DISEÑO Y ANÁLISIS DE UNA RED DE BANDA ANCHA USANDO TECNOLOGÍA BPL EN LA URBANIZACIÓN RESIDENCIAL Y PRIVADA "VÍA AL SOL"

Braulio Daniel Rivero Luna (1) **Andrea María Moncayo Chiang** (2) **MSc. César Yépez Flores** (3)
Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación (FIEC)
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral
Apartado 09-01-5863. Guayaquil-Ecuador
brivero@fiec.espol.edu.ec (1) amoncayo@fiec.espol.edu.ec(2) cyepez@espol.edu.ec(3)

Resumen

En el presente proyecto se busca analizar y diseñar una red de banda ancha con la capacidad de transmitir datos y voz utilizando tecnología BPL. Para llevar a cabo este proyecto se escogió la Urbanización Vía al Sol, que hasta hace un par de años debido a su ubicación en el Km 14 ½ vía a la costa, no contaba con una infraestructura de telecomunicaciones. El objetivo es proponer una solución viable que permita incrementar la densidad poblacional de usuarios que cuentan con los beneficios del acceso a la información, aplicándola en zonas de difícil acceso en donde se pueda aprovechar la capilaridad de la red eléctrica. Se realiza un análisis de la topología de la red eléctrica de la zona con la finalidad de adaptar el diseño de la red BPL a las condiciones dadas. Finalmente se define la capacidad de la red en relación al número de viviendas, las características de la red troncal de acceso, la consideración de estándares y protocolos que ayuden a implantar un esquema de calidad de servicio y la rentabilidad del proyecto en base a un análisis financiero.

Palabras Claves: *BPL (Broandband Power Line), CPE, modulación, acoplador, Head-End, TDR, Master, Slave, Modem..*

Abstract

This project seeks to analyze and design a broadband network with the ability to transmit data and voice using BPL technology. To carry out this project, Via al Sol community was chosen, which until a couple of years ago and due to its location on the road at 14 ½ kilometers from Guayaquil, did not have a telecommunications infrastructure. This project aims at proposing a viable solution to increase the population density that enjoys the benefits of access to global information from remote areas where they can take advantage of the electric grid capillarity. The analysis of the electric grid topology it's important in order to adapt the design of the BPL network to given conditions. Finally, it defines the network capacity in relation to the number of dwellings, the characteristics of backbone access, consideration of standards and protocols that help implement a scheme of service quality. The profitability of the project will be described based on a financial analysis.

Keywords: *BPL (Broandband Power Line), CPE, modulation, coupler, Head-End, TDR, Master, Slave, Modem.*

1. Introducción

Guayaquil es una ciudad que crece constantemente en número de habitantes y por tal motivo las zonas pobladas continúan extendiéndose geográficamente en sus alrededores. Se han creado urbanizaciones residenciales en la denominada vía a la costa. Muchas de estas urbanizaciones no cuentan con una infraestructura para el servicio de Internet, ya que en la mayoría de los casos la fibra no llega hasta estos lugares o no existen repetidoras inalámbricas disponibles.

Este es el caso de la urbanización llamada Vía al Sol, ubicada en el Km. 14 ½ vía a la costa. En primera instancia la empresa Ecutel les proveía del servicio de Internet a ciertos habitantes de esta urbanización y por razones particulares ya no proveen más dicho servicio. Recientemente en el transcurso de este proyecto el GRUPO TVCABLE decidió montar su infraestructura en dicha ciudadela.

Para contrarrestar la falta de conectividad que padecen las urbanizaciones que se encuentran lejos del casco urbano y que además no cuentan con una red de comunicaciones de banda ancha, se dará a conocer la utilidad del tendido eléctrico para la transportación de datos mediante diversas técnicas de modulación. Para esto se diseñará una red de banda ancha que aproveche el tendido utilizando tecnología BPL, una alternativa tecnológica de instalación rápida que no demanda costos de construcción adicionales. Por último se hará un análisis financiero del proyecto para definir su rentabilidad.

2. Red Eléctrica

La red eléctrica es la más antigua y por ende la más extensa en el mundo entero. El Ecuador no es la excepción y aún en zonas remotas existe el tendido eléctrico para facilitar las actividades diarias de los habitantes.

La red eléctrica se compone de varios elementos que iremos detallando a continuación.

En primer lugar contamos con la planta generadora de energía eléctrica que a través de diversos procedimientos genera la energía que será transportada hacia las respectivas subestaciones a través de los cables de alta tensión. El voltaje que se encuentra en las líneas de alta tensión, es superior a los 25 KV lo que significa un ambiente muy ruidoso para los objetivos que se desean alcanzar con esta tesis, ya que la frecuencia a la que oscila el alto voltaje sobre esta línea es a ratos inconsistente y podría provocar toda clase de interferencias a la señal de datos que se desea transmitir.

Las líneas de media tensión son alimentadas por las subestaciones eléctricas las cuales se encargan de cambiar las características en voltaje y corriente de la electricidad que proviene de la planta generadora. Su propósito es de reducir el voltaje a un rango entre 1 KV y 24 KV. A partir de las subestaciones y utilizando el tendido eléctrico para la media tensión se considera propicio iniciar desde este punto la transmisión de datos a alta velocidad, ya que es un ambiente más manejable con respecto al ruido y generalmente estas líneas son las encargadas de proveer de energía a las ciudades.

El siguiente elemento importante para el abastecimiento del fluido eléctrico hasta el usuario final son los transformadores de baja tensión. Para la transmisión de datos, este elemento constituye un obstáculo ya que para las señales de alta frecuencia el transformador actúa como filtro pasa bajos y la señal se atenúa fácilmente. Por esta razón estos transformadores serían "by paseados".

Finalmente la red eléctrica interna de cada vivienda constituirá una red de datos y cada tomacorriente un punto de comunicación.

En los planos eléctricos de la Urbanización Vía al Sol encontramos una red eléctrica aérea, compuesta por 3 fases en el lado de media tensión y un sistema de distribución en baja tensión tipo split-phase (fase dividida). El sistema contiene 33 transformadores conectados a fase en el primario y en el secundario tienen un devanado con tap central.

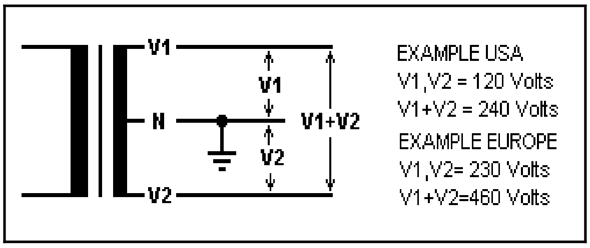

Figura 1. Distribución Split-Phase

Esta configuración es muy utilizada en zonas residenciales principalmente por el bajo consumo en potencia de estas zonas, además por su bajo costo ya que se ahorran materiales al desplegar una sola fase para alimentar a los transformadores de distribución.

3. Arquitectura BPL

La red BPL tiene definida dos estructuras sobre las cuales pueden otorgar beneficios de Banda Ancha a múltiples usuarios. La primera estructura es conocida como "BPL de Acceso" y comprende el camino que va desde la subestación eléctrica, pasando por las líneas de Media y Baja Tensión hasta la acometida de la vivienda del usuario. La segunda estructura comprende la red eléctrica interna del inmueble, conocida como “BPL In-Door”.

Figura 2. Arquitectura BPL

BPL de Acceso es una estructura que está definida por tres bloques básicos. El primer bloque se denomina bloque inyector y tal como su nombre lo indica es el encargado de inducir la señal de datos sobre la señal de 60Hz que viaja a través de los cables de Media Tensión. Este primer bloque está compuesto por un equipo cabecera o “HeadEnd” y por un acoplador el cual puede ser capacitivo o inductivo. El acoplador en este bloque es un elemento importante, ya que es el que en primera instancia logrará que el tendido eléctrico pueda transmitir datos sobre su estructura. El HeadEnd es la interfaz entre el backbone del proveedor de servicios de valor agregado y la red eléctrica.

El segundo bloque en importancia es el bloque receptor. Este bloque es el encargado de capturar la señal de datos que viaja sobre la señal eléctrica de 60Hz con el fin de retransmitir los datos, ya sea a otro equipo de comunicación o actuando como Bypass de los transformadores de distribución. Este bloque se caracteriza por ser versátil, ya que puede ser diseñado de varias maneras para establecer la comunicación entre el usuario final y la red de datos.

Como en toda estructura de telecomunicaciones, se requiere regenerar la señal cuando ésta se atenúa ya que debe recorrer largos tramos a través de un medio determinado. Para mantener una señal robusta y que tenga un alcance mayor al de las capacidades de los equipos utilizados, es indispensable agregar un tercer bloque conocido como repetidor, que sería el encargado de regenerar la señal de datos atenuada e interferida a consecuencia de ruidos e impedancias a lo largo del cableado.
BPL In-Door es la estructura en donde se define una red local dentro del inmueble del usuario utilizando la red eléctrica del mismo. Cada tomacorriente se convierte en un puerto de comunicaciones que puede ser aprovechado para conectar un CPE que será la interfaz entre el Cliente y el proveedor de Servicios de Valor Agregado.

El CPE, es el MODEM que utiliza el usuario final para enviar y recibir datos a través de la red eléctrica. Este equipo se comunica con el Bloque Extractor de la estructura de Acceso y de ser necesario se regenera la señal a través de un repetidor en el cajetín de medidores.

4. Equipos BPL

Los equipos BPL cuentan con especificaciones técnicas que hacen posible que la red eléctrica se constituya en una alternativa más para la transferencia de datos en alta velocidad. En esta sección revisaremos aquellas especificaciones importantes, que nos permiten contar con una nueva tecnología para el acceso a la información.

Modulaciones ventajas y desventajas:

DSSSM Ventajas:

- Radiación débil sobre todo el espectro utilizado.
- Inmunidad a interferencias, distorsiones y desvanecimientos del canal.
- Seguridad en la comunicación.

DSSSM Desventajas:

- Escaso aprovechamiento de la capacidad del canal.
- Menor tasa de transmisión de datos.
- Nivel de interferencia entre usuarios aumenta con el número de abonados presentes en el sistema.

GMSK Ventajas:

- MSK reduce la interferencia entre canales cercanos a diferencia de PSK.
- Optimiza el uso del ancho de banda pues realiza un prefiltrado previo a la modulación que reduce los lóbulos secundarios.

GMSK Desventajas:

- Propenso a interferencias en los canales de Banda estrecha
- Limita el ancho de banda ocupado en la transmisión.
- El filtro Gausiano incrementa la memoria de modulación en el sistema y provoca interferencia intersímbolo complicando la diferenciación entre los bits que componen la señal mensaje, por lo que se requieren de algoritmos más complejos que encarecen a los equipos que utilizan este tipo de modulación.

OFDM Ventajas:

- Elevada tasa de transmisión de datos
- Mejor aprovechamiento del canal
- Se puede controlar el uso del espectro

OFDM Desventajas:

- Niveles de radiación son más elevados

Analizando las ventajas y desventajas de los diferentes tipos de modulación aplicados en equipos BPL, para este proyecto creemos idóneo implementar el diseño con equipos que operan con modulación OFDM, ya que la principal característica de este tipo de modulación es la capacidad de aprovechar al máximo el ancho de banda.

Equipos de media tensión:

Para el diseño de la red BPL en la urbanización Vía al Sol escogimos los siguientes equipos:

Acopladores: OVERCAP L3G2, son acopladores capacitivos ideales para las líneas eléctricas de tipo aéreas. Pueden ser conectados sin interrumpir el fluido eléctrico.

Gateway de Media Tensión: Corinex CXP-MVA-GNR-A1, equipo versátil, cuenta con tres módulos AV200 configurables según las derivaciones que se presenten en el nodo. De los tres módulos dos de ellos operan en media tensión y el restante en baja tensión. Estos tres módulos con los que cuenta el GW permiten establecerles un rol de acuerdo a su ubicación en la red. Los roles que pueden adoptar son de Head-End, CPE o TDR (Time Division Repeater). Para lo comunicación con los nodos continuos sin interferencias utilizan modulación OFDM y un esquema de reutilización de frecuencias en el espectro de 2MHz a 32MHz. Existen tres módulos que componen el esquema básico del equipo, Substation (Módulo 1), Service (Módulo 2) y Optional (Módulo 3). Los tres módulos son configurables y pueden adoptar las funciones de Master o Slave según lo requiera el diseño. Los dos primeros módulos operan en el lado de media tensión mientras el tercer módulo es accesible a través de la baja tensión [1].

Tabla 1. Modos de Frecuencia

Modo	Frecuencia	Fc	Medio
1	3MHz– 13MHz	7.97 MHz	MT
2	13.5 MHz – 23.5 MHz	18.44 MHz	MT
3	24MHz – 34MHz	29.06 MHz	MT
10	2MHz – 12MHz	7.03 MHz	BT

Equipos de baja tensión:

Una vez establecido el Backbone en la media tensión se procede simplemente a conectar los CPE's al tomacorriente de la vivienda. El CPE (Costumer Premisses Equipment) se refiere al equipo local del usuario, quien en definitiva establecerá la comunicación entre proveedor y el suscriptor. Las características del CPE dependerán de los servicios que se desean ofrecer al usuario en relación a voz, datos y video.

Corinex cuenta con un CPE denominado CXP-AV200-ETHC el cual tiene las mismas propiedades de los módulos que componen al Gateway de media tensión CXP-MVA-GNR-A1, con la diferencia de que cuenta con un chip DS2 de menor capacidad en cuanto al manejo de direcciones MAC y el alcance de la señal transmitida.

5. Capacidad de la Red BPL

Las limitaciones en el ancho de banda guardan relación con las propiedades físicas de los medios de transmisión o también por los criterios que se manejan para prevenir interferencias de otras fuentes que comparten el mismo medio.
Los equipos BPL que se consideran para este proyecto, utilizan modulación OFDM con 1536 portadoras para el tráfico de bajada y de subida estableciendo un sistema simétrico. Estas 1536 portadoras subdividen el espectro de 2MHz a 32MHz en el que opera BPL, igual que a los modos del sistema de reutilización de frecuencias mencionados en el capítulo anterior con anchos de banda de 10MHz.
Para las portadoras en OFDM se define un espaciamiento (Δf) que viene dado por:

$$\Delta f = \frac{k}{Tu}$$

Donde,
k es una constante cuyo valor es 1
Tu es el tiempo conocido como duración útil del símbolo.

Con un sistema de N portadoras, el ancho de banda (B) en Hertz necesario para cumplir con el espaciamiento entre portadoras viene dado por:

$$B = N.\Delta f$$

De la ecuación anterior se puede obtener lo siguiente:

$$\Delta f = \frac{B}{N}$$

Donde B es el ancho de banda del espectro BPL para cada modo (10MHz) y N el número de portadoras en las que se subdivide dicho espectro por la modulación OFDM (1536).

Reemplazando los datos se obtiene que:

$$\Delta f = \frac{10MHz}{1536} = 6510{,}42Hz$$

Se puede interpretar que Δf equivale al ancho de banda de cada portadora.

Aplicando el teorema Nyquist [2] en donde se plantea que el número de pulsos que pueden ser transmitidos a través de un canal en un tiempo determinado, está limitado por el doble del ancho de banda del propio canal, tal como lo ilustra la siguiente fórmula:

$$f_p \leq 2B \text{ Baud/s}$$

Reemplazando tenemos que:

$$f_p \leq 2\Delta f$$
$$f_p \leq 13020{,}84 \text{ Baud/s}$$

En los MV-GW, en el mejor de los casos, por portadora se puede llegar a establecer 10 bits por símbolo transmitido. Según la ley de Hartley, la cual hace una relación con el teorema de Nyquist, menciona que la tasa de transmisión del medio (R) en bits/s viene dado por:

$$R \leq f_p \log_2(M)$$

Donde,
M es el número de símbolos que pueden ser representados con n bits (2^n)

Reemplazando valores, cada portadora está en la capacidad de transmitir como máximo 130208,4bps. Multiplicando por las 1536 portadoras que componen al espectro de cada uno de los modos, se obtiene una tasa de transmisión máxima de 200Mbps. Sin embargo, cuando se aplica el modelo de reutilización del espectro el rendimiento del sistema decrece considerablemente a 85Mbps debido a los tiempos de procesamiento de los MV-GW al compartir un mismo medio y realizar la conmutación de frecuencias.

6. Diseño Físico

El análisis y el diseño de la red de comunicaciones utilizando tecnología BPL dependen en gran parte de la infraestructura de la red eléctrica que se encuentra implementada en la urbanización, en donde las líneas de media y baja tensión serán utilizadas como el medio para transportar los datos.
Dentro de la urbanización se define un nodo principal al que llamaremos HUB.

El HUB se lo ubicará en la oficina de administración que se encuentra a la entrada de la urbanización y además es donde la acometida de la red eléctrica de media tensión se localiza.

En este cuarto se ubicará un SP-SFA1-C2811SEC, el cual es un router de marca Cisco administrable que soporta Vlans, protocolos de enrutamientos, calidad de servicio QoS y Access Control List (ACL). A él llegará el enlace del ISP y será el encargado de distribuir la señal con un enlace Ethernet a los 3 CXP-MEDIUM VOLTAGE GATEWAY de Corinex y cada uno de ellos inyectará la señal a las fases de media tensión A, B y C respectivamente.

Para minimizar el riesgo de comunicaciones deficientes o nulas entre los equipos se decidió utilizar la misma marca en todos los equipos que componen a la red, ya que aún no se cuenta con estándares BPL definidos.

Cada transformador de la ciudadela está dimensionado para alimentar un rango entre 5 y 10 viviendas. En el diseño de la red eléctrica los segmentos de baja tensión están separados y alimentados por un transformador por lo que es imprescindible colocar un equipo MV Gateway para desplegar la señal de datos hacia cada uno de estos segmentos.

El acople de la señal en baja tensión, regularmente se lo realiza entre línea – neutro, esto significa que en ciertos tomacorrientes de la vivienda del usuario no habrá señal de alta frecuencia. Para solucionar este inconveniente se requiere instalar un acoplador de fase en un tomacorriente de 220v o un acoplador de ferrita en la línea de 120v no utilizada.

Por último el equipo final es el CPE AV200, el cual será conectado a cualquier tomacorriente de 120v [3].

Tabla 2. Listado de Equipo de Comunicación

Cantidad	Equipo de Comunicación
1	Router SP-SFA1-C2811SEC
37	CXP-MVA GWY A1
37	Acoplador Capacitivo ARTECHE Overcap L3 G2 [17/25/36]
33	Acoplador Ferrita CXZ-LVC-F0700
-	Power Line Filter 200 Mbps
-	AV 200 Powerline Ethernet Adapter
-	Grandtream HT486

La red BPL de la Urbanización se compone de 37 MV Gateway configurados como nodos de media tensión y para poder establecer la distancia de cada uno de ellos en relación al ruido y la interferencia se tiene que tener en consideración que la urbanización Vía al Sol se encuentra en una zona rural y debido al esquema de la red eléctrica los equipos MV Gateway serán instalados en Fase Simple y estarán ubicados en cada transformador [4].

7. Diseño Lógico

Es importante mencionar que el diseño lógico depende netamente de la empresa que vaya administrar esta red y por tal motivo la información que se presenta a continuación es una recomendación para el desarrollo del diseño

Es fundamental entender cómo trabajan los equipos MV-Gateway, el diseño jerárquico de la red, la arquitectura y la configuración de acuerdo a los requerimientos de la red Ethernet.

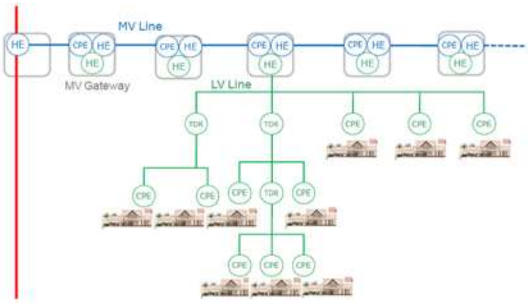

Figura 3. Arquitectura de una red BPL

Módulo

El MV Gateway consta con 3 módulos principales. Dos de ellos trabajan en media tensión utilizados para la comunicación entre sus nodos y pueden ser configurados como Head End (HE)/Master y como Costumer Premises Equiment (CPE)/Slave.
El tercer módulo trabaja como HE/Master para la comunicación de los CPE/Slave de los usuarios finales en baja tensión.

Modo

Un MV Gateway trabaja en un rango de frecuencias entre 3 MHz a 34MHz, en el cual encontramos que un modo es un rango del espectro de la frecuencia en la que trabaja el MV Gateway para poder establecer una comunicación con un MV Gateway contiguo.

En el diseño de la red BPL se recomienda trabajar con los modos 1, 2 y 3 para la comunicación entre los módulos en media tensión y el modo 10 para el módulo de baja tensión.

Los modos operan en las siguientes frecuencias:

- Modo 1: 3 – 13 MHz
- Modo 2: 13.5 – 23.5 MHz
- Modo 3: 24 – 34 MHz
- Modo 10: 2 – 12 MHz

El MV Gateway también puede ser utilizado como repetidor. Es necesaria la implementación de un repetidor cuando la señal de transmisión se atenúa y una baja conectividad en un periodo determinado.

Virtual LAN (VLAN)

El MV-Gateway es un equipo de comunicación que soporta VLAN's bajo el protocolo 802.1Q y las diferentes configuraciones dependen del tipo de dato que se quiere transmitir entre los cuales encontramos:

- VLAN reservadas (para uso de protocolos BPL)
- VLAN de administración
- VLAN de Datos
- VLAN de Voz

Esquema de Direccionamiento IP de Administración

Para este diseño se recomienda un esquema de direccionamiento IP ordenado, escalable y de fácil entendimiento para cualquier administrador de la red.

La dirección IP que se sugiere es la 10.0.0.0 de clase A con máscara 255.0.0.0; de esta forma se puede establecer las siguientes subredes:

- Dirección IP: 10.1.0.0/16 para la fase A
- Dirección IP: 10.2.0.0/16 para la fase B
- Dirección IP: 10.3.0.0/16 para la fase C

Además para tener una mejor administración el 3 octeto puede hacer referencia al transformador en donde estará ubicado el MV Gateway siempre añadiéndole el número 1 adelante del número del transformador y el último octeto dependerá del modulo en donde se definirá la IP de administración los cuales pueden ser 1, 2, o 3 [5].

8. Análisis Financiero y Rentabilidad

El objetivo de determinar un análisis financiero es poder establecer la viabilidad del proyecto que utiliza tecnología BPL, teniendo en consideración su entorno.

Monto de la inversión

El monto de inversión del proyecto se presenta en la tabla a continuación.

Tabla 3. Monto de Inversión

Descripción	Total
Equipos de Comunicación	$103,645
Transporte de equipos	$ 250
Curso de Instalación	$ 120
Mano de Obra Ingeniería e Inducción	$ 3,800
Cableado	$ 0
Registro de Nodos	$ 200
Total de Inversión	**$ 108,015.00**

Proyección de ventas

En la proyección de ventas es necesario determinar una lista de precios que involucre todos los servicios que se ofrecerán a los clientes finales, una proyección de clientes, ingresos y egresos.

Lista de precios

Los servicios principales que se ofrecerán son Internet y Telefonía

Para determinar la lista de precios que compitan con el mercado ecuatoriano, se tomo como referencia 4 empresas importantes con diferentes tecnologías.

Adicional a los planes de Internet se proyectó un decremento del 25% anual del valor a pagar durante 5 años, dado que el precio de los kbps que se alquilan para la salida internacional también disminuyen.

Con respecto a los precios de los planes de Telefonía y los servicios adicionales, estos se mantienen constantes durante la proyección de 5 años.

Proyección Clientes

En la proyección de clientes se estima que el primer año se abarque la mayor cantidad de usuarios para el servicio de Internet, teniendo como ventaja que la urbanización no cuenta con otras empresas que ofrezcan este servicio.

Por otro lado para el servicio de Telefonía la proyección es menor ya que la empresa Linkotel se encuentra posesionada en este sector y es poco probable que un usuario final decida cambiar de proveedor telefónico. En los siguientes años se estima un crecimiento paulatino.

Proyección Egresos

Para la proyección de egresos se evaluó los siguientes parámetros:

- Mantenimiento Correctivo/Preventivo de la Infraestructura anual
- Contrato comercial con la empresa eléctrica por la utilización del cable eléctrico por la transportación de los datos
- Alquiler de E1, el valor disminuyen un 75% anual y estos serán contratados a medida que la demanda aumente.
- Equipos Finales se adquieren dependiendo del crecimiento de los clientes.

Por otro lado no se estimó contratación de nuevos empleados para la atención de los clientes durante los primeros 5 años, sacrificando en cierta forma el tiempo de atención a las llamadas de los clientes, más no la calidad en el servicio.

Al realizar la proyección de ingresos y egresos se puede determinar la utilidad neta de cada año, en donde solo el primer año se obtiene un saldo en contra de **8,255.51** dólares de Estados Unidos

Tabla 4. Utilidad Neta

	Ingresos	Egresos	Utilidad Neta
Año 1	$ 47,484.49	$ 55,710.00	**-$ 8,225.51**
Año 2	$ 50,958.75	$ 33,400.00	**$ 17,558.75**
Año 3	$ 110,926.53	$ 34,336.00	**$ 76,590.53**
Año 4	$ 113,236.38	$ 33,928.40	**$ 79,307.98**
Año 5	$ 112,838.49	$ 32,178.40	**$ 80,660.09**

Rentabilidad

De acuerdo con los cálculos se trabajara con una tasa de interés del 9.7612%, obteniendo los resultados mostrados en la siguiente tabla

Tabla 5. Tasa de Interés

Período	Utilidad Neta
Inversión	-108,015.00
Año 1	-8,225.51
Año 2	17,558.75
Año 3	76,590.53
Año 4	79,307.98
Año 5	80,660.09
Tasa de Interés: 9.7612%	

El Valor actual neto (VAN) es el procedimiento que permite calcular el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros, deducido del valor de la inversión actual.

El VAN que se obtuvo es $ 56,721.04, un valor positivo lo cual indica que el proyecto es viable y nos traerá ganancias

La Tasa Interna de Retorno o tasa interna de rentabilidad (TIR) de la inversión es de un 23.40%, por lo que se deduce que la rentabilidad del proyecto es mayor a la de la tasa de interés del banco, lo que implica que es factible la aprobación de dicho proyecto.

9. Conclusiones

La tecnología BPL es una alternativa confiable para el despliegue de redes de banda ancha en zonas de difícil acceso, aprovechando la capilaridad del tendido eléctrico.

BPL actualmente está en capacidad de soportar y distribuir tráfico de voz y datos.

El alcance de esta tecnología está condicionado a las topologías y elementos utilizados en el diseño de las redes de distribución eléctrica, lo cual se convierte en una limitante para que BPL pueda transportar de manera efectiva el tráfico de video a múltiples usuarios.

En lo que respecta a la modulación más eficiente, OFDM permite que la tecnología BPL pueda coexistir en medios donde puedan verse perturbadas determinadas emisiones de radiofrecuencia, ya que se puede controlar el uso del espectro en el que se desea o se sugiere operar.

En el análisis financiero aplicado a este proyecto se pudo determinar que el despliegue de esta tecnología es rentable y favorable para cualquier ISP que cuente con las licencias respectivas, aplicando los planes y precios residenciales que actualmente existen en el mercado ecuatoriano.

10. Recomendaciones

En el momento de analizar una red eléctrica para la implementación de BPL se debe considerar que la red más óptima es aquella que cuente con transformadores de gran capacidad. Esto se traduce en un ahorro económico en lo que respecta a la adquisición de equipos BPL como acopladores y MV-Gateway. La carga administrativa de los equipos en la red de acceso también se reduce.

Para asegurar el rendimiento de la red BPL es necesario la instalación de un filtro en cada vivienda evitando que el ruido producido por los electrodomésticos perturbe la señal transmitida.

Este tipo de proyecto se recomienda que lo realicen empresas de telecomunicaciones que tengan principalmente la concesión de servicio portador y la concesión de telefonía fija ya que estas dos concesiones son las más caras en el Ecuador.

Hay que tener en consideración que si se quiere realizar un despliegue de esta tecnología a nivel nacional se debe firmar un contrato comercial con cada empresa dueña del área de concesión de la distribución de energía eléctrica.

Para asegurar la rentabilidad de un proyecto de este tipo, el índice de penetración por clientes en el primer año deberá ser mayor que el 50% en relación al número total de viviendas que se encuentran dentro del área de cobertura.

11. Agradecimientos

A nuestros padres y hermanos y a todas aquellas personas que nos apoyaron y ayudaron en el transcurso de este trabajo.

12. Referencias

[1] Corinex Communications Corp, *"Corinex User Guide – Medium Voltage Access Gateway"*, pag 12 – 25, Octubre 2008.

[2] WIKIPEDIA, *"Shannon-Hartley theorem"*, http://en.wikipedia.org/wiki/Hartley%27s_law#Hartley.27s_law, 2009.

[3] Andrea Moncayo, Braulio Rivero, *"Diseño y Análosis de una red de banda ancha utilizando tecnología BPL en la urbanización residencial y privada Vía al Sol",* Anexo E, 2010

[4] Andrea Moncayo, Braulio Rivero, *"Diseño y Análosis de una red de banda ancha utilizando tecnología BPL en la urbanización residencial y privada Vía al Sol",* pag. 91 - 93, 2010

[5] Andrea Moncayo, Braulio Rivero, *"Diseño y Análosis de una red de banda ancha utilizando tecnología BPL en la urbanización residencial y privada Vía al Sol",* pag. 108 - 120, 2010