII.1 Conclusiones

El diseño del sistema de servicio de datos es una actividad que requiere una gran investigación para determinar cuáles son los elementos que mejor se adaptan frente a las condiciones que presenta el lugar dónde se vaya a implementar el proyecto. Es por ello que se realizó un estudio de las diferentes tecnologías existentes como lo son WiFi, ADSL y BPL, de acuerdo a la instalación de equipos y cableado, movilidad, velocidad, escalabilidad e inversión monetaria de las soluciones. En base al estudio realizado se puede concluir que Broadband over Powerlines “BPL” y Wireless Fidelity “WiFi” son las tecnologías que mejor se adaptan al diseño del proyecto, debido a que aprovechan las condiciones actuales tanto del Hotel Humboldt como del Parque Warairarepano.

Por lo anteriormente descrito, se escogió el Sistema Híbrido de Acceso BPL, el cuál combina la solución del medio eléctrico con el medio inalámbrico, tomando ventaja de la presencia de las líneas eléctricas de media tensión en el Parque Warairarepano y de la versatilidad de la tecnología WiFi en un ambiente indoor en El Hotel Humboldt. De acuerdo a la investigación realizada de los equipos para el diseño de la red de conexión de datos, se tiene que existen gran variedad de compañías fabricantes de dispositivos BPL, pero sólo unas pocas producen todos los equipos que intervienen en las distintas etapas de una arquitectura BPL. Entre las casas fabricantes investigados se tiene que la marca ILEVO produce dispositivos que actúan en la red de transporte y acceso del proyecto, además de contar con el controlador inteligente DS2 que garantiza coexistencia, interoperabilidad y escalabilidad a la red. En cuanto a la ubicación de los equipos, se tiene que la cabecera BPL se ubicó en el cuarto eléctrico de la subestación eléctrica Warairarepano, los repetidores BPL en paralelo a la caminería del parque Warairarepano cada 300 metros, el Media Gateway se ubicó en el cuarto eléctrico del

Hotel Humboldt y finalmente los terminales inalámbricos se ubicaron dos en cada piso de los 14 pisos, mientras que en los cinco pisos restantes, en PB y en mezanina se ubicaron seis módems BPL inalámbricos, el primer piso se le destinó dos módems BPL y para PH un solo modem BPL, para el sótano no se tendría previsto otorgar conectividad ya que es un área de servicio de los trabajadores.

Con respecto a la investigación realizada de los equipos para el diseño de la red de telemedición de datos, se tiene que entre las distintas casas fabricantes de dispositivos BPL, Corinex cuenta con un catálogo de equipos medidores de energía especializados que transforman una red eléctrica clásica en una red inteligente monitoreable.

Al realizar el protocolo de prueba en las redes BPL implementadas en las oficinas de EDC Network Comunicaciones, se pudo apreciar el comportamiento que tienen estas redes en un ambiente de trabajo real. Según el RFC 2544 los parámetros que se miden en la red son: rendimiento, latencia o retardo y pérdida de tramas las cuáles fueron aprobadas exitosamente por la prueba

Un factor muy importante en el diseño del sistema es la estimación de la carga producida en la red, ya que de ello depende el ancho de banda mínimo necesario para que la red no colapse cuando una gran cantidad de usuarios estén haciendo uso de ella.

Para facilitar su estudio, la arquitectura de la red se dividió en tres niveles jerárquicos: un primer nivel para la red de interconexión, un segundo nivel, para la red de transporte y un tercer nivel que engloba la red de acceso para los usuarios. Gracias a esta división es mucho más fácil distinguir las funciones de los equipos que intervienen en la red.

La implementación de la red de telemedición es relativamente sencilla debido al uso de la tecnología BPL, ya que existen equipos medidores basados en ella.

Simplemente basta con conectar estos dispositivos con el Head End BPL para empezar a tomar las mediciones en las líneas eléctricas.

VII.2 Recomendaciones

Es recomendable hacer un estudio del medio eléctrico en la locación donde se vaya a realizar la implementación de un proyecto con tecnología BPL, ya que de esto depende en gran medida la eficacia de su aplicación.

Al implementar redes BPL es recomendable utilizar dispositivos que contengan el controlador inteligente DS2, esto asegura la interoperabilidad entre las diferentes marcas del mercado.

Es recomendable emplear acopladores capacitivos en ambientes al aire libre, como lo es el Parque Warairarepano, ya que se sufren inconveniente con respecto a los vientos fuertes y espesa nubosidad.