

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA APLICACIÓN 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.

Elizabeth Fernanda Páez, Ing
Patricio Ortega, Ing

RESUMEN

Este proyecto analiza la tecnología “*Broadband over Power Line*” (BPL), que permite ofrecer servicios de banda ancha sobre la red eléctrica de distribución, en este caso sobre la red de la **EEQ S.A.**

En la primera parte, este estudio analiza las condiciones tecnológicas, económicas y regulatorias que permitirían implementar sistemas de comunicación BPL y su despliegue comercial como tecnología de acceso de banda ancha, tomando en cuenta las características topológicas de las redes de distribución en Ecuador.

En base a esta información, se realiza un diseño modelo, que incluye alternativas de equipamiento de la red BPL, acceso al “*backbone*” de Internet y el establecimiento de un proveedor de servicios de Internet (ISP) que opere con esta tecnología.

Finalmente, se estiman los costos y los ingresos que generaría la implementación del proyecto. Así como se calculan factores de evaluación económica, que permiten conocer cual sería la rentabilidad del proyecto de ser implementado.

INTRODUCCIÓN

En nuestro país, son limitadas y costosas las opciones que permiten acceder a servicios de banda ancha, rezagando el ingreso de la mayoría de la población en el desarrollo de la sociedad de la información. En estas condiciones, se plantea la necesidad de analizar una tecnología alternativa y nueva para nuestro medio, como lo es “*Broadband over Power Line*” (BPL).

Esta tecnología no es reciente, sin embargo su evolución a lo largo de los años la ha fortalecido, pudiendo superar pruebas de campo y ser actualmente comercializada en importantes regiones del mundo.

El presente estudio de factibilidad no sólo describe las ventajas y desventajas de la tecnología BPL, sino que a través de un diseño modelo se define cual es la topología de red que de mejor manera se acopla a la arquitectura de la red de distribución eléctrica de la **EEQ S.A.** y se presentan los modelos de servicio que la empresa podría usar para comercializar los servicios BPL siguiendo el sistema diseñado.

1. Broadband over Power Line

1.1 Evolución de la tecnología BPL

Las compañías proveedoras del servicio eléctrico fueron las pioneras en usar las redes de distribución eléctrica para la transmisión de datos de modo interno. Es así como en 1930, un sistema conocido como **Señalización de Onda Portadora**, permitía la transmisión de datos a frecuencias entre 125 Hz y 1 kHz.

A mediados de los años 80, se iniciaron pruebas que permitían utilizar el cable de distribución eléctrica como medio de transmisión bidireccional. Las pruebas iniciales no tuvieron los resultados esperados, sin embargo los proyectos e investigaciones se incrementaron, el objetivo era conseguir velocidades más altas y mejorar la calidad de la señal.

En el año 2000, la compañía “*Nisko Advanced Metering Solutions*” (NAMS) crea el protocolo NISCOM, el primero que permitía la transmisión de datos bidireccional en las líneas de distribución eléctrica a velocidades de 1 a 10 Mbps. Esta tecnología fue conocida como “*Power Line Communications*” (PLC).

Importantes compañías a nivel mundial (ASCOM, NAMS, DS2, AMPERION) emprendieron proyectos de investigación y pruebas piloto para trabajar con PLC.

Inicialmente, las pruebas de campo se realizaron con pequeños grupos de usuarios para luego comunicar ciudades enteras. Los proyectos piloto desarrollados a nivel mundial fueron varios, no todos concluyeron con éxito, pero fueron una importante contribución para conocer las posibilidades de PLC.

La tecnología “*Power Line Communications*” pasó a ser considerada como una tecnología de banda ancha cuando ofrecía una velocidad igual o superior a 2 Mbps. A partir de esta velocidad fue posible ofrecer servicios multimedia y acceso a un mayor número de usuarios.

En el año 2004, la “*Federal Communications Commission*” (**FCC**) inicia el proceso de estandarización de esta nueva generación de la tecnología PLC a la cual denomina: “*Broadband over Power Line*” (**BPL**).

Actualmente, las principales compañías que ofrecen el servicio son:

Tabla 1.1. Principales despliegues comerciales BPL

PAIS	OPERADORA
España	Endesa
	Iberdrola
Suiza	EFF
Austria	Linzag Strom
Alemania	EnBW

1.2 Descripción de la tecnología BPL

BPL es una tecnología que permite ofrecer servicios de comunicación utilizando como infraestructura la red eléctrica. Esto implica la capacidad de ofrecer, mediante este medio, cualquier servicio basado en IP, como podría ser telefonía IP, Internet, videoconferencia y datos a alta velocidad.

Sus principales características de operación son:

- ❑ Rango de frecuencia de la señal: entre 1.6 MHz y 10 MHz para los sistemas **BPL** de acceso y la banda de 10 MHz a 30 MHz para los sistemas BPL domésticos.
- ❑ Velocidad de transmisión por punto de inyección de la señal: 24 a 200 Mbps.
- ❑ Sistema de modulación: DSSS, FHSS, OFDM, GMSK, MC-CDMA.

1.3 Configuración de una red BPL

La tecnología **BPL** permite el uso de las redes eléctricas de distribución como medio de comunicación alternativo.

Un proyecto de comunicaciones **BPL** está integrado por dos subsistemas:

1. RED BPL

Corresponde al tramo de la red eléctrica de distribución que será acoplado como red de comunicaciones, a través de la instalación de los siguientes equipos:

Módem de cabecera.- Interfaz entre la red de datos y la red eléctrica, permite conectar el sistema **BPL** con la red externa (WAN, Internet, PSTN). Además, coordina y gestiona la actividad del resto de equipos de la red **BPL**.

Repetidor intermedio.- Permite ampliar la cobertura y alcance de la red **BPL**, ya que regenera la señal degradada por la atenuación provocada en los cables eléctricos, asegurando la calidad en el enlace.

Módem de usuario.- Interfaz entre la red externa y el usuario. Convierte cada toma eléctrica en un punto de red, al cual se puede conectar un equipo informático.

La técnica empleada por estos equipos se basa en la transmisión de dos señales: *energía e información*, de manera simultánea usando para ello el mismo medio.

Esto es posible debido a que las señales a transmitirse son diferentes, mientras la energía eléctrica llega a los usuarios en forma de corriente alterna de baja frecuencia (50 o 60 Hz), para la señal de datos se emplea el rango de alta frecuencia es decir entre 3 y 30 MHz.

2. RED DE ACCESO A INTERNET

Este tramo de la red es independiente de la tecnología **BPL**, ya que involucra la conexión desde el módem de cabecera hacia un proveedor de acceso a Internet. De acuerdo a los servicios y requerimientos de los usuarios que integren el sistema **BPL** se define el tipo de enlace de alta velocidad que sea el más conveniente para establecer la red de acceso a Internet, como se ha denominado a este tramo del sistema.

El punto de integración de los subsistemas antes descritos ocurre en el transformador o subestación de distribución, en la cual a más del equipo de cabecera, se requiere de la instalación de acopladores capacitivos o inductivos, que permiten la continuidad en la transmisión de la señal **BPL** (*bypass*). Ello debido a que para señales de alta frecuencia, el transformador actúa como un circuito abierto.

1.4 Ventajas y desventajas de BPL

Ventajas:

- ❑ La principal ventaja de **BPL** es permitir el uso de una infraestructura ya existente, como lo es la red eléctrica de distribución, la cual cuenta con una alta capilaridad y ubicuidad.
- ❑ La velocidad, servicios y costos que ofrecen los sistemas **BPL** son comparables con otras tecnologías similares del mercado.
- ❑ Existen varias topologías para establecer un sistema **BPL**, lo cual dota a la tecnología de flexibilidad, para acoplarse a las condiciones propias de la zona a servir.
- ❑ El establecimiento de un sistema de comunicaciones **BPL** le ofrece al operador del servicio de distribución eléctrica funcionalidades agregadas a su sistema, como son el control y gestión de la red eléctrica.

Desventajas:

- ❑ La calidad y el buen funcionamiento de los sistemas **BPL** dependen directamente de las condiciones de la red eléctrica.
- ❑ La transmisión óptima de datos está limitada por la distancia entre el usuario y la subestación de distribución. En el caso de distancias grandes se requiere repetidores, lo cual incrementa el costo de implementación de los sistemas.
- ❑ Existen muchas fuentes de interferencia electromagnética, tal es el caso de aparatos eléctricos conectados a la red, los que pueden afectar la transmisión.
- ❑ En la banda de alta frecuencia existen ciertos servicios que han venido empleando este segmento del espectro desde hace años.

2. Zona de Servicio del Proyecto

El desarrollo de este proyecto contó con la colaboración y supervisión de la Empresa Eléctrica "Quito" S.A., la cual accedió a la invitación realizada por la Escuela Politécnica Nacional para la ejecución del presente estudio de factibilidad, mismo que fue el inicio de un proceso de investigación que ahora le permite encontrarse a la **EEQ S.A.**, a las puertas de comercializar servicios BPL a partir de inicios del año 2008.

La Dirección Técnica de la empresa sugirió centrar el diseño en un área piloto, específicamente la zona del Valle de los Chillos. La superficie aproximada de esta zona es de 55 km² e incluye las parroquias urbanas del cantón Rumiñahui, es decir Sangolquí, San Rafael y San Pedro de Taboada

El tramo del sistema de distribución que alimenta la zona de servicio corresponde a los primarios eléctricos derivados de las Subestaciones San Rafael y Sangolquí, los que constituyen la infraestructura eléctrica base para el diseño modelo.

2.1 Empresa Eléctrica Quito S.A.

La Empresa Eléctrica "Quito" S.A. es una empresa ecuatoriana de servicio, cuya misión es generar, distribuir y comercializar energía eléctrica garantizando la explotación racional de los recursos de generación y una calidad de servicio acorde con la demanda de los usuarios.¹

El área de servicio de la **EEQ S.A.** es de 14971 km² y abarca los sectores urbano, urbano marginal y rural de la ciudad de Quito, gran parte de la provincia de Pichincha y sectores de las provincias de Napo, Imbabura y Cotopaxi

La empresa está conformada por varias dependencias, cada una de las cuales se encarga de áreas específicas y contribuyen a la administración y control técnico de su sistema eléctrico.

2.2 Sistema de Distribución EEQ S.A.

El sistema de distribución de la Empresa Eléctrica Quito S.A. tiene las siguientes características generales:

¹ <http://www.eeq.gov.ec>

- ❑ Usa líneas de baja tensión con radio de acción muy corto.
- ❑ Es una red constituida por gran número de transformadores, cada uno de limitada potencia (5 a 150 kVA).
- ❑ El voltaje de servicio es de 110 V a 60 Hz, el que permite sólo cortas distancias entre el transformador y el abonado.
- ❑ Para la distribución usa generalmente transformadores monofásicos.

De la descripción de las características generales del sistema de distribución de la **EEQ S.A.** es posible destacar la similitud de esta topología con el sistema americano. En el cual la concentración de usuarios se encuentra a partir de los transformadores de media a baja tensión. Este punto ha sido definitivo en la selección de la arquitectura de red **BPL** para el sistema diseñado.

Es importante mencionar, que dentro del alcance de este proyecto, no se incluye el desarrollo de pruebas, que verifiquen el estado real de los conductores de la red, por lo cual el análisis de la red eléctrica se ha limitado a su arquitectura y a la definición de una óptima integración con una topología **BPL**.

Este apartado debe ser considerado como una opción válida para futuros proyectos.

2.3 Recopilación y Fuentes de información

Para conocer las características de la zona de servicio, inicialmente se desarrolló una etapa de reconocimiento físico de las instalaciones y el equipamiento de las Subestaciones San Rafael y Sangolquí, así como de su zona de influencia.

De manera posterior y con el objetivo de identificar parámetros específicos en cada uno de los primarios de las subestaciones, tales como: número de usuarios, equipos conectados, transformadores, distancias y tipo de conductores se empleó el Programa de Inventarios y Avalúos (**PIA**) de la **EEQ S.A.**

PIA es un sistema que permite almacenar y consultar la información de la red de distribución eléctrica en dos niveles simultáneos, Autocad y Oracle.

El primer nivel corresponde a la base de datos gráfica obtenida a través del

programa **Autocad**, en la cual mediante un Sistema de Información Geográfica Satelital (**GIS**) es posible determinar la localización física exacta de cada elemento de la red. Cada uno de estos elementos está identificado mediante un código, el que permite conocer sus características técnicas a través del acceso a un segundo nivel, correspondiente a la base de datos **Oracle SQL Plus**.

2.4 Características de la Zona de Servicio

- ❑ Las subestaciones San Rafael y Sangolquí son subestaciones de transformación y seccionamiento, están encargadas de transformar el nivel de voltaje de alto (46 kV) a medio (23 kV) para su transmisión y posterior consumo.
- ❑ El tramo existente entre los primarios de salida de las subestaciones y los postes de distribución de energía es subterráneo. Esta construcción pese a ser más costosa es más segura.
- ❑ Ambas subestaciones están provistas de relés de distancia, marca ABB REL-511, los cuales permiten funciones de medición instantánea y monitoreo de los voltajes de entrada y salida en las subestaciones a nivel de subtransmisión.
- ❑ La subestación San Rafael consta de 5 primarios, los cuales constituyen una longitud aproximada de 450 km de red de distribución eléctrica, atendiendo a través de 1961 transformadores a 30638 usuarios.
- ❑ La subestación Sangolquí consta de 5 primarios, con una longitud total aproximada de 360 km y 19625 usuarios, lo cuales son atendidos a través de 1490 transformadores de media a baja tensión.
- ❑ La topología eléctrica de la zona refleja una baja concentración de usuarios (13 a 17 abonados) por transformador de media a baja tensión.
- ❑ La longitud de las instalaciones de acometida entre el transformador y el abonado va entre 30-180 m.
- ❑ Los conductores utilizados para la red primaria de distribución son de aluminio desnudo, tipo ACSR, calibre 54-33 mm².

3. Diseño del Sistema BPL para la Zona de Servicio del Proyecto

La sección 1 del presente documento permite describir el funcionamiento y las principales características de la tecnología **BPL**. A través de la sección 2 es posible determinar cual es la topología de la red eléctrica de la zona de servicio del proyecto. En base a esta información, a continuación se presenta el diseño modelo de un sistema de comunicaciones que opere con tecnología **BPL** y cuyas aplicaciones son el acceso de banda ancha a Internet y la posibilidad de establecer redes locales sin necesidad de cableado adicional.

3.1 Requerimientos del diseño

Usuarios iniciales del sistema:

Debido a que el alcance del presente proyecto no involucra el desarrollo de un estudio de mercado de la tecnología **BPL**, la estimación de los usuarios iniciales del sistema se realiza a través de métodos cualitativos de proyección, como se explica a continuación:

1. El universo de usuarios que podría acceder a los servicios del sistema **BLP** está directamente relacionado con el número total de usuarios del servicio eléctrico en esta zona; el mismo que para enero 2006 fue de: 50263 usuarios.
2. Del universo total debe considerarse que no todos acceden al servicio de Internet, por lo cual tomando como referencia el índice de penetración del servicio de Internet para la provincia de Pichincha, en el año 2006 (9.78%)², el número de posibles usuarios del sistema BPL se reduce a: 4915.
3. Finalmente, se debe tomar en cuenta que no todos los usuarios que acceden a Internet optarían por el proveedor BPL de manera exclusiva, por lo que considerando un índice de aceptación moderado (12.1%)³ los usuarios del

² Dato proporcionado por la Dirección de Servicios de Telecomunicaciones de la Superintendencia de Telecomunicaciones del Ecuador.

³ Valor promedio del índice de penetración de los principales proveedores del servicio de acceso a Internet a nivel nacional, año 2006.

sistema BPL durante la etapa inicial de puesta en marcha se estiman en: 595.

Proyección del crecimiento de usuarios:

Debido a que este proyecto trata sobre la introducción de un servicio nuevo en el mercado, es complicado definir con exactitud cual será el crecimiento de la demanda del servicio BPL.

Por lo cual, se ha empleado una técnica denominada *analogía histórica*, la que se basa en el análisis comparativo de la tecnología BPL con la introducción y crecimiento de productos similares. Para ello se ha recopilado la información histórica disponible y se buscaron posibles tendencias o ciclos evolutivos. Los principales parámetros que han sido considerados son:

- Índice de crecimiento del acceso a Internet a nivel nacional.
- Índice de crecimiento del acceso a Internet de banda ancha.
- Proyecciones del crecimiento de servicios BPL a nivel internacional.

En base al análisis de la información anterior, se define como posible entorno de crecimiento para los servicios BPL: un índice del 15% para los dos primeros años, posteriores a la etapa de introducción del servicio, en los que la tecnología BPL se dará a conocer en el mercado. Luego de este período se espera un crecimiento del 100% anual por los siguientes dos años, acorde a lo proyectado por consultoras internacionales. Para posteriormente estabilizar su demanda en un 30% anual por los años siguientes.

En base a los valores definidos es posible proyectar la siguiente curva de crecimiento de los usuarios del sistema BPL para los primeros 5 años de servicio.

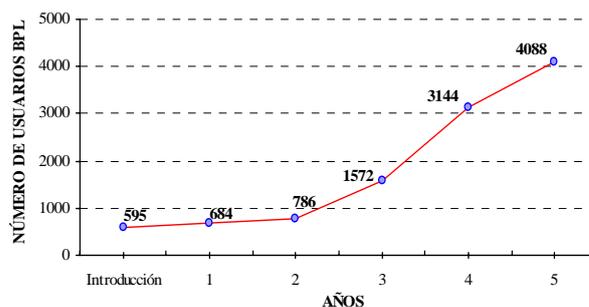


Figura 3.1: Proyección de usuarios del sistema BPL

Aplicaciones y servicios del sistema:

Acceso a Internet de banda ancha, velocidad de usuario de 256 kbps, 512 kbps, 1 Mbps o 2 Mbps, según el plan elegido.

Adicionalmente: telefonía IP, transmisión simultánea de voz y datos, conexión permanente, y posibilidad de crear entornos tipo LAN en el hogar y oficina.

3.2 Elementos del sistema BPL

Como se anotó en la sección 1.3 del presente documento, un sistema de comunicaciones **BPL** contempla el diseño de dos subsistemas, los mismos que definiremos como:

- ❑ Red de acceso BPL
- ❑ Red de acceso a Internet

3.3 Diseño de la red de acceso BPL

Topología de la red BPL:

El sistema BPL escogido como solución para la zona de servicio del proyecto define la topología siguiente:

Los equipos ubicados en la instalación del usuario transmiten la información por medio de la red eléctrica de baja tensión hasta un equipo ubicado en el transformador de media a baja tensión, el cual sirve de acoplador entre las líneas de diferente voltaje. Estos elementos de la red se conectan de manera directa con equipos de cabecera de medio voltaje, los cuales se interconectan en un anillo redundante de media tensión formando una red que agrupa las señales de los usuarios hasta un punto central, en el que se realiza el enlace con la red de comunicaciones o servicio portador que enlaza la red BPL con Internet.

Este tipo de configuración es clave porque permite enlazar múltiples usuarios y con una sola conexión permitir su acceso a redes de datos complementarias; evitando así llevar un terminal de Internet a cada uno de los transformadores de media a baja tensión; los cuales para la zona de servicio son numerosos.

Selección de equipos BPL:

BPL es una tecnología en crecimiento, por lo que los proveedores de equipos que

operan con esta tecnología promueven la interconexión a través de sus propias arquitecturas de red.

Para la definición de los equipos y topología a emplear en el diseño de este proyecto se recopiló la información técnica y los manuales de referencia de los equipos ofertados por las más importantes empresas de la rama a nivel mundial. Entre las cuales destacan: Amperion, Ascom, Asoka, Corinex, DS2, EBA, Intellon, Main Net y Tecnom.

En base a esta información se realizó un análisis de las ventajas y desventajas de cada proveedor, tanto en los aspectos técnicos (topología, servicios, alcance, seguridad), financieros (costo por equipo, número de terminales de red necesarios, usuarios por dispositivo) y de sostenibilidad (estándares, interoperabilidad, coexistencia, escalabilidad).

Finalmente, se determinó que las mejores opciones de equipos que operan con sistemas BPL de media tensión son: AMPERION y ASCOM.

AMPERION es una alternativa válida por acoplarse al sistema americano y presentar una solución de acceso híbrida que combina BPL con WiFi,⁴ sin embargo se descarta para este proyecto porque cada punto de interfaz entre la red BPL y la red de comunicaciones hacia Internet permite introducir velocidades relativamente bajas (24 Mbps). Por ello esta opción requiere múltiples puntos de acceso al proveedor, encareciendo de manera importante los costos de implementación del proyecto.

ASCOM emplea tecnología basada en el sistema europeo, su mayor experiencia está en proyectos que emplean la red de baja tensión⁵, sin embargo es la mejor opción para este proyecto porque ofrece equipos de segunda generación, alta velocidad y rendimiento.

Características de los equipos BPL:

La topología de la red **BPL** define el uso de tres tipos de unidades:

- ❑ Equipos de cabecera (**API-2000-MV**). Se distribuyen a lo largo de los primarios de distribución que se derivan de la subestaciones, formando una red

⁴ <http://www.amperiom.com>

⁵ <http://www.ascom.com>

“powerline” que será gestionada desde un centro de control ubicado en la Subestación San Rafael, donde además se instalarán los equipos necesarios para el enlace hacia Internet.

- ❑ Terminales de usuario o módems BPL (**APC-2000-DB/VB**). Se conectan a una toma eléctrica, de la cual tomarán la señal de datos para enviarla al computador, estableciendo un canal bidireccional de comunicación entre el usuario y los servicios de Internet. E
- ❑ Terminales de bajo voltaje (**API-2000-LV**). Sirven de interface entre el equipo de cabecera de medio voltaje y el terminal de usuario.

Número de equipos BPL en la red:

El número de usuarios utilizado para dimensionar la red es el definido para la etapa de introducción del servicio, debido a la fácil escalabilidad que permite la topología de red y que en lo referente a la concentración de usuarios, se considera las condiciones menos favorables. Ello significa que al tener una densidad de usuarios por transformador muy limitada (1 usuario **BPL** cada 5 transformadores de media a baja tensión), los equipos acopladores instalados en la red inicialmente operarán en su mínima capacidad y permitirán sin inconveniente la futura instalación de nuevos usuarios hasta operar con toda su capacidad.

El número de equipos ha instalar es:

- ❑ 1 módem APC-2000-VB por usuario.
- ❑ 1 terminal API-2000-LV cada 5 transformadores.
- ❑ 1 terminal API-2000-MV CADA 1200 m.

3.4 Diseño de la red de acceso a Internet

Dimensión del canal de acceso:

Para definir la capacidad total del canal de acceso necesario para ofrecer el servicio de Internet, se consideran los siguientes parámetros:

- ❑ Requerimiento de velocidad por usuario
- ❑ Número inicial de usuarios a servir
- ❑ Proyección de crecimiento del servicio
- ❑ Porcentaje de uso del servicio

- ❑ Porcentaje de acceso simultáneo

En base a estos factores y de acuerdo al número de usuarios BPL de cada primario, se calcula la capacidad total del enlace a Internet requerido para proveer una velocidad de usuario (V_U) de 256 kbps, 512 kbps y 2 Mbps, de acuerdo al tipo de servicio contratado.

Esquema de conexión:

Por las condiciones del sistema **BPL**, las que involucran una zona de servicio de mediana escala y la necesidad de un enlace de alta capacidad hacia Internet, se define como opción válida la constitución del proveedor de servicios **BPL** como **ISP**, con lo que se contrataría de manera directa el servicio portador y la conexión hacia el **NAP** internacional (**Figura 3.2**).



Figura 3.2: Esquema del acceso a Internet

Alternativas de conexión:

En el Ecuador, existen varias alternativas mediante las cuales los **ISPs** acceden al “backbone” internacional de Internet. Para el análisis de este proyecto se consideran las siguientes:

- A.** Enlace de fibra óptica – Transnexa
- B.** Enlace de fibra óptica Andinadatos
- C.** Enlace satelital propio

Del análisis de las alternativas propuestas se concluyó que los sistemas de conexión cableados (A y B) constituyen una mejor opción debido a su tiempo de latencia menor (165 ms) en comparación con el retardo satelital (600 ms).

Adicionalmente, se debe considerar que la opción A, presenta una mayor apertura para el establecimiento de un convenio de interconexión debido a la correlación existente entre Transelectric y la **EEQ S.A.**

4. Situación Regulatoria de BPL

La presente sección de este documento permite conocer la situación regulatoria en la que se daría la posible implementación de servicios **BPL** en el Ecuador.

Para lo cual como referencia, inicialmente se describen de manera breve el entorno, actividades y logros en otras regiones en lo referente a la normalización **BPL**. Finalmente, se analiza la normativa local vigente tanto para la introducción de nuevos operadores en el sector de telecomunicaciones como para la administración de las actividades del sector eléctrico ecuatoriano.

4.1 Organismos internacionales y grupos de trabajo relacionados con BPL

En la actualidad, no existe un estándar a nivel internacional o nacional definido para la tecnología "*Broadband over Power Line*". Los procesos de regulación iniciados por importantes organismos se limitan a recomendaciones y normas de prestación de servicios BPL.

Entre estas organizaciones destacan las siguientes:

- ❑ UIT-T Grupo de Estudio 5
- ❑ UIT-R Grupo de Estudio 1
- ❑ UIT-R Grupo de Estudio 3.
- ❑ IEEE: P1901, P1775, P1675.
- ❑ CISPR: SC I WG 3 y WG 4.
- ❑ ETSI PLT
- ❑ CENELEC SC205A
- ❑ CITEL
- ❑ FCC
- ❑ NTIA
- ❑ PLC Forum
- ❑ PLCA
- ❑ OPERA

4.2 Principales regulaciones y normas

La tendencia internacional sobre regulación **BPL** se centra en el establecimiento de requisitos técnicos sobre compatibilidad electromagnética y límites de interferencia de los equipos terminales **BPL**.

Las normas emitidas tienen carácter internacional y regional, sin embargo, la adopción de estas como requisitos para los sistemas **BPL** locales es la alternativa más adecuada.

En Europa, para que una compañía ingrese en el mercado de comunicaciones empleando tecnología **BPL**, necesita comprobar que sus productos cumplen con las directivas vigentes, las cuales han sido adoptadas íntegramente por más de 15 países miembros de la Comunidad Europea.

Con relación a los aspectos de inmunidad de interferencias electromagnéticas externas, el escenario actual en Europa no prevé ningún tratamiento específico para los equipos BPL y la principal referencia es la norma **EN 55022**.

A nivel americano, la norma establecida por la **FCC** (04-245), rige los sistemas BPL y define límites para las emisiones provenientes de implementaciones que emplean la línea de poder como medio de comunicación.

4.3 Marco regulatorio en el Ecuador

En el Ecuador, no existe ninguna ley, reglamento o norma que regule o prohíba la implementación de servicios **BPL**.

Del análisis de la normativa local vigente en el sector de las telecomunicaciones y eléctrico, se desprende que los servicios BPL deben ser regulados como cualquier servicio de comunicaciones ofertado por un operador normal y no requiere lineamientos específicos, sino cumplir con los requisitos de operación, calidad y control de emisiones que cumplen el resto de sistemas.

En base a las aplicaciones definidas para el sistema de este proyecto y la normativa local vigente existen dos clases de servicio que la **EEQ S.A.** como operadora de comunicaciones BPL puede ofrecer:

1. Servicios de Valor Agregado

- ❑ Son aquellos que utilizan servicios finales de telecomunicaciones e incorporan aplicaciones que permiten transformar el contenido de la información transmitida. A este grupo corresponde la prestación de servicios de Internet.
- ❑ El título habilitante requerido para la instalación, operación y prestación del servicio de valor agregado es el permiso. El cual es otorgado por la SENATEL, previa autorización del CONATEL y cuyo valor es de 500 dólares.

- ❑ El plazo de duración del permiso es de 10 años, prorrogables por igual período de tiempo, siempre que se hayan cumplido con las normas básicas de operación.

2. Servicios Portadores

- ❑ Son servicios de telecomunicaciones que proporcionan la capacidad necesaria para la transmisión de señales entre puntos de terminación de una red.
- ❑ El título habilitante requerido para la prestación de servicios portadores es la concesión, la cual será otorgada por la SENATEL, previa autorización del CONATEL y cuyo valor es de 250 000 dólares.
- ❑ La concesión de servicios portadores no involucra el permiso para prestar otros servicios de telecomunicaciones.
- ❑ El área de cobertura para la prestación de los servicios portadores será nacional y con conexión al exterior. El CONATEL otorgará concesiones regionales cuando lo considere conveniente.
- ❑ La concesión otorgada al proveedor comprende el derecho para la instalación, modificación, ampliación y operación de las redes alámbricas e inalámbricas necesarias para proveer el servicio.
- ❑ El plazo de duración de la concesión será de quince años. Para la renovación se requiere de una solicitud escrita presentada a la SENATEL con cinco años de anticipación a la fecha de vencimiento.

4.4 Elementos sugeridos para la normativa local

Para promover en el Ecuador un adecuado tratamiento de la normalización de los servicios **BPL** se recomienda:

- ❑ Crear grupos de trabajo **BPL** a nivel nacional que en coordinación con otras organizaciones reguladoras de la región analicen las normas definidas a nivel europeo, ya que es en este continente donde más se ha avanzado sobre el tema.

- ❑ Procurar el establecimiento de una normativa técnicamente neutral que aliente la creación de redes complementarias y fomente la competencia.
- ❑ Los grupos de desarrollo locales deben integrar el trabajo técnico tanto de las comisiones reguladoras de energía como del sector de telecomunicaciones.
- ❑ En cuanto no exista una norma local, el regulador debe exigir que los equipos y terminales de red que deseen operar con tecnología **BPL** cumplan con certificaciones internacionales y que hayan sido homologados.

5. Costos de Implementación

Una vez definido el contenido técnico del proyecto es necesario elaborar un presupuesto inicial, que permita estimar los costos totales de implementación del proyecto, incluyendo costos de equipamiento, instalación, operación y mantenimiento de la red de comunicaciones **BPL**.

Además, con el objeto de analizar la factibilidad económica de ejecución del proyecto, se definen los principales modelos de servicio mediante los que la Empresa Eléctrica "Quito" podría comercializar los servicios del sistema diseñado, para cada uno de los que se calculan factores de evaluación económica, que permiten identificar la opción más rentable.

5.1 Modelos de servicio

La **EEQ S.A.** puede optar por incursionar de manera independiente en el mercado **BPL**, asumiendo de manera directa todos los gastos que requiera la implementación del proyecto. Sin embargo, en la actualidad la incertidumbre económica obliga a analizar aspectos de viabilidad previa a la introducción comercial.

Por ello la alternativa de operar de manera conjunta con un socio que gestione los servicios de comunicaciones del nuevo sistema diseñado, es la opción más atractiva. De la experiencia de empresas internacionales proveedoras de servicios **BPL**, es posible destacar los siguientes modelos de operación en el mercado:

- Modelo A: Operador global BPL
- Modelo B: Sociedad compartida
- Modelo C: Portador independiente

5.2 Descripción de las alternativas de servicio para la EEQ S.A.

Operador global BPL

En este modelo, la operación de la red de comunicaciones BPL y la oferta del servicio a los usuarios se realizarían a través de un nuevo proveedor de servicio de Internet, el **ISP – BPL**. El cual sería manejado en su totalidad, tanto administrativa como técnicamente por la EEQ S.A., la misma que asume todos los gastos de infraestructura, operación, mantenimiento y a su vez, maneja todos los ingresos generados.

Para la operación comercial bajo este modelo, se requieren dos títulos habilitantes, un permiso para proveer el servicio de valor agregado y una concesión para el servicio portador.

Sociedad compartida

Es la opción más aplicada en los despliegues comerciales internacionales por permitir un escenario potencialmente lucrativo. Se basa en la participación de dos empresas: una distribuidora del servicio eléctrico y otra propietaria de la infraestructura de comunicaciones requerida para el “backbone”, las cuales aportan su conocimiento y recursos de acuerdo a su actividad principal.

Para la operación comercial bajo este escenario, la empresa de comunicaciones sería quien ya disponiendo de los permisos necesarios, agregaría la red de distribución eléctrica como parte de su sistema, sin necesidad de obtener nuevas concesiones.

Portador independiente

En este escenario, las compañías distribuidoras del servicio eléctrico son más renuentes al riesgo, por lo cual se mantienen más lejanas a la provisión del servicio **BPL**. Su actividad se limita al alquiler de su infraestructura a un proveedor de servicios de comunicaciones interesado en incursionar en el proyecto y por ello determinan un porcentaje o tarifa de alquiler.

Al rentar la red de distribución eléctrica de manera pública se debe obtener una concesión como servicio portador.

5.3 Costos e ingresos del proyecto

Costos

La valoración de los costos e ingresos del proyecto se realiza tomando en cuenta los principales rubros involucrados en la implementación del sistema diseñado y factores que permiten evaluar la viabilidad económica del proyecto, como son los siguientes:

- Cronograma de implementación y crecimiento del sistema BPL.
- Número de abonados del sistema.
- Costos unitarios de los equipos BPL.
- Costos de operación y equipamiento del ISP-BPL⁶
- Costos de acceso al “backbone” de Internet.
- Costos de permisos de operación.
- Costos de instalación y mantenimiento.
- Costos de logística e imprevistos.

Para la definición de los costos totales se ha considerado tanto el modelo de operador global como el de sociedad compartida, los que se presentan como las alternativas de mayor expectativa para la **EEQ S.A.**

Ingresos

Los ingresos estimados del proyecto se derivan de la capacidad de servicio establecida y de los precios por el servicio. Por lo cual el único factor a considerar en este punto es la tarifa mensual por servicio y el porcentaje de ésta que le correspondería a la **EEQ S.A.** en cada modelo.

5.4 Evaluación económica del proyecto

Con el objetivo de conocer la rentabilidad que generaría la implementación del proyecto se realiza la evaluación económica de los modelos de servicio sugeridos para la **EEQ S.A.** Para lo cual se toma en cuenta la información de los costos e ingresos totales estimados para el proyecto y se calculan los índices de evaluación siguientes:

⁶ Estos costos forman parte exclusiva del modelo **Operador global BPL**.

- ❑ Utilidad neta (UN)
- ❑ Valor Presente Neto (VPN)
- ❑ Tasa Interna de Retorno (TIR)
- ❑ Período de Retorno del Capital (PRC)
- ❑ Rentabilidad

De acuerdo a los resultados obtenidos para los índices de evaluación económica, se destacan los siguientes puntos:

- ❑ Los costos de inversión requeridos para la implementación del proyecto en cada uno de los modelos de negocio son muy elevados, lo que hace que la utilidad en el primer año de operación sea baja.
- ❑ Para los dos modelos de operación propuestos, operador global **BPL** y sociedad compartida, la alternativa de servicio a velocidades de usuario de 256 kbps, es un escenario riesgoso que genera pérdidas para la empresa. Las principales razones son: las menores tarifas aplicables para este servicio y la alta inversión en equipamiento de la red **BPL**, el cual es el mismo para cualquier velocidad de usuario.
- ❑ El escenario más atractivo, en cuanto a utilidades constituye el servicio a altas velocidades, por lo que debe trabajarse en el análisis específico del segmento de mercado que accedería a este servicio (ISPs y usuarios corporativos).
- ❑ El período de recuperación de la inversión es moderado y depende directamente del modelo y la velocidad de usuario comercializada, en el peor de los casos no excede los tres años y en la mayoría es menor a un año.
- ❑ El establecimiento de un escenario de servicio en el que los usuarios totales del sistema **BPL** se encuentran divididos en los siguientes porcentajes, 50% usa 256 kbps, 25% usa 512 y 25% 2 Mbps. Los índices de evaluación económica para el escenario de **velocidad distribuida** muestran que tanto el modelo A, como B son rentables para la empresa, lo cual resulta alentador, ya que se trata de un escenario más probable y real de conseguirse con la implementación del proyecto. En general para este escenario la inversión Se Recupera en un período menor a 1 año y las utilidades continúan siendo mayores.

5.6 Análisis de mercado

Los usuarios a los que se orientó inicialmente el proyecto **BPL** eran residenciales, sin embargo debido a las aplicaciones principales de esta tecnología (acceso de alta velocidad a Internet, SOHO, creación de entornos de LAN, video bajo demanda) y las altas tarifas que deben cobrarse por el servicio; los clientes potenciales del mercado BPL serían:

- ❑ Empresas grandes y medianas
- ❑ Entidades financieras
- ❑ Entidades públicas
- ❑ Universidades y centros educativos
- ❑ Hoteles y centros de convenciones

CONCLUSIONES

- ❑ El mayor uso de los sistemas BPL se encuentra difundido en las redes de baja tensión, las cuales ofrecen condiciones favorables para el sistema eléctrico europeo. Sin embargo, con los avances futuros se esperan mayores oportunidades a través de BPL en media tensión, lo cual será una alternativa a las redes de transporte tradicionales y permitirá costos más competitivos para el sistema eléctrico americano.
- ❑ La tecnología BPL es una importante alternativa para el acceso a servicios de comunicación. Adicionalmente a sus varias ventajas, permite compatibilidad con otras tecnologías ya desplegadas, ya que es complementaria y no sustitutiva. Su objetivo y potencial están en prestar servicio en las zonas que por su ubicación no tienen acceso a redes de cobre, cable coaxial o fibra óptica, pero si tienen cobertura de servicio eléctrico, la red más capilar del mundo.
- ❑ La topología de la red eléctrica de distribución ecuatoriana tiene relación directa con los sistemas americanos, lo que dificulta el establecimiento de sistemas BPL de baja tensión. Sin embargo, con el establecimiento de un sistema que opere empleando las líneas de medio voltaje es posible la definición de una arquitectura de red que optimice el uso de equipos y garantice mayor cobertura a los usuarios.

- ❑ Las redes eléctricas no fueron diseñadas como medio de transmisión para sistemas de comunicaciones, lo cual las convierte en un elemento vulnerable. Sin embargo, para enfrentar este inconveniente, en el diseño del sistema de este proyecto se han escogido equipos de reconocida solvencia, los que a través de la aplicación de técnicas de encriptación y detección de errores, manejo variable de niveles de potencia y modulación OFDM garantizan un óptimo funcionamiento.
- ❑ La falta de infraestructura para que los proveedores de servicios de Internet accedan a los cables internacionales, ha dado como resultado el encarecimiento de los costos de servicios de Internet. Es así como, la contratación del servicio portador hacia Internet es el punto crítico de la tarifa que el presente proyecto debe fijar a los usuarios para ser rentable. Por lo que para abaratar las tarifas mensuales por abonado es conveniente buscar condiciones adecuadas que permitan abaratar los costos de acceso a Internet, tales como la contratación de canales por volumen y a largo plazo.

RECOMENDACIONES

- ❑ Los objetivos específicos de este proyecto plantean la posibilidad de desplegar una red completa de comunicaciones en el área del Valle de los Chillos, por lo que para el diseño se ha considerado una topología que cubre toda la red eléctrica de distribución de la zona de servicio. Sin embargo, esta alternativa no es la más factible económicamente, por lo que para un despliegue comercial lo recomendable es definir la zona más densa en cuanto a usuarios y desplegar los equipos para servir estos sectores específicos, los cuales potencialmente pueden ser universidades o empresas.
- ❑ La determinación de los indicadores de evaluación económica recomiendan como nicho de mercado para la prestación del servicio a grandes consumidores, tales como otros ISPs, instituciones educativas y comerciales.

- ❑ Para la Empresa Eléctrica “Quito” S.A. se recomienda la implementación del modelo Sociedad Compartida, por su menor riesgo y facilidad de desarrollo, ya que se evita incurrir en permisos de operación y se cuenta con el aval de la experiencia de un socio con conocimiento del mercado de las telecomunicaciones.
- ❑ La solución BPL es una alternativa válida para nuestro país, sus ventajas técnicas y de cobertura así lo garantizan. Por lo cual, se recomienda profundizar en su estudio y el posterior despliegue de pruebas y proyectos piloto.

BIBLIOGRAFIA

Libros:

- [1] DOSTERT, Klaus. Powerline Communications. Segunda Edición. Editorial Prentice Hall. New Jersey. 2001.
- [2] GARCÍA, Francisco. Introducción a la tecnología PLC. Revista Antena de Telecomunicaciones. Volumen I. Marzo 2005
- [3] HAYT, William. Teoría Electromagnética. Sexta Edición. Editorial Mc Graw-Hill. México. 1991
- [4] The ITU Association of Japan Inc. New Breeze Magazine. Volumen 17. N° 3 Summer Japón. Julio 2005
- [5] HUIDROBO, José Manual. Tecnologías avanzadas de telecomunicaciones. Tercera Edición. Editorial Paraninfo. Barcelona. 2003.

Direcciones electrónicas:

- [6] <http://www.powerlineworld.com/>
- [7] <http://www.rac.ca/news/bplnews.htm>
- [8] <http://www.ing.unlp.edu.ar/sisspot/libros/ie/ie-08/ie-08.htm>
- [9] <http://www.eeq.gov.ec>
- [10] <http://www.amperion.com>
- [11] <http://ascom.com>
- [12] <http://www.plcforum.net/docs>
- [13]
- [14] <http://www.etsi.org/plugtests/home.htm>
- [15] http://www.hraunfoss.fcc.gov/edocs_public/attachmatch/FCC-04-29A1.pdf
- [16] <http://www.conelec.gov.ec>
- [17] <http://www.conatel.gov.ec3>
- [18] <http://www.autel.es/>