

7 Justificación de la inversión en BPL en México

7.1 Alcance del servicio

Lo más importante para definir el alcance, esta basado en el tipo de servicios que puede proveer CFE considerando calidad, cobertura y modo de conexión a los proveedores de telecomunicaciones. CFE ha desarrollado una extensa red interestatal de fibra óptica que le permite poner a disposición de los operadores de telecomunicaciones capacidad de transporte y otros servicios a través de su red nacional de fibra óptica, e incluso proveerlo por cuenta propia. A pesar del cuantioso monto requerido para el despliegue de la inversión en la infraestructura eléctrica, su puesta en servicio para arrendamiento tiene un costo marginal para la CFE, debido a que la fibra óptica existente no es usada en su totalidad y el único fin por el cual fue instalada es el de lograr una eficiente operación de la red eléctrica, por lo que el costo del uso para este fin no debe de ser cuantioso. Así mismo considerando que CFE tiene presencia a nivel nacional y sus trayectos en la red de distribución son largos y expuestos no se considera utilizar trayectorias de alta tensión para BPL esta misma consideración se hace en otras partes del mundo, por tal motivo se pretende llevar el servicio por la fibra de CFE o de un proveedor de telecomunicaciones, hasta la subestación eléctrica y de ahí a los conductores de media tensión para el transporte y baja tensión hasta los hogares considerando su área de cobertura. Finalmente es importante acotar que es necesario llevar acabo análisis técnico en media y baja tensión por cada área geográfica potencial en donde se requiera brindar el servicio, en el entendido de que habrá sitios con mayor potencial que otros.

7.2 Diseño de Red

En este análisis se considera el modelo de línea sin pérdidas, derivado de la recomendación de los fabricantes de incluir repetidores en la trayectoria cuyas distancias no rebasan 1km, lo cual encaja perfectamente con la pérdida que sabemos se establece de 1 dB/Km en las líneas de transmisión, incluso algunos fabricantes señalan como máximo 500 metros de distancia entre repetidores, por lo que el enfoque será guardar esta regla. Con esta consideración y con el análisis previo realizado en el punto de líneas de transmisión ignoramos las pérdidas por resistencia y conductancia, es decir $R = G = 0$, así en la ecuación de la constante de propagación al no existir pérdidas $\alpha = 0$. Como ya se menciono la solución no emplea trayectorias de alta tensión, exclusivamente media y baja tensión, por lo que para llevar el servicio de Internet al usuario final se conformara de tres partes fundamentales:

- Acceso de Internet de banda ancha llevado hasta la subestación eléctrica.
- Transporte de la señal de Internet con tecnología BPL en Media y Baja Tensión hasta el usuario final.
- Recepción de la señal de Internet en los contactos eléctricos con tecnología BPL.

Acceso de Internet de banda ancha llevado hasta la subestación eléctrica

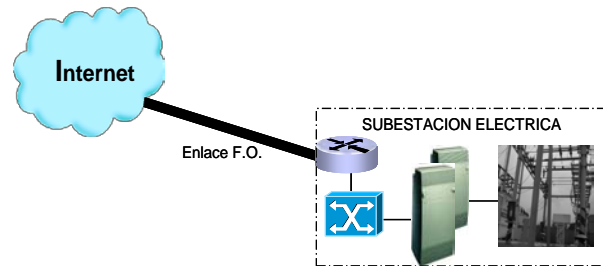


Fig. 7.2.a - Acceso de Internet

De acuerdo a la cantidad de usuarios seleccionaremos una conexión de Internet de alta tasa de transmisión de datos que sobre suscrito tenga la capacidad de proveer del ancho de banda suficiente para llevar el servicio al usuario final con una buena calidad de servicio. El acceso de telecomunicaciones deberá ser fibra óptica en cualquiera de sus modalidades, la tecnología podrá ser acorde a las características de infraestructura del proveedor del servicio, considerando la que permita brindar la mejor relación costo beneficio en cuales quiera de las siguientes modalidades:

- Enlace de Internet E3 (PDH 34 Mbps)
- Enlace de Internet STM-1 (SDH 155 Mbps)
- Enlace de Internet STM-4 (SDH 622 Mbps)
- Enlace de Internet STM-16 (SDH 2.5 Gbps)
- Enlace de Internet STM-64 (SDH 10 Gbps)
- Enlace de Internet STM-256 (SDH 40 Gbps)
- Enlace de Internet CARRIER ETHERNET (30 Mbps – 1 Gbps)

Además debe incluir:

- Un equipo router para el manejo del direccionamiento IP y con los puertos necesarios de WAN y LAN correspondientes.
- Un servidor de administración en ambiente cliente servidor.

Transporte de la señal de Internet con tecnología BPL en Media y Baja Tensión hasta el usuario final

A continuación son señalados los tres componentes fundamentales para la transmisión de datos sobre la red de energía eléctrica, con base en la función que cumple cada uno de ellos para proveer el servicio:

- Inyector de señal BPL
- Repetidor de señal BPL
- Extractor de señal BPL

El **inyector** de señal BPL es típicamente un concentrador montado en un poste, recibe la interfaz de datos que proviene del servicio de Internet, dentro del cual se lleva a cabo la transmisión y recepción de la señal operando en diferentes frecuencias una de la otra de manera full duplex. El inyector convierte la señal en un formato usado para la transmisión en líneas eléctricas de media tensión, esta acción se conoce como multiplexación por división de frecuencias ortogonales (OFDM), la

cual consiste en una serie de modulación de portadoras usando binary phase shift keying (BPSK), de esta forma las portadoras son acomodadas en dos bloques de frecuencias, de donde un bloque es empleado para transmisión downlink y el otro para uplink. Por otro lado como es de suponer el inyector es bidireccional por lo tanto también cumple la función inversa, convierte la señal OFDM en el formato de Internet. El **repetidor** BPL se instala aproximadamente entre 1000 y 2500 pies (304.8 y 762 metros) a lo largo de la línea de Media Tensión, el propósito es amplificar y estabilizar la señal, aunque en términos generales podemos hablar de regenerar y eliminar la distorsión. El **extractor** BPL provee la interfase entre las señales portadoras de las líneas de media tensión y el sitio del usuario, está típicamente localizado en el lado de baja tensión después del transformador, algunos extractores incluyen un repetidor para garantizar el nivel suficiente de intensidad en la transmisión. Algunos extractores incluyen tecnología WIFI para extender cobertura a un grupo de usuarios.

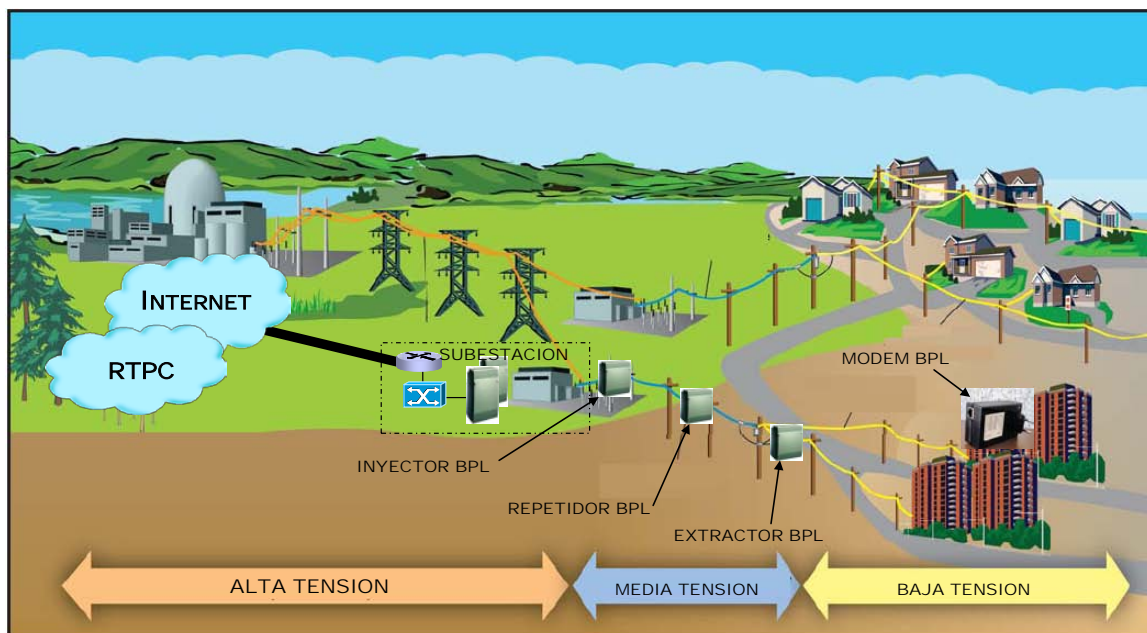


Fig. 7.2.b - Diagrama de conexión de BPL

Recepción de la señal de Internet en los contactos eléctricos con tecnología BPL

En el lado del usuario residencial u oficina se comporta como una red full duplex, el MODEM o dispositivo de usuario proporciona el acceso a Internet a través de una conexión Ethernet o USB que a su vez es conectada al computador, también puede tener aplicaciones telefónicas a través de un Gateway situado en algún punto en el backbone de acceso de Internet o del proveedor del servicio.



Fig. 7.2.c - Modems BPL

Tipos de Soluciones

En Media y baja tensión nos referimos a la solución de banda ancha como acceso BPL, sin embargo toma diferentes nombres de acuerdo a su aplicación, in-house BPL (casa u oficina), End-to-End BPL (soluciones de punta a punta) o hybrid BPL en el caso de ser combinada.

La solución BPL puede tener modalidades para su implementación que serán seleccionadas de acuerdo a las características de la tecnología o de la solución requerida en el sitio, la opción 1 es un bypass y lo que se hace es evitar al transformador para que la señal de alta frecuencia no se atenúe ya que hemos visto anteriormente este actúa como filtro paso bajo (como es el caso de CURRENT Technologies equipment), en el caso 2 la señal pasa a través del transformador y el equipo logra extraerla del mismo así como regenerarla para su operación (como ocurre con la tecnología MainNet Communications Equipment) y finalmente el caso 3 conocida como la solución híbrida, que solo emplea las líneas de tensión media y la parte de baja tensión se sustituye por acceso inalámbrico hasta el usuario final (como es caso de la tecnología Amperion).

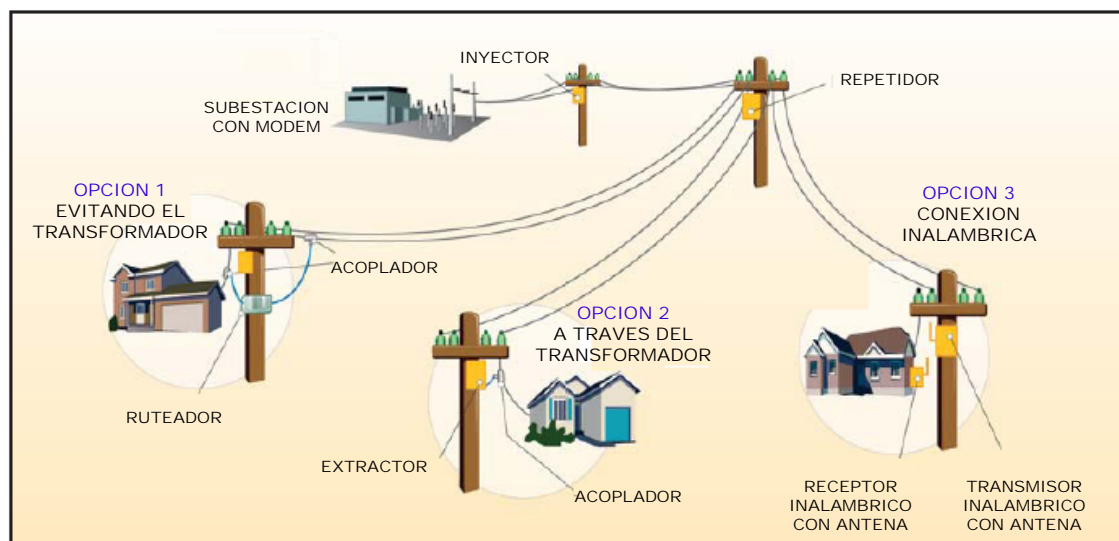


Fig. 7.2.d - Opciones de conexión

Considerando que el objetivo principal es proveer un servicio que contribuya a poner al alcance de usuarios servicios que hoy día son de difícil acceso por geografía o por el poder adquisitivo, se considera ofrecer una solución basada en telefonía sobre Internet.

Cálculo

Se establecen los siguientes parámetros:

- La solución está pensada para VoIP, aunque es posible conectar ordenadores a la solución y contar con salida a Internet en cuyo caso es necesario llevar una buena administración del servicio en relación al ancho de banda contra los usuarios finales, pero hay que recordar que hablamos de sitios de bajo poder adquisitivo por lo cual no se considera regular que cuenten con equipos de computo, salvo escuelas o negocios.
- Se considera un ancho de banda por sitio de 64 kbps (codec G.711) tomado en cuenta que es el mismo ancho de banda empleado para cada canal de voz en un E1 de troncales digitales, aunque para este fin se puede soportar 32, 16 u 8 Kbps.
- Así considerando un ancho de banda de 100 Mps nos permitiría proveer poco más de 1,560 canales de voz de 64 kbps simultáneos, aunque sobre suscrito proporciona buen desempeño, y obtenemos una capacidad de 6240 teléfonos VoIP o usuarios telefónicos, suficiente para cubrir 6000 hogares y contar con el ancho de banda suficiente.

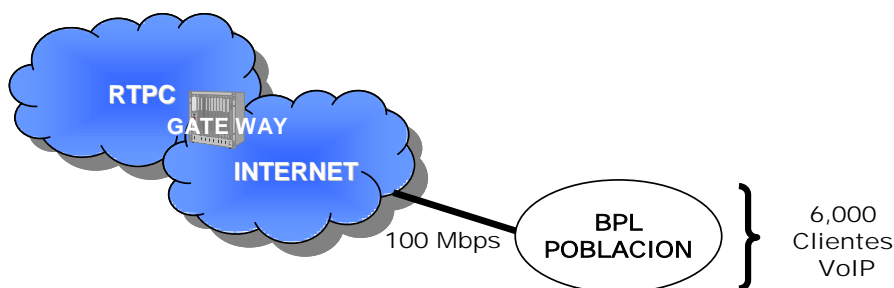


Fig. 7.2.e - Topología para 6000 servicios.

Consideraciones:

Trafico hora pico telefónicas

5 Llamadas por cliente
3 Minutos promedio de duración

- $ERLANGS = [(\# \text{ Llamadas por Cliente}) \times (\text{min. duración promedio})] / 60$
- $[(5 \text{ Llamadas por Cliente}) \times (3 \text{ min. duración promedio})] / 60 = .25 \text{ Erlangs}$
- $.25 \text{ Erlangs} \times 6,000 \text{ Clientes} = 1,500 \text{ Troncales}$

Nota: 1 Erlang = 1 hora de trafico

- **Canales VoIP de 64 Kbps (Codec G.711)**
- **1500 Troncales con 64 Kbps de ancho de banda (1500 x 64 Kbps = 96 Mbps)**
- **Se requieren 100 Mbps, es posible considerar un enlace de Internet STM-1 (155 Mbps)**

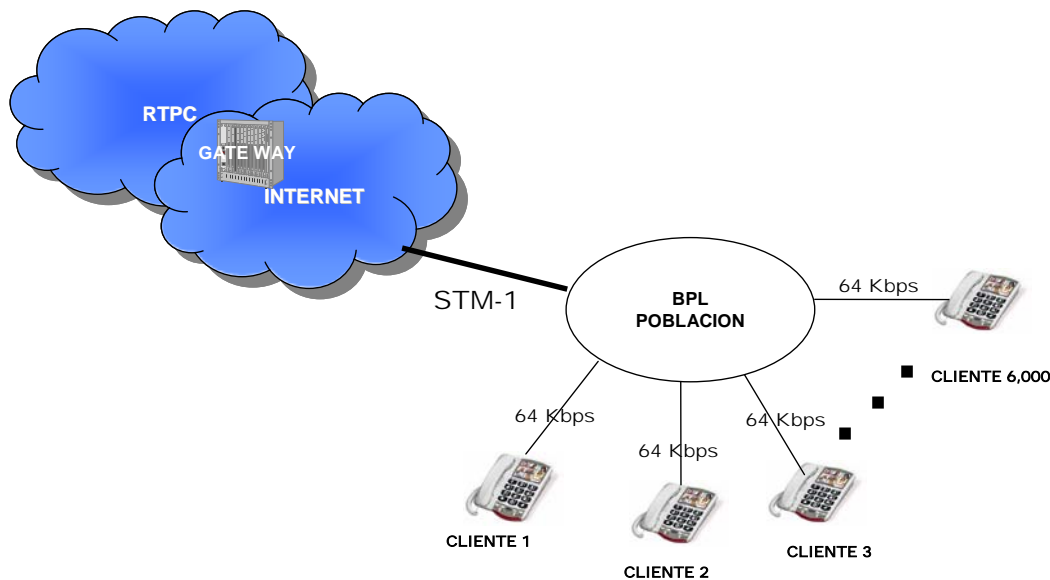


Fig. 7.2.f - Topología de conexión, ancho de banda por servicio

7.3 Equipos recomendados

Hasta el momento los proveedores de equipo son propietarios de su propia tecnología; resulta obvia la creación de un sistema abierto, sin embargo existen organizaciones dedicadas al desarrollo de estos estándares de equipamiento y de interconexión de BPL en el mundo. Por ejemplo Homeplug Power Line Alliance fundada en Marzo 2000, es una asociación de empresas comprometidas con BPL y cuenta con 65 miembros proveedores de tecnología entre los que se encuentran Comcast, Intel, Linksys, Motorola, Radio Shack, Samsung, Sharp y Sony. Esta alianza definió una serie de estándares como: HOME PLUG 1.0, especificación para la conexión de dispositivos a través de las líneas eléctricas dentro del hogar, HOMEPLU AV diseñado para la transmisión de HDTV y VoIP dentro del hogar. HOME PLUG BPL define un grupo para impulsar el servicio de banda ancha dentro del hogar. Como es posible observar el estándar esta enfocado mas a un sistema Indoor, y no considera la separación de las frecuencias, por lo que no casa con el estándar Europea que claramente contempla Fibra Óptica + BPL. La plataforma de BPL se ha probado con resultados satisfactorios en numerosos países, como en varias ciudades de España como Barcelona, Madrid y Zaragoza, donde están trabajando seriamente a través de las empresas Iberdrola y Endesa. Actualmente están desarrollando proyectos en Francia que pretende llevar Fibra Óptica más BPL a baja tensión a 300,000 hogares en los suburbios de Paris. El equipo recomendado definitivamente será de aquellos empleados por las agrupaciones de Europa que promueven BPL ya que la solución planteada en este documento se basa en Fibra Óptica mas BPL con soluciones Híbridas. Por otro lado, para tomar una decisión exacta habrá que hacer una evaluación técnica del desempeño de las tecnologías para determinar aquella que sea más adecuada a las características de nuestra infraestructura.

7.4 Tipos de servicios recomendados

Es necesario recordar que la red telefónica tiene menor cobertura y atiende en sectores de buen poder adquisitivo, por lo tanto la apuesta va sobre un servicio

VoIP de bajo costo, aunque al contar con Internet es posible pensar en todas las aplicaciones que hoy día corren sobre TCP/IP (Video, Voz y Datos).

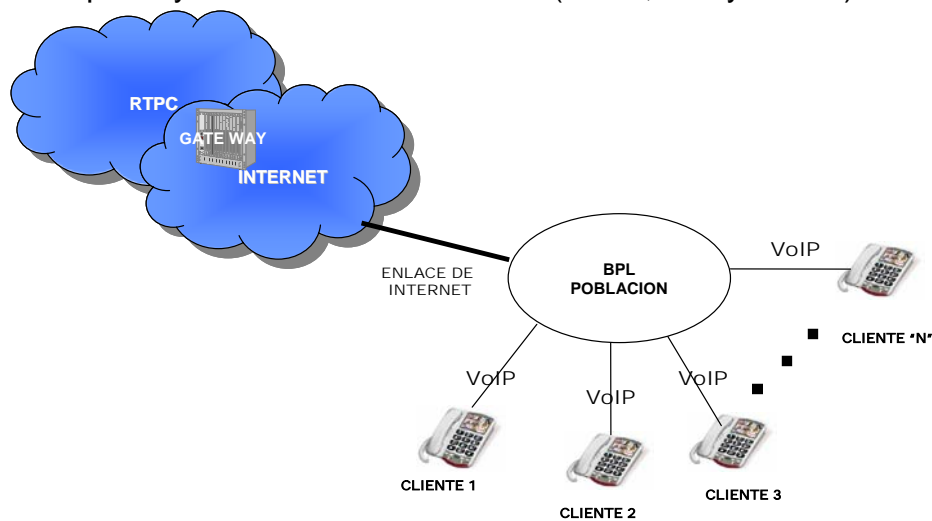


Fig. 7.4.a - Topología de conexión general VoIP

7.5 Costo de los servicios al usuario final

Se considera una ciudad que cuenta con una subestación eléctrica, alrededor de 6000 hogares, recorridos de media y baja tensión de aproximadamente 48 Kms y costos accesibles al usuario final, con el objetivo de mejorar la teledensidad en nuestro país.

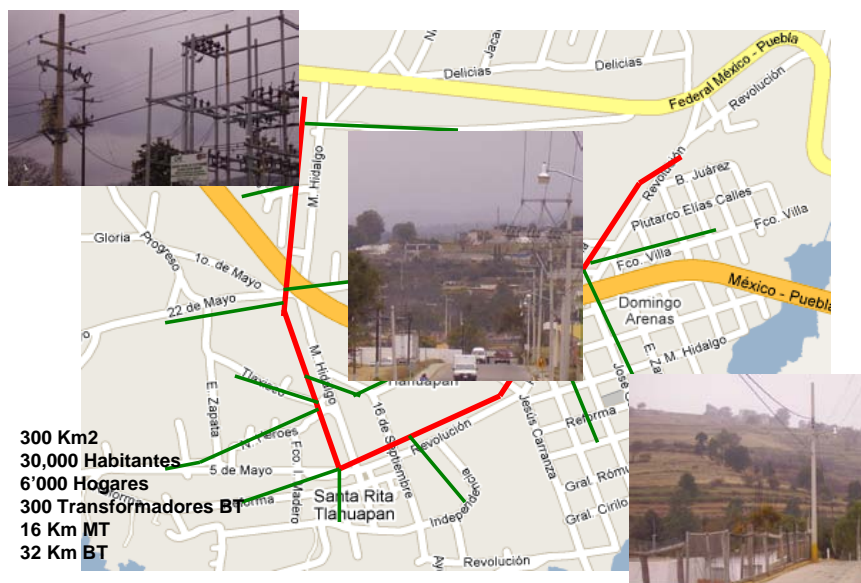


Fig. 7.5.a - Población ejemplo para análisis

- Se trata de un servicio telefónico VoIP con una renta mensual fija, las llamadas locales y larga distancia no tienen costo, ya que el Gateway del proveedor lo debe de sacar en la localidad destino, o conectarlo a un usuario VoIP de sus mismas características.
- Servicio a 6000 sitios.
- 16 Kms de Tensión media a lo largo de la población.

- 32 Kms de Baja Tensión.
- 300 transformadores en la red.
- Repetidores cada 500 mts.

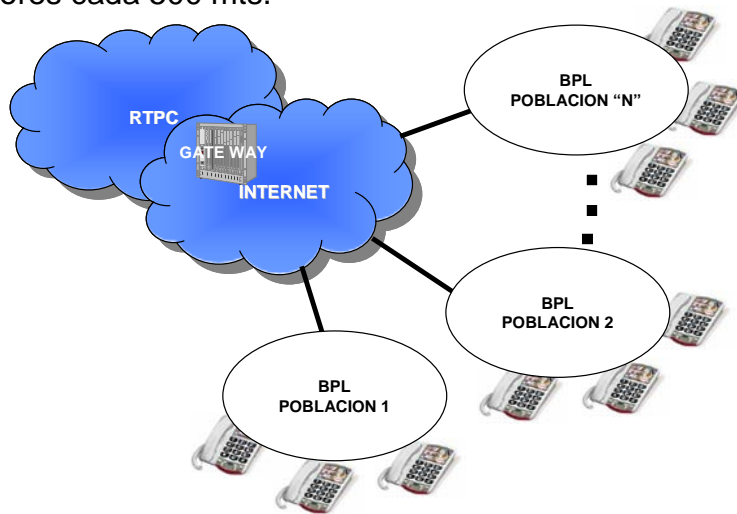


Fig. 7.5.b - Topología de conexión entre nubes BPL

A continuación se anexa el cálculo de renta mensual sobre este tipo de servicios:

		CANTIDAD	INVERSION	RENTA MENSUAL
SERVICIO DE INTERNET	ENLACE 100 Mbps	1	\$ 10,800,000.00	\$ 180,000.00
	PUERTO DE INTERNET	1		
	Ruteador Cisco Serie 7000	1		
	SERVIDOR DE ADMINISTRACION	1		

		CANTIDAD	PU	Total x partida	INVERSION	RENTA MENSUAL
TECNOLOGIA BPL	Acoplador BPL	900	\$ 140.00	\$ 126,000.00	\$ 5,573,190.00	\$ 111,463.80
	Inyector BPL	3	\$ 370.00	\$ 1,110.00		
	Repetidor BPL	96	\$ 480.00	\$ 46,080.00		
	Modem BPL	6000	\$ 480.00	\$ 2,880,000.00		
	TELEFONO VoIP BPL	6000	\$ 420.00	\$ 2,520,000.00		

SUB TOTAL	\$ 291,463.80
INSTALACION OPERACION Y MANTENIMIENTO	\$ 43,719.57
UTILIDAD	\$ 58,292.76
TOTAL	\$ 393,476.13
RENTA MENSUAL USUARIO FINAL	\$ 65.58

Nota: Cifras en pesos moneda nacional a mayo 2010

El despliegue de tecnología mantiene las siguientes consideraciones:

SERVICIO DE INTERNET:

- Incluye todas las partidas del recuadro y está considerado a cinco años.
- El costo de la inversión está convertida a meses con un factor financiero del 20%.
- El precio considera que el servicio lo da un proveedor de telecomunicaciones, si la solución fuera provista por CFE, bajaría considerablemente.
- En este caso incluye mantenimiento y sustitución de cualquier elemento necesario para dar continuidad al servicio.

TECNOLOGIA BPL:

- El total de unidades por equipo esta considerado de acuerdo al ejemplo con las variables señaladas en el documento.
- El precio de compra al proveedor de la tecnología, es a precio de volumen.
- El costo de la inversión esta convertida a meses con un factor financiero del 20%.

PRECIO FINAL INCLUYE:

- 15% de instalación y mantenimiento.
- 20% de utilidad.
- Un total de 6000 usuarios inscritos.

CRECIMIENTO:

- De acuerdo a la penetración del servicio, el punto de equilibrio se da al contar con un servicio INTERNET bajo demanda, negociado previamente con el proveedor de telecomunicaciones o configurado así, por CFE.

PENETRACION:

- Solicitar sea incluido en las campañas publicitarias del Gobierno Federal como un beneficio social.