

RESUMEN

En nuestro país se ha presentado la necesidad urgente de crear normas para la nueva tecnología BPL (Broadband over powerline), la cual es de interés para varias empresas del país, para nuestra ciudad podemos citar a la Empresa de distribución y comercialización de energía eléctrica Centrosur como una de las más interesadas en la misma. BPL al ser nueva en nuestro país no posee reglas o normas de regulación y de control de acuerdo a las condiciones que presenta nuestro entorno, razón por la cual se debe desarrollar una investigación teórico práctica que ayude a formular estos principios para poder trabajar sin violar los estándares de otras actividades que utilizan bandas de frecuencia que pueden ser interferidas con el funcionamiento de esta tecnología. BPL (broadband over powerline) permite el acceso a la Internet por medio de la red eléctrica existente.

Palabras Claves: Internet, PLC, BPL, acceso, banda hancha, Centro Sur, Supertel.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA DE ELECTRICA

“NORMATIVAS DE LA TECNOLOGÍA BPL PARA LA SUPERINTENDENCIA DE TELECOMUNICACIONES REGIONAL SUR”

Tesis previa a la obtención del título

De Ingeniera Eléctrica

AUTORA:

LUCIA CRIOLLO

DIRECTOR:

ING. JUAN ANDRADE

CUENCA-ECUADOR 2010



UNIVERSIDAD DE CUENCA

LUCIA CRIOLLO



UNIVERSIDAD DE CUENCA

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA DE ELECTRICA

“NORMATIVAS DE LA TECNOLOGÍA BPL PARA LA SUPERINTENDENCIA DE TELECOMUNICACIONES REGIONAL SUR”

AUTORA:

LUCIA CRIOLLO

TUTORES:

ING. ESTEBAN COELLO

ING. FABIAN BRITO

ING. JAIME CAMPOS

Esta tesis es responsabilidad
de:

.....

Lucia Criollo

Este trabajo fue realizado
bajo la dirección del Ing. Juan
Andrade

.....

Ing. Juan Andrade
DIRECTOR

DEDICATORIA

Con el amor y respeto que se merecen, dedico este trabajo a mi madre , a mis hermanos, a mi abuelita y a Robinson porque siempre han estado junto a mi apoyandome de alguna manera e impulsandome para que culmine con mis sueños.

Y en especial a ARIANNITA, por ser la inspiracion de todos mis pasos y porque ella es el ser que ilumina mi vida.

AGRADECIMIENTOS

- ✿ Ante todo le agradezco a DIOS por haberme dado la vida y con ello la oportunidad de luchar por este sueño.
- ✿ A la Universidad de Cuenca que me brindo la oportunidad de formar parte de una carrera tan linda y me dio diversas facilidades para culminar con la misma y de esta manera servir a mi ciudad.
- ✿ A mi madre porque desde que mi padre falleció ha sabido superar diversos obstáculos para sacarnos adelante. Pero además nos ha inculcado un gran deseo de esperanza, esfuerzo y sobre todo superación.
- ✿ A mis profesores por haberme brindado sus conocimientos durante estos años ayudándome a formarme adecuadamente en mis estudios académicos.
- ✿ A la Superintendencia de Telecomunicaciones, en especial al Ing. Fabián Brito Intendente Regional Sur porque me brindo las facilidades para realizar mi tesis en esta entidad, al Ing. Esteban Coello quien fue el tutor que se me designo y me apoyo en todo este proyecto, al Ing. Erick Feican quien con paciencia me ayudo a la realización de la parte practica de mi tesis, de la misma manera a la Ing. Flor Mora.

- ✿ A la Empresa Regional Centro Sur y en su nombre al Ing. Michael Cabrera quien me encamino en el tema de mi tesis, al Ing. Jaime Campos quien actuó en calidad de mi tutor, al Ing. Santiago Cordero y al Ing. Santiago Tapia quienes me ayudaron en las pruebas realizadas.
- ✿ Al Ingeniero Juan Andrade por haber sido un excelente profesor que me guio y me ayudo a sacar adelante este proyecto en calidad de mi director de tesis.
- ✿ A todos mis compañeros y amigos de la carrera porque siempre estuvimos en las buenas y en las malas para salir adelante juntos.

INDICE DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTOS.....pag. 6

DEDICATORIA.....pag. 7

CAPITULO 1

1.1 INTRODUCCION.....pag.16

1.2 ANTECEDENTES.....pag.16

1.3 ALCANCE.....pag.17

1.4 JUSTIFICACION.....pag.17

1.5 OBJETIVOS.....pag.18

1.5.1 Objetivos generales.....pag.18

1.5.2 Objetivos especificos.....pag.19

1.6 SUMARIO.....pag.19

CAPITULO 2: “TEORIA SOBRE TECNOLOGIA BPL”

2 TECNOLOGIA BPL.....pag.22

2.1 CONCEPTOS DE TECNOLOGIA BPL.....pag.22

2.2 PRINCIPIOS GENERALES DE FUNCIONAMIENTO.....pag.23

2.3 ARQUITECTURA DE RED PARA BPL.....pag.24

2.4 REDES DE DISTRIBUCION.....pag.27

2.4.1 Línea de alimentación de bajo voltaje.....	pag.28
2.4.2 Línea de alimentación de media tensión.....	pag.29
2.5 ASPECTOS RELEVANTES CON LA TECNOLOGIA BPL.....	pag.30
2.5.1 Banda excluida	pag.31
2.5.2 Zona de exclusión.....	pag.33
2.5.3 Área de consulta.....	pag.34
2.6 PROVEEDORES.....	pag.35
2.6.1 El nombre del proveedor de acceso BPL.....	pag.35

CAPITULO 3: MEDICIONES Y PARAMETROS TECNICOS DE LA TECNOLOGIA BPL

3.1 PARAMETROS TÉCNICOS GENERALES.....	pag.36
3.1.1 Frecuencia.....	pag. 37
3.1.2 Atenuación.....	pag.37
3.1.3 Ruido.....	pag.38
3.1.4 Interferencias.....	pag.39
3.1.5 Alcance.....	pag.40
3.1.6 Velocidad.....	pag.41
3.1.7 Radiaciones.....	pag.42
3.2 PRINCIPIOS DE PROPAGACION.....	pag.42
3.2.1 Propagación de Ondas.....	pag.43

3.2.2 Radiación Electromagnética.....	pag.43
3.2.3 Campos lejano y cercano.....	pag.44
3.3 EQUIPOS A UTILIZAR PARA LAS PRUEBAS.....	pag.46
3.3.1 Antenas utilizadas para medir BPL.....	pag.47
3.3.2 Amplificadores de Bajo Ruido.....	pag.49
3.3.3 Analizadores de Espectro.....	pag.49
3.3.4 Equipos BPL existentes en el Mercado.....	pag.52
3.4 LIMITES DE EMISION.....	pag.54
3.4.1 Líneas eléctricas de Medio Tensión.....	pag.54
3.4.1.1 Sistemas BPL a frecuencias en un rango de 1,705 kHz a 30 MHz	pag.54
3.4.1.2 Sistemas BPL a frecuencias en un rango superior a 30 MHz.....	pag.55
3.4.2 Líneas eléctricas de Baja Tensión.....	pag.56
3.5 PRUEBAS NECESARIAS PARA LOS REQUISITOS TECNICOS.....	pag.57

CAPITULO 4: PROCEDIMIENTOS PARA LAS MEDICIONES

4.1 ELABORACION DEL MANUAL DE PROCEDIMIENTOS para las pruebas.....	pag.58
4.2 PREPARACION DEL FORMULARIO PREVIO PARA LAS PRUEBAS.....	pag.59
4.3 PRUEBAS DE CAMPO	pag.65
4.4 ANALISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LAS PRUEBAS.....	pag.71

CAPITULO 5:

5.1 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	pag.97
5.2 REFERENCIAS.....	pag.102
5.3 ANEXOS.....	pag.107

TABLA DE ILUSTRACIONES

Figura 2.1.- Esquema de una red BPL o PLC.....	pag.22
Figura 2.2.- Sistema de Outdoor o de Acceso.....	pag.26
Figura 2.3.- Sistema Indoor.....	pag.26
Figura 2.4.- Modem.....	pag.27
Figura 2.5.- Líneas de media y baja tensión	pag.31
Figura 3.1.- Frecuencia de la red eléctrica y BPL.....	pag.36
Figura 3.2.- Antena tipo Loop SAS 564.....	pag.47
Figura 3.3.- Antena tipo Loop SAS 562 B.....	pag.48
Figura 3.4.- Analizador de espectros Anritsu Ms2724B.....	pag.50
Figura 3.5.- Analizador de espectros Agilent E7405A.....	pag.50
Figura 4.1.- Grafica by- pass RMS en el punto 1.....	pag.70
Figura 4.2.- Grafica by- pass Quase Peak en el punto 1.....	pag.73
Figura 4.3.- Grafica by- pass RMS en el punto 2.....	pag.74
Figura 4.4.- Grafica by- pass Quase Peak en el punto 2.....	pag.75
Figura 4.5.- Grafica on – off RMS en el punto 1.....	pag.76
Figura 4.6.- Grafica on – off Quase Peak en el punto 1.....	pag.77
Figura 4.7.- Grafica on – off RMS en el punto 2.....	pag.78
Figura 4.8.- Grafica on – off Quase Peak en el punto 2.....	pag.79

Figura 4.9.- Grafica on – off RMS en el punto 3.....	pag 80
Figura 4.10.- Grafica on – off Quase Peak en el punto 3.....	pag 81
Figura 4.11 Antena tipo loop en los puntos de trabajo.....	pag.82
Figura 4.12.- Grafica on RMS en el punto 1.....	pag 83
Figura 4.13.- Grafica on Quase Peak en el punto 1.....	pag 84
Figura 4.14.- Antena tipo Loop en las pruebas con BPL funcionando.....	pag. 85
Figura 4.15.- Equipos desplegados para BPL en funcionamiento.....	pag.86
Figura 4.16.- Grafica on Quase Peak a un metro de altura.....	pag.87
Figura 4.17.- Grafica on Quase Peak a tres metros de altura.....	pag.88
Figura 4.18.- Grafica on Quase Peak de la señal BPL.....	pag.89
Figura 4.19.- Grafica de la señal BPL y de la señal eléctrica.....	pag.90
Figura 4.20.- Grafica on Quase Peak del ruido.....	pag.91
Figura 4.21.- Grafica de la señal BPL en un rango de 1,7kHz a 30MHz.....	pag.92
Figura 4.22.- Grafica de la señal BPL en un rango de 1,7kHz a 10MHz.....	pag.92
Figura 4.23.- Grafica de la señal BPL en un rango de 10MHz a 20MHz.....	pag.93
Figura 4.24.- Grafica de la señal BPL en un rango de 15,4MHz a 17,9MHz.....	pag.93
Figura 4.25.- Grafica de la señal BPL en un rango de 20MHz a 30MHz.....	pag.93
Figura 4.26.- Grafica de dos señales BPL en un rango de 1,5kHz a 30MHz.....	pag.94

INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1.- Exclusión Bandas de Frecuencia de la FCC.....	pag.33
Tabla 3.1.- Frecuencia vs. Factor de antena.....	pag.46
Tabla 3.2.- Exclusión Bandas de Frecuencia de la FCC.....	pag.53
Tabla 3.3.- FCC limites de emisiones, 15.109.....	pag.54
Tabla 3.4.- FCC Límites de emisiones.....	pag.54
Tabla 4.1.- Tabla by- pass RMS en el punto 1.....	pag. 73
Tabla 4.2.- Tabla by- pass Quase Peak en el punto 1.....	pag.74
Tabla 4.3.- Tabla by- pass RMS en el punto 2.....	pag.75
Tabla 4.4.- Tabla by- pass Quase Peak en el punto 2.....	pag.76
Tabla 4.5.- Tabla on – off RMS en el punto 1.....	pag.78
Tabla 4.6.- Tabla on – off Quase Peak en el punto 1.....	pag.79
Tabla 4.7.- Tabla on – off RMS en el punto 2.....	pag.80
Tabla 4.8.- Tabla on – off Quase Peak en el punto 2.....	pag.81
Tabla 4.9.- Tabla on – off RMS en el punto 3.....	pag.82
Tabla 4.10.- on – off Quase Peak en el punto 3.....	pag.83
Tabla 4.11.- Tabla Grafica on RMS en el punto 1.....	pag.85
Tabla 4.12.- Tabla on Quase Peak en el punto 1.....	pag.86

Tabla 4.13.- Tabla on Quase Peak.....	pag.87
Tabla 4.14.- Tabla on Quase Peak.....	pag.88
Tabla 4.15.- Tabla on Quase Peak.....	pag.90
Tabla 4.16.- Tabla on Quase Peak.....	pag.91
Tabla 4.17.- Tabla de lo limites de emisión.....	pag.92
Tabla 4.18.- Tabla de la señal BPL en un rango de 1,7MHz a 30MHz.....	pag.93
Tabla 4.19.- Tabla de la señal BPL en un rango de 1,7MHz a 10MHz.....	pag.94
Tabla 4.20.- Tabla de la señal BPL en un rango de 10MHz a 20MHz.....	pag.95
Tabla 4.21.- Tabla de la señal BPL en un rango de 15,4MHz a 17,9MHz.....	pag.96
Tabla 4.22.- Tabla de la señal BPL en un rango de 20MHz a 30MHz.....	pag.97
Tabla 4.23.- Tabla de la señal BPL en un rango de 1,5MHz a 30MHz.....	pag.98

CAPITULO 1

1.1 INTRODUCCION

En nuestro país se ha presentado la necesidad urgente de crear normas para la nueva tecnología BPL (Broadband over powerline), la cual es de interés para varias empresas del país, para nuestra ciudad podemos citar a la Empresa de distribución y comercialización de energía eléctrica Centrosur como una de las más interesadas en la misma. BPL al ser nueva en nuestro país no posee reglas o normas de regulación y de control de acuerdo a las condiciones que presenta nuestro entorno, razón por la cual se debe desarrollar una investigación teórico práctica que ayude a formular estos principios para poder trabajar sin violar los estándares de otras actividades que utilizan bandas de frecuencia que pueden ser interferidas con el funcionamiento de esta tecnología.

2.1 ANTECEDENTES

Debido a la evolución de la tecnología actual y la necesidad de brindar el acceso a la internet a la mayor cantidad de usuarios, la Superintendencia de Telecomunicaciones (SUPERTEL), ve la necesidad de crear normativas de regulación para la tecnología BPL (Broadband over Powerline), para lograr que las empresas interesadas en utilizar esta tecnología lo hagan en mercados en la ley.

Actualmente y debido al desarrollo de la tecnología se presenta un interés de las compañías distribuidoras y comercializadoras de energía eléctrica por participar en el mercado de las telecomunicaciones y poder diversificar sus servicios, una de las empresas que se encuentra en fase de estudio e implementación de esta tecnología es la Empresa Eléctrica Centrosur, que desde hace mucho tiempo ha venido realizando pruebas en nuestro medio en diferentes sectores para poder arrancar con este proyecto, he aquí la necesidad de la existencia de las normas para una correcta implementación.

Debido a esta necesidad la SUPERTEL, pretende enfocar los esfuerzos para por medio de este proyecto, analizar una tecnología que si bien es cierto no es nueva, ha evolucionado considerablemente rápido en los últimos años, la tecnología BPL, cuyo objetivo es crear normas de regulación para un correcto funcionamiento sin ocasionar interferencia a otras servicios y tecnologías.

2.3 ALCANCE

Con este trabajo de investigación se pretende establecer normas de regulación de la tecnología BPL para la ciudad de Cuenca, y además se desea que se puedan expandir a todo el país debido a que aquí no se cuenta con normas que cumplan con todas las características propias, por esta razón se han venido utilizando normas internacionales que en muchas ocasiones no cumplen apropiadamente con las condiciones que se presentan en nuestro medio.

2.4 JUSTIFICACION

¿Para qué?

Una vez que se cuente con la regulación adecuada la SUPERTEL que es el ente de control de las telecomunicaciones en el Ecuador, estará en capacidad de monitorear y controlar el correcto

funcionamiento de las empresas que se dediquen a prestar servicios de telecomunicaciones a la ciudadanía mediante el uso de BPL.

La falta de regulación acerca de BPL hace que las empresas interesadas en usar esta tecnología no la puedan aprovechar de manera adecuada debido a posibles infracciones o interferencias que se pueden causar con el uso de estos equipos.

¿Por qué?

Debido a que a diferencia de otros países, en donde la tecnología BPL tiene una regulación clara (por ejemplo la FCC (*Federal Communication Commission*) de los Estados Unidos de América) en el Ecuador, por otro lado no se ha realizado una investigación seria sobre el tema.

Porque al tener reglas que cumplir tanto los equipos como los conocimientos pueden ser utilizados más provechosamente, adicionalmente esto permitirá establecer de manera clara y sustentada las bondades o defectos de esta tecnología.

2.5 OBJETIVOS

2.5.1 Objetivos generales

Establecer reglas y normas de aplicación y funcionamiento para la nueva tecnología BPL de acuerdo a las condiciones propias de la ciudad para su funcionamiento considerando las restricciones de la FCC (*Federal Communications Commission*).

1.5.2 Objetivos específicos

1. Realizar pruebas en las cuales se pueda apreciar el funcionamiento y comportamiento de los equipos en condiciones reales del medio, para monitorear y luego estudiar los resultados en los analizadores de espectro y de ahí obtener las conclusiones necesarias para emitir reglas y normas para el uso de esta tecnología en el país.
2. Comprobar con la SUPERTEL en coordinación con la Centrosur, en la ciudad hasta que límites se pueden aplicar las normas existentes emitidas por la FCC y de esta manera adecuarlas a nuestro medio.
3. Analizar el alcance que se puede tener con esta tecnología en nuestro medio dependiendo de las restricciones que se presenten en el uso de la misma.
4. Dependiendo de los resultados obtenidos en los objetivos anteriores, adecuar las normas emitidas por la FCC para otros países al nuestro.

1.6 SUMARIO

CAPITULO 1

INTRODUCCION

En este capítulo se pretende enfocarnos en los objetivos tanto generales como específicos, el alcance de la tesis a desarrollar, bajo los antecedentes existentes de esta tecnología así como en la necesidad de la creación de normas de regulación que se den bajo las condiciones de nuestro medio.

CAPITULO 2

TEORIA SOBRE TECNOLOGIA BPL

En este capítulo se definirá lo que es la tecnología BPL, los principios generales de funcionamiento, la arquitectura de la red BPL (red de datos y de distribución), además se estudiara las redes de distribución eléctricas, aspectos relevantes de esta tecnología y un análisis de los proveedores de equipos a nivel nacional e internacional.

CAPITULO 3

MEDICIONES Y PARAMETROS TECNICOS DE LA TECNOLOGIA BPL

En este capítulo se verán los parámetros técnicos generales, como son la atenuación, el ruido, las interferencias, el alcance, la velocidad, las radiaciones, además se estudiara los principios de propagación, y se tendrán los equipos a utilizarse para las pruebas, la configuración de los mismos y los limites de emisiones, además de que se establecerán las pruebas necesarias para los requisitos técnicos, en este paso se creará un borrador de lo que serán el manual y el formulario de procedimientos para las pruebas, debido a que después de realizar las mismas se podrá establecer una normativa que sea apropiada a nuestro entorno, tomando como base lo que señala la FCC siempre que sea la adecuada.

CAPITULO 4

PROCEDIMIENTOS PARA LAS MEDICIONES

Como ya se mencionó anteriormente en este capítulo se arrancará de los borradores para las pruebas de campo a realizarse, entonces una vez que se obtengan los resultados y como producto

mismo de esta tesis se establecerá el manual y el formulario definitivo que se entregará a la Superintendencia de Telecomunicaciones.

CAPITULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este capítulo se tendrán las recomendaciones y conclusiones que se obtengan al final de este proyecto.

REFERENCIAS

ANEXOS

CAPITULO 2

“TECNOLOGIA BPL”

BPL es una tecnología que permite la transmisión de datos y las comunicaciones en red a través de cableados eléctricos existentes que constituyen la red básica que ya está instalada y esto proporciona un beneficio al no ser necesario realizar instalaciones de grandes proporciones, aportando una disminución en costos y daños ambientales, sin embargo se debe tener en cuenta la inversión requerida en los activos para inyectar y regenerar la señal de HF a lo largo del cableado eléctrico, sea este de media o baja tensión.

2.1 CONCEPTOS DE TECNOLOGIA BPL¹

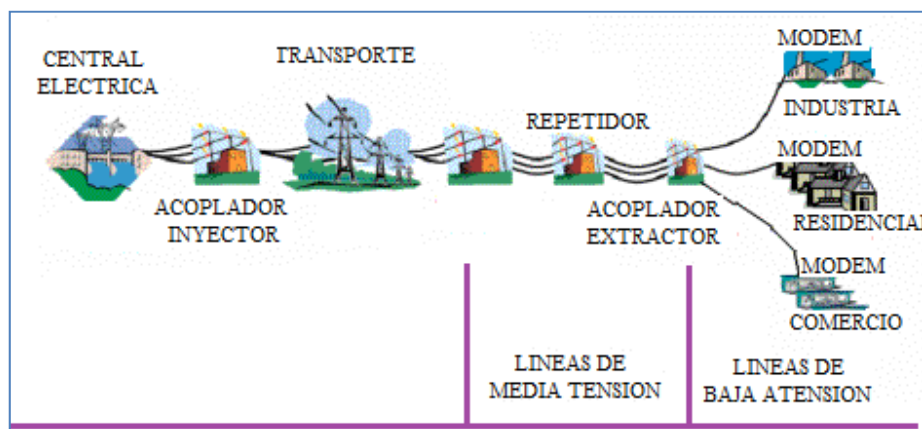


Figura 2.1. Esquema de una red BPL

¹ PLC Una tecnología nueva pero... con futuro? [En línea].2004. [Consultado el 23 de abril a las 11h00]. Disponible en: <http://www.uv.es/montanan/redes/trabajos/PLC.ppt> -

En la gráfica anterior podemos ver una red de tecnología de Banda Ancha por Línea Eléctrica (BPL) también llamada PLC (Comunicaciones por Línea Eléctrica), entrega señales de HF al cableado eléctrico, para conducir señales electromagnéticas a los hogares y negocios, es un sistema de transmisión que utiliza una infraestructura de transporte y distribución eléctrica clásica ya existente, para brindar a los clientes los servicios de un operador de telecomunicaciones. Se pretende alcanzar entre 1 y 1,5 Mbps por usuario particular, para de esta manera ofrecer servicios de acceso a la Internet, transmisión de datos a alta velocidad y telefonía IP.

Los usuarios finales, las empresas eléctricas y la sociedad, aparentemente tienen en esta tecnología la solución en la cual se combina voz, datos y energía a sus clientes, haciendo factible el uso de internet incluso para lugares en donde aún no se tiene telefonía fija, de esta manera se benefician de servicios avanzados y competitivos.

2.2 PRINCIPIOS GENERALES DE FUNCIONAMIENTO

Para realizar la distribución en bajo voltaje la tecnología BPL necesita de un MODEM (Modulador-Demodulador). Los defensores de esta tecnología dicen que esta provee algo que se conoce como costo-eficientemente sobre la última milla, debido a que la red eléctrica se encuentra ya distribuida, entonces con esta tecnología se pretende competir con tecnologías como ADSL (Línea Digital de Suscriptor Asimétrica) y cable, debido a que entrarían a trabajar en un mercado competitivo, sin embargo hasta la fecha los proyectos basados en BPL no han logrado grandes ingresos ni cantidad de clientes. Esto lo podemos evidenciar claramente en países que han realizado proyectos de aplicación de esta tecnología como es el caso de España que tenía dos empresas brindando este servicio, la compañía Epresa que comercializó BPL un tiempo mayor a Iberdrola que tenía unos pocos clientes pero actualmente han terminado con este servicio. En el caso de Estados Unidos el servicio de acceso a la Internet por medio de BPL

presenta diversos problemas de interferencias razón por la cual no se han obtenido los resultados esperados al implementar esta tecnología.

Es necesario entonces acondicionar infraestructuras eléctricas a fin que las mismas soporten dos tipos de señal simultáneamente sin que ambas se afecten; la de baja frecuencia (50 a 60 Hz) para transmisión de energía y la de alta frecuencia (30MHz) para transmisión de datos.

Se instalarán los servidores en las instalaciones donde se necesiten, los mismos que se conectan a Internet generalmente por medio de fibra óptica. El protocolo de nivel de red es IP. La red eléctrica básicamente está compuesta de tres tramos: baja, media y alta tensión; se utilizarán los tramos de media y de baja tensión, a este último en telecomunicaciones se lo conoce como última milla.

2.3 ARQUITECTURA DE RED PARA BPL

Para brindar BPL es necesario tener un MODEM cabecera en el centro de transformación eléctrica, compañía energética o subestación para enviar la señal, serán necesarios repetidores en media y baja tensión, al igual que se requerirán equipos que permitan el paso desde media a baja tensión en cada uno de los trafos, pero esto ocasionaría incrementos de equipos y costos, además cuando es mayor la distancia desde el centro de distribución al abonado se tiene mayores pérdidas que ocasionarían problemas con el acceso a la Internet. Para enviar la señal se puede optar por el uso de fibra óptica hasta el transformador y desde ahí el modem cabecera que permite conectar el sistema BPL con la red externa por lo que se constituye en el interfaz adecuado entre la red de datos y la red eléctrica como es el caso de la Centrosur.

En el domicilio del usuario se instala un MODEM (similar a los de ADSL) donde se podrán conectar sus equipos de transmisión de voz y datos. El módem del usuario se conecta a la red eléctrica, a continuación tenemos un acoplador que se comunica con el equipo denominado

“Repetidor” (Gateway), que puede atender hasta 256 módems, este repetidor se encarga de la transferencia de los datos entre las líneas de media y baja tensión y regenera la señal degradada por la atenuación ocasionada por los cables eléctricos, además incrementa la cobertura y logra altas velocidades, este se conecta con un equipo llamado “Head End” (cabecera o router), que se encuentran en los centros de transformación de la compañía energética, en las subestaciones o en los transformadores de media o baja tensión. El usuario final simplemente enchufa su módem a la red eléctrica y este establece comunicación con el repetidor que se encuentra conectado a la red. En el interior de la vivienda el abonado solo tendrá que conectar su equipo a cualquier enchufe de la red eléctrica interna para acceder al servicio que ofrece BPL debido a que esta se transforma en una red LAN o también podrá utilizar un equipo CPE para tener una conexión vía wireless.

Esta tecnología basa su estructura de funcionamiento, en la utilización de los cables eléctricos de baja tensión como medio de transporte desde un Centro Transformador, Hasta el cliente, esto convierte al cableado de baja tensión, en una red de telecomunicaciones donde los tomacorrientes de cada hogar u oficina, se vuelven puntos de conexión, simulando una red LAN interna de acceso. Es necesario ofrecer seguridad y privacidad, para esto se realiza algoritmos de cifrado para el flujo de datos en el tramo de baja tensión. Es necesario saber que la señal de BPL no puede transitar fácilmente por los transformadores debido a su alta inductancia, la cual ocasiona que actúen como filtros de paso bajo que bloquean las señales de alta frecuencia, para evitar esto los repetidores deberán estar unidos a los transformadores. Este nivel corresponde a la red de Media tensión la misma que debería alcanzar velocidades de 200 Mbps.

La red consta de dos sistemas formados por tres elementos:

En la siguiente figura podemos ver el primer sistema: “Outdoor (al aire libre)”, que cubre el tramo de lo que en telecomunicaciones se conoce Ultima Milla, y comprende la red eléctrica que va desde el lado de baja tensión del transformador de distribución hasta el medidor de la energía eléctrica. Este sistema se conecta a la red de transporte o “backbone” en la que viaja la señal de

BPL luego de haber sido inyectada a la red eléctrica que proviene de la central en la cual se tienen los equipos cabecera de la red.



Figura 2.2. Sistema de Outdoor

El segundo sistema es el “Indoor (interior)”, que va desde el medidor del usuario hasta todos los tomacorrientes ubicados al interior de los hogares. Que utiliza como medio de transmisión el cableado eléctrico interno.

El primer componente de este repetidor recoge la señal proveniente del equipo cabecera del sistema outdoor y el segundo componente se comunica con la parte terminal del repetidor e inyecta la señal en el tramo indoor, en la siguiente figura podemos apreciar un esquema de este elemento.

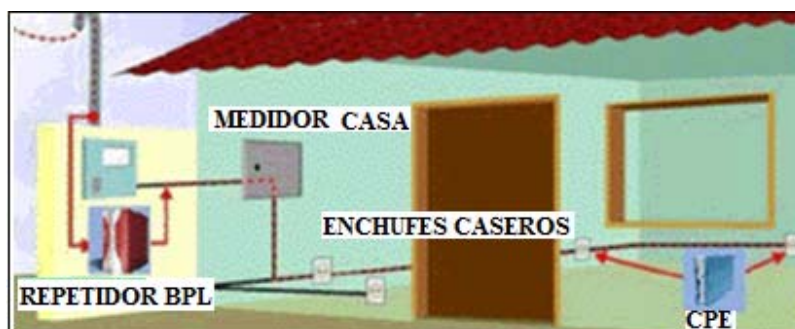


Figura 2.3. Sistema Indoor

El tercer elemento es el MODEM terminal o MODEM cliente, que recoge la señal directamente de la red eléctrica a través del enchufe. De esta manera tanto la energía eléctrica como las señales de datos que permiten la transmisión de información, comparten el mismo medio de transmisión, es decir el conductor eléctrico. Este elemento se coloca junto al medidor de energía del usuario.

A este MODEM se pueden conectar un computador, un teléfono IP u otro equipo de comunicaciones que posea una interfaz Ethernet o USB. En la actualidad los podemos encontrar en diversos modelos y marcas.



Figura 2.4. Modem utilizado para BPL

2.4 REDES DE DISTRIBUCION

La tecnología BPL ofrece brindar el servicio de acceso a la internet a través de los sistemas eléctricos convencionales ya existentes entonces nosotros podemos diferenciar entre dos escenarios generales, uno en el cual se utiliza el cableado eléctrico existente en un edificio, casa u oficina para establecer comunicaciones internas, el otro escenario usando el tendido eléctrico de media y baja tensión de una empresa eléctrica para ofrecer a través de ella un servicio de acceso a Internet de banda ancha.

Como las redes eléctricas pueden dividirse conceptualmente en varios tramos desde la planta de generación hasta el abonado tenemos:

- ✿ Tramo de media tensión, entre 15 y 50 KV, que abarca desde la central generadora de energía hasta el primer transformador elevador.
- ✿ Tramo de transporte o de alta tensión, entre 220 y 400 KV que conduce la energía hasta la subestación de transporte.
- ✿ Un tramo de media tensión de 66 a 133 KV entre la subestación de transporte y la subestación de distribución.
- ✿ Tramo de media tensión entre 10 y 50 KV desde la subestación de distribución hasta el centro de distribución.
- ✿ Tramo de baja tensión entre 110 y 400 V que distribuye energía dentro de los centros urbanos para uso domestico, comercial e industrial.

Nosotros tenemos interés en los tramos de media y baja tensión del tendido eléctrico, debido a que la tecnología BPL se desarrolla en estos dos tramos.

2.4.1 Línea de alimentación de bajo voltaje²

La Red de Baja Tensión está entre 220 y 380 Voltios y es la encargada de distribuir la energía eléctrica en los centros urbanos para uso doméstico, comercial e industrial. Con la tecnología BPL esta red de baja tensión será utilizada para brindar a los abonados un sistema multiservicio que funcione por las redes eléctricas existentes, ya que podremos realizar la transmisión de voz y datos al mismo tiempo, otra punto a favor es que en el interior de cada vivienda se podrá acceder rápidamente a la red, solo con el uso del módem adecuado que se conecta directamente sin necesidad de cableados adicionales a cualquier enchufe de la misma.

²Fuente:PLC: Transmisión de datos a través de líneas eléctricas [en línea][consultado el 20 de enero del 2009 a la 10h00 am] <http://www.afinidadelectrica.com.ar/articulo.php?IdArticulo=114>,http://es.wikipedia.org/wiki/Power_Line_Communications

Estas redes se utilizan para realizar el transporte de niveles de baja tensión, tienen una corta longitud de 200 m para evitar pérdidas de potencia. Se las utiliza para la conexión entre los consumidores finales y los transformadores que se encuentran ubicados en los postes o depósitos subterráneos. Podemos tener de 6 a 12 líneas de baja tensión en cada centro de transformación. Además como el número de usuarios que van a estar conectados a estas líneas va a cambiar dependiendo de la normativa de cada empresa distribuidora.

En los lugares en donde no se tiene redes subterráneas se pueden observar en las carreteras las líneas de medio voltaje que van sujetas a los postes que se encuentran en los lados de las mismas.

Además para conectar los módems BPL a estas líneas se utilizarán acopladores que pueden ser inductivos o capacitivos³ que se colocan alrededor de la línea y se utilizan para introducir la señal de la comunicación en la línea de media o baja potencia.

Se presenta un problema debido a que las señales de alta frecuencia se bloquean al pasar de la línea de medio voltaje a la de bajo voltaje por medio del transformador⁴ ya que su alta inductancia provoca le da un comportamiento como el de un filtro de paso bajos, entonces los repetidores deberán estar unidos a los transformadores, para que el momento en el cual la señal ingrese del modem a la casa u oficina no existan variaciones de la misma, debido a que la red eléctrica origina atenuación y provoca un desfase en la señal de propagación al actuar como canal de comunicación que se considera como un canal de rutas múltiples a causa de las

³ Los acopladores capacitivos presentan menor cantidad de pérdidas que los inductivos, se acoplan directamente por contacto con los cables en donde se los utiliza, el problema que estos presentan es que se debe desenergizar la red eléctrica para poder instalarlos. Los acopladores inductivos se acoplan a través de la reproducción de un campo magnético alrededor del cable por el cual inyectan la señal, estos tienen la ventaja que se pueden colocar sin la necesidad de interrumpir el paso de la corriente en la red.

⁴ El transformador bloquea las señales de alta frecuencia debido a que su alta inductancia solo permite el paso de señales de baja frecuencia, porque el transformador es un dispositivo que hace uso de las propiedades físicas de la inducción electromagnética.

reflexiones producidas por las discontinuidades de la impedancia lo que trae como consecuencia un desvanecimiento de la señal en frecuencia.

2.4.2 Línea de alimentación de media tensión

La tecnología BPL utiliza los tramos de la red de media y baja tensión para la transferencia de datos, las líneas de media tensión se encuentran en un rango de frecuencia que va desde 1,705 a 30MHz, teóricamente la velocidad de transporte que se tiene en estas es de alrededor de 100Mbps. La tecnología BPL despliega gran parte de su trabajo en este tramo debido a que la mayoría de los dispositivos que son necesarios para brindar este servicio se encuentran en la misma.

En los Centros de Transformación (CT) se instala una Cabecera BPL que, por un lado se conecta a la red de datos y por otro a la red eléctrica de media tensión mediante un acoplamiento en serie que puede ser inductivo o capacitivo (ver nota 4), dependiendo de las facilidades de instalación que se tenga en la red, que es un adaptador que permite la inyección en la red eléctrica de los datos provenientes de la red de fibra óptica, además en esta red se instalaran los repetidores de ser necesarios, cuando la red llega al tramo de baja tensión será necesario un acoplador (extractor)⁵ para recuperar la señal que será enviada a la vivienda, a la cual llegaran dos señales:

Una de baja frecuencia que transmite la energía eléctrica (corriente alterna de baja frecuencia, 60 Hz), y otra de alta frecuencia en la que se transmiten los datos (1,6 – 30 MHz) BPL, circulando ambas a través del mismo conductor, esta coexistencia se logra debido a la gran diferencia en los rangos de frecuencias evitando que se interfieran. Se interconectar las cabeceras PLC a un backbone de datos que sepa cursar el tráfico, aplicar calidades de servicio, ofrecer servicios de valor añadido, y en definitiva ofrecer a los usuarios todas las prestaciones de una red IP de última generación.

⁵ Llamado así porque realiza el trabajo de extraer la señal BPL, puede ser inductivo o capacitivo.

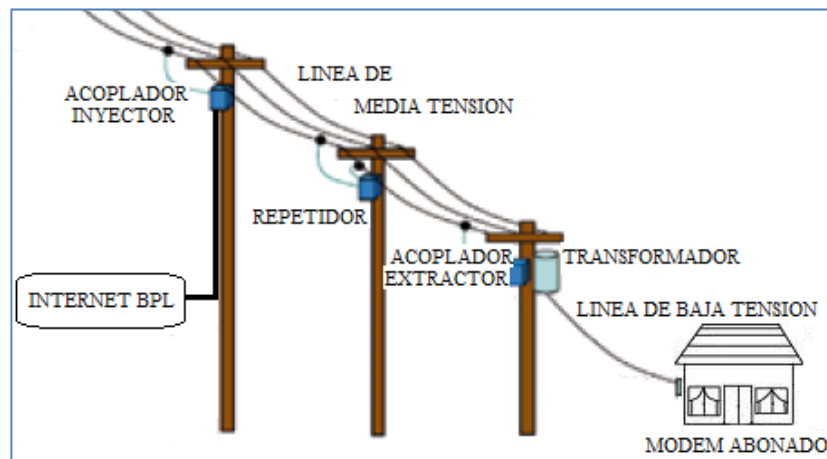


Figura 2.5. Líneas de media y baja tensión

La velocidad de transmisión que se puede alcanzar en MT y en BT están determinados básicamente por la evolución y desarrollo que han experimentado los módems BPL basados en tecnología DS2⁶ los mismos que han conseguido en la actualidad llegar a velocidades de hasta 200Mbps.

2.5 ASPECTOS RELEVANTES CON LA TECNOLOGIA BPL

CÓMO AFECTA EL BPL

El problema más grave de BPL son las interferencias que analizaremos más detalladamente en el próximo capítulo, puesto que las líneas eléctricas no fueron diseñadas para prevenir radiación de energía, esta tecnología es gravemente degradada por transmisiones cercanas de baja potencia (tan pequeña como 5 vatios) de fuentes como RF (Radio Frecuencia) Radioaficionados o CB (Banda Civil), ya que las líneas eléctricas no fueron creadas para brindar el servicio de internet, entonces esto representa una fuente de interferencia potencial significativa para todos los servicios de radio usando este rango de frecuencias, incluyendo el servicio de radioaficionados.

⁶ Actualmente se utiliza DS2, pese a que existen otros fabricantes de chipsets, debido a que se han tenido mejores resultados en funcionamiento, alcanzando velocidades de hasta 200Mbps y además tiene el mas bajo costo en el mercado.

<http://www.cx2sa.org/texts/bpl2.html>

Se puede apreciar que las líneas aéreas de energía eléctrica, en especial las redes residenciales tienen un comportamiento como de una antena sea emisora o receptora de radiación, que captan o producen una gran cantidad de interferencias que se convierten en microcortes y pérdidas de velocidad. BPL presenta varios problemas de consideración, ya que las líneas de energía eléctrica son muy susceptibles a la presencia de ruido⁷.

Además cada vez que un dispositivo se enciende o apaga, introduce voltajes transitorios en la línea. Los dispositivos ahorradores de energía introducen a menudo armónicos en la línea. El sistema se debe diseñar para ocuparse de estas interrupciones naturales de las señales y de trabajar con ellas. En muchos casos, la forma que tienen de "cortar" la interferencia es cambiar de frecuencia, justificándose en que sus emisiones están dentro de los límites establecidos. En las bandas de HF, el límite es de 30 microvoltios por metro a una distancia de 30 metros, lo que significa que cualquier equipo de radioaficionado de HF quedará interferido.

La velocidad de transmisión de datos disminuirá cuando se necesario instalar filtros debido a la existencia de interferencias. Y si los problemas de interferencia persisten el servicio de BPL deberá ser cortado hasta que se dé una solución.

2.5.1 Banda excluida

No se puede hablar de una banda excluida debido a que son algunas las bandas de frecuencia en el que el acceso mediante BPL no está permitido, ésta tecnología usa las frecuencias comprendidas entre 2 y 80 Mhz por lo que podría afectar a las bandas de HF y las bajas de VHF (50 Mhz) donde se instale.

⁷ Fuente.- Internet de Banda Ancha sobre Línea Eléctrica (BPL): Preocupación de los Radioaficionados y de otros servicios de HF [en línea]. Mexico.2008. [consultado el 25 de febrero del 2009 a las 11h00 am]. Disponible en: <http://www.qsl.net/xs1cdx/ArticuloBPLrevistaOndaCorta413FMRE2007.pdf>

De acuerdo a la FCC, las Bandas de frecuencia en donde no se puede utilizar tecnología BPL son las siguientes:

Tabla 1-Exclusión Bandas de frecuencia⁸

Banda de frecuencias
2,850-3,025 kHz
3,400-3,500 kHz
4,650-4,700 kHz
5,450-5,680 kHz
6,525-6,685 kHz
8,815-8,965 kHz
10,005-10,100 kHz
11,275-11,400 kHz
13,260-13,360 kHz
17,900-17,970 kHz
21,924-22,000 kHz
74.8-75.2 MHz

Tabla 2.1: Exclusión Bandas de Frecuencia de acuerdo a la FCC

⁸ Tabla 1: Exclusión Bandas de Frecuencia de la FCC

También se debe controlar debajo de 30 MHz a lo largo de los conductores, manteniendo una pacífica coexistencia de los servicios. Esto puede ser, entre otros, radiodifusión pública, servicios de seguridad, los militares, el servicio secreto, los radioaficionados y las bandas de seguridad aeronáutica.

2.5.2 Zona de exclusión

La FCC recomienda excluir zonas en las cuales se va a producir interferencias de magnitudes considerables y no sea viable esta tecnología.

2.5.3 Área de consulta

Debido a que la red eléctrica actúa como antena emisora y receptora de radiación, produciendo y recogiendo a su vez una enorme cantidad de interferencias que se traducen en micro cortes y pérdidas de velocidad, y además que los cables no están blindados ni preparados para transportar señales de datos a alta velocidad en banda ancha, los operadores de acceso BPL deberá presentar la correspondiente notificación a la Superintendencia de Telecomunicaciones⁹, en relación con las operaciones de BPL en las frecuencias que pueden suscitar preocupación en los lugares que se presume puedan ocurrir interferencias que alteren el funcionamiento de esta entidades, ya sean empresas públicas o privadas en la ciudad o en sus entornos, por lo menos 30 días antes del inicio de cualquier operación o servicio como norma y para realizar una verificación antes de su funcionamiento, para ajustar sus parámetros de funcionamiento del sistema.

El ruido producido por BPL para los receptores de AM normales, las señales del BPL-CDMA (Acceso Múltiple por División de Código - Espectro Disperso) y del OFDM (Multiplexaje por División de Frecuencia Ortogonal) son como ruido Gaussiano, por ejemplo el radioescucha no siempre tiene la típica impresión de interferencia, como martilleo, zumbido, golpeteo, silbido o

⁹ Lo más apropiado sería que los proveedores de BPL informaran de estos aspectos a la Superintendencia de Telecomunicaciones debido a la carencia de estándares de uso de la misma.

similares, en contraste habrá una impresión de baja sensibilidad del receptor, ya que el ruido de ambiente es como ruido Gaussiano incrementado en el receptor. Así, el problema de buscar e identificar la fuente de interferencia será difícil. En el siguiente capítulo se analizará más a fondo el ruido provocado por BPL. Este problema también aparecería cuando los sistemas BPL fueran operados en áreas residenciales debido a su continua presencia por todos lados, puesto que la red eléctrica actúa como una antena, lo que ocasiona que se den interferencias. Las regulaciones deben tenerse en cuenta su carácter normativo, tratándose por tanto, de normas directrices que describen un contexto en el cual pueden estructurarse de forma flexible y de esta manera evitar interferencia que pudieren ocasionar perturbaciones en frecuencias de operación de otros medios.

2.6 PROVEEDORES

Debido a que para poder brindar el servicio de Internet por medio de la tecnología BPL, se hará uso de las redes eléctricas clásicas existentes, será necesario que este servicio lo proporcionen las mismas Empresas Eléctricas de cada ciudad, o en su defecto se creen convenios con empresas interesadas en proveer este servicio. Entonces las empresas Eléctricas de nuestro país interesadas en ofrecer este servicio de tecnología BPL, tendrán además que cumplir con los requerimientos establecidos para evitar que se produzcan interferencias perjudiciales.

2.6.1 El nombre del proveedor de acceso BPL.

En el caso de nuestra ciudad “Cuenca”, Centrosur es aquella que ya se encuentra con este plan de brindar servicios a través de esta tecnología, claro que debe trabajar en este caso conjuntamente con la Superintendencia de Telecomunicaciones¹⁰ para evitar las posibles interferencias que se puedan producir. En la ciudad de Quito, la Empresa Eléctrica Quito ha firmado un contrato con el consorcio TGB (Telconet, Gilauco, Brightcell), para entregar este servicio próximamente.

¹⁰ Los equipos utilizados para BPL deben ser homologados por la Superintendencia de Telecomunicaciones, la Empresa Eléctrica aun no ha homologado los equipos que están utilizando.

CAPITULO 3

MEDICIONES Y PARAMETROS TECNICOS DE LA TECNOLOGIA BPL

3.1.PARAMETROS TÉCNICOS GENERALES

Estos son aspectos muy importantes que debemos considerar para una implementación adecuada de esta tecnología, debido a que el momento de realizar las pruebas debemos tener presentes todos estos factores que de alguna manera pueden afectar al correcto funcionamiento de la red.

3.1.1 Frecuencia

La tecnología BPL se encuentra funcionando en un rango de 1,6 a 30MHz en el espectro de onda corta (HF). Para esto se tiene asignado un rango de 1 a 10MHz para lo que son los sistemas de acceso y para los sistemas de comunicación se tiene la banda de 10 a 30MHz. Debido a que BPL trabaja en estos rangos se ve que se encuentra muy distanciado del rango de funcionamiento de la energía eléctrica que es de 60Hz.

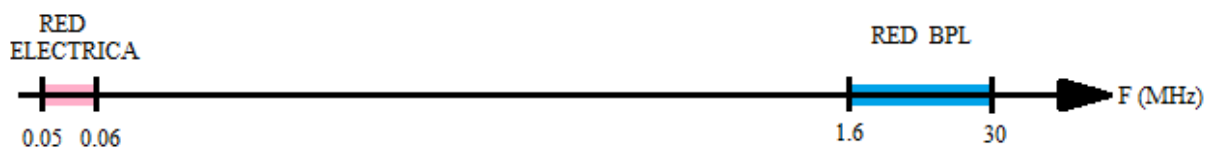


Figura 3.1. Frecuencia de la red eléctrica y BPL

3.1.2 Atenuación

La atenuación es la pérdida de potencia que sufre la señal en relación a la distancia, debido al efecto Joule que se da por la resistencia del cable, además por la disposición de la antena que provoca una emisión electromagnética al medio ambiente, cuando se tiene grandes distancia se receptara una señal muy débil que en algunos casos se hace imperceptible al receptor que no la reconoce.

Otros factores importantes que producen un incremento de la atenuación son además la frecuencia, el tiempo, la temperatura, el material del que está formado el cable. La atenuación se mide en decibelios (**dB**).

Debido a que la atenuación es el cociente de las potencias emitida y recibida, tenemos la siguiente expresión:

$$\alpha = 10 \times \log \left(\frac{P_t}{P_r} \right)$$

La atenuación de la señal nos indica cual será la máxima distancia que se puede obtener en un enlace de BPL, debido a que esta puede estar variando en un rango de 9khz a 20Khz. Por esta razón deberemos comprobar cuanto afecta realmente el medio ambiente en el que se encuentra debido a que podrían estar presentes rayos que causaren alteraciones o a su vez comprobar si los aparatos o electrodomésticos que puedan estar encendidos causan interferencia que puede producir una afección a la velocidad de transmisión a través de BPL.

3.1.3 Ruido¹¹

El ruido está compuesto por la combinación aleatoria de diversas longitudes de onda, no contiene ningún tipo de información útil, puede ser también cualquier corriente o voltaje no deseada que llega al transmisor y afecta directamente a la señal inicial transmitida debido a que es aditivo, la presencia del ruido produce que la velocidad de transmisión disminuya dependiendo de la intensidad del mismo.

Debido a que es una señal muy débil se la mide en (μV), en las redes de distribución eléctrica se hace presente debido a que estas no fueron creadas con este fin, razón por la cual estos problemas ocasionan daños en la comunicación final. Existen diversos tipos de ruido que afectan a la señal de BPL:

Ruido de fondo coloreado: se produce por la superposición de diversas fuentes de ruido de baja intensidad y es dependiente de la frecuencia considerada a diferencia del ruido blanco que es independiente de la frecuencia especificada. Su densidad de potencia espectral disminuye continuamente y es relativamente baja. Sus parámetros cambian con relación al tiempo que puede ser en horas o en minutos.

Ruido Blanco: este ruido va junto con la señal de información transmitida debido a que por el movimiento aleatorio de los electrones se da una emisión de ondas electromagnéticas de todas las frecuencias.

Distorsión: este fenómeno se presenta debido a que el muestreo de la transmisión digital no se encuentra sincronizado correctamente con los bits muestreados, se puede dar cuando la señal misma afecta a la red.

¹¹Ruido y atenuación en transmisión por router [en línea][consultado el 5 de agosto del 2009 a las 8h50]. Disponible en: http://es.wikipedia.org/wiki/Ruido_y_atenuacion_en_transmision_por_router

Ruido Asíncrono.- se lo conoce como ruido impulsivo que es aquel que presenta grandes picos de amplitud considerable y duración corta de microsegundos a unos milisegundos, se presentan por la diversidad de usuarios de la red, y no se encuentra en sincronía con la frecuencia del sistema. Pueden llegar a superar los 50 dB, convirtiéndose en el principal causante de los errores en la red de BPL. Este tipo de ruido es ocasionado por procedimientos de conmutación. Además este ocupa frecuencias cercanas a las de banda angosta usadas por BPL, además de que su presencia se da principalmente debido a los cambios en las redes de alimentación de energía.

3.1.4 Interferencias

Debido a que la red eléctrica va a actuar igual que una antena emisora y a la vez receptora capture radiación que permitirá que se almacene una gran cantidad de interferencias que se manifiestan con la pérdida de velocidad y microcortes, debido a que las redes no se encuentran en condiciones de transportar datos a altas velocidades en banda ancha, los dispositivos utilizados para las redes eléctricas como los transformadores, las líneas eléctricas, las redes subterráneas van a ocasionar pérdidas de consideración en la red BPL debido a las interferencias. Estos inconvenientes pueden ser resueltos con el uso de mecanismos de ajuste espectral y el uso de los bien conocidos filtros, que serán utilizados para tratar de eliminar o al menos disminuir lo más posible los ruidos que ocasionan interferencia en la red, y a la vez actuarán como una protección para que los equipos no sufran interferencias, pero como consecuencia de la utilización de estos se tendrá una notoria reducción del ancho de banda que traerá como consecuencia la disminución de la velocidad del sistema y los microcortes en la transmisión.

Para tratar de evitar el problema de la interferencia la FCC¹² propone:

¹² Fuente: Federal Communications Commission. [en línea]. [consultado el 18 de julio del 2010 a las 20h00]. Disponible en: <http://www.gpo.gov/fdsys/pkg/CFR-2009-title47-vol1/pdf/CFR-2009-title47-vol1-part15.pdf>.

- 1.- Excluir algunas frecuencias para el uso de los proveedores de BPL.
- 2.- Debe crearse una base de datos pública por parte de los proveedores de BPL para comprobar si la información estará disponible inmediatamente en el supuesto de que existieran quejas debido a interferencias.
- 3.- Se deberán desarrollar instrumentos de medición requeridos para las emisiones de BPL.

Además la FCC recomienda de persistir la interferencia se deberá recurrir al proveedor de BPL para notificar de lo ocurrido y pedirle que transforme su señal de manera que se reduzca la interferencia, o en caso contrario se pedirá al proveedor que termine sus operaciones hasta que pueda resolver el problema.

3.1.5 Alcance

Anteriormente ya se indico que BPL trabaja hasta los 30MHz, y como los circuitos integrados producen frecuencias oscilantes entre los 80 y 120 KHz, entonces se tendrá un alcance de 20 a 100 metros, pero al realizar las pruebas de campo se comprobara los límites reales de funcionamiento dependiendo de las condiciones del medio y de las líneas eléctricas de la cuales depende directamente BPL porque si están deterioradas o se encuentran cables en mal estado se deberán realizar un mantenimiento para mejorar la red y de esta manera poder hacer uso de ella.

Para poder determinar el alcance real de la red BPL es necesario utilizar los regeneradores de la señal que se colocan en el tramo de baja tensión a una distancia de unos 300 metros y en el tramo de media tensión cada 5 Km, a pesar de que el alcance lo establece la cobertura propio de la red

de media y baja tensión, como es el caso del sector del Estadio en el cual es necesario colocar los repetidores cada 100 metros¹³.

Para poder lograr un mayor alcance de la red BPL se utilizan los backbone que pueden estar formados por los tramos combinados con sistemas inalámbricos, que se utilizan para rodear al transformador de media a baja tensión, cubriendo las necesidades de los equipos bypass o utilizando la fibra óptica, que sería de gran utilidad para una mayor cobertura a nivel nacional.

Claro que no podemos hablar de un alcance real sin antes tener un análisis de las zonas en las cuales se desea implementar esta red, debido a que dependiendo de esto se podrá o no alcanzar mayores distancias.

3.1.6 Velocidad¹⁴

La tecnología BPL teóricamente puede alcanzar velocidades de 24Mbps hasta 200Mbps simétricos, es decir utiliza la misma velocidad para subir y bajar los datos de la red, a diferencia de las otras tecnologías. La velocidad de BPL depende principalmente de la infraestructura de la red y del número de abonados conectados a la misma.

3.1.7 Radiaciones

Debido a que las redes eléctricas no son adecuadas para el envío de información a grandes velocidades, se produce como consecuencia radiaciones secundarias que son de origen indeseado, por esta razón la red se transforma en un radiador no intencional estas radiaciones son el resultado de la propagación electromagnética en las cuales se involucran los campos eléctricos y magnéticos.

¹³ La necesidad de colocar repetidores cada 100 metros se debe a que la señal que llega a los abonados es de pésimas condiciones y no se puede establecer un acceso a la Internet con buenas características, en comparación con otras tecnologías desplegadas en nuestra ciudad este inconveniente ocasionaría una mayor cantidad de equipos.

¹⁴ Fuente: Estudio de Factibilidad para la implementación de BPL sobre las redes eléctricas de emcali EICE ESP como tecnología de acceso a la red multiservicios. [en línea]. Santiago de Cali. 2008. [consultado el 24 de mayo del 2009 a las 14h00pm]. Disponible en: <http://bdigital.uao.edu.co:8080/bitstream/10614/226/1/ESTUDIO%20DE%20FACTIBILIDAD%20PARA%20LA%20IMPLEMENTACION%20DE%20BPL%20SOBRE%20.pdf>

3.2 PRINCIPIOS DE PROPAGACION

3.2.1 Propagación de Ondas¹⁵

La propagación de ondas es de gran importancia para el estudio de BPL debido a que las señales van a sufrir variaciones en las redes eléctricas al igual que en los equipos que se utilizan para estas, ya que al enviar información a grandes velocidades se producen radiaciones secundarias no deseadas, de ahí que la red se va a convertir en un radiador no intencional.

3.2.2 Radiación Electromagnética¹⁶

La radiación electromagnética está constituida por los campos eléctricos y magnéticos que cambian rápidamente, los mismos que se propagan en forma de ondas transportadoras de energía a través del vacío. El comportamiento de las radiaciones electromagnéticas está determinado por su longitud de onda, además la cantidad de energía que transporta nos puede determinar aspectos importantes de su comportamiento.

Los campos pueden cambiar de dirección pero siempre se encuentran en ángulo recto a la dirección de la radiación. Los campos suben o bajan en potencia a lo largo de la onda. La longitud de onda de la radiación determina la distancia entre crestas para los dos campos. La frecuencia se determina por el número de crestas que pasan cada segundo y su unidad de medida es el Hertz (Hz) o son los ciclos por segundo.¹⁷

¹⁵ Radiaciones electromagnéticas [en línea][consultado el 18 de agosto del 2009 a las 11h30]. Disponible en: <http://www.sc.ehu.es/sqwpolim/FISICA/P5.pdf>

¹⁶ Propagación de Ondas [en línea][consultado el 19 de agosto del 2009 a las 10h00]. Disponible en: <http://astronomos.net23.net/radiacionelectromagnetica.html>

¹⁷ Radiación electromagnética. [en línea]. Argentina. [consultado el 13 de junio del 2009 a las 19h00pm]. Disponible en: http://electromagnetismo.idoneos.com/index.php/Radiaci%C3%B3n_

Las redes eléctricas no fueron creadas con el fin de envío de datos a grandes velocidades, al ser utilizadas con este propósito se producen radiaciones electromagnéticas secundarias no deseadas, para evitarlas es necesario establecer límites que sirvan para no interferir a otros sistemas de comunicación.

3.2.3 Campos lejano y cercano¹⁸

El campo electromagnético que es radiado por una antena se encuentra integrado por varias componentes de campo magnético y eléctrico, los mismos que se atenúan partiendo de la fuente con la distancia.

Campo Lejano.- también conocido como zona de Fraunhofer o como campo de radiación es la región cercana a la antena, la distribución del campo angular depende de la distancia la antena. La magnitud disminuye con el factor de:

$$\frac{1}{r^2}$$

Se considera que es un campo lejano cuando se tiene distancias mayores a:

$$\frac{2D^2}{\lambda}$$

Además estos tienen los campos eléctricos y magnéticos en fase y sus amplitudes guardan una relación constante.

Campo Cercano.- debido a que en este campo no existe una armonía entre fase y amplitud se tendrá una estructura más compleja que en el campo lejano, razón por la cual cuando se debe determinar la amplitud y la fase tanto del campo eléctrico como del magnético.

¹⁸ Ing. GRACIEL ANDRES ANTONIO.- Impacto en los servicios de radiocomunicación debido a la introducción de comunicaciones de banda ancha sobre líneas de potencia eléctrica (BPL), Mexico D. F. 2008.

Campo cercano radiante, zona de Fresnel o campo inductivo, existen diversos criterios que se usan para definir el comportamiento de este, además de que depende del tamaño, la forma y tipo de antena que se utilice.

Campo cercano reactivo, Zona de Rayleigh o campo cuasiestático este depende del factor de:

$$\frac{1}{r^3}$$

Para la tecnología BPL se tienen tres casos de campos electromagnéticos que son: acopladores de campo, modo guiado y de radiación. Los acopladores de campo están relacionados con el propio acoplador en la línea de media tensión, el campo lejano podría presentar problemas a causa de las emisiones de HF, pero los efectos del campo permanecen en todo el cable aunque no limitan la operación del acoplador.

La energía de la señal se transporta a lo largo de la línea de potencia eléctrica con el modo guiado, la energía se deteriora lentamente en relación con la longitud del cable, pero se deteriora rápidamente en direcciones perpendiculares al mismo. El modo de radiación se considera como una gran fuente de interferencia debido a que el campo se deteriora lentamente. Esta radiación se la considera como una radiación no deseada o no intencional.

3.3 EQUIPOS A UTILIZAR PARA LAS PRUEBAS

Para realizar las pruebas en campo será necesario tener los equipos apropiados para obtener los mejores resultados, al ser una tecnología nueva que se está implementando en el mercado será necesario realizar diversas pruebas para ver hasta que límites puede funcionar sin ocasionar daños e interferencias.

Entre los equipos que necesitaremos podemos mencionar que existen diversas marcas de equipos para BPL en el mercado de las cuales tenemos información a continuación, pero adicional a esto se hará uso de antenas, amplificadores de bajo ruido, un analizador de espectro entre otros.

3.3.1 Antenas utilizadas para medir BPL

Para realizar las mediciones de la tecnología BPL se necesitarán dos tipos de antenas adecuadas para los tramos de media tensión, debido a que se presentan diferentes comportamientos en cada uno, de acuerdo a pruebas ya realizadas en México¹⁹ y por recomendación de la FCC se debería usar una antena tipo BiConiLongs para sistemas de frecuencias superiores a 30Mhz y una antena loop para los sistemas de frecuencias del rango de 1,705 kHz a 30 MHz.

Para realizar las pruebas hicimos uso de dos antenas loop:

En las primeras pruebas se utilizó una antena loop SAS 564²⁰, que tiene las siguientes características:

- ✿ Rango de frecuencia 1KHz – 30 MHz
- ✿ Potencia máxima continua de entrada: 500 Watts
- ✿ Conector: N, hembra

¹⁹ Se realizaron las pruebas de: medición empleando la norma CISPR 22 para equipos de clase B, cumpliendo la recomendación de la FCC Parte 15 para sistemas de BPL de baja tensión con frecuencias mayores de 30 MHz, mediciones cumpliendo la recomendación de la FCC Parte 15 para sistemas de BPL de baja tensión para

²⁰ SAS-564 Passive Loop Antena [en línea][consultado el 10 de octubre del 2009 a las 10h00 am]. Disponible en:<http://www.ahsystems.com/catalog/SAS-564.php>

- ✿ Base de montaje: $\frac{1}{4}$ x 20 hilo, macho
- ✿ En la siguiente tabla tenemos la frecuencia de funcionamiento y su respectivo factor de antena.

Frecuencia	Factor de antena(dB)
1 KHz	61.4
2 KHz	57.3
5 KHz	48.9
10 KHz	43.3
20 KHz	37
50 KHz	28.7
100 KHz	23.4
200 KHz	17.6
500 KHz	10.5
1 MHz	4.8
2 MHz	2.5
5 MHz	-7.5
10 MHz	-13.6
20 MHz	-19.8
30 MHz	-22.8

Tabla 3.1.- Frecuencia vs. Factor de antena

Dimensiones físicas

- ✿ Antena Loop diámetro de 12 pulgadas (30,5 cm)
- ✿ Peso 1.9lbr. (0,86 kg)

Se la utiliza para frecuencias debajo de los 30MHz, medición de SINAD en el receptor de radio, pruebas de medición de la afectación del sistema BPL sobre un equipo de radiocomunicación.



Figura 3.2.- Antena tipo Loop SAS 564

Utilizamos también una antena loop de 18” SAS-562B²¹ para realizar las pruebas con los equipos en funcionamiento, las características de esta antena son:

- ✿ Rango de frecuencia: 10KHz-30MHz
- ✿ Impedancia: 50Ω
- ✿ Conector: BNC, hembra
- ✿ Base de montaje: hilo ¼ x 20 macho

Dimensiones físicas

- ✿ Diámetro Loop: 18in. (45,7cm)
- ✿ Peso: 5,7lb.'s (2,59kg)
- ✿ Accesorios suministrados

²¹ SAS-562B Passive Loop Antena [en línea] [consultado el 10 de julio del 2010 a las 9h00 am]. Disponible en:<http://www.ahsystems.com/catalog/SAS-562B.php> en:<http://www.ahsystems.com/catalog/SAS-562B.php>

✿ Cargador de batería (P/N: 2351)

Características:

- ✿ Amplia gama de frecuencias de 10KHz y 30MHz
- ✿ Calibración individual (1 de calibración del medidor incluido)
- ✿ FCC, MIL-STD, prueba VDE y TEMPEST
- ✿ Construcción resistente
- ✿ Pilas en la portabilidad mejorada



Figura 3.3.- Antena tipo Loop SAS 562B

3.3.2 Amplificadores de Bajo Ruido²²

Un amplificador de bajo ruido es aquel que disminuye el ruido, porque amplifica las señales que ingresan haciendo de esta manera que el ruido presente en las mismas sea mínimo para obtener como resultado una mejor ganancia, nosotros podremos utilizar aquellos que se acoplen bien a

²² Amplificadores ultrasensibles [en línea][consultado el 2 de septiembre del 2009 a las 16h00]. Disponible en: http://www.upv.es/satelite/trabajos/Grupo2_99.00/lnamp.html

nuestras necesidades, debido a que existen una gran variedad de los mismos en el mercado. El ruido que podemos esperar va a ser variado dependiendo de las condiciones que tengamos el momento de poner en funcionamiento los equipos para BPL.

3.3.3 Analizadores de Espectro

Los analizadores de espectro son equipos de medición electrónica, que permiten visualizar en su pantalla los componentes espectrales plasmados en un espectro de frecuencias de las señales (ópticas, ondas eléctricas o acústicas) que se encuentran presentes en la entrada del mismo, es decir los componentes en frecuencia de la señal.

Dependiendo de las muestra tomadas podemos encontrar la frecuencia representada en diversas escalas en el eje de las abscisas, mientras que en el eje de las ordenadas se tiene una escala logarítmica en dBm que representa el contenido espectral de la señal.

Podemos encontrar en el mercado dos tipos de analizadores de espectro, tenemos los analógicos y los digitales.

Para nuestras pruebas utilizamos dos analizadores:

El primero es el Anritsu Ms2724B²³, que tiene las siguientes características:

- ✿ Aspectos destacados de Alto Rendimiento
- ✿ Frecuencia de entrada: 9 kHz a 20 GHz
- ✿ Alcance RBW de: 1 Hz a 3 MHz
- ✿ Muy bajo ruido de fase
- ✿ Receptor GPS opción: cuasi-pico del detector y CISPR anchos de banda

²³Spectrum master [en línea][consultado el 14 de octubre del 2009 a las 10h00am] Disponible en: http://www.us.anritsu.com/products/MS2724B_Spectrum-Master_ARSPG_ARQQSidZ818.aspx

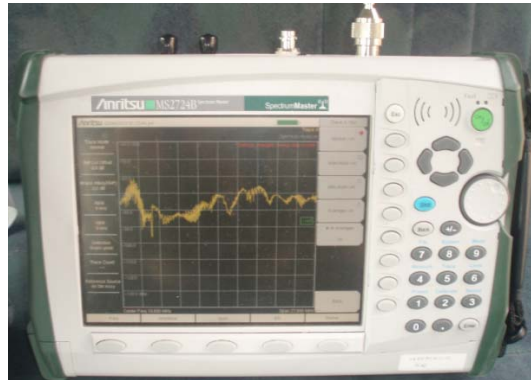


Figura 3.4.- Analizador de espectros Anritsu Ms2724B

También utilizamos el analizador de espectros Agilent E7405A²⁴ cuyas características son:

- ✿ 1Hz a 5MHz (incluyendo 200Hz, 9KHz, 120KHz, 1MHz BW EMI)
- ✿ 12.5 dBm TOI
- ✿ ≤ 150 dBm muestra el nivel de ruido medio
- ✿ Opcional (UKB) de baja frecuencia de 100Hz



Figura 3.5.- Analizador de espectros Agilent 7405A

²⁴E7405A EMC Spectrum Analyzer, 9KHz to 26.5GHz [en línea][consultado el 10 de julio del 2010 a las 11h00am]
 Disponible en: <http://www.home.agilent.com/agilent/product.jsx?id=1000002955%3Aepsg%3Apro&pageMode=OV&pid=1000002955%3Aepsg%3Apro&lc=eng&ct=PRODUCT&cc=US&pselect=SR.PMSearch%20Results.Key%20Specifications>

3.3.4 Equipos BPL existentes en el Mercado

Actualmente tenemos en el mercado diversos equipos que ofrecen las empresas especializadas en: diseñar circuitos integrados específicos, fabricar equipos exclusivos para redes en el hogar, conectividad interna y externa, entre otros. Como se vio en el capítulo anterior la configuración de la red necesita de un modem, un Gateway, un repetidor intermedio, un Head End y un backbone, cada uno de estos elementos los podemos encontrar en variadas marcas y modelos que se pueden obtener con facilidad en el mercado, a continuación tenemos algunos de estos equipos:

Entre las empresas que ofrecen equipos para BPL tenemos: Ambient Corp, Redes de Adaptación (Adaptive Networks), Amperion Inc, Comunicaciones Ascom Powerline, Corporacion Asoka EE. UU. (Asoka USA Corporation), Aztech Systems Ltd., Belkin Corporation, Corinex Communications, La Tecnología Actual (Current Technologies), Devolo AG, DS2 (Diseño de Sistemas en Silicio), Dese, EBA, Enikia, Intellon Corporation, Principal Red de Comunicación (Main Net Communications), Matsushita Electric Corporación Industrial, Mitsubishi Electric, De origen múltiple (Multi Source), Netgear Inc., Packard Bell, Power WAN Inc, Sagem S.A., Schneider Electric Powerline, Tecnologías de la Spidcom S.A., Sumitomo Electric Industries, ST&T, Tecnomcom, Telkonet Inc, Ytran, Xeline.

Debido a que cada empresa de estas presenta diferencias en cuanto a los aspectos: técnicos que consideran servicios, alcances, topologías y seguridad, financieros que abarcan costos de equipos, número de terminales necesarios y usuarios, sostenibilidad en donde se enfocan los estándares, interoperabilidad, coexistencia y escabilidad.

Dependiendo de las características en nuestro medio se deberán realizar estudios para determinar la marca más apropiada para la tecnología BPL. De acuerdo con estudios realizados para la puesta en funcionamiento en la Empresa Eléctrica Quito²⁵ se obtuvo como mejores expectativas

²⁵ CAPITULO 3. Diseño del sistema de comunicaciones BPL de cobertura en el Valle de los Chilllos [en línea]. Quito Ecuador.[consultado el 22 de junio del 2009 a las 12h00]. Disponible en: <http://bieec.epn.edu.ec:8180/dspace/bitstream/123456789/798/39/T10145CAP3.pdf>

a las empresas Amperion y Ascom, ellos escogieron como la mejor opción la segunda debido a que presenta mejores equipos de segunda generación, con una alta velocidad y buen rendimiento. En cambio la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur optó por la marca Corinex, debido a que estos equipos también ofrecen equipos con características buenas en cuanto a rendimiento, velocidad y costos.

La FCC²⁶ establece los límites de funcionamiento de la tecnología BPL, entre estos tenemos:

3.4 LÍMITES DE EMISION

En cuanto a los límites de emisión se debe considerar a las líneas de media tensión y a las de baja tensión por separado debido a que cada una tiene sus propias características, nos basaremos en lo que dice la FCC en la parte 15 G, porque la parte 15 clasifica los productos en tres categorías: irradiadores intencionales, incidentales y no intencionales.

Los equipos de radiofrecuencia – irradiadores no intencionados (TV, radios, computadoras, etc.), pueden ser CLASE A: equipos diseñados para uso industrial y/o comercio y CLASE B: equipos diseñados para uso doméstico. Debido a que cuando realicemos las pruebas podremos comprobar hasta donde son factibles estos límites en nuestro entorno cuando se encuentre en funcionamiento BPL.

3.4.1 Líneas eléctricas de Media Tensión.

Para las líneas eléctricas de media tensión tenemos que respetar dos rangos de funcionamiento que tendrán que cumplir con los siguientes límites de funcionamiento:

SITUACION EN EE. UU. [en línea] [consultado el a las]. Disponible en: http://www.ure.es/plcure/plc/pdf/situacion_en_eeuu.pdf 9h30 10 de mayo

CAPITULO III [en línea] [consultado el miércoles 20 de mayo del 2009a las11h00am]. Disponible en: <http://bieec.epn.edu.ec:8180/dspace/bitstream/123456789/1214/3/T%2011077%20CAPITULO%203.pdf>

²⁶ Las normas establecidas por la FCC para BPL se tienen en la parte 15 clase G que se tiene en el anexo B.

3.4.1.1 Sistemas BPL a frecuencias en un rango de 1,705 kHz a 30 MHz

De acuerdo con la FCC los sistemas en este rango de funcionamiento deben cumplir con los siguientes puntos:

- (a) “Las emisiones de un radiador intencional no excederá de los niveles de campo de resistencia especificados en la siguiente tabla.”²⁷

Frecuencia (MHz)	Campo distancia fuerza (micro voltios / metro)	Medición (metros)
0.009-0.490	2400 / F (kHz)	300
0.490-1.705	24000 / F (kHz)	30
1.705-30.0	30	30
30-88	100	3
88-216	150	3
216-960	200	3
Por encima de 960	500	3

Tabla 3.2.- Emisiones de un Radiador Intencional

Al revisar esta tabla podemos ver que para diferentes frecuencias existen determinadas restricciones siendo en nuestro caso que para la frecuencia de 1,705 a 30 MHz podrá alcanzar una distancia de 30 metros para la medición.

3.4.1.2 Sistemas BPL a frecuencias en un rango superior a 30 MHz

Para este rango de frecuencia tenemos que utilizar el apartado de la sección 15.109 parte (b) de la FCC, que dice:

²⁷ Artículos de la FCC parte 15 subparte G.

(b) “La intensidad de campo de las emisiones radiadas desde un dispositivo digital de Clase A (que es aquel que se comercializa para su uso en un entorno comercial, industrial o de negocios), según lo determinado a una distancia de 10 metros, no excederá de los siguientes límites.”²⁸

Frecuencia de emisión (MHz)	Fuerza de Campo (micro voltios / metro)
30-88	90
88-216	150
216-960	210
Por encima de 960	300

Tabla 3.3.- FCC limites de emisiones, 15.109

3.4.2 Líneas eléctricas de Baja Tensión

Las líneas eléctricas de baja tensión que se encuentran conectadas al cableado de edificios deben cumplir con la sección 15.109 literales (a) y (e) de la FCC para los limites de emisiones radiadas.

(a) “Salvo lo dispuesto en el presente subparte, las emisiones de un radiador intencional no excederá de los niveles de campo de resistencia especificados en la siguiente tabla:”

Frecuencia (MHz)	Campo distancia fuerza (micro voltios / metro)	Medición(metros)
0.009-0.490	2400 / F (kHz)	300
0.490-1.705	24000 / F (kHz)	30
1.705-30.0	30	30
30-88	100	3
88-216	150	3
216-960	200	3
Por encima de 960	500	3

Tabla 3.4. FCC Límites de emisiones

²⁸ Artículos de la FCC parte 15 subparte G

(e) “Las disposiciones de las secciones 15.31²⁹, 15.33 y 15.35 para medir las emisiones a distancias distintas de las especificadas en el cuadro anterior, la determinación del rango de frecuencias sobre las que las emisiones de radiación se han de medir y la máxima limitación de las emisiones aplicara a todos los dispositivos que funcionan bajo esta parte.”³⁰

Para frecuencias superiores a los 30MHz, se utiliza para las pruebas una antena tipo bicónica. Con alturas de la antena de 1 a 4 metros se puede tener la máxima señal en posiciones tanto horizontal como vertical.

Para frecuencias inferiores a los 30MHz se debe utilizar un bucle magnético (antena tipo loop) activa o pasiva que se debe colocar con su plano vertical a una altura de 1 metro orientando verticalmente a la red eléctrica en cual estemos realizando la medición, se obtendrá el máximo de emisiones rotando la antena 180 grados. Se debe considerar que las señales del ambiente pueden sobrecargar el preamplificador de la antena o el analizador de espectros debido al bucle magnético.

Emisiones radiadas³¹, cuando tenemos radiadores no intencionales, la frecuencia y la amplitud de la más alta de las seis emisiones radiadas en relación con el límite e independiente de la polarización de la antena se informara a menos que estas emisiones estén 20dB bajo el límite. Para radiadores intencionales que tienen frecuencias en las que los dispositivos se encuentran ajustados en la frecuencia y la amplitud, la más alta de las tres armónicas o espurias en relación al límite será notificada.

²⁹ 15.31 Normas de la medición. (A) Los siguientes procesos de medición son utilizados por la FCC para determinar el cumplimiento de los requisitos para la técnica de esta parte. 15.33 Rango de medición de frecuencias radiadas. 15.35 Medición de las funciones del detector y anchos de banda. [en línea] [consultado el 19 de julio a las 10h00]. Fuente: <http://www.gpo.gov/fdsys/pkg/CFR-2009-title47-vol1/pdf/CFR-2009-title47-vol1-part15.pdf>

³⁰ Artículos de la FCC parte 15 subparte G

³¹ American National Standard for Methods of Measurement of Radio-Noise Emissions from Low-Voltage Electrical and Electronic Equipment in the Range of 9Khz to 40Ghz [en línea]. New York. 2004. [consultado el 14 de junio del 2010]. Disponible en Internet: http://ecee.colorado.edu/~ecen4517/materials/refs/standards/ANSI_C63.4-2003.pdf

Las mediciones se deben realizar normalmente a una distancia horizontal de separación de la línea aérea de 10 metros. Cuando se tenga ambientes más hostiles³² se podrán realizar las mediciones dependiendo de las emisiones ambientales a una distancia de 3 metros.

3.5 PRUEBAS NECESARIAS PARA LOS REQUISITOS TECNICOS

Los lugares en los cuales se van a realizar las pruebas son:

En el sector del Estadio en la calle Padre Sabiro, debido a que en este sector ya se tiene desplegados los equipos para BPL y la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur ya tiene funcionando los equipos con cinco usuarios en esta zona.

En el sector de la avenida Ordoñez Lazo, en las calle Los Cedros, De Los Claveles debido a que en este sector la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur tiene desplegados los equipos para BPL pero están en una etapa de prueba y aun no se encuentran brindando servicio en esta zona.

Las pruebas que se van a realizar son en tres modalidades:

- 1.- Sin instalar el sistema de BPL, configuración “on-off”.
- 2.- Con los equipos para BPL instalados pero sin servicio del sistema, configuración “by-pass”.
- 3.- Instalado el sistema BPL en funcionamiento, configuración “on”

Además se van a realizar las pruebas bajo las normas de la FCC parte 15 clase G, se recomienda en la misma usar una antena tipo loop y un analizador de espectros adecuado, se debe colocar la antena a una altura de 1 metro y a una distancia de 10 metros en relación a la red en donde se van a realizar las mediciones.

³² Lugares en donde se tenga mayores niveles de interferencias.

De acuerdo con los estudios realizados para la implementación de BPL en la Empresa Eléctrica “Quito”³³, se recomienda realizar las pruebas por fases en las cuales se debe considerar:

- 1.- Un Reconocimiento de la red eléctrica, con la finalidad de agilizar las pruebas.
- 2.- La instalación de un modem de cabecera, deberá estar colocado en un punto central que debe ser seguro y protegido.
- 3.- Una verificación del área de cobertura, que nos ayudara para medir la calidad en la transmisión y la necesidad de equipos repetidores y su ubicación.
- 4.- Un diagrama de la red BPL, para poder localizar los equipos de cabecera, los repetidores y los equipos del usuario.
- 5.- Instalación de los equipos, una vez realizados los pasos anteriores estamos en condiciones de ubicar los equipos.

Conclusiones.- al finalizar este capítulo tenemos variados conocimientos teóricos sobre la tecnología BPL y las normas establecidas por la FCC en la parte 15 clase G, se espera que no se presenten grandes diferencias en cuanto al nuestro país, de ahí la importancia de desarrollar adecuadamente las normas para nuestro entorno.

³³ <http://bieec.epn.edu.ec:8180/dspace/bitstream/123456789/798/41/T10145CAP1.pdf>
<http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/47/1/CD-0011.pdf>
http://www.ure.es/plcure/plc/pdf/situacion_en_eeuu.pdf
<http://bieec.epn.edu.ec:8180/dspace/bitstream/123456789/798/40/T10145CAP2.pdf>
<http://bieec.epn.edu.ec:8180/dspace/bitstream/123456789/825/1/2007AJIEE-26.pdf>
<http://bieec.epn.edu.ec:8180/dspace/bitstream/123456789/798/39/T10145CAP3.pdf>

CAPITULO 4

PROCEDIMIENTOS PARA LAS MEDICIONES

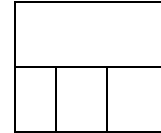
4.1 ELABORACION DEL MANUAL DE PROCEDIMIENTOS PARA LAS PRUEBAS



MANUAL DE PROCEDIMIENTOS

SUPERINTENDENCIA DE TELECOMUNICACIONES

REGION SUR CUENCA



TITULO: PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE BPL EN

OBJETIVO GENERAL:

Comprobar los límites de funcionamiento de la tecnología BPL en operación, para de esta manera determinar si causa interferencias dañinas a otros equipos cercanos que se encuentren dentro del área de cobertura.

POLITICAS Y/O NORMAS DE OPERACIÓN:

- Este proyecto está destinado para las empresas interesadas en brindar BPL que cumplan las normas de funcionamiento.
- La norma a utilizar es la publicada por la FCC en la parte 15 clase G adaptándose a las condiciones de la ciudad.
- Se tendrán presentes las indicaciones de la SUPERTEL para el funcionamiento en la ciudad.
- Costos, estos dependen de la empresa que brinde este servicio y serán competitivos en el mercado actual.

MANUAL DE PROCEDIMIENTOS
SUPERINTENDENCIA DE TELECOMUNICACIONES
REGION SUR CUENCA

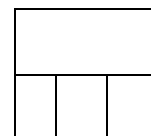
TITULO: PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE BPL EN

UNIDAD ADMINISTRATIVA	No	Descripción de la Actividad	Tiempo
Superintendencia de Telecomunicaciones	1	Preparación de los equipos necesarios para realizar las pruebas	15 min
Lugar destino para realizar las pruebas	2	Verificar que los equipos para brindar el servicio de BPL se encuentren debidamente instalados en su lugar	10min
	3	Determinar tipo de pruebas en: by – pass, on – off o con el equipo en on o funcionamiento normal	2 min
	4	Si se realizan las pruebas en on-off se debe desconectar los equipos de la red eléctrica	10 min
	5	Se conecta la antena tipo loop y se la coloca en un lugar que debemos marcarlos adecuadamente que debe ser una distancia de 10 metros de separación de los equipos ubicados en las líneas de baja tensión, para las pruebas que vamos a realizar aunque si las condiciones del lugar no lo permiten se debe considerar colocar los equipos a 3 metros de	20 min

		la red, la frecuencia de trabajo va a estar en un rango de 1.6 a 30 MHz, la antena debe colocarse a una altura de 1 metro como mínimo, se colocara la antena en alturas mayores para verificar la existencia de la señal y los cambios que experimenta, luego se enciende el analizador de spectrum.	
	6	Se configura el analizador de espectros en modo RMS para realizan las lecturas y luego la lectura en modo Quasi Peak que se tarda una hora con cuarenta minutos, a diferencia de RMS que es instantánea. Se escogieron estas configuraciones debido a que son las mas apropiadas para poder analizar en condiciones compatibles los niveles de radiación de la señal BPL y de ruido.	120 min
	7	Se guardan las trazas y los datos producto de las mediciones en la memoria del analizador de espectros y se recogen manualmente los datos de la frecuencia, distancia, altura de los equipos de la red y de los equipos de las pruebas en el formulario de pruebas y finalmente se recogen los equipos.	20 min
	8	Si se realizan las pruebas con el	15min

Superintendencia de Telecomunicaciones	9	sistema en by – pass se debe tener los equipos conectados al sistema pero no se encuentran en uso, es decir solamente se los tendrá conectados a la red eléctrica pero no se los tiene enviando señales de bpl.	160min
	10	El procedimiento es el mismo que se realizo con las pruebas anteriores. Las pruebas con los equipos en funcionamiento normal se realizan con los equipos conectados a la red de distribución eléctrica y con la señal de internet para enviar y descargar datos. El procedimiento es igual que en los casos anteriores, se deben colocar los mismos equipos para realizar las pruebas y después se guardan todos los resultados que se obtengan de las mediciones.	160min
	11	Análisis de los resultados obtenidos en las pruebas	60 min
	12	Conclusiones y recomendaciones de los aspectos analizados en las pruebas de la tecnología BPL desplegada en la ciudad.	30 min
	13	FIN DEL PROCEDIMIENTO	

MANUAL DE PROCEDIMIENTOS
SUPERINTENDENCIA DE TELECOMUNICACIONES
REGION SUR CUENCA



TITULO: PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE BPL EN

SUPATEL

PREPARACION DE EQUIPOS

ON

SELECCION DEL PROCEDIMIENTO

A

B

BY-PASS

E.E.R.C.S.

VERIFICAR LA UBICACION DE LOS EQUIPOS BPL EN LA ZONA PARA LAS PRUEBAS

C

ON- OFF

ON

Configurar la red de acuerdo al procedimiento

BY-PASS

Equipos encendidos y conectados a la red eléctrica con servicio de internet activo por medio de BPL

ON- OFF

Equipos conectados a la red eléctrica pero sin servicio de internet por medio de BPL.

Equipos apagados y desconectados de la red eléctrica sin servicio de BPL

SI

NO

A

SI

NO

B

SI

NO

C

Realizar las pruebas

Realizar las pruebas

Realizar las pruebas

Analizar los resultados

Analizar los resultados

Analizar los resultados

FIN

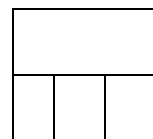


UNIVERSIDAD DE CUENCA

LUCIA CRIOLLO



MANUAL DE PROCEDIMIENTOS
SUPERINTENDENCIA DE TELECOMUNICACIONES
REGION SUR CUENCA



TITULO: PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE BPL EN



INGENIERIA ELECTRICA

4.2 PREPARACION DEL FORMULARIO PREVIO PARA LAS PRUEBAS

 FORMULARIO PARA LAS PRUEBAS DE BPL			
FECHA:			
HORA DE INICIO:			
HORA DE FINALIZACION:			
RESPONSIBLE:			
UBICACIÓN:			
DISTANCIA ENTRE LA ANTENA Y REPETIDOR:			
ALTURA DE LA ANTENA:			
FRECUENCIAS DE OPERACIÓN:			
ATENUACION:			
TIPOS DE MEDICIONES:			
MATERIALES:			
DESCRIPCION:		CROQUIS:	
OBSERVACIONES:			

4.3 PRUEBAS DE CAMPO

Para la ejecución de las pruebas asumimos tres configuraciones a utilizar:

La primera con los equipos en correcto funcionamiento en estado “on” cuando se encontraban conectados tanto a la red eléctrica como a la red de BPL brindando servicio con navegación en internet enviando y recibiendo datos en tiempo real.

La segunda configuración con los equipos conectados a la red de distribución eléctrica pero sin el servicio de internet en estado “by – pass”.

Por último se realizaron las pruebas con los equipos desconectados de la red de distribución eléctrica y sin el servicio de internet, es estas condiciones tenemos el sistema en estado “on – off”.

El objetivo de realizar estas pruebas es con la finalidad de determinar si cumple o no con las normas propuestas por la FCC para de esta manera determinar si son las adecuadas a nuestro medio al verificar si están o no causando interferencia con otras bandas de frecuencia en funcionamiento en HF.

Las pruebas que vamos a realizar con los equipos apagados y desconectados de la red serán de utilidad para ver qué cantidad de emisiones espurias existen en la red sin el uso de BPL, también se debe anotar algo muy importante que los equipos utilizados para las mediciones son muy sensibles a las condiciones atmosféricas y a las del medio en donde se realicen las pruebas debido a esto pueden presentar variaciones en los resultados. Por ejemplo un ruido considerable

como el ruido electromagnético que emite una motocicleta puede causar variaciones en los mismos.

PRUEBAS EN CONFIGURACION “BY – PASS”

Las primeras pruebas las realizamos el día 17 de diciembre del 2009, en el sector de la avenida Ordoñez Lazo, en este lugar tenemos los equipos de BPL desplegados en una zona en la cual se pretende brindar servicio de Internet por medio de la tecnología BPL pero aún no se encuentra en funcionamiento.

De acuerdo al procedimiento luego de haber seleccionado la configuración “by – pass”, debido a las condiciones que tiene la red en este momento nos comunicamos con la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur debido a que necesitamos que los equipos se encuentren conectados en la red de distribución eléctrica pero sin el servicio de internet, luego nos trasladamos desde la Superintendencia de Telecomunicaciones Regional Sur con los equipos adecuados para desarrollar las pruebas, una vez en el lugar destinado para las pruebas revisamos la red de BPL y analizamos los puntos para realizar las mediciones, para esto escogemos tres puntos al inicio de la red, en un punto intermedio y uno al final de la red.

Iniciamos en las calles Los Cedros y De las Dalias que será el punto inicial para las pruebas, en este lugar tenemos los equipos de BPL colocados junto a un transformador ahí tenemos un Gateway principal de marca Corinex que va hasta los 100Mbps, el mismo que tiene un alcance de 2 a 3 cuadras razón por la cual son necesarios repetidores cada cierta distancia.

En este punto realizamos las primeras mediciones, luego de colocar los equipos y armar la antena hicimos un barrido en RMS que es una lectura instantánea que no demora más de tres minutos en terminar, guardamos los datos obtenidos en esta medición, inmediatamente realizamos la

segunda lectura empezando a las 11,15 min, esta lectura de Quasi – Peak realiza un barrido que demora una hora con cuarenta minutos en terminar el proceso, la configuración de los equipos se encuentra trabajando en una frecuencia de 2 a 30 MHz, con una atenuación de 0 dB, con pre amplificación, utilizamos la traza A en average y normal respectivamente, una vez que se termina la segunda lectura guardamos los datos para luego analizarlos.

La segunda medición la realizamos el día 18 de diciembre del 2009 en las calles Los Cedros y De Las Margaritas, el procedimiento fue el mismo que en primer punto. Es decir realizamos las mismas mediciones bajo los mismos parámetros que se consideraron para el punto inicial. Se inicio a las 10:10 de la mañana y se termino a las 11:55 min estas lecturas.

Este mismo día se realizo la tercera lectura en esta configuración en el fin de la red en la calle Los Cedros y de los Claveles a tres cuadras del punto inicial de la red. Iniciamos a las 11:58 min y terminamos a las 13:50min.

PRUEBAS EN CONFIGURACION “ON – OFF ”

Estas pruebas se realizaron el día 4 de febrero del 2010, en los mismos puntos que se eligieron para la configuración anterior, puesto que los mismos se dejaron ubicados adecuadamente con marcas que se debían cuidar para evitar que desaparecieran y de esta manera pudimos realizar las pruebas en los mismos puntos, debido a que esta configuración necesita que los equipos se encuentren desconectados tanto de la red de distribución eléctrica como de la red de internet fue necesario comunicarnos con la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur para solicitar que los equipos se encuentren debidamente desconectados.

Una vez que se tenía la red en esas condiciones se realizaron las mismas mediciones que se hicieron para la configuración anterior. Se inicio a las 9:45 min y se termino a las 15H00 el proceso de las tres mediciones.

PRUEBAS EN CONFIGURACION “ON”

Para realizar estas pruebas escogimos el sector del Estadio en la calle Padre Sabiro, debido a que en esta localidad la E.E.R.C.S. esta ya brindando el servicio de Internet por medio de BPL. Las primeras pruebas las realizamos el día 21 de abril del 2010, revisamos la red para elegir un punto adecuado para realizar las pruebas en este caso las realizamos al inicio de la red, en esta teníamos cuatro usuarios conectados a la misma, debido a que esta tecnología es nueva aun no tiene una amplia acogida. Empezamos las mediciones, una lectura en RMS y la otra una de Quassi Peak, se inicio a las 10h15 min, los usuarios conectados a la red estuvieron recibiendo y enviando datos.

La segunda etapa de las pruebas en este lugar se realizaron el 8 de julio del 2010, el procedimiento es el mismo que se utilizo en la primera etapa, en la red aun se tenia cuatro abonados y no existía variaciones en la misma. Para estas pruebas se utilizo la antena tipo loop de 18” SAS-562B y el analizador de espectros Agilent E7405A.

El objetivo de realizar las pruebas en estas configuraciones es para analizar el comportamiento de la red eléctrica en cada una de estas configuraciones.

4.4 ANALISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LAS PRUEBAS

Una vez realizadas las pruebas empezamos el análisis de los resultados obtenidos en cada una de ellas.

RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE CONFIGURACION “BY – PASS”

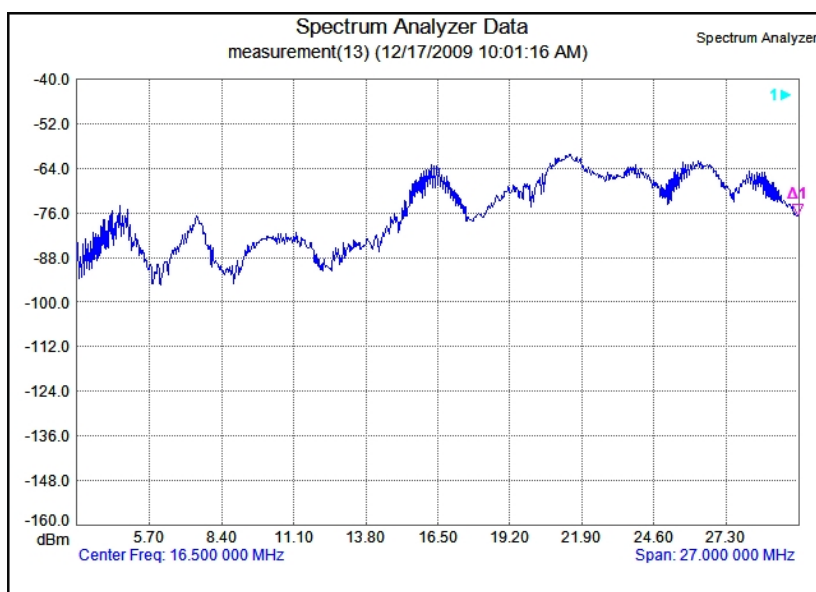


Figura 4.1.- Grafica by- pass RMS en el punto 1

Measurement Parameters			
Trace Average	3		
Trace Mode	Average	Preamp	ON
Min Sweep Time	0.001 S	Reference Level Offset	0.0 dB
Input Attenuation	0.0 dB	RBW	30.0 kHz
VBW	30.0 kHz	Detection	RMS
Center Frequency	16.500 000 MHz	Start Frequency	3.000 000 MHz
Stop Frequency	30.000 000 MHz	Frequency Span	27.000 000 MHz
Reference Level	-40.000 dBm	Scale	12.0 dB/div
Operator Name		Tower	

Device Information			
Serial Number	821064	Base Ver.	V2.01
App Ver.	V3.17	Date	12/17/2009 10:01:16 AM
Device Name	SUPERTEL-IRS		

Tabla 4.1.- Tabla by- pass RMS en el punto 1

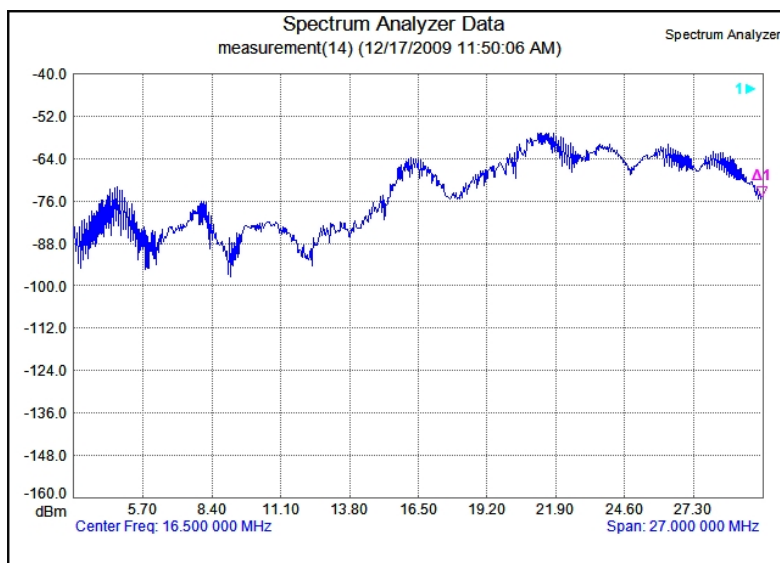


Figura 4.2.- Grafica by- pass Quase Peak en el punto 1

Measurement Parameters			
Trace Average	3		
Trace Mode	Average	Preamp	ON
Min Sweep Time	0.001 S	Reference Level Offset	0.0 dB
Input Attenuation	0.0 dB	RBW	9.0 kHz
VBW	9.0 kHz	Detection	Peak
Center Frequency	16.500 000 MHz	Start Frequency	3.000 000 MHz
Stop Frequency	30.000 000 MHz	Frequency Span	27.000 000 MHz
Reference Level	-40.000 dBm	Scale	12.0 dB/div
Operator Name		Tower	
Device Information			
Serial Number	821064	Base Ver.	V2.01
App Ver.	V3.17	Date	12/17/2009 11:50:06 AM
Device Name	SUPERTEL-IRS		

Tabla 4.2.- Tabla by- pass Quasi - Peak en el punto 1

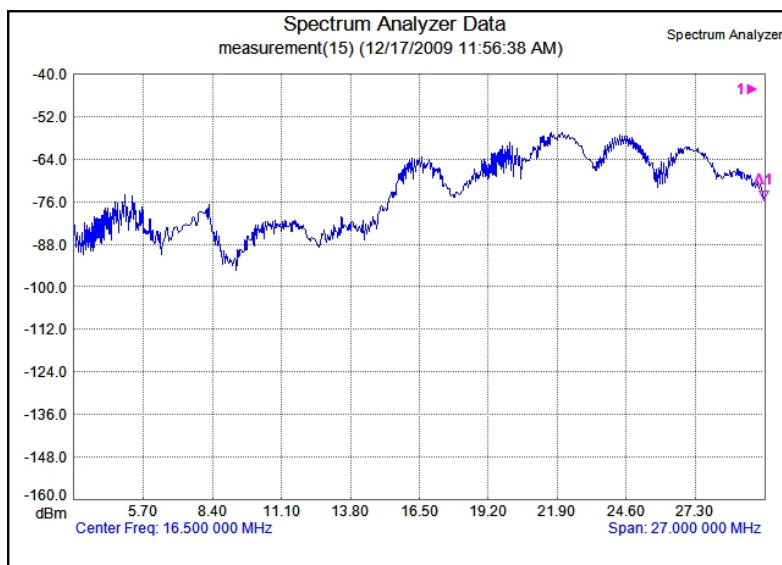


Figura 4.3.- Grafica by- pass RMS en el punto 2

Measurement Parameters			
Trace Average	3		
Trace Mode	Average	Preamp	ON
Min Sweep Time	0.001 S	Reference Level Offset	0.0 dB
Input Attenuation	0.0 dB	RBW	30.0 kHz
VBW	30.0 kHz	Detection	RMS
Center Frequency	16.500 000 MHz	Start Frequency	3.000 000 MHz
Stop Frequency	30.000 000 MHz	Frequency Span	27.000 000 MHz
Reference Level	-40.000 dBm	Scale	12.0 dB/div
Operator Name		Tower	
Device Information			
Serial Number	821064	Base Ver.	V2.01
App Ver.	V3.17	Date	12/17/2009 11:56:38 AM
Device Name	SUPERTEL-IRS		

Tabla 4.3.- Tabla by- pass RMS en el punto 2

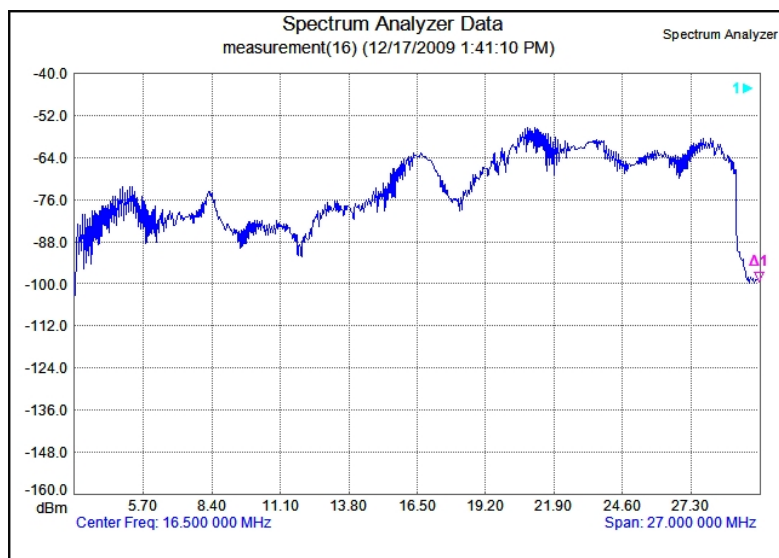


Figura 4.4.- Grafica by- pass Quasi Peak en el punto 2

Measurement Parameters			
Trace Average	3		
Trace Mode	Average	Preamp	ON
Min Sweep Time	0.001 S	Reference Level Offset	0.0 dB
Input Attenuation	0.0 dB	RBW	9.0 kHz
VBW	9.0 kHz	Detection	Peak
Center Frequency	16.500 000 MHz	Start Frequency	3.000 000 MHz
Stop Frequency	30.000 000 MHz	Frequency Span	27.000 000 MHz
Reference Level	-40.000 dBm	Scale	12.0 dB/div
Operator Name		Tower	
Device Information			
Serial Number	821064	Base Ver.	V2.01
App Ver.	V3.17	Date	12/17/2009 1:41:10 PM
Device Name	SUPERTEL-IRS		

Tabla 4.4.- Tabla by- pass Quasi - Peak en el punto 2

Al obtener las graficas del analizador de espectros podemos observar que en esta configuración existen presencia de ruido ya que las redes eléctricas no fueron diseñadas para enviar datos por la misma es por esta razón que son muy susceptibles a las presencias de espurias que pueden ocasionar variaciones en la comunicación inicial y el resultado final. Al tener una configuración en by – pass podemos observar una grafica con presencia de ruido que es muy evidente, además que los equipos son muy susceptibles a la presencia de ruido.

Se ve además que el nivel de ruido es menor conforme tenemos mayores frecuencias es decir para un límite mayor a 20 MHz tenemos menores niveles de ruido. En la grafica se puede ver que en algunos momentos la presencia de ruido es mayor esto se da debido a la presencia de ruidos exteriores como cuando pasa un automotor muy ruidoso (en términos electromagnéticos) como una motocicleta por ejemplo.

RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE CONFIGURACION “ON – OFF”

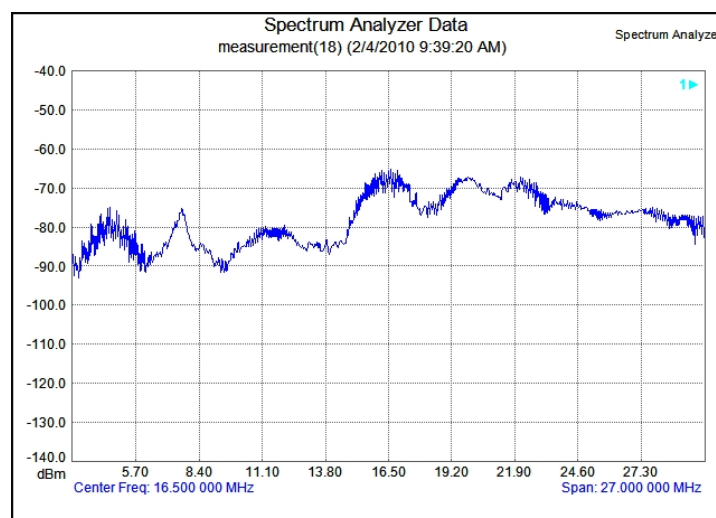


Figura 4.5.- Grafica on – off RMS en el punto 1

Measurement Parameters			
Trace Average	10		
Trace Mode	Average	Preamp	ON
Min Sweep Time	0.001 S	Reference Level Offset	0.0 dB
Input Attenuation	0.0 dB	RBW	30.0 kHz
VBW	30.0 kHz	Detection	RMS
Center Frequency	16.500 000 MHz	Start Frequency	3.000 000 MHz
Stop Frequency	30.000 000 MHz	Frequency Span	27.000 000 MHz
Reference Level	-40.000 dBm	Scale	10.0 dB/div
Operator Name		Tower	

Device Information			
Serial Number	821064	Base Ver.	V2.01
App Ver.	V3.17	Date	2/4/2010 9:39:20 AM
Device Name	SUPERTEL-IRS		

Tabla 4.5.- Tablaon –off RMS en el punto 1

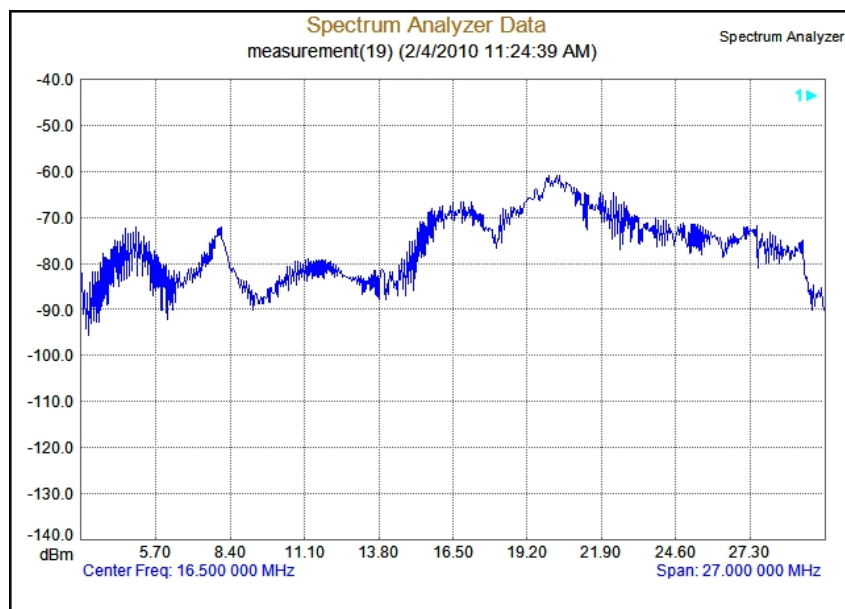


Figura 4.6.- Grafica on – off Quase Peak en el punto 1

Measurement Parameters			
		Trace Mode	Normal
Preamp	ON	Min Sweep Time	0.001 S
Reference Level Offset	0.0 dB	Input Attenuation	0.0 dB
RBW	9.0 kHz	VBW	9.0 kHz
Detection	Peak	Center Frequency	16.500 000 MHz
Start Frequency	3.000 000 MHz	Stop Frequency	30.000 000 MHz
Frequency Span	27.000 000 MHz	Reference Level	-40.000 dBm
Scale	10.0 dB/div	Operator Name	
Tower			

Device Information			
Serial Number	821064	Base Ver.	V2.01
App Ver.	V3.17	Date	2/4/2010 11:24:39 AM
Device Name	SUPERTEL-IRS		

Tabla 4.6.- Tablaon – off Quasi - Peack en el punto1

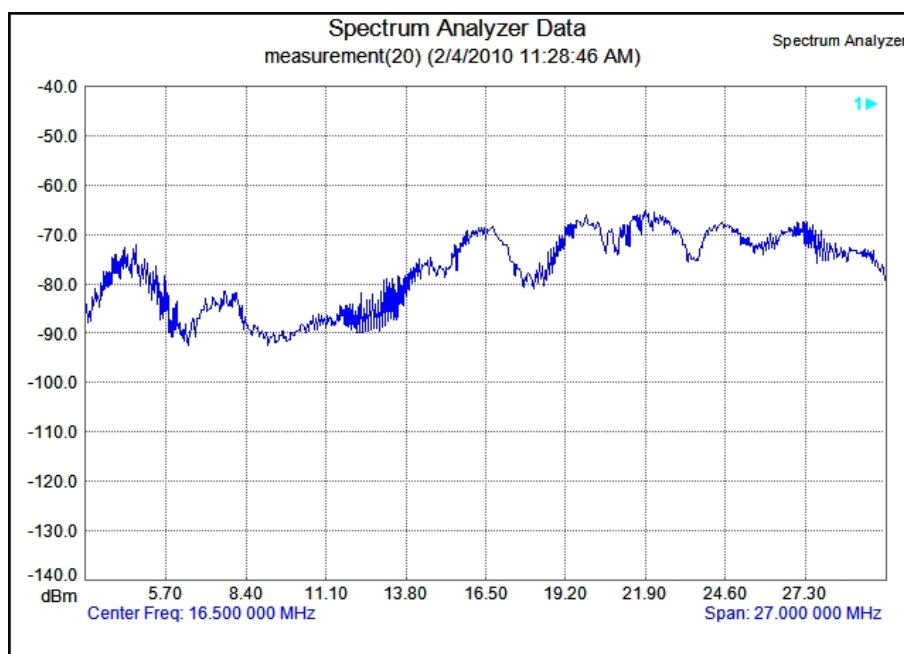


Figura 4.7.- Grafica on – off RMS en el punto 2

Measurement Parameters			
Trace Average	10		
Trace Mode	Average	Preamp	ON
Min Sweep Time	0.001 S	Reference Level Offset	0.0 dB
Input Attenuation	0.0 dB	RBW	30.0 kHz
VBW	30.0 kHz	Detection	RMS
Center Frequency	16.500 000 MHz	Start Frequency	3.000 000 MHz
Stop Frequency	30.000 000 MHz	Frequency Span	27.000 000 MHz
Reference Level	-40.000 dBm	Scale	10.0 dB/div
Operator Name		Tower	

Device Information			
Serial Number	821064	Base Ver.	V2.01
App Ver.	V3.17	Date	2/4/2010 11:28:46 AM
Device Name	SUPERTEL-IRS		

Tabla 4.7.- Tabla on – off RMS en el punto 2

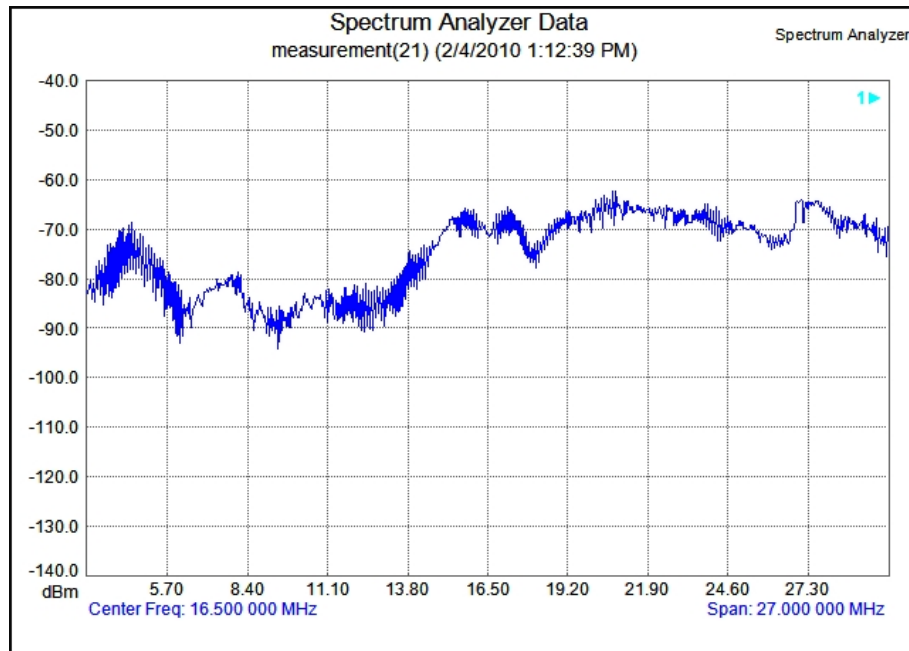


Figura 4.8.- Grafica on – off Quase Peak en el punto 2

Measurement Parameters			
		Trace Mode	Normal
Preamp	ON	Min Sweep Time	0.001 S
Reference Level Offset	0.0 dB	Input Attenuation	0.0 dB
RBW	9.0 kHz	VBW	9.0 kHz
Detection	Peak	Center Frequency	16.500 000 MHz
Start Frequency	3.000 000 MHz	Stop Frequency	30.000 000 MHz
Frequency Span	27.000 000 MHz	Reference Level	-40.000 dBm
Scale	10.0 dB/div	Operator Name	
Tower			
Device Information			
Serial Number	821064	Base Ver.	V2.01
App Ver.	V3.17	Date	2/4/2010 1:12:39 PM
Device Name	SUPERTEL-IRS		

Tabla 4.8. on – off Quase Peak en el punto 2

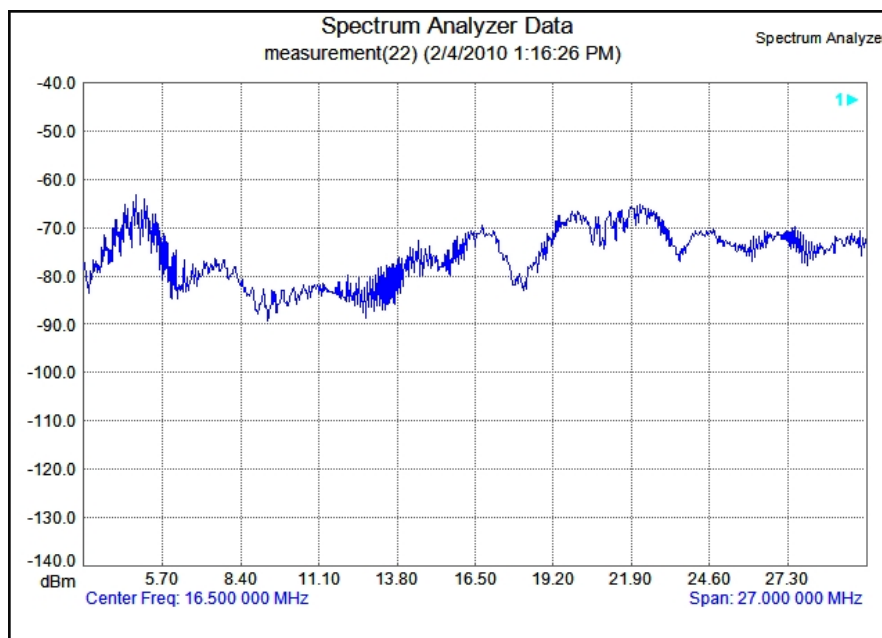


Figura 4.9.- Grafica on – off RMS en el punto 3

Measurement Parameters			
Trace Average	10		
Trace Mode	Average	Preamp	ON
Min Sweep Time	0.001 S	Reference Level Offset	0.0 dB
Input Attenuation	0.0 dB	RBW	30.0 kHz
VBW	30.0 kHz	Detection	RMS
Center Frequency	16.500 000 MHz	Start Frequency	3.000 000 MHz
Stop Frequency	30.000 000 MHz	Frequency Span	27.000 000 MHz
Reference Level	-40.000 dBm	Scale	10.0 dB/div
Operator Name		Tower	

Device Information			
Serial Number	821064	Base Ver.	V2.01
App Ver.	V3.17	Date	2/4/2010 1:16:26 PM
Device Name	SUPERTEL-IRS		

Tabla 4.9. on – off RMS en el punto 3

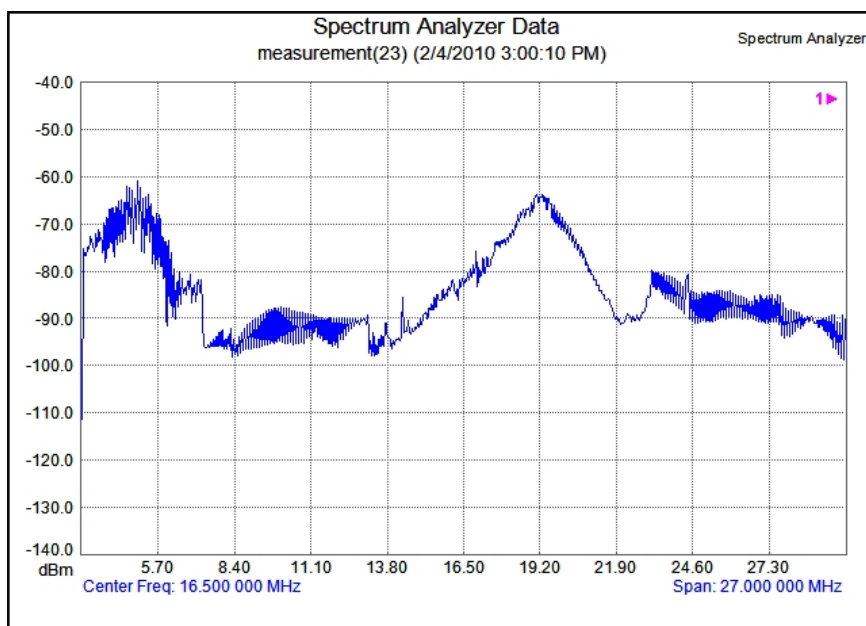


Figura 4.10.- Grafica on – off Quase Peak en el punto 3

Measurement Parameters			
		Trace Mode	Normal
Preamp	ON	Min Sweep Time	0.001 S
Reference Level Offset	0.0 dB	Input Attenuation	0.0 dB
RBW	9.0 kHz	VBW	9.0 kHz
Detection	Peak	Center Frequency	16.500 000 MHz
Start Frequency	3.000 000 MHz	Stop Frequency	30.000 000 MHz
Frequency Span	27.000 000 MHz	Reference Level	-40.000 dBm
Scale	10.0 dB/div	Operator Name	
Tower			

Device Information			
Serial Number	821064	Base Ver.	V2.01
App Ver.	V3.17	Date	2/4/2010 3:00:10 PM
Device Name	SUPERTEL-IRS		

Tabla 4.10.- on – off Quase Peak en el punto 3



Figura 4.11.- Antena tipo Loop en los puntos de trabajo.

Aquí podemos apreciar claramente el ruido, este es producto de los transitorios de tensión, los mismos que son impulsos de alta tensión y tienen una duración de pocos microsegundos que pueden llegar a los milisegundos. En esta configuración lo que se ha podido medir es el ruido existente en esta zona, se puede apreciar claramente que es muy elevado. De ahí que cuando comience a funcionar BPL en esta zona las espurias no van a ser necesariamente de BPL. Los aspectos más importantes que se pueden apreciar del ruido son la amplitud, duración y el intervalo de aparición en cada medición. En esta configuración tenemos presente ruido en todo la medición, claro que se acentúa en ciertos momentos debido especialmente a los ruidos exteriores, ya que los equipos son muy susceptibles a los mismos.

RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE CONFIGURACION “ON”

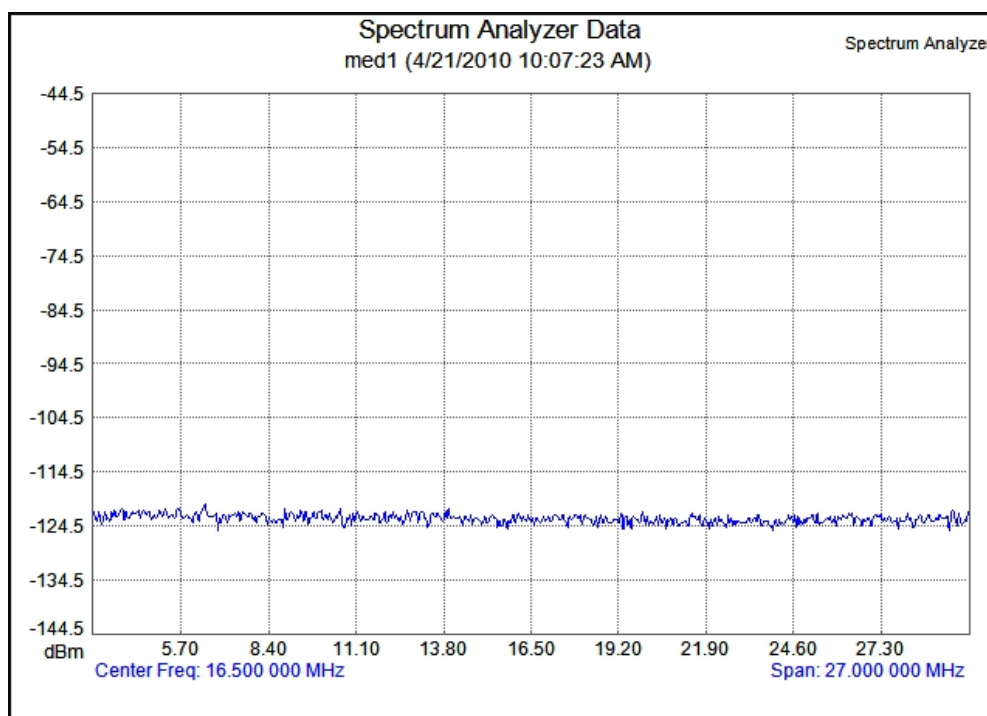


Figura 4.12.- Grafica on RMS

Measurement Parameters			
		Trace Mode	Normal
Preamp	ON	Min Sweep Time	0.001 S
Reference Level Offset	0.0 dB	Input Attenuation	0.0 dB
RBW	30.0 kHz	VBW	10.0 kHz
Detection	RMS	Center Frequency	16.500 000 MHz
Start Frequency	3.000 000 MHz	Stop Frequency	30.000 000 MHz
Frequency Span	27.000 000 MHz	Reference Level	-44.500 dBm
Scale	10.0 dB/div	Operator Name	
Tower			

Device Information			
Serial Number	821064	Base Ver.	V2.01
App Ver.	V3.17	Date	4/21/2010 10:07:23 AM
Device Name	SUPERTEL-IRS		

Tabla 4.11.- Grafica on RMS

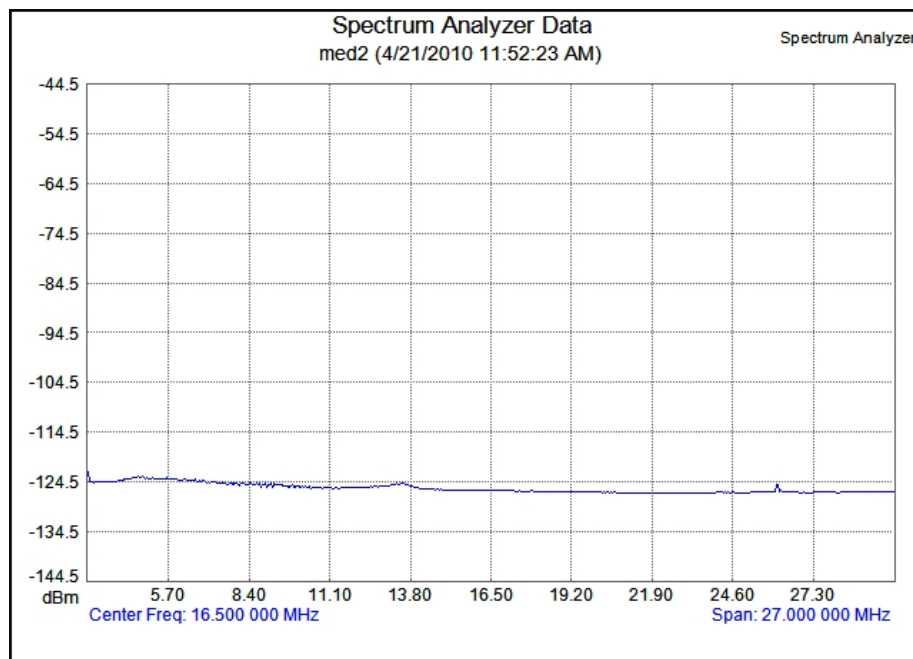


Figura 4.13.- Grafica on Quase Peak

Measurement Parameters			
Trace Average	10		
Trace Mode	Average	Preamp	ON
Min Sweep Time	0.001 S	Reference Level Offset	0.0 dB
Input Attenuation	0.0 dB	RBW	9.0 kHz
VBW	9.0 kHz	Detection	Peak
Center Frequency	16.500 000 MHz	Start Frequency	3.000 000 MHz
Stop Frequency	30.000 000 MHz	Frequency Span	27.000 000 MHz
Reference Level	-44.500 dBm	Scale	10.0 dB/div
Operator Name		Tower	

Device Information			
Serial Number	821064	Base Ver.	V2.01
App Ver.	V3.17	Date	4/21/2010 11:52:23 AM
Device Name	SUPERTEL-IRS		

Tabla 4. 12.- Grafica on Quase Peak



Figura 4.14.- Antena tipo Loop en las pruebas con BPL funcionando.

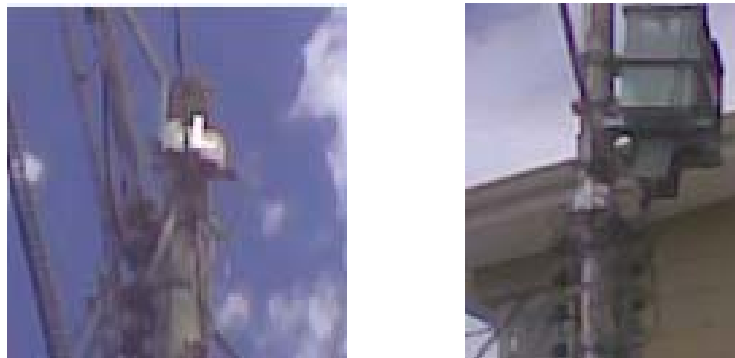


Figura 4.15.- Equipos desplegados para BPL en funcionamiento.

La primera prueba que se realizó con el servicio de internet en funcionamiento en el sector del Estadio podemos apreciar solamente la presencia del ruido en el medio, no se puede diferenciar ningún tipo de señal que indique la presencia de BPL en el medio. Este resultado se debe a que los equipos utilizados no ofrecían buenas características para poder apreciar esta señal a más de que se demoraban mucho tiempo para realizar el barrido de una sola señal lo que afecta el resultado final porque en ese lapso de tiempo pueden existir diversos cambios dependiendo de los usuarios de la red.

Las pruebas que se realizaron en la segunda etapa se hicieron con la antena tipo loop de 18" SAS-562B y el analizador de espectros Agilent E7405A, aquí se obtuvieron mejores resultados que en la medición anterior porque se puede apreciar claramente las señales de BPL debido a que los equipos utilizados son de mejores características, en estas pruebas se obtuvo una frecuencia de funcionamiento de 17.16 MHz, la señal no sobrepasó los límites de funcionamiento de la FCC.

Esta traza se obtuvo con la antena a una altura de 1 metro y a la distancia de 10 metros en relación a la red eléctrica.

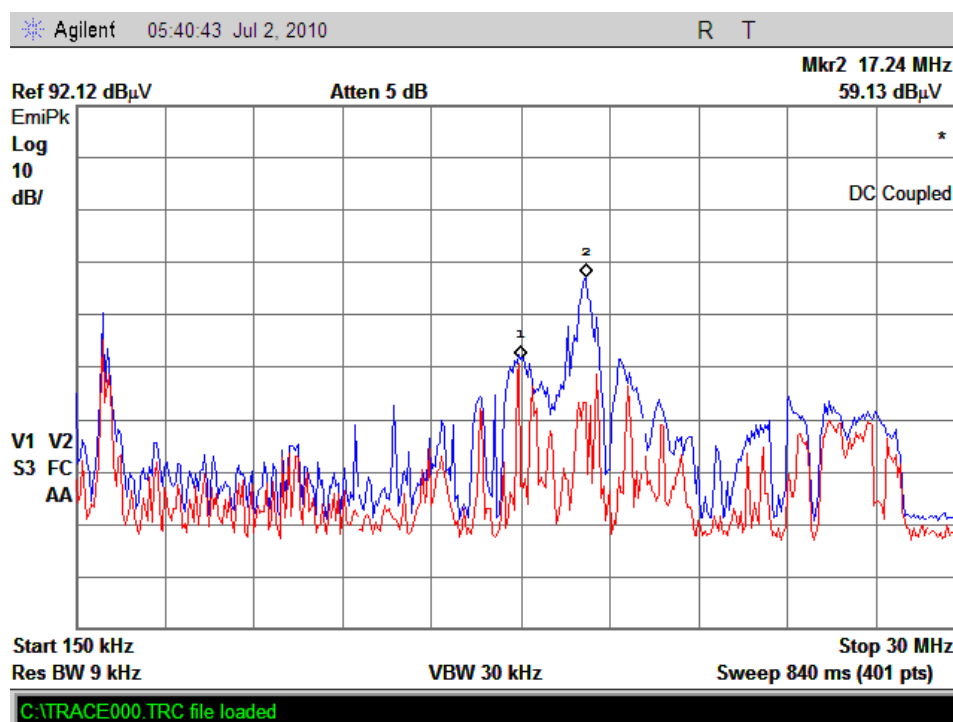


Figura 4.16.- Grafica en configuración “on” Quase Peak

Measurement Parameters			
		Preamp	ON
Min Sweep Time	0.001 S	Reference Level Offset	0.0 dB
Input Attenuation	0.0 dB	RBW	9.0 kHz
VBW	9.0 kHz	Detection	Peak
Center Frequency	17.240 000 MHz	Start Frequency	3.000 000 MHz
Stop Frequency	30.000 000 MHz	Frequency Span	27.000 000 MHz
Reference Level	-44.500 dBm	Scale	10.0 dB/div
Operator Name		Tower	

Tabla 4.13.- Grafica on Quase Peak

En esta gráfica se tiene dos señales la primera es la de color azul que es la señal de BPL al utilizar las mascararas con el analizador de espectros se pudo comprobar que el pico más alto que es el que tiene el número 2 y no sobrepasa los límites de funcionamiento de la FCC, es decir que cumple la norma a pesar de presentar estos picos elevados, lo que se puede concluir de la señal de color rojo es el nivel de ruido que es muy elevado lo que provoca que la señal pierda

velocidad. Los niveles de atenuación son de 5dB y el ancho de banda es de 9KHz, con una frecuencia de trabajo de 17.24MHz, el barrido se realizo a 840ms analizando 401 puntos, la frecuencia inicial fue de 150kHz y la final de 30MHz, con una referencia de inicial de 92,12 dBμV y una referencia final de 59,13 dBμV. Para esta traza los equipos se instalaron a la misma distancia de 10 metros pero a la antena se la coloco a una altura de 3 metros y se la giro hasta obtener el pico máximo que es el de la figura el numero 1.

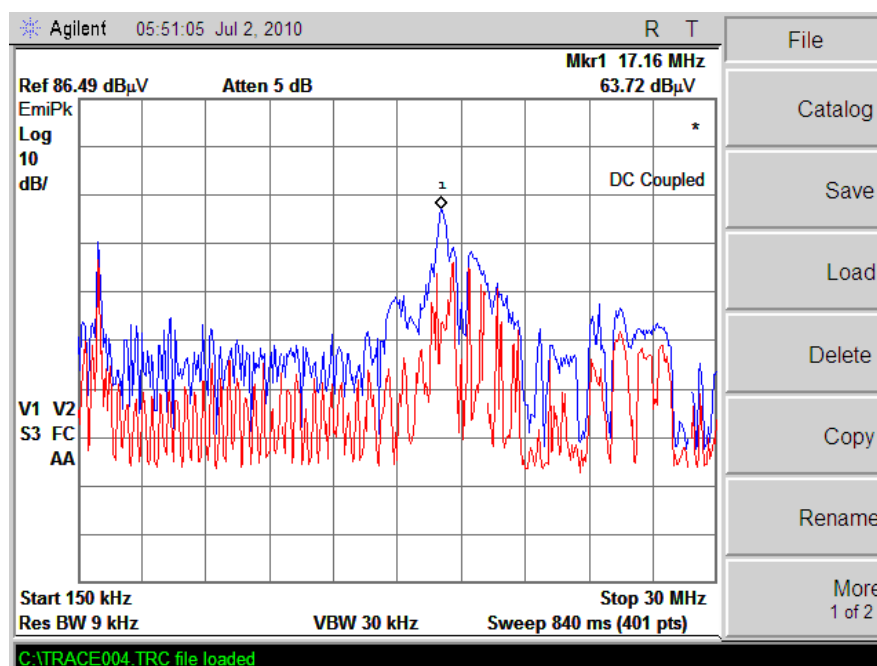


Figura 4.17.- Grafica en configuración “on” Quase Peak

Measurement Parameters			
		Preamp	ON
Min Sweep Time	0.001 S	Reference Level Offset	0.0 dB
Input Attenuation	0.0 dB	RBW	9.0 kHz
VBW	9.0 kHz	Detection	Peak
Center Frequency	17.16000 MHz	Start Frequency	3.000 000 MHz
Stop Frequency	30.000 000 MHz	Frequency Span	27.000 000 MHz
Reference Level	-44.500 dBm	Scale	10.0 dB/div
Operator Name		Tower	

Tabla 4.14.- Tabla on Quase Peak

Los niveles de atenuación son de 5dB y el ancho de banda es de 9KHz, con una frecuencia de trabajo de 17.16MHz, el barrido se realizo a 840ms analizando 401 puntos, la frecuencia inicial fue de 150kHz y la final de 30MHz, con una referencia de inicial de 86.49 dB μ V y una referencia final de 63.72 dB μ V.

En la siguiente grafica tenemos solo el espectro de la señal BPL que se encuentra en los mismos rangos de funcionamiento que las mediciones anteriores pero con una frecuencia de 17.31, un nivel de referencia inicial de 75 dB μ V y una referencia final de 49.01 dB μ V.

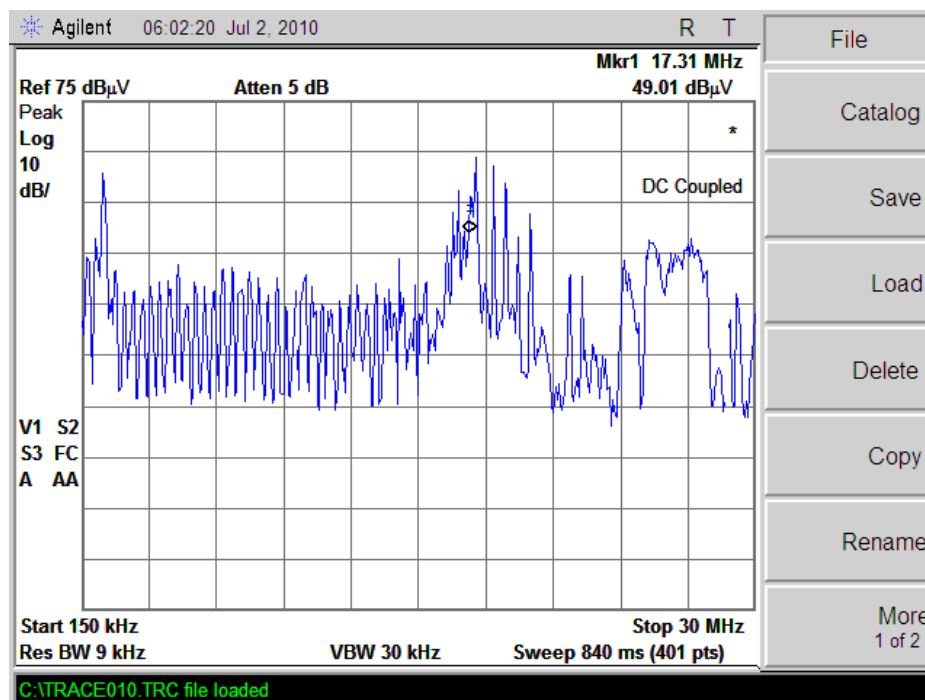


Figura 4.18.- Grafica on Quase Peak de la señal BPL

Measurement Parameters			
		Preamp	ON
Min Sweep Time	0.001 S	Reference Level Offset	0.0 dB
Input Attenuation	0.0 dB	RBW	9.0 kHz
VBW	9.0 kHz	Detection	Peak
Center Frequency	17.310 000 MHz	Start Frequency	1.500 000 MHz
Stop Frequency	30.000 000 MHz	Frequency Span	27.000 000 MHz
Reference Level	-49.100 dBm	Scale	10.0 dB/div
Operator Name		Tower	

Tabla 4.15.- Tabla on Quase Peak

La figura que tenemos a continuación es la señal BPL que se debe obtener cuando se encuentra funcionando correctamente la red, se puede apreciar que la que nosotros obtuvimos tiene la misma forma pero sufre alteraciones en algunas partes esto se debe a la presencia del ruido.

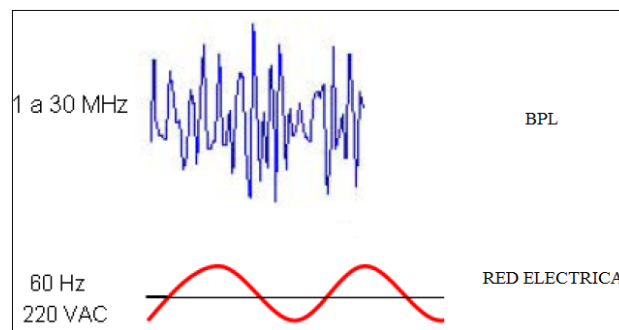


Figura 4.19.- Grafica de la señal BPL y de la señal eléctrica

En la siguiente tabla tenemos los límites que propone la FCC para el rango de frecuencia de 1,705 a 30 MHz, y adicional los resultados que obtuvimos en este rango:

Frecuencia (MHz)	Campo distancia fuerza (micro voltios / metro)	Medición (metros)	
1.705-30.0	30	30	FCC
16.5		10	on-off
16.5		10	off
17.24	28	10	on (prueba1)
17.16	27.5	10	on (prueba2)
15.8	28	10	on (prueba3)
17.16	29	15	on (prueba3)

Tabla 4.16. Límites de emisiones

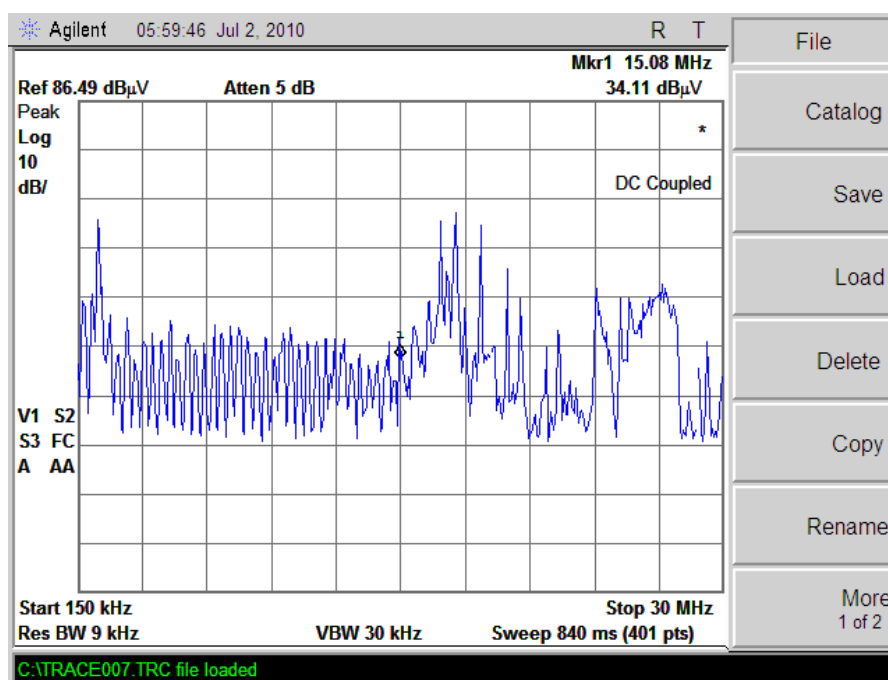


Figura 4.20.- Grafica on Quase Peak del ruido

Measurement Parameters			
		Preamp	ON
Min Sweep Time	0.001 S	Reference Level Offset	0.0 dB
Input Attenuation	0.0 dB	RBW	9.0 kHz
VBW	30.0 kHz	Detection	Peak
Center Frequency	15.080 000 MHz	Start Frequency	1.500 000 MHz
Stop Frequency	30.000 000 MHz	Frequency Span	27.000 000 MHz
Reference Level	-34.700 dBm	Scale	10.0 dB/div
Operator Name		Tower	

Tabla 4.17.- Tabla on Quase Peak

En la grafica podemos apreciar el ruido que se encuentra en la red esto se da porque tenemos un medio difícil y hostil, el mismo que se encuentra expuesto a las interferencias y al ruido interno y externo a la red. Este ruido presente en la red trae como consecuencia la existencia de señales espurias que disminuyen la velocidad de transmisión de la señal BPL.

Adicionalmente podemos ver que la señal de BPL aun no logra alcanzar niveles muy óptimos de funcionamiento, pero que no producen interferencias dañinas a los otros medios porque esta operando en frecuencias adecuadas, además se requiere un mayor número de abonados para poder explotar de mejor manera las cualidades de esta tecnología pero a la vez poder mejorar y superar las limitaciones y problemas que aun tiene la red.

Cuando colocamos la antena a la altura de 3 metros la señal de BPL no experimento mayores cambios a la que se tiene cuando esta a una altura de 1 metro. En los dos casos se observo que la señal va disminuyendo conforme la distancia crece, por esta razón es necesario colocar repetidores cada 100 metros.

En una tercera etapa de pruebas obtuvimos los siguientes resultados:

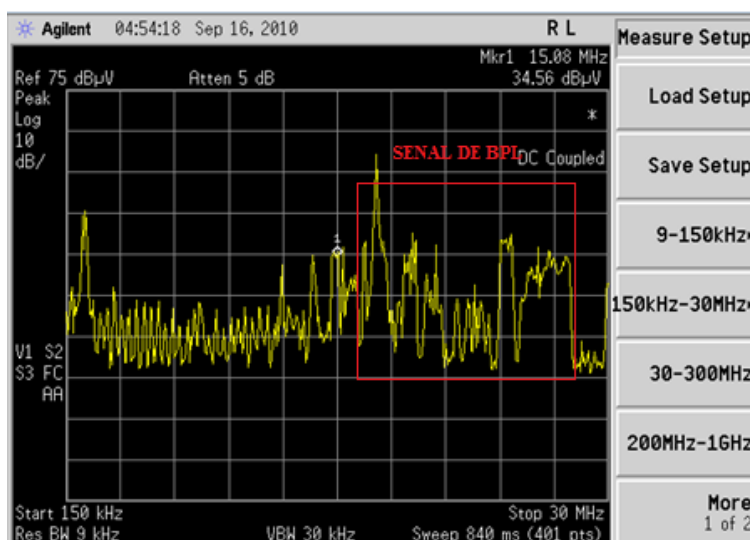


Figura 4.21.- Grafica de la señal BPL en un rango de 1,7KHz a 30MHz.

Measurement Parameters			
		Preamp	ON
Min Sweep Time	0.001 S	Reference Level Offset	0.0 dB
Input Attenuation	0.0 dB	RBW	9.0 kHz
VBW	30.0 kHz	Detection	Peak
Center Frequency	15.080 000 MHz	Start Frequency	1.500 000 MHz
Stop Frequency	30.000 000 MHz	Frequency Span	27.000 000 MHz
Reference Level	-34.5600 dBm	Scale	10.0 dB/div
Operator Name		Tower	

Tabla 4.18.- Tabla de la señal BPL en un rango de 1,7KHz a 30MHz.

En esta grafica se puede apreciar que la señal de BPL se encuentra en un rango de frecuencias que van desde los 15,08Mhz hasta los 30Mhz. El rango inferior de las frecuencias se encuentra íntegramente ocupado por el ruido que recorre por todo el espectro.

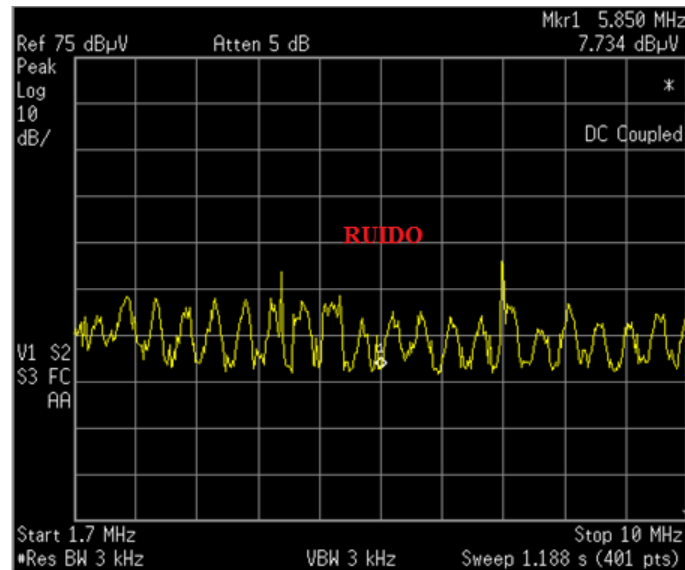


Figura 4.22.- Grafica del ruido en un rango de 1,7kHz a 10MHz.

Measurement Parameters			
		Preamp	ON
Min Sweep Time	0.001 S	Reference Level Offset	0.0 dB
Input Attenuation	5.0 dB	RBW	3.0 kHz
VBW	3.0 kHz	Detection	Peak
Center Frequency	5.850 000 MHz	Start Frequency	1.7.000 000 MHz
Stop Frequency	10.000 000 MHz	Frequency Span	27.000 000 MHz
Reference Level	-7.734 dBm	Scale	10.0 dB/div
Operator Name		Tower	

Tabla 4.19.- Tabla de la señal BPL en un rango de 1,7KHz a 10MHz.

En la figura 4.21 tenemos un espectro del ruido y no se puede apreciar ninguna otra señal en el mismo.



Figura 4.23.- Grafica de la señal BPL en un rango de 10MHz a 20MHz.

Measurement Parameters			
		Preamp	ON
Min Sweep Time	0.001 S	Reference Level Offset	0.0 dB
Input Attenuation	5.0 dB	RBW	9.0 kHz
VBW	30.0 kHz	Detection	Peak
Center Frequency	15. 000 MHz	Start Frequency	10.000 000 MHz
Stop Frequency	20.000 000 MHz	Frequency Span	27.000 000 MHz
Reference Level	-37.73 dBm	Scale	10.0 dB/div
Operator Name		Tower	

Tabla 4.20.- Tabla de la señal BPL en un rango de 10 a 20MHz.

Aquí podemos observar la presencia de la señal de BPL que se encuentra en el espectro en una frecuencia inicial aproximadamente de 14,5Mhz y que utiliza todo el espectro a continuación hasta los 20MHz, pero se puede apreciar claramente una gran presencia de ruido que no disminuye a lo largo del espectro.

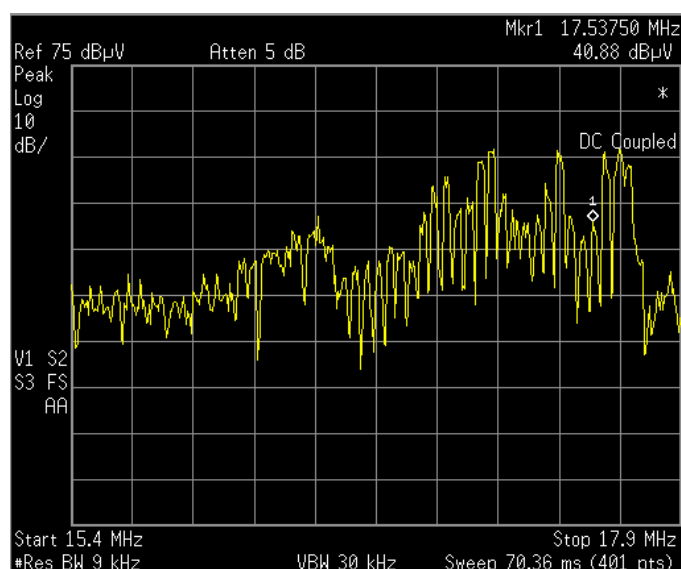


Figura 4.24.- Grafica de la señal BPL en un rango de 15.4MHz a 17.9MHz.

Measurement Parameters			
		Preamp	ON
Min Sweep Time	0.001 S	Reference Level Offset	0.0 dB
Input Attenuation	5.0 dB	RBW	9.0 kHz
VBW	30.0 kHz	Detection	Peak
Center Frequency	17.53750 MHz	Start Frequency	15.400 000 MHz
Stop Frequency	17.900 000 MHz	Frequency Span	27.000 000 MHz
Reference Level	-40.88 dBm	Scale	10.0 dB/div
Operator Name		Tower	

Tabla 4.21.- Tabla de la señal BPL en un rango de 15,4 a 17,9MHz.

Esta traza corresponde a un intervalo comprendido entre los 15,4 y 17,9 MHz, que corresponden al primer escalón aparente que presenta la señal BPL, es aquí en el cual se puede apreciar como el espectro del ruido aumenta considerablemente, el mismo que no desaparece a lo largo del rango de frecuencias.

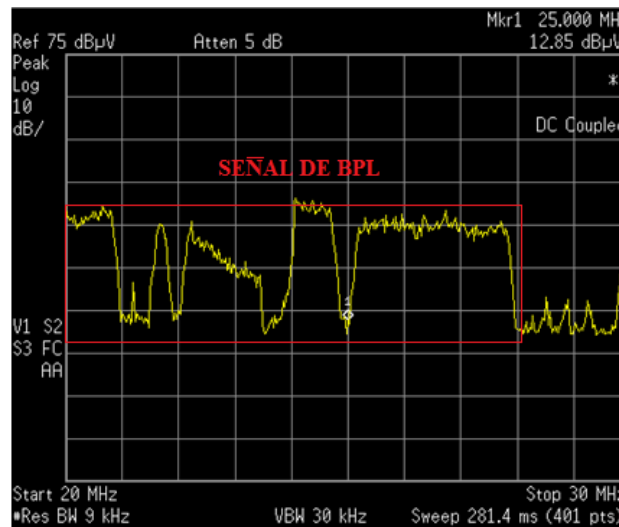


Figura 4.25.- Grafica de la señal BPL en un rango de 20MHz a 30MHz.

Measurement Parameters			
		Preamp	ON
Min Sweep Time	0.001 S	Reference Level Offset	0.0 dB
Input Attenuation	5.0 dB	RBW	9.0 kHz
VBW	30.0 kHz	Detection	Peak
Center Frequency	25.000 MHz	Start Frequency	20.000 000 MHz
Stop Frequency	30.000 000 MHz	Frequency Span	27.000 000 MHz
Reference Level	-12.85 dBm	Scale	10.0 dB/div
Operator Name		Tower	

Tabla 4. 22.- Tabla de la señal BPL en un rango de 20 a 30MHz.

En este rango de frecuencias se puede apreciar claramente la señal BPL que tiene una forma de onda cuadrada pero con gran intensidad de ruido lo que deteriora la misma.

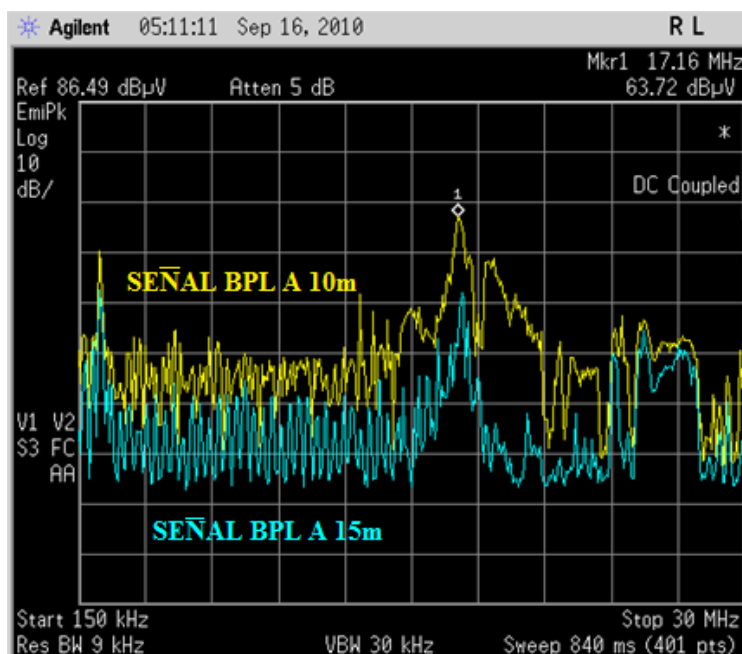


Figura 4.26.- Grafica de dos señales BPL en un rango de 1,5kHz a 30MHz.

Measurement Parameters			
		Preamp	ON
Min Sweep Time	0.001 S	Reference Level Offset	0.0 dB
Input Attenuation	5.0 dB	RBW	9.0 kHz
VBW	30.0 kHz	Detection	Peak
Center Frequency	17.160 MHz	Start Frequency	1.500 000 MHz
Stop Frequency	30.000 000 MHz	Frequency Span	27.000 000 MHz
Reference Level	-63.72 dBm	Scale	10.0 dB/div
Operator Name		Tower	

Tabla 4.23.- Tabla de la señal BPL en un rango de 1,5KHz a 30MHz.

En la figura 4.25 tenemos dos espectros que representan a la señal de BPL en un mismo sector pero a diferentes distancias, la que se encuentra un poco mas alejada (la de color verde) presenta una ligera variación debido a que al alejarnos con los equipos la onda que se puede captar cambia en relación con la distancia y se puede evidenciar claramente que el nivel de ruido se incrementa notoriamente.

CAPITULO 5

5.1 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La tecnología BPL representa una excelente alternativa de crecimiento de las redes de datos (internet), pero es necesario buscar soluciones óptimas para los problemas regulatorios y de uso del espectro electromagnético que esta involucre, en las pruebas que realizamos se pudo comprobar que no se encuentra causando interferencias en el espectro en el cual está funcionando, además de que se cuenta con muy pocos usuarios de esta tecnología. En relación con la FCC en las mediciones realizadas bajo los 30MHz no excede los límites de funcionamiento.

El rango de frecuencias en la que se encuentra trabajando BPL va desde la frecuencia de 14,8Mhz hasta los 30Mhz, el mismo que esta bajo los niveles permitidos por la normas de la FCC que son rangos de 1.705 a 30 MHz como limites de funcionamiento, utilizando un gran ancho de banda. Tiene velocidades de transmisión muy bajas, debido además a la presenta de grandes niveles de ruido. En cuanto al alcance nos es muy bueno porque se ha tenido la necesidad de colocar los repetidores cada 100 metros lo que trae como consecuencia la utilización de equipos adicionales.

Debido a que las redes eléctricas no fueron diseñadas para transmitir datos, los canales se transforman en fuentes principales de distorsión, entonces serán necesarios mecanismos de control de acceso al medio y técnicas de modulación como OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplex), DSSSM (Direct Sequence Spread Spectrum Modulation), GMSK (Gaussian Minimum Shift Keying), pero BPL optó por utilizar la modulación OFDM debido a que esta permite que se logre minimizar la interferencia con otros servicios de radio a través de la exclusión de frecuencias específicas utilizadas, para poder garantizar que las señales que se transmiten lleguen a su destino de forma confiable y no sufran grandes alteraciones que puedan perjudicar a la señal con cambios considerables.

Las reglas propuestas por la FCC en cuanto a frecuencias de trabajo son muy adecuadas en nuestro medio debido a que nosotros trabajamos en la misma frecuencia de 60 Hz, y de acuerdo con las pruebas realizadas no se excede los límites de funcionamiento propuestos esto lo podemos ver claramente en las gráficas de la señal en funcionamiento en estado “on”, ya que la señal de BPL se encuentra trabajando en los límites adecuados, el problema más importante que tenemos con la señal es el momento que esta atraviesa el transformador eléctrico, debido a que por la alta inductancia del mismo este se comporta como un filtro que trata de atenuar las frecuencias altas, por esta razón se deben colocar los repetidores junto al transformador.

En las pruebas realizadas obtuvimos los siguientes resultados que se presentan en la tabla:

Frecuencia (MHz)	Campo distancia fuerza (micro voltios / metro)	Medición (metros)	
1.705-30.0	30	30	FCC
16.5		10	on-off
16.5		10	off
17.24	28	10	on (prueba1)
17.16	27.5	10	on (prueba2)
15.8	28	10	on (prueba3)
17.16	29	15	on (prueba3)
17,168	28,5	10	on (prueba 4)

El mejor escenario para BPL pueden ser las redes residenciales, debido a que en ese medio las frecuencias parasitas son mínimas, en este ambiente el conectar o desconectar algún electrodoméstico provocan variaciones en la red pero de menor importancia que no afectan en el funcionamiento, en cambio en ambientes industriales en los cuales se tienen motores estas variaciones pueden ser muy importantes porque afectarían a la red impidiendo un adecuado funcionamiento, pero si se desea implementar este servicio en zonas con grandes perturbaciones será necesario utilizar equipos adicionales que sirvan para reducir las frecuencias parasitas, que pueden ser atenuadas con equipos como los filtros capacitivos o inductivos. En nuestra experiencia las redes domesticas en las cuales se esta trabajando tienen un alto nivel de presencia de ruido, para evitar este inconveniente se deben colocar un filtro después del repetidor para tratar de disminuir los niveles de ruido, no se pudieron realizar pruebas en zonas industriales razón por la cual no podemos garantizar el comportamiento de la señal de BPL en estos sectores.

Un gran beneficio que trae BPL, se puede decir que con el uso de esta tecnología se podrá realizar un control del consumo y del uso de la energía al interconectar el internet con las llamadas redes inteligentes. BPL nos ofrece entonces acceso a Internet, Telefonía IP, creación de entornos LAN, por ejemplo HomePlug BPL.

Debemos ver a BPL como una tecnología capaz de brindar oportunidades para todos por igual, ya que en nuestro país la red que más se encuentra desarrollada es la red eléctrica, lo que facilitara el servicio en lugares en donde es difícil brindar el servicio de internet ya sea porque son lugares en donde es difícil expandir nuevas redes para telecomunicaciones porque el medio no lo permite o carecen totalmente de ellas.

No podemos presentar en este trabajo de investigación conclusiones en cuanto a precios porque no se realizaron estudios de mercado así como tampoco de costos de inversión o retorno de la misma y en el caso de un emprendimiento con esta tecnología, será necesario analizar las inversiones necesarias en base al funcionamiento de la tecnología.

RECOMENDACIONES

Para poder implementar una red de tecnología BPL en nuestra ciudad debemos realizar diversas consideraciones porque las redes deben cumplir con varios requisitos para que se encuentre en condiciones óptimas para un correcto funcionamiento:

Es necesario realizar un estudio previo de la red en la cual se desea implementar el servicio, puesto que las líneas pueden presentar señales de corrosión, empalmes dañados o en malas condiciones, o existan en la red demasiadas derivaciones, que son causas de atenuaciones o reflexiones que provocarían un servicio de pésima calidad y una señal que si llegaría a su destino estaría totalmente deteriorada.

Adicional al estudio de la red exterior se deberá realizar uno en el domicilio al cual se pretende prestar este servicio, porque se puede encontrar instalaciones defectuosas, con cables aislados o que presenten rupturas o cortes, también pueden existir tomacorrientes mal colocados con polarizaciones erróneas entre otros. Se debe comprobar que el usuario tenga realizada la instalación a tierra.

Para realizar las pruebas de funcionamiento nos vamos a referir a las normas de la FCC que son las expuestas en este trabajo. Es necesario evitar utilizar elementos que provoques atenuaciones o interferencia ya que se comportarían como filtros pasa banda limitadores que pueden disminuir la velocidad del envío de datos.

Se debe verificar que las redes cumplan con las normas eléctricas de funcionamiento vigentes en el país y de los organismos a fin con la misma. Verificar además la cantidad de acometidas para evitar un exceso de carga en el transformador que ocasione atenuaciones considerables.

Una vez implementada la tecnología será necesario tener equipos adecuados para realizar un control del funcionamiento de la red BPL. Será necesario realizar un diagrama de la red BPL para poder localizar con facilidad los equipos y su ubicación sean estos los de acoplamiento, acondicionamiento, repetidora, o los equipos del usuario. Esto será de vital importancia para poder determinar los lugares de las fallas y poder repararlas en un menor tiempo.

Es necesario utilizar repetidoras debido a que la señal a mayores distancias se atenúa y disminuye la velocidad. Es necesario también utilizar filtros adecuados para brindar una señal de mejores características.

Cuando tenemos mayores distancias se deberá enviar la señal conectando entre fases porque de esta manera se obtiene una menor cantidad de señales espurias, pero para una instalación domiciliaria se requiere conectar fase neutro la señal de inyección. Debido a los estudios realizados se puede apreciar que BPL se comporta de mejor manera a frecuencias superiores a los 20 MHz, porque en esos ambientes se tiene menor cantidad de señales portadoras de ruido y de interferencias.

5.2 REFERENCIAS

LIBROS

Haalid Hrasnica, Abdelfatten Haidene, Ralf Lehnert. *Broadband Powerline Communications Networks*. Germani: Performance Comparison of Diferent Powerline Telecommunication Architectures, 2004.

Held, Gilbert. *Understanding Broadband Over Power Line*. New York, 2002.

Jose, Huidrobo. *Redes y Servicios de Banda Ancha*. McGraw-Hill, 2004.

Cohen, Ellens S. *Broadband Internet*. New Yoork: Nova Science Publishers, 2007.

Tomasi, Wayne. *Sistemas de Comunicacion Electronicas*. Mexico: Pearson Educacion, 2003.

Rodolfo, Neri Vela. *Comunicaciones por Satelite*. Mexico: Thomson, 2003.

Black, Uyles D. *Redes De Transmision De Datos Y Proceso Distribuido*. Madrid: Graficas Lormo, 1987.

INTERNET

PLC de Costa Rica [en línea]. Costa Rica. [Consultado el 22 de abril del 2009 a las 10h00]. Disponible en: http://plcdecostarica.com/index.php?option=com_content&task=view&id=15&Itemid=28

Tecnologías PLC/BPL en México y sus retos para las regulaciones:[en línea].Mexico.2005 [Consultado el 23 de abril del 2009 a las 10h20am]. Disponible en: http://www.gestionypoliticapublica.cide.edu/num_anteriores/Vol.XIV_NoII_2dosem/IBARRA.pdf

PLC Una tecnología nueva pero... con futuro? [En línea].2004. [Consultado el 23 de abril a las 11h00]. Disponible en: <http://www.uv.es/montanan/redes/trabajos/PLC.ppt> -

El Sistema PLC de IPower[en línea].Buenos Aires Argentina.2007. [Consultado el 23 de abril a las 11h25]. Disponible en: <http://www.ip-power.com.ar/faq-general-ipower.html>

La FMRE fija su postura sobre el BPL.[en línea].Mexico.2008. [Consultado el 23 de abril a las 11h45]. Disponible en: <http://aretac.blogspot.com/2008/03/la-fmre-fija-su-postura-sobre-el-bpl.html>

Situación en E.E. U.U.[en línea][consultado el 24 de abril a las 9h00]. Disponible en: http://www.ure.es/plcure/plc/pdf/situacion_en_eeuu.pdf

Internet por red eléctrica, la caja de Pandora.[en línea].Madrid.2003.[consultado el 24 de abril a las 10h00]. Disponible en: <http://www.cx2sa.org/texts/bpl2.html>

Banda Ancha por la línea eléctrica (PLC).[en línea]. 2003.[consultado el 27 de ABRIL a las 10H10 AM]. Disponible en: <http://usuarios.lycos.es/urde/bpl/bpl.htm#CONTAMINACION>

Descripción del Sistema Subestaciones San Rafael y Sangolquí Empresa Eléctrica “Quito” S. A. [en línea].Quito Ecuador.[consultado el 28 de abril a las 9H00]. Disponible en: <http://bieec.epn.edu.ec:8180/dspace/bitstream/123456789/798/40/T10145CAP2.pdf>

BANDA ANCHA POR LINEA ELECTRICA PLC “una amenaza real sobre la radioafición”[en línea][consultado el 29 de abril a las 10 AM].Disponible en:<http://usuarios.lycos.es/urde/bpl/bpl.htm#CONTAMINACION>

Situación actual de la tecnología PLC.[en línea].2002.[consultado el 29 de abril a las 10h30].
Disponible en: <http://www.coit.es/publicac/publbit/bit136/cafe.pdf>

Capitulo 1. Situación Regulatoria Actual.[en línea][consultado el 29 de abril a las 10h50].
Disponible <http://bieec.epn.edu.ec:8180/dspace/bitstream/123456789/798/38/T10145CAP4.pdf>

Capitulo 4. Situación Regulatoria Actual.[en línea][consultado el a las]. Disponible en:
<http://bieec.epn.edu.ec:8180/dspace/bitstream/123456789/845/6/T10150CAP1.pdf> 11h20 29 de abril

Broadband Power-line Communication Systems[en línea].México.[consultado el 1 de mayo a las 9h00]. Disponible en: [http://books.google.com.ec/books?id=fO_JQVRMNAwC&pg=PA6&dq=BPL+\(Broadband+over+Power+Line\)&lr=&cd=11#v=onepage&q=BPL%20\(Broadband%20over%20Power%20Line\)&f=false](http://books.google.com.ec/books?id=fO_JQVRMNAwC&pg=PA6&dq=BPL+(Broadband+over+Power+Line)&lr=&cd=11#v=onepage&q=BPL%20(Broadband%20over%20Power%20Line)&f=false)

SITUACION EN EE. UU.[en línea][consultado el a las]. Disponible en:
http://www.ure.es/plcure/plc/pdf/situacion_en_eeuu.pdf 9h30 10 de mayo

CAPITULO III [en línea] [consultado el miércoles 20 de mayo del 2009 a las 11h00am].
Disponible en: <http://bieec.epn.edu.ec:8180/dspace/bitstream/123456789/1214/3/T%2011077%20CAPITULO%203.pdf>

PROPUESTA DEL PROYECTO TECNOLOGIA PLC[en línea].2005.[consultado el 27 de julio del 2009 a las 22h10]. Disponible en: <http://www.gestiopolis.com/Canales4/ger/proyectopl.htm>

Tecnologías [en línea].Costa Rica. [consultado el 28 de julio del 2009 a las10h00]. Disponible en: http://plcdecostarica.com/index.php?option=com_content&task=view&id=15&Itemid=28

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA APLICACIÓN DE LA TECNOLOGIA “BROADBAND OVER POWER LINE” (BPL) USANDO LA INFRAESTRUCTURA DE LA RED DE DISTRIBUCION DE LAS SUBESTACIONES SAN RAFAEL Y SANGOLQUI DE LA EMPRESA ELECTRICA “QUITO” S.A.[en línea].Quito Ecuador.[consultado el a las]. Disponible en: http://www.face.coop/archivos/File/Ponencias/Energia/Mariano_Iglesias.pdf 28 de julio 10h10

La FMRE fila su postura sobre el BPL [en línea].2008. [consultado el 28 de julio a las10h25]. Disponible en: <http://aretac.blogspot.com/2008/03/la-fmre-fija-su-postura-sobre-el-bpl.html>

ANALISIS DE ESTANDARES APLICABLES A SISTEMAS BPL [en línea].Argentina.2009 [consultado el 28 de julio del 2009 a las11h00]. Disponible en: <http://www.labplan.ufsc.br/congressos/XIII%20Eriac/D2/D2-02.pdf>

PLC Power Line Communications [en línea][consultado el 28 de julio del 2009 a las11h30]. Disponible en: <https://www.underground.org.mx/index.php?topic=22456.0;wap2>

Banda Ancha en Líneas de Energía Eléctrica [en línea][consultado el 22 de junio a las10h30]. Disponible en: http://www.taringa.net/posts/ebooks-tutoriales/3155446/Banda-Ancha-enL%C3%A9nea-de-Energ%C3%ADa-El%C3%A9ctrica_.html

CAPITULO 3. Diseño del sistema de comunicaciones BPL de cobertura en el Valle de los Chilllos [en línea].Quito Ecuador.[consultado el 22 de junio del 2009 a las12h00]. Disponible en: <http://bieec.epn.edu.ec:8180/dspace/bitstream/123456789/798/39/T10145CAP3.pdf>

CONCEPTO DE ATENUACION, RUIDO Y COMO ARECTA UN SISTEMA [en línea][consultado el 5 de agosto a las 8h30]. Disponible en: <http://alumno.ucol.mx/al021593/RUIDO.htm>

Ruido y atenuación en transmisión por router [en línea][consultado el 5 de agosto del 2009 a las 8h50]. Disponible en: http://es.wikipedia.org/wiki/Ruido_y_atenuacion_en_transmision_por_router

Cableado Estructural. Atenuación [en línea][consultado el 5 de agosto del 2009 a las 9h30]. Disponible en: <http://www.arqhys.com/arquitectura/cableado-atenuacion.html>

Ruido en sistemas de comunicaciones [en línea].2008. [Consultado el 8 de agosto a las 8h30]. Disponible en: <http://www.slideshare.net/gbermeo/ruido-en-sistemas-de-comunicaciones-presentation>

Radiaciones electromagnéticas [en línea][consultado el 18 de agosto del 2009 a las 11h30]. Disponible en: <http://www.sc.ehu.es/sqwpolim/FISICA/P5.pdf>

Propagación de Ondas [en línea][consultado el 19 de agosto del 2009 a las 10h00]. Disponible en: <http://astronomos.net23.net/radiacionelectromagnetica.html>

Dura resistencia de la ARRL contra la implantación de la BPL [en línea][consultado el 2 de septiembre del 2009 a las 10h00]. Disponible en: <http://www.portalmpr.com/noticias/arrl-contra-implantacion-bpl-vn1.html>

Internet over Powerline/BPL Reference [en línea][consultado el 2 de septiembre DEL 2009 a las 14h00]. Disponible en: <http://www.cybertelecom.org/broadband/powerref.htm>

Amplificadores ultrasensibles [en línea][consultado el 2 de septiembre del 2009 a las 16h00]. Disponible en: http://www.upv.es/satelite/trabajos/Grupo2_99.00/lnamp.html

5.3 ANEXOS

ANEXOS

ANEXO A: Normas emitidas por la FCC para BPL.**SUBPARTE G - Acceso de Banda Ancha mediante línea de energía (BPL Access)**

Sección 15.601 Ámbito de aplicación.

Esta Subparte establece las normas para el acceso de banda ancha por línea eléctrica (BPL de acceso) para los dispositivos que funcionan en la banda de banda 1.705-80 a medio o bajo voltaje de las líneas.

Sección 15.603 Definiciones.

(A) Banda de Exclusión: Una banda de frecuencias dentro del cual las operaciones de acceso BPL no es permitido.

(B) Zona de Exclusión: En un espacio geográfico dentro del cual las operaciones de acceso BPS no se les permite en ciertas bandas de frecuencias.

(C) Consulta. El proceso de comunicación entre una entidad encargada del funcionamiento y un acceso BPL de seguridad pública con licencia o designado otro punto de contacto con el fin de evitar potenciales interferencias nocivas .

(D) Área de Consulta: Ha sido designado un área geográfica dentro de los que la consulta con el público usuarios de la seguridad o designado otro punto de contacto es necesario antes de una BPL El acceso puede ser operado a frecuencias designadas.

(E) Línea de alimentación de baja tensión. Una línea que transporta energía de baja tensión, *por ejemplo*, 240/120 voltios de una transformadores de distribución a las instalaciones de un cliente.

(F) línea de alimentación Media de tensión. Una línea que transporta energía entre 1.000 a 40.000 voltios de una subestación de energía a los barrios. Líneas de media tensión puede ser aérea o subterránea, en función en la parrilla de topología de la red de alimentación.

(G) Base de datos Access BPL. Una base de datos operada por una entidad patrocinada por la industria, reconocida por la Comisión Federal de Comunicaciones y la Dirección Nacional de Telecomunicaciones e Información (NTIA), que contiene información sobre actuales y previstas de acceso sistemas de BPL, como requerida en la Sección 15.615 (a) de esta subparte.

Sección 15,605 de la Cruz de referencia

(A) Las disposiciones de las subpartes A y B de esta parte se aplican a los dispositivos de acceso BPL, salvo en los casos que se indique. Las disposiciones de las subpartes CF de esta parte no se aplican a los dispositivos de acceso BPL, excepto cuando se indique específicamente.

(B) Los requisitos de esta subparte se aplican únicamente a los circuitos de radio que se utiliza para proporcionar portador de corriente de operación para los dispositivos BPL de acceso. Otros aspectos de los dispositivos para la ejecución de un acceso BPL pueden estar sujetos a los requisitos que figuran en este capítulo. En particular, un dispositivo de acceso BPL que incluye un circuito digital que no se utiliza únicamente para permitir el funcionamiento de la frecuencia de radio circuitos utilizados para proporcionar información actualizada de funcionamiento de la compañía también está sujeto a los requisitos para radiadores no intencionales en la subparte B.

Sección 15,607 Equipo de Autorización de Acceso para los equipos BPL

Los accesos de los equipos BPL estarán sujetos a la certificación como se especifica en la Sección 15.101 de esta parte.

Sección de Comercialización de 15,609 equipos de acceso BPL

La comercialización de equipos de acceso BPL debe dirigirse únicamente a proveedores elegibles para operar el equipo. Las partes elegibles corresponden a energía de corriente alterna de servicios públicos, acceso a proveedores de servicios y BPL socios de los proveedores de

servicios de acceso BPL. El responsable, tal como se define en la Sección 2.909, es responsable de asegurar que el equipo se comercializa sólo a los derechohabientes. Comercialización del equipo de ninguna manera se podrán considerar otras causas de caducidad de la concesión de la certificación expedido para el equipo.

Sección 15.611 General requisitos técnicos.

(Se realiza una emisión de ciertos límites). Access BPL no está sujeta a los límites de emisión a cabo de la sección 15.107.

(B) los límites de emisiones radiadas

(1) Líneas eléctricas de media tensión

(I) Acceso sistemas BPL que operan en el rango de frecuencia de 1.705 kHz y 30

MHz entre medio y líneas eléctricas de tensión se ajustarán a los límites de emisión radiada por intencionales radiadores dispuesto en la Sección 15.209 de esta parte.

(Ii) Los sistemas de acceso BPL que operan en la gama de frecuencias por encima de 30 MHz por medio de líneas eléctricas de tensión se ajustarán a los límites de emisión radiada en la Sección 15.109 (b) de esta parte.

(2) Líneas de baja tensión. Los sistemas BPL que operan en líneas de baja tensión de alimentación, incluidas las que operan en líneas de baja tensión que están conectados a la creación de cableado deberán cumplir los límites de emisión radiada en la Sección 15.109 (a) y (e) de esta parte.

(C) Mitigación y prevención de interferencias.

(1) Los sistemas de acceso BPL deberán incorporar las técnicas de adaptación a la atenuación de interferencias para reducir el poder de forma remota y ajustar las frecuencias de operación, a fin de evitar sitios específicos, el uso local del mismo espectro de licencias. Estas técnicas pueden

incluir adaptativa o "muesca" filtrado, o la evitación completa de frecuencias o bandas de frecuencias, utilizados a nivel local por las operaciones de radio con licencia.

(I) para las frecuencias por debajo de 30 MHz, cuando un filtro de banda se utiliza para evitar las interferencias una banda de frecuencia específica, el sistema de acceso BPL será capaz de atenuar las emisiones dentro de esa banda a un nivel por lo menos 20 dB por debajo de la parte correspondiente de 15 límites.

(ii) para las frecuencias por encima de 30 MHz, cuando un filtro de banda se utiliza para evitar interferencias a una banda de frecuencia específica, el sistema de acceso BPL será capaz de atenuar las emisiones dentro de esa banda a un nivel por lo menos 10 dB por debajo de la parte correspondiente de 15 límites.

(2) El acceso a sistemas BPL deberán ajustarse a los límites aplicables de emisión radiada a raíz de un fallo, o durante una operación de arranque en marcha después de un procedimiento de cierre-off, por el uso de una memoria no volátil, o algún otro método, para restablecer inmediatamente la configuración anterior con muescas bandas programadas y excluidos, para evitar un tiempo de retraso causado por la necesidad de manual de reprogramación durante el cual los servicios protegidos pueden ser vulnerables.

(3) Sistemas de acceso BPL deberá incluir un ámbito de control remoto del cierre de función para desactivar, desde una ubicación central, cualquier unidad encontrada para causar interferencias perjudiciales, en caso de interferencias de otros técnicas de reducción no resuelven el problema de interferencia.

Sección de 15,613 procedimientos de medición.

Las medidas de cumplimiento para el acceso BPL se hará de conformidad con las directrices para el acceso a sistemas BPL especificados por la Comisión.

Sección General 15,615 requisitos administrativos.

(Una *base de datos Access BPL*). Las entidades que operan los sistemas de acceso BPL procurarán brindar información sobre todos los sistemas de acceso existentes BPL y todo proyecto de acceso a sistemas BPL para su inclusión en una base de datos accesibles al público, dentro de los 30 días anteriores a la iniciación del servicio.

Dicha información deberá incluir los siguientes:

(1) El nombre del proveedor de acceso BPL

(2) Las frecuencias de la operación de acceso BPL

(3) Los códigos postales atendido por la operación específica de acceso BPL

(4) El fabricante y el tipo de acceso BPL y sus equipos asociados número ID de la FCC, o en el caso de equipos de acceso BPL que ha sido objeto de comprobación, el Nombre comercial y número de modelo, tal como se especifica en la etiqueta del equipo.

(5) La información de contacto, incluyendo el número de teléfono y dirección de correo electrónico de una persona o relacionados con el operador BPL de la empresa, para facilitar la resolución de cualquier queja por interferencias.

(6) La propuesta o la fecha real de la operación de acceso BPL.

(B) La base de datos de Access Manager BPL entrará esta información en el acceso público de la base de datos dentro de los tres días laborables 3 de recibo.

(C) Ninguna notificación a la Comisión es necesario.

(D) Un usuario del espectro con licencia experimentando una interferencia perjudicial que se sospecha que es causada por un sistema de acceso BPL informará al operador local de BPL del contacto persona designada en el acceso BPL de la base de datos. La investigación sobre la sugerencia denunciada y si se confirma la resolución de interferencia nociva del sistema BPL completa con éxito por el operador BPL en un período de tiempo razonable, de acuerdo a un calendario mutuamente aceptable, después de la recepción de una sugerencia de denuncia con el fin de evitar interrupciones prolongadas de servicios autorizados. El operador de acceso BPL

responder a las quejas de interferencia perjudicial de los usuarios de la seguridad pública dentro de las 24 horas. Con respecto a seguridad de las quejas del público, el proveedor de BPL tendrá la obligación de cesar de inmediato las operaciones que causan la denuncia si no responde en 24 horas.

(E) *Consulta con los usuarios de la seguridad pública.* La entidad gestiona un sistema de acceso BPL notificará y consultará con los usuarios de seguridad pública en la zona donde se planea implementar Access BPL, por lo menos 30 días antes del inicio de cualquier operación o servicio. Esta entidad deberá diseñar o aplicar los sistemas de acceso a BPL de forma que no cause interferencias perjudiciales en las frecuencias o bandas usadas por el público o las agencias de seguridad en el área servida por el sistema de acceso BPL. La notificación deberá incluir, como menos, la información en el apartado (a) de esta sección.

(F) *espectro de usuarios del gobierno federal y otros usuarios de los servicios de radio.* Una entidad que gestiona un sistema de acceso BPL se asegurará de que, dentro de su zona de despliegue de BPL de acceso, su sistema no funcione en las frecuencias designadas como excluidas o bandas de frecuencias identificadas dentro de cualquiera de las designadas zonas de exclusión.

(1) *Bandas de exclusión.* Para proteger Aeronáutica (tierra) y los receptores de las estaciones de aeronave, el acceso BPL operaciones se utiliza un voltaje de media potencia líneas aéreas están prohibidos en la frecuencia de las bandas enumeradas en la tabla 1. En concreto, dichos sistemas de BPL no pondrá frecuencias portadoras en estas bandas.

Cuadro 1. Se excluyen las bandas de frecuencia

Banda de frecuencia (tabla 2.1)

(2). *Zonas de exclusión.* Zonas de exclusión abarca el funcionamiento de cualquier sistema de acceso a BPL dentro de 1 Km. de la frontera de las instalaciones de las estaciones costeras en las coordenadas que figuran en los cuadros 2 y 2,1 zonas de exclusión también abarca el funcionamiento de los sistemas de acceso a BPL que utiliza de líneas aéreas de media tensión y de alta tensión a 29 km de las coordenadas de los Baseline Array instalaciones enumeradas.

Asignación de US311 zonas de mayor exclusión abarca el funcionamiento de los sistemas de acceso a BPL utilizando generales de baja potencia líneas de tensión o potencia líneas de metro en 11 kilómetros de las coordenadas de los Very Long Baseline Array instalaciones de la lista en la imputación de US311. Dentro de las zonas de exclusión para las estaciones costa el acceso a los sistemas de BPL no podrán utilizar las frecuencias portadoras dentro de la banda de 2173.5-2190.5 kHz.

Dentro de la zona de exclusión para la astronomía Muy Baseline Array observatorios de radio largo, los sistemas de acceso a BPL no podrán utilizar las frecuencias portadoras dentro de la banda de 73,0-74,6 MHz.

(I) *Las actuales instalaciones de la estación de costa.* Los sistemas de acceso BPL no surtirá efecto en la banda de frecuencias 2,173.5 - 2,190.5 kHz, a 1 kilómetro (km) de la frontera de la estación costera instalaciones en las coordenadas que figuran en los cuadros 2 y 2,1. Los operadores de BPL deben planificación para implementar dispositivos de acceso a BPL a estas frecuencias en áreas dentro de estas zonas de exclusión según la definición anterior consultará con el punto de contacto para estas estaciones costeras, para garantizar que la interferencia perjudicial sea impedida en estas instalaciones.

(Ii) *nuevas o reubicadas estaciones costeras.* En el caso improbable de que sea una nueva o reubicada estación costera se establece para el 2.173.5 - 2.190.5 banda kHz a un sistema de coordenadas no especificado en la Tabla 2 o 2,1, acceso a las operaciones de BPL en dicha banda de frecuencias También se excluirá a 1 km de la costa de Nueva estación de servicio.

(Iii) *Very Long Baseline Array (VLBA) observatorios de astronomía de radio.* Access BPL sistemas que utilizan la energía media tensión de líneas aéreas no surtirá efecto en la banda de frecuencias 73,0 a 74,6 MHz, a 29 km de las coordenadas de Very Long Baseline Array instalaciones enumeradas en el 47 CFR § 2.106, Nota US311. Sistemas de acceso BPL utiliza un voltaje de baja potencia o líneas aéreas, las líneas eléctricas subterráneas no operará en el 73,0 a 74,6 MHz en los 11 km de los coordenadas.

(3) *áreas de consulta.* Operadores de acceso BPL enviará una notificación al punto de contacto se especifican a continuación en relación con las operaciones de acceso BPL a cualquier

frecuencia de preocupación potencial en las áreas de consulta posterior, por lo menos 30 días antes del inicio de cualquier operación o servicio. La notificación deberá incluir, como mínimo, la información del párrafo (a) de esta sección.

Esperamos que las partes de consulta de buena fe sirvan para asegurar que no se originen interferencias perjudiciales a la licencia de operaciones y que las restricciones sobre el despliegue de BPL se reduzcan al mínimo a los necesarios para evitar interferencias perjudiciales.

(I) para las frecuencias en el rango de frecuencias MHz 1.7-30, las áreas dentro de los 4 km de instalaciones ubicadas en las siguientes coordenadas:

Comisión protegidas las oficinas de campo A. figuran en 47 CFR § 0.121, el punto de contacto a la que se especifica en dicho apartado;

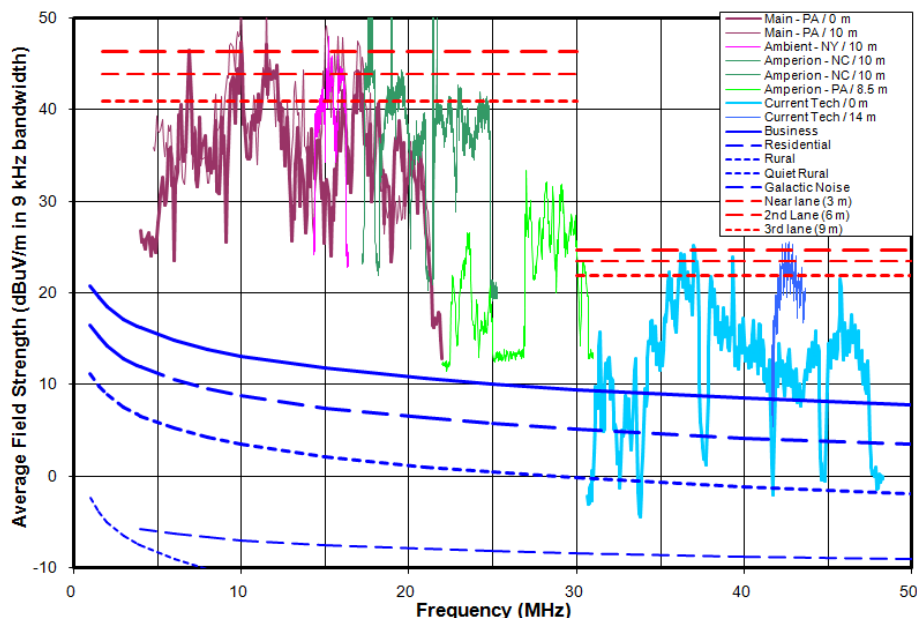
B. (ii) las estaciones aeronáuticas;

C. (iii) las estaciones de tierra;

(Ii) para las frecuencias en el rango de frecuencias MHz 1.7-38.25, las áreas a 4 km de instalaciones localizadas en las coordenadas especificadas para las instalaciones de radioastronomía en 47 CFR § 2.106,

(Iii) para las frecuencias en el rango de frecuencias MHz 1.7-80, la zona de 1 km de la Montaña en la Mesa de recepción de zona de radio, las coordenadas y el punto de contacto a la que se especifican en 47 CFR.

ANEXO B: Grafica de la señal BPL en diferentes escenarios de aplicación:



Los datos que se obtienen de las mediciones son utilizados para obtener otros parámetros que a continuación se tienen en las tablas, los datos que se obtuvieron en las mediciones son de la siguiente forma:

1,50E+17	3,71E+13		1,50E+17	2,08E+13
2,25E+17	2,38E+13		2,25E+17	1,63E+13
2,99E+17	2,50E+13		2,99E+17	1,81E+13
3,74E+17	2,84E+13		3,74E+17	2,43E+13
4,49E+17	2,72E+13		4,49E+17	1,73E+13
5,23E+17	2,44E+13		5,23E+17	1,32E+13
5,98E+17	2,22E+13		5,98E+17	1,48E+13
6,72E+17	1,66E+13		6,72E+17	1,62E+13
7,47E+17	2,22E+13		7,47E+17	1,55E+13
8,22E+17	2,28E+13		8,22E+17	1,91E+13
8,96E+17	3,11E+13		8,96E+17	2,36E+13
9,71E+17	3,72E+13		9,71E+17	3,41E+13
1,05E+18	5,24E+13		1,05E+18	4,72E+13

1,12E+18	3,74E+13		1,12E+18	3,55E+13
1,19E+18	4,55E+13		1,19E+18	3,89E+13
1,27E+18	4,26E+13		1,27E+18	4,09E+13
1,34E+18	3,49E+13		1,34E+18	3,28E+13
1,42E+18	3,38E+13		1,42E+18	2,42E+13
1,49E+18	2,82E+13		1,49E+18	1,96E+13
1,57E+18	3,03E+13		1,57E+18	2,51E+13
1,64E+18	2,96E+13		1,64E+18	2,54E+13
1,72E+18	2,53E+13		1,72E+18	1,46E+13
1,79E+18	2,03E+13		1,79E+18	1,21E+13
1,87E+18	1,74E+13		1,87E+18	1,37E+13
1,94E+18	2,22E+13		1,94E+18	1,55E+13
2,02E+18	2,14E+13		2,02E+18	1,88E+13
2,09E+18	2,07E+13		2,09E+18	1,38E+13
2,16E+18	1,52E+13		2,16E+18	1,24E+13
2,24E+18	1,64E+13		2,24E+18	1,05E+13
2,31E+18	2,13E+13		2,31E+18	1,16E+13
2,39E+18	2,29E+13		2,39E+18	1,72E+13
2,46E+18	2,10E+13		2,46E+18	1,57E+13
2,54E+18	2,06E+13		2,54E+18	1,29E+13
2,61E+18	2,32E+13		2,61E+18	2,12E+13
2,69E+18	2,16E+13		2,69E+18	1,26E+13
2,76E+18	2,77E+13		2,76E+18	2,03E+13
2,84E+18	2,80E+13		2,84E+18	2,40E+13
2,91E+18	2,63E+13		2,91E+18	2,11E+13
2,99E+18	2,12E+13		2,99E+18	1,14E+13
3,06E+18	1,97E+13		3,06E+18	1,10E+13
3,14E+18	2,32E+13		3,14E+18	1,94E+13
3,21E+18	2,41E+13		3,21E+18	1,67E+13
3,28E+18	2,19E+13		3,28E+18	1,43E+13
3,36E+18	1,97E+13		3,36E+18	1,30E+13
3,43E+18	1,95E+13		3,43E+18	1,52E+13
3,51E+18	2,04E+13		3,51E+18	1,54E+13
3,58E+18	2,37E+13		3,58E+18	1,98E+13
3,66E+18	2,35E+13		3,66E+18	1,74E+13
3,73E+18	1,67E+13		3,73E+18	1,16E+13
3,81E+18	1,48E+13		3,81E+18	1,24E+13
3,88E+18	1,79E+13		3,88E+18	1,07E+13
3,96E+18	2,23E+13		3,96E+18	1,69E+13
4,03E+18	2,19E+13		4,03E+18	1,59E+13
4,11E+18	1,93E+13		4,11E+18	1,26E+13
4,18E+18	2,19E+13		4,18E+18	1,94E+13

4,25E+18	1,86E+13		4,25E+18	1,21E+13
4,33E+18	2,24E+13		4,33E+18	1,52E+13
4,40E+18	2,27E+13		4,40E+18	1,88E+13
4,48E+18	2,56E+13		4,48E+18	2,19E+13
4,55E+18	1,99E+13		4,55E+18	1,59E+13
4,63E+18	1,41E+13		4,63E+18	1,19E+13
4,70E+18	2,31E+13		4,70E+18	1,92E+13
4,78E+18	2,52E+13		4,78E+18	1,54E+13
4,85E+18	2,18E+13		4,85E+18	1,81E+13
4,93E+18	1,72E+13		4,93E+18	1,41E+13
5,00E+18	1,95E+13		5,00E+18	1,28E+13
5,08E+18	1,86E+13		5,08E+18	1,25E+13
5,15E+18	2,05E+13		5,15E+18	1,69E+13
5,22E+18	1,96E+13		5,22E+18	1,35E+13
5,30E+18	1,93E+13		5,30E+18	1,76E+13
5,37E+18	1,57E+13		5,37E+18	1,35E+13
5,45E+18	1,51E+13		5,45E+18	1,06E+13
5,52E+18	2,16E+13		5,52E+18	1,48E+13
5,60E+18	2,36E+13		5,60E+18	2,00E+13
5,67E+18	2,20E+13		5,67E+18	1,61E+13
5,75E+18	2,18E+13		5,75E+18	2,07E+13
5,82E+18	2,09E+13		5,82E+18	1,08E+13
5,90E+18	1,56E+13		5,90E+18	9,86E+12
5,97E+18	1,97E+13		5,97E+18	1,47E+13
6,05E+18	2,23E+13		6,05E+18	1,97E+13
6,12E+18	1,50E+13		6,12E+18	1,08E+13
6,19E+18	1,45E+13		6,19E+18	1,23E+13
6,27E+18	1,86E+13		6,27E+18	1,57E+13
6,34E+18	1,89E+13		6,34E+18	1,45E+13
6,42E+18	1,96E+13		6,42E+18	1,46E+13
6,49E+18	2,42E+13		6,49E+18	1,48E+13
6,57E+18	2,12E+13		6,57E+18	2,00E+13
6,64E+18	1,39E+13		6,64E+18	1,12E+13
6,72E+18	1,86E+13		6,72E+18	1,33E+13
6,79E+18	2,38E+13		6,79E+18	2,05E+13
6,87E+18	2,24E+13		6,87E+18	1,28E+13
6,94E+18	1,48E+13		6,94E+18	1,16E+13
7,02E+18	1,39E+13		7,02E+18	9,42E+12
7,09E+18	2,65E+13		7,09E+18	2,51E+13
7,16E+18	1,88E+13		7,16E+18	1,36E+13
7,24E+18	1,88E+13		7,24E+18	1,65E+13
7,31E+18	2,72E+13		7,31E+18	2,59E+13

7,39E+18	2,73E+13		7,39E+18	1,39E+13
7,46E+18	2,71E+13		7,46E+18	2,00E+13
7,54E+18	2,65E+13		7,54E+18	2,51E+13
7,61E+18	2,76E+13		7,61E+18	2,50E+13
7,69E+18	2,14E+13		7,69E+18	1,58E+13
7,76E+18	1,60E+13		7,76E+18	1,22E+13
7,84E+18	2,34E+13		7,84E+18	1,84E+13
7,91E+18	2,29E+13		7,91E+18	2,22E+13
7,99E+18	2,14E+13		7,99E+18	1,46E+13
8,06E+18	1,94E+13		8,06E+18	1,55E+13
8,13E+18	1,95E+13		8,13E+18	1,74E+13
8,21E+18	1,41E+13		8,21E+18	1,06E+13
8,28E+18	2,43E+13		8,28E+18	1,19E+13
8,36E+18	1,98E+13		8,36E+18	1,25E+13
8,43E+18	2,07E+13		8,43E+18	1,60E+13
8,51E+18	1,42E+13		8,51E+18	1,12E+13
8,58E+18	1,34E+13		8,58E+18	1,03E+13
8,66E+18	1,96E+13		8,66E+18	1,61E+13
8,73E+18	1,92E+13		8,73E+18	1,34E+13
8,81E+18	2,20E+13		8,81E+18	1,82E+13
8,88E+18	1,96E+13		8,88E+18	1,30E+13
8,96E+18	2,00E+13		8,96E+18	1,81E+13
9,03E+18	1,45E+13		9,03E+18	1,03E+13
9,11E+18	1,59E+13		9,11E+18	1,21E+13
9,18E+18	2,30E+13		9,18E+18	1,87E+13
9,25E+18	1,88E+13		9,25E+18	1,29E+13
9,33E+18	1,57E+13		9,33E+18	1,22E+13
9,40E+18	1,83E+13		9,40E+18	1,21E+13
9,48E+18	1,71E+13		9,48E+18	1,46E+13
9,55E+18	3,13E+13		9,55E+18	1,50E+13
9,63E+18	1,94E+13		9,63E+18	1,36E+13
9,70E+18	1,77E+13		9,70E+18	1,12E+13
9,78E+18	1,51E+13		9,78E+18	1,11E+13
9,85E+18	1,49E+13		9,85E+18	1,33E+13
9,93E+18	1,95E+13		9,93E+18	1,40E+13
1,00E+19	2,11E+13		1,00E+19	1,38E+13
1,01E+19	1,95E+13		1,01E+19	1,17E+13
1,01E+19	1,35E+13		1,01E+19	1,03E+13
1,02E+19	1,67E+13		1,02E+19	1,28E+13
1,03E+19	1,58E+13		1,03E+19	1,16E+13
1,04E+19	1,77E+13		1,04E+19	1,11E+13
1,04E+19	1,86E+13		1,04E+19	1,34E+13

1,05E+19	1,93E+13		1,05E+19	1,59E+13
1,06E+19	1,74E+13		1,06E+19	1,46E+13
1,07E+19	1,69E+13		1,07E+19	1,53E+13
1,07E+19	1,92E+13		1,07E+19	1,41E+13
1,08E+19	3,51E+13		1,08E+19	1,33E+13
1,09E+19	2,89E+13		1,09E+19	1,34E+13
1,10E+19	1,58E+13		1,10E+19	1,23E+13
1,10E+19	1,64E+13		1,10E+19	1,13E+13
1,11E+19	2,13E+13		1,11E+19	1,45E+13
1,12E+19	2,25E+13		1,12E+19	1,82E+13
1,13E+19	1,99E+13		1,13E+19	1,11E+13
1,13E+19	2,62E+13		1,13E+19	1,04E+13
1,14E+19	1,44E+13		1,14E+19	1,09E+13
1,15E+19	1,75E+13		1,15E+19	1,23E+13
1,16E+19	1,86E+13		1,16E+19	1,47E+13
1,16E+19	2,01E+13		1,16E+19	1,53E+13
1,17E+19	1,97E+13		1,17E+19	1,65E+13
1,18E+19	2,28E+13		1,18E+19	2,28E+13
1,19E+19	2,07E+13		1,19E+19	1,65E+13
1,19E+19	2,07E+13		1,19E+19	1,83E+13
1,20E+19	2,86E+13		1,20E+19	2,68E+13
1,21E+19	2,18E+13		1,21E+19	1,57E+13
1,22E+19	2,39E+13		1,22E+19	1,65E+13
1,22E+19	2,32E+13		1,22E+19	1,98E+13
1,23E+19	2,72E+13		1,23E+19	2,23E+13
1,24E+19	2,78E+13		1,24E+19	2,29E+13
1,25E+19	3,20E+13		1,25E+19	2,53E+13
1,25E+19	3,11E+13		1,25E+19	2,20E+13
1,26E+19	2,23E+13		1,26E+19	2,06E+13
1,27E+19	2,31E+13		1,27E+19	1,73E+13
1,28E+19	2,08E+13		1,28E+19	1,59E+13
1,28E+19	3,14E+13		1,28E+19	1,42E+13
1,29E+19	1,67E+13		1,29E+19	1,22E+13
1,30E+19	1,77E+13		1,30E+19	1,29E+13
1,31E+19	1,32E+13		1,31E+19	9,82E+12
1,31E+19	1,53E+13		1,31E+19	1,16E+13
1,32E+19	1,62E+13		1,32E+19	1,52E+13
1,33E+19	1,48E+13		1,33E+19	1,03E+13
1,34E+19	1,37E+13		1,34E+19	1,15E+13
1,34E+19	2,24E+13		1,34E+19	1,04E+13
1,35E+19	3,06E+13		1,35E+19	1,20E+13
1,36E+19	3,47E+13		1,36E+19	1,68E+13

1,37E+19	3,59E+13		1,37E+19	1,77E+13
1,37E+19	3,66E+13		1,37E+19	3,43E+13
1,38E+19	3,65E+13		1,38E+19	3,40E+13
1,39E+19	2,92E+13		1,39E+19	1,33E+13
1,40E+19	2,09E+13		1,40E+19	1,54E+13
1,40E+19	1,79E+13		1,40E+19	1,52E+13
1,41E+19	1,76E+13		1,41E+19	1,05E+13
1,42E+19	3,69E+13		1,42E+19	9,77E+12
1,43E+19	1,36E+13		1,43E+19	1,02E+13
1,43E+19	1,40E+13		1,43E+19	1,12E+13
1,44E+19	1,95E+13		1,44E+19	1,42E+13
1,45E+19	3,41E+13		1,45E+19	2,41E+13
1,46E+19	3,72E+13		1,46E+19	1,17E+13
1,46E+19	4,07E+13		1,46E+19	1,40E+13
1,47E+19	4,21E+13		1,47E+19	1,84E+13
1,48E+19	4,14E+13		1,48E+19	1,71E+13
1,49E+19	4,32E+13		1,49E+19	1,50E+13
1,49E+19	4,28E+13		1,49E+19	4,08E+13
1,50E+19	4,45E+13		1,50E+19	4,26E+13
1,51E+19	4,37E+13		1,51E+19	1,97E+13
1,51E+19	4,38E+13		1,51E+19	1,91E+13
1,52E+19	4,24E+13		1,52E+19	2,08E+13
1,53E+19	4,03E+13		1,53E+19	1,62E+13
1,54E+19	4,28E+13		1,54E+19	3,00E+13
1,54E+19	3,93E+13		1,54E+19	3,86E+13
1,55E+19	3,72E+13		1,55E+19	3,31E+13
1,56E+19	3,82E+13		1,56E+19	3,45E+13
1,57E+19	3,78E+13		1,57E+19	1,97E+13
1,57E+19	3,94E+13		1,57E+19	2,14E+13
1,58E+19	3,84E+13		1,58E+19	2,00E+13
1,59E+19	3,66E+13		1,59E+19	1,94E+13
1,60E+19	3,84E+13		1,60E+19	2,56E+13
1,60E+19	3,34E+13		1,60E+19	3,02E+13
1,61E+19	3,51E+13		1,61E+19	2,92E+13
1,62E+19	3,41E+13		1,62E+19	1,81E+13
1,63E+19	3,71E+13		1,63E+19	1,25E+13
1,63E+19	3,68E+13		1,63E+19	1,45E+13
1,64E+19	3,91E+13		1,64E+19	1,69E+13
1,65E+19	3,81E+13		1,65E+19	2,31E+13
1,66E+19	4,11E+13		1,66E+19	2,11E+13
1,66E+19	4,98E+13		1,66E+19	2,06E+13
1,67E+19	4,08E+13		1,67E+19	1,51E+13

1,68E+19	4,56E+13		1,68E+19	2,04E+13
1,69E+19	4,81E+13		1,69E+19	2,41E+13
1,69E+19	4,69E+13		1,69E+19	3,26E+13
1,70E+19	5,36E+13		1,70E+19	3,56E+13
1,71E+19	5,56E+13		1,71E+19	3,21E+13
1,72E+19	5,83E+13		1,72E+19	3,54E+13
1,72E+19	5,91E+13		1,72E+19	3,56E+13
1,73E+19	5,52E+13		1,73E+19	2,20E+13
1,74E+19	5,48E+13		1,74E+19	3,48E+13
1,75E+19	5,03E+13		1,75E+19	2,00E+13
1,75E+19	4,68E+13		1,75E+19	3,13E+13
1,76E+19	5,16E+13		1,76E+19	4,11E+13
1,77E+19	4,41E+13		1,77E+19	2,93E+13
1,78E+19	3,90E+13		1,78E+19	1,72E+13
1,78E+19	3,33E+13		1,78E+19	1,94E+13
1,79E+19	2,20E+13		1,79E+19	1,30E+13
1,80E+19	2,27E+13		1,80E+19	1,71E+13
1,81E+19	2,27E+13		1,81E+19	1,86E+13
1,81E+19	3,26E+13		1,81E+19	1,03E+13
1,82E+19	3,67E+13		1,82E+19	1,30E+13
1,83E+19	3,73E+13		1,83E+19	1,25E+13
1,84E+19	4,34E+13		1,84E+19	2,11E+13
1,84E+19	4,36E+13		1,84E+19	1,83E+13
1,85E+19	4,21E+13		1,85E+19	1,81E+13
1,86E+19	4,16E+13		1,86E+19	2,70E+13
1,87E+19	3,92E+13		1,87E+19	3,86E+13
1,87E+19	4,12E+13		1,87E+19	3,49E+13
1,88E+19	3,82E+13		1,88E+19	2,66E+13
1,89E+19	3,77E+13		1,89E+19	1,56E+13
1,90E+19	3,85E+13		1,90E+19	2,25E+13
1,90E+19	3,63E+13		1,90E+19	1,73E+13
1,91E+19	3,46E+13		1,91E+19	2,18E+13
1,92E+19	3,25E+13		1,92E+19	2,12E+13
1,93E+19	2,96E+13		1,93E+19	2,54E+13
1,93E+19	2,65E+13		1,93E+19	1,99E+13
1,94E+19	2,75E+13		1,94E+19	2,08E+13
1,95E+19	2,99E+13		1,95E+19	1,87E+13
1,96E+19	3,32E+13		1,96E+19	1,82E+13
1,96E+19	3,44E+13		1,96E+19	1,67E+13
1,97E+19	3,61E+13		1,97E+19	1,81E+13
1,98E+19	3,50E+13		1,98E+19	3,12E+13
1,99E+19	3,39E+13		1,99E+19	3,10E+13

1,99E+19	3,20E+13		1,99E+19	1,68E+13
2,00E+19	3,01E+13		2,00E+19	1,60E+13
2,01E+19	2,63E+13		2,01E+19	1,65E+13
2,01E+19	2,58E+13		2,01E+19	1,95E+13
2,02E+19	2,54E+13		2,02E+19	1,89E+13
2,03E+19	2,89E+13		2,03E+19	2,20E+13
2,04E+19	2,80E+13		2,04E+19	2,21E+13
2,04E+19	2,90E+13		2,04E+19	2,54E+13
2,05E+19	2,56E+13		2,05E+19	2,26E+13
2,06E+19	2,83E+13		2,06E+19	1,72E+13
2,07E+19	2,86E+13		2,07E+19	1,54E+13
2,07E+19	2,89E+13		2,07E+19	1,54E+13
2,08E+19	2,91E+13		2,08E+19	1,48E+13
2,09E+19	2,17E+13		2,09E+19	1,02E+13
2,10E+19	1,82E+13		2,10E+19	1,02E+13
2,10E+19	2,33E+13		2,10E+19	1,29E+13
2,11E+19	1,36E+13		2,11E+19	1,19E+13
2,12E+19	1,35E+13		2,12E+19	1,00E+13
2,13E+19	1,75E+13		2,13E+19	1,11E+13
2,13E+19	1,49E+13		2,13E+19	9,98E+12
2,14E+19	1,35E+13		2,14E+19	1,03E+13
2,15E+19	1,34E+13		2,15E+19	1,08E+13
2,16E+19	2,03E+13		2,16E+19	1,37E+13
2,16E+19	2,74E+13		2,16E+19	1,27E+13
2,17E+19	2,62E+13		2,17E+19	1,09E+13
2,18E+19	2,29E+13		2,18E+19	1,37E+13
2,19E+19	1,35E+13		2,19E+19	1,03E+13
2,19E+19	1,38E+13		2,19E+19	1,10E+13
2,20E+19	2,05E+13		2,20E+19	1,02E+13
2,21E+19	1,49E+13		2,21E+19	1,19E+13
2,22E+19	1,86E+13		2,22E+19	1,31E+13
2,22E+19	1,99E+13		2,22E+19	1,52E+13
2,23E+19	2,30E+13		2,23E+19	1,37E+13
2,24E+19	2,47E+13		2,24E+19	1,14E+13
2,25E+19	2,45E+13		2,25E+19	1,48E+13
2,25E+19	2,65E+13		2,25E+19	1,08E+13
2,26E+19	2,74E+13		2,26E+19	1,21E+13
2,27E+19	2,92E+13		2,27E+19	2,57E+13
2,28E+19	2,76E+13		2,28E+19	1,68E+13
2,28E+19	3,00E+13		2,28E+19	1,15E+13
2,29E+19	2,88E+13		2,29E+19	1,64E+13
2,30E+19	3,12E+13		2,30E+19	1,44E+13

2,31E+19	2,91E+13		2,31E+19	1,23E+13
2,31E+19	3,12E+13		2,31E+19	2,04E+13
2,32E+19	2,97E+13		2,32E+19	2,69E+13
2,33E+19	3,13E+13		2,33E+19	1,80E+13
2,34E+19	3,03E+13		2,34E+19	1,81E+13
2,34E+19	3,22E+13		2,34E+19	1,40E+13
2,35E+19	1,60E+13		2,35E+19	1,00E+13
2,36E+19	1,35E+13		2,36E+19	1,06E+13
2,37E+19	1,40E+13		2,37E+19	9,97E+12
2,37E+19	1,79E+13		2,37E+19	1,14E+13
2,38E+19	1,48E+13		2,38E+19	9,15E+12
2,39E+19	1,69E+13		2,39E+19	1,04E+13
2,40E+19	1,91E+13		2,40E+19	1,17E+13
2,40E+19	3,57E+13		2,40E+19	1,92E+13
2,41E+19	3,66E+13		2,41E+19	2,18E+13
2,42E+19	3,43E+13		2,42E+19	1,76E+13
2,43E+19	3,36E+13		2,43E+19	1,75E+13
2,43E+19	3,35E+13		2,43E+19	2,18E+13
2,44E+19	3,32E+13		2,44E+19	2,93E+13
2,45E+19	3,24E+13		2,45E+19	2,95E+13
2,46E+19	3,31E+13		2,46E+19	2,82E+13
2,46E+19	3,19E+13		2,46E+19	2,75E+13
2,47E+19	3,11E+13		2,47E+19	2,81E+13
2,48E+19	2,41E+13		2,48E+19	2,18E+13
2,49E+19	1,77E+13		2,49E+19	1,14E+13
2,49E+19	1,29E+13		2,49E+19	9,38E+12
2,50E+19	1,43E+13		2,50E+19	1,03E+13
2,51E+19	1,85E+13		2,51E+19	1,23E+13
2,51E+19	2,88E+13		2,51E+19	2,03E+13
2,52E+19	3,15E+13		2,52E+19	2,90E+13
2,53E+19	3,53E+13		2,53E+19	2,91E+13
2,54E+19	3,32E+13		2,54E+19	3,13E+13
2,54E+19	3,59E+13		2,54E+19	3,22E+13
2,55E+19	3,36E+13		2,55E+19	3,13E+13
2,56E+19	3,47E+13		2,56E+19	3,10E+13
2,57E+19	3,36E+13		2,57E+19	2,99E+13
2,57E+19	3,35E+13		2,57E+19	3,11E+13
2,58E+19	3,30E+13		2,58E+19	3,16E+13
2,59E+19	3,10E+13		2,59E+19	2,70E+13
2,60E+19	2,97E+13		2,60E+19	2,49E+13
2,60E+19	2,83E+13		2,60E+19	2,59E+13
2,61E+19	3,02E+13		2,61E+19	2,87E+13

2,62E+19	3,07E+13		2,62E+19	2,67E+13
2,63E+19	3,26E+13		2,63E+19	2,79E+13
2,63E+19	3,12E+13		2,63E+19	3,00E+13
2,64E+19	3,26E+13		2,64E+19	2,86E+13
2,65E+19	3,24E+13		2,65E+19	2,96E+13
2,66E+19	3,33E+13		2,66E+19	2,81E+13
2,66E+19	3,24E+13		2,66E+19	2,97E+13
2,67E+19	3,38E+13		2,67E+19	3,19E+13
2,68E+19	3,29E+13		2,68E+19	3,15E+13
2,69E+19	3,25E+13		2,69E+19	3,12E+13
2,69E+19	3,26E+13		2,69E+19	1,59E+13
2,70E+19	3,37E+13		2,70E+19	1,65E+13
2,71E+19	3,29E+13		2,71E+19	1,68E+13
2,72E+19	3,22E+13		2,72E+19	1,63E+13
2,72E+19	3,14E+13		2,72E+19	1,57E+13
2,73E+19	3,14E+13		2,73E+19	1,33E+13
2,74E+19	2,93E+13		2,74E+19	2,88E+13
2,75E+19	2,94E+13		2,75E+19	2,56E+13
2,75E+19	2,86E+13		2,75E+19	2,50E+13
2,76E+19	2,90E+13		2,76E+19	2,43E+13
2,77E+19	3,05E+13		2,77E+19	2,56E+13
2,78E+19	2,68E+13		2,78E+19	2,12E+13
2,78E+19	2,54E+13		2,78E+19	2,39E+13
2,79E+19	1,93E+13		2,79E+19	1,47E+13
2,80E+19	1,38E+13		2,80E+19	1,28E+13
2,81E+19	1,42E+13		2,81E+19	1,15E+13
2,81E+19	1,37E+13		2,81E+19	1,14E+13
2,82E+19	1,37E+13		2,82E+19	9,28E+12
2,83E+19	1,41E+13		2,83E+19	1,14E+13
2,84E+19	1,34E+13		2,84E+19	1,02E+13
2,84E+19	1,38E+13		2,84E+19	9,93E+12
2,85E+19	1,33E+13		2,85E+19	1,11E+13
2,86E+19	1,37E+13		2,86E+19	1,21E+13
2,87E+19	1,32E+13		2,87E+19	1,01E+13
2,87E+19	1,29E+13		2,87E+19	1,18E+13
2,88E+19	1,36E+13		2,88E+19	1,04E+13
2,89E+19	1,39E+13		2,89E+19	1,09E+13
2,90E+19	1,36E+13		2,90E+19	1,10E+13
2,90E+19	1,37E+13		2,90E+19	1,04E+13
2,91E+19	1,29E+13		2,91E+19	9,71E+12
2,92E+19	1,40E+13		2,92E+19	1,06E+13
2,93E+19	1,42E+13		2,93E+19	9,61E+12

2,93E+19	1,45E+13		2,93E+19	9,89E+12
2,94E+19	1,32E+13		2,94E+19	1,22E+13
2,95E+19	1,35E+13		2,95E+19	1,00E+13
2,96E+19	1,34E+13		2,96E+19	1,06E+13
2,96E+19	1,33E+13		2,96E+19	1,04E+13
2,97E+19	1,36E+13		2,97E+19	1,15E+13
2,98E+19	1,89E+13		2,98E+19	1,26E+13
2,99E+19	2,26E+13		2,99E+19	1,85E+13
2,99E+19	2,56E+13		2,99E+19	1,80E+13
3,00E+19	2,61E+13		3,00E+19	2,16E+13

Tablas de resultados de las mediciones y cálculos de algunos parámetros como:

NTIA MEDICIONES DEL RUIDO												
		Medición del ruido: 161 dBm/Hz o -121 dBm/9kHz										
								Antena				
								Ganancia (dB)		2,2		
								Perdidas(dB)		1		
								Ganancia neta (dB)		1,2		
	ruido	Niveles de pérdidas en 1 Hz						Ancho de banda (kHz)	9			
Frecuencia (MHz)	RBW (kHz)	Mean	Median		Adj Mean	Adj Median		Freq (MHz)	Mean (dBm)	Median (dBm)	Conversión para dBuV/m	Mean (uV/m)
23,8	3	-125	-126,5	dBm	189,8	-191,3	dBW	23,8	120,2	-121,7	103,53154	-16,7
28,8	3	-	-125		188,3	-189,8		28,8	118,7	-120,2	105,18785	-13,5
23,8	3	-125	-126,5		189,8	-191,3		23,8	120,2	-121,7	103,53154	-16,7
28,8	3	-124	-125,5		188,8	-190,3		28,8	119,2	-120,7	105,18785	-14,0
7,2	3	-122	-123,5		186,8	-188,3		7,2	117,2	-118,7	93,14665	-24,1
4,3	3	-124	-125,5		188,8	-190,3		4,3	119,2	-120,7	88,669369	-30,6
28,8	3	-122	-123		186,8	-187,8		28,8	117,2	-118,2	105,18785	-12,0
4,3	3	-108	-109		172,8	-173,8		4,3	103,2	-104,2	88,669369	-14,6
7,2	3	101,5	-104		166,3	-168,8		7,2	-96,7	-99,2	93,14665	-3,6
28,8	3	-91	-91,5		155,8	-156,3		28,8	-86,2	-86,7	105,18785	19,0
28,8	3	-114	-115		178,8	-179,8		28,8	109,2	-110,2	105,18785	-4,0
28,8	3	-117	-119		181,8	-183,8		28,8	112,2	-114,2	105,18785	-7,0

Limites de emisiones:

		Límite (uV/m)	Límite (dBuV/m)	Ancho de banda (kHz)	Distancia (m)	(dB/decade)	Rango de extrapolación	extrapolación ancho de banda	extrapolación límite (dBuV/m)
15.209	Límite 1.7-30 MHz:	30	29,54243	9	30	40	30	9	29,54242509
	Clase A: 30-88 MHz:	90	39,08485	120	10	20	30	9	18,29303773
	Clase B: 30-88 MHz:	100	40	120	3	20	30	9	8,750612634
				5	dB QP/Avg ratio				
	F	QP Limite	Avg "Limite"						
	1,705	29,54	24,54243						
	30	29,54	24,54243						

Factores de la antena tipo loop 18" 562B

Frecuencia (MHz)	E Antena Factor (dB)	Frecuencia (MHz)	Antenna Factor (dB re 1/m)	Ganancia Antena (dBi)
0,1	19,9	20	16,4	-20,2
0,125	19,8	25	12,8	-14,6
0,15	19,7	30	12,5	-12,7
0,2	19,55	35	12,9	-11,8
0,25	19,4	40	12,6	-10,3
0,3125	19,275	45	11,9	-8,6
0,375	19,15	50	10,8	-6,6
0,4375	19,025	55	9,4	-4,4
0,5	18,9	60	7,7	-1,9
0,325	19,3	65	6,2	0,3
0,15	19,7	70	5,5	1,6
1	18,5	75	6,2	1,5
1,5	18,3	80	7,9	0,4
2	18,1	85	9,4	-0,6
2,5	17,9	90	10,5	-1,2
3	17,7	95	11	-1,2
4	17,5	100	10,9	-0,7
5	17,3			
6,25	17,15			
7,5	17			
8,75	16,85			
10	16,7			
12,5	16,55			
15	16,4			
20	16,4			

21,25	16,275			
22,5	16,15			
23,75	16,025			
25	15,9			
27,5	15,7			
30	15,5			

Cálculos de frecuencia, ganancia, factor de antena, ruido.

Frecuencia (MHZ)	Factor de Antena (dB)	Ganancia eléctrica + Cables (dB)	Factor de Antena neto (dB)	Ruido ambiente en la banda media 9 kHz	Ruido del equipo	Ruido ambiente + el del pico maximo	Máximo pico del ruido del equipo
20	17,7	24,1	-6,4	1,50E+17	3,71E+13	1,50E+17	2,08E+13
20,03	17,6	24,1	-6,5	2,25E+17	2,38E+13	2,25E+17	1,63E+13
20,06	17,6	24,1	-6,6	2,99E+17	2,50E+13	2,99E+17	1,81E+13
20,09	17,5	24,1	-6,6	3,74E+17	2,84E+13	3,74E+17	2,43E+13
20,12	17,4	24,1	-6,7	4,49E+17	2,72E+13	4,49E+17	1,73E+13
20,15	17,4	24,1	-6,7	5,23E+17	2,44E+13	5,23E+17	1,32E+13
20,18	17,3	24,1	-6,8	5,98E+17	2,22E+13	5,98E+17	1,48E+13
20,21	17,3	24,1	-6,9	6,72E+17	1,66E+13	6,72E+17	1,62E+13
20,24	17,2	24,1	-6,9	7,47E+17	2,22E+13	7,47E+17	1,55E+13
20,27	17,1	24,1	-7,0	8,22E+17	2,28E+13	8,22E+17	1,91E+13
20,3	17,1	24,1	-7,1	8,96E+17	3,11E+13	8,96E+17	2,36E+13
20,33	17,0	24,2	-7,1	9,71E+17	3,72E+13	9,71E+17	3,41E+13
20,36	17,0	24,1	-7,2	1,05E+18	5,24E+13	1,05E+18	4,72E+13
20,39	16,9	24,1	-7,2	1,12E+18	3,74E+13	1,12E+18	3,55E+13
20,42	16,8	24,1	-7,3	1,19E+18	4,55E+13	1,19E+18	3,89E+13
20,45	16,8	24,2	-7,4	1,27E+18	4,26E+13	1,27E+18	4,09E+13
20,48	16,7	24,2	-7,4	1,34E+18	3,49E+13	1,34E+18	3,28E+13
20,51	16,7	24,2	-7,5	1,42E+18	3,38E+13	1,42E+18	2,42E+13
20,54	16,6	24,1	-7,5	1,49E+18	2,82E+13	1,49E+18	1,96E+13
20,57	16,6	24,2	-7,6	1,57E+18	3,03E+13	1,57E+18	2,51E+13
20,6	16,5	24,2	-7,7	1,64E+18	2,96E+13	1,64E+18	2,54E+13
20,63	16,4	24,2	-7,7	1,72E+18	2,53E+13	1,72E+18	1,46E+13
20,66	16,4	24,2	-7,8	1,79E+18	2,03E+13	1,79E+18	1,21E+13
20,69	16,3	24,2	-7,8	1,87E+18	1,74E+13	1,87E+18	1,37E+13
20,72	16,3	24,2	-7,9	1,94E+18	2,22E+13	1,94E+18	1,55E+13
20,75	16,2	24,2	-8,0	2,02E+18	2,14E+13	2,02E+18	1,88E+13
20,78	16,2	24,2	-8,0	2,09E+18	2,07E+13	2,09E+18	1,38E+13
20,81	16,1	24,2	-8,1	2,16E+18	1,52E+13	2,16E+18	1,24E+13
20,84	16,0	24,2	-8,1	2,24E+18	1,64E+13	2,24E+18	1,05E+13
20,87	16,0	24,2	-8,2	2,31E+18	2,13E+13	2,31E+18	1,16E+13
20,9	15,9	24,2	-8,2	2,39E+18	2,29E+13	2,39E+18	1,72E+13
20,93	15,9	24,2	-8,3	2,46E+18	2,10E+13	2,46E+18	1,57E+13
20,96	15,8	24,2	-8,3	2,54E+18	2,06E+13	2,54E+18	1,29E+13

20,99	15,8	24,2	-8,4	2,61E+18	2,32E+13	2,61E+18	2,12E+13
21,02	15,7	24,2	-8,5	2,69E+18	2,16E+13	2,69E+18	1,26E+13
21,05	15,7	24,2	-8,5	2,76E+18	2,77E+13	2,76E+18	2,03E+13
21,08	15,6	24,2	-8,6	2,84E+18	2,80E+13	2,84E+18	2,40E+13
21,11	15,6	24,2	-8,6	2,91E+18	2,63E+13	2,91E+18	2,11E+13
21,14	15,5	24,2	-8,7	2,99E+18	2,12E+13	2,99E+18	1,14E+13
21,17	15,4	24,2	-8,7	3,06E+18	1,97E+13	3,06E+18	1,10E+13
21,2	15,4	24,2	-8,8	3,14E+18	2,32E+13	3,14E+18	1,94E+13
21,23	15,3	24,2	-8,9	3,21E+18	2,41E+13	3,21E+18	1,67E+13
21,26	15,3	24,2	-8,9	3,28E+18	2,19E+13	3,28E+18	1,43E+13
21,29	15,2	24,2	-8,9	3,36E+18	1,97E+13	3,36E+18	1,30E+13
21,32	15,2	24,2	-9,0	3,43E+18	1,95E+13	3,43E+18	1,52E+13
21,35	15,1	24,2	-9,1	3,51E+18	2,04E+13	3,51E+18	1,54E+13
21,38	15,1	24,1	-9,1	3,58E+18	2,37E+13	3,58E+18	1,98E+13
21,41	15,0	24,2	-9,2	3,66E+18	2,35E+13	3,66E+18	1,74E+13
21,44	15,0	24,2	-9,2	3,73E+18	1,67E+13	3,73E+18	1,16E+13
21,47	14,9	24,2	-9,2	3,81E+18	1,48E+13	3,81E+18	1,24E+13
21,5	14,9	24,2	-9,3	3,88E+18	1,79E+13	3,88E+18	1,07E+13
21,53	14,8	24,1	-9,3	3,96E+18	2,23E+13	3,96E+18	1,69E+13
21,56	14,8	24,2	-9,4	4,03E+18	2,19E+13	4,03E+18	1,59E+13
21,59	14,7	24,2	-9,5	4,11E+18	1,93E+13	4,11E+18	1,26E+13
21,62	14,7	24,2	-9,5	4,18E+18	2,19E+13	4,18E+18	1,94E+13
21,65	14,6	24,1	-9,5	4,25E+18	1,86E+13	4,25E+18	1,21E+13
21,68	14,6	24,1	-9,6	4,33E+18	2,24E+13	4,33E+18	1,52E+13
21,71	14,5	24,2	-9,6	4,40E+18	2,27E+13	4,40E+18	1,88E+13
21,74	14,5	24,2	-9,7	4,48E+18	2,56E+13	4,48E+18	2,19E+13
21,77	14,4	24,1	-9,7	4,55E+18	1,99E+13	4,55E+18	1,59E+13
21,8	14,4	24,1	-9,8	4,63E+18	1,41E+13	4,63E+18	1,19E+13
21,83	14,3	24,1	-9,8	4,70E+18	2,31E+13	4,70E+18	1,92E+13
21,86	14,3	24,1	-9,9	4,78E+18	2,52E+13	4,78E+18	1,54E+13
21,89	14,2	24,1	-9,9	4,85E+18	2,18E+13	4,85E+18	1,81E+13
21,92	14,2	24,1	-9,9	4,93E+18	1,72E+13	4,93E+18	1,41E+13
21,95	14,1	24,1	-10,0	5,00E+18	1,95E+13	5,00E+18	1,28E+13
21,98	14,1	24,1	-10,0	5,08E+18	1,86E+13	5,08E+18	1,25E+13
22,01	14,0	24,1	-10,1	5,15E+18	2,05E+13	5,15E+18	1,69E+13
22,04	14,0	24,1	-10,2	5,22E+18	1,96E+13	5,22E+18	1,35E+13
22,07	13,9	24,1	-10,2	5,30E+18	1,93E+13	5,30E+18	1,76E+13
22,1	13,9	24,1	-10,2	5,37E+18	1,57E+13	5,37E+18	1,35E+13
22,13	13,8	24,1	-10,2	5,45E+18	1,51E+13	5,45E+18	1,06E+13
22,16	13,8	24,1	-10,3	5,52E+18	2,16E+13	5,52E+18	1,48E+13
22,19	13,7	24,1	-10,3	5,60E+18	2,36E+13	5,60E+18	2,00E+13
22,22	13,7	24,1	-10,4	5,67E+18	2,20E+13	5,67E+18	1,61E+13
22,25	13,6	24,1	-10,4	5,75E+18	2,18E+13	5,75E+18	2,07E+13
22,28	13,6	24,0	-10,5	5,82E+18	2,09E+13	5,82E+18	1,08E+13
22,31	13,5	24,0	-10,5	5,90E+18	1,56E+13	5,90E+18	9,86E+12
22,34	13,5	24,0	-10,5	5,97E+18	1,97E+13	5,97E+18	1,47E+13
22,37	13,5	24,0	-10,6	6,05E+18	2,23E+13	6,05E+18	1,97E+13
22,4	13,4	24,0	-10,6	6,12E+18	1,50E+13	6,12E+18	1,08E+13
22,43	13,4	24,0	-10,7	6,19E+18	1,45E+13	6,19E+18	1,23E+13

22,46	13,3	24,0	-10,7	6,27E+18	1,86E+13	6,27E+18	1,57E+13
22,49	13,3	24,0	-10,8	6,34E+18	1,89E+13	6,34E+18	1,45E+13
22,52	13,2	24,0	-10,8	6,42E+18	1,96E+13	6,42E+18	1,46E+13
22,55	13,2	24,0	-10,8	6,49E+18	2,42E+13	6,49E+18	1,48E+13
22,58	13,1	24,0	-10,9	6,57E+18	2,12E+13	6,57E+18	2,00E+13
22,61	13,1	24,0	-10,9	6,64E+18	1,39E+13	6,64E+18	1,12E+13
22,64	13,0	24,0	-10,9	6,72E+18	1,86E+13	6,72E+18	1,33E+13
22,67	13,0	24,0	-11,0	6,79E+18	2,38E+13	6,79E+18	2,05E+13
22,7	12,9	24,0	-11,0	6,87E+18	2,24E+13	6,87E+18	1,28E+13
22,73	12,9	24,0	-11,1	6,94E+18	1,48E+13	6,94E+18	1,16E+13
22,76	12,9	24,0	-11,1	7,02E+18	1,39E+13	7,02E+18	9,42E+12
22,79	12,8	24,0	-11,2	7,09E+18	2,65E+13	7,09E+18	2,51E+13
22,82	12,8	23,9	-11,2	7,16E+18	1,88E+13	7,16E+18	1,36E+13
22,85	12,7	24,0	-11,3	7,24E+18	1,88E+13	7,24E+18	1,65E+13
22,88	12,7	23,9	-11,3	7,31E+18	2,72E+13	7,31E+18	2,59E+13
22,91	12,6	23,9	-11,3	7,39E+18	2,73E+13	7,39E+18	1,39E+13
22,94	12,6	24,0	-11,4	7,46E+18	2,71E+13	7,46E+18	2,00E+13
22,97	12,6	24,0	-11,4	7,54E+18	2,65E+13	7,54E+18	2,51E+13
23	12,5	23,9	-11,4	7,61E+18	2,76E+13	7,61E+18	2,50E+13
23,03	12,5	23,9	-11,5	7,69E+18	2,14E+13	7,69E+18	1,58E+13
23,06	12,4	24,0	-11,5	7,76E+18	1,60E+13	7,76E+18	1,22E+13
23,09	12,4	24,0	-11,6	7,84E+18	2,34E+13	7,84E+18	1,84E+13
23,12	12,3	24,0	-11,6	7,91E+18	2,29E+13	7,91E+18	2,22E+13
23,15	12,3	23,9	-11,7	7,99E+18	2,14E+13	7,99E+18	1,46E+13
23,18	12,3	23,9	-11,7	8,06E+18	1,94E+13	8,06E+18	1,55E+13
23,21	12,2	23,9	-11,7	8,13E+18	1,95E+13	8,13E+18	1,74E+13
23,24	12,2	23,9	-11,8	8,21E+18	1,41E+13	8,21E+18	1,06E+13
23,27	12,1	23,9	-11,8	8,28E+18	2,43E+13	8,28E+18	1,19E+13
23,3	12,1	23,9	-11,9	8,36E+18	1,98E+13	8,36E+18	1,25E+13
23,33	12,0	23,9	-11,9	8,43E+18	2,07E+13	8,43E+18	1,60E+13
23,36	12,0	23,9	-11,9	8,51E+18	1,42E+13	8,51E+18	1,12E+13
23,39	12,0	23,9	-12,0	8,58E+18	1,34E+13	8,58E+18	1,03E+13
23,42	11,9	24,0	-12,0	8,66E+18	1,96E+13	8,66E+18	1,61E+13
23,45	11,9	23,9	-12,0	8,73E+18	1,92E+13	8,73E+18	1,34E+13
23,48	11,8	23,9	-12,1	8,81E+18	2,20E+13	8,81E+18	1,82E+13
23,51	11,8	23,9	-12,1	8,88E+18	1,96E+13	8,88E+18	1,30E+13
23,54	11,8	23,9	-12,2	8,96E+18	2,00E+13	8,96E+18	1,81E+13
23,57	11,7	24,0	-12,2	9,03E+18	1,45E+13	9,03E+18	1,03E+13
23,6	11,7	23,9	-12,3	9,11E+18	1,59E+13	9,11E+18	1,21E+13
23,63	11,6	23,9	-12,3	9,18E+18	2,30E+13	9,18E+18	1,87E+13
23,66	11,6	23,9	-12,3	9,25E+18	1,88E+13	9,25E+18	1,29E+13
23,69	11,6	23,9	-12,4	9,33E+18	1,57E+13	9,33E+18	1,22E+13
23,72	11,5	23,9	-12,4	9,40E+18	1,83E+13	9,40E+18	1,21E+13
23,75	11,5	24,0	-12,5	9,48E+18	1,71E+13	9,48E+18	1,46E+13
23,78	11,4	24,0	-12,5	9,55E+18	3,13E+13	9,55E+18	1,50E+13
23,81	11,4	24,0	-12,6	9,63E+18	1,94E+13	9,63E+18	1,36E+13
23,84	11,4	24,0	-12,6	9,70E+18	1,77E+13	9,70E+18	1,12E+13
23,87	11,3	24,0	-12,6	9,78E+18	1,51E+13	9,78E+18	1,11E+13
23,9	11,3	24,0	-12,7	9,85E+18	1,49E+13	9,85E+18	1,33E+13

23,93	11,2	24,0	-12,7	9,93E+18	1,95E+13	9,93E+18	1,40E+13
23,96	11,2	24,0	-12,8	1,00E+19	2,11E+13	1,00E+19	1,38E+13
23,99	11,2	24,0	-12,8	1,01E+19	1,95E+13	1,01E+19	1,17E+13
24,02	11,1	24,0	-12,9	1,01E+19	1,35E+13	1,01E+19	1,03E+13
24,05	11,1	24,0	-12,9	1,02E+19	1,67E+13	1,02E+19	1,28E+13
24,08	11,0	24,0	-13,0	1,03E+19	1,58E+13	1,03E+19	1,16E+13
24,11	11,0	24,0	-13,0	1,04E+19	1,77E+13	1,04E+19	1,11E+13
24,14	11,0	24,0	-13,1	1,04E+19	1,86E+13	1,04E+19	1,34E+13
24,17	10,9	24,0	-13,1	1,05E+19	1,93E+13	1,05E+19	1,59E+13
24,2	10,9	24,0	-13,1	1,06E+19	1,74E+13	1,06E+19	1,46E+13
24,23	10,9	24,0	-13,2	1,07E+19	1,69E+13	1,07E+19	1,53E+13
24,26	10,8	24,0	-13,2	1,07E+19	1,92E+13	1,07E+19	1,41E+13
24,29	10,8	24,1	-13,3	1,08E+19	3,51E+13	1,08E+19	1,33E+13
24,32	10,7	24,0	-13,3	1,09E+19	2,89E+13	1,09E+19	1,34E+13
24,35	10,7	24,1	-13,4	1,10E+19	1,58E+13	1,10E+19	1,23E+13
24,38	10,7	24,1	-13,4	1,10E+19	1,64E+13	1,10E+19	1,13E+13
24,41	10,6	24,0	-13,4	1,11E+19	2,13E+13	1,11E+19	1,45E+13
24,44	10,6	24,1	-13,5	1,12E+19	2,25E+13	1,12E+19	1,82E+13
24,47	10,6	24,1	-13,5	1,13E+19	1,99E+13	1,13E+19	1,11E+13
24,5	10,5	24,1	-13,5	1,13E+19	2,62E+13	1,13E+19	1,04E+13
24,53	10,5	24,1	-13,6	1,14E+19	1,44E+13	1,14E+19	1,09E+13
24,56	10,4	24,1	-13,6	1,15E+19	1,75E+13	1,15E+19	1,23E+13
24,59	10,4	24,1	-13,7	1,16E+19	1,86E+13	1,16E+19	1,47E+13
24,62	10,4	24,1	-13,7	1,16E+19	2,01E+13	1,16E+19	1,53E+13
24,65	10,3	24,1	-13,7	1,17E+19	1,97E+13	1,17E+19	1,65E+13
24,68	10,3	24,1	-13,8	1,18E+19	2,28E+13	1,18E+19	2,28E+13
24,71	10,3	24,1	-13,8	1,19E+19	2,07E+13	1,19E+19	1,65E+13
24,74	10,2	24,1	-13,9	1,19E+19	2,07E+13	1,19E+19	1,83E+13
24,77	10,2	24,1	-13,9	1,20E+19	2,86E+13	1,20E+19	2,68E+13
24,8	10,2	24,1	-14,0	1,21E+19	2,18E+13	1,21E+19	1,57E+13
24,83	10,1	24,1	-14,0	1,22E+19	2,39E+13	1,22E+19	1,65E+13
24,86	10,1	24,1	-14,0	1,22E+19	2,32E+13	1,22E+19	1,98E+13
24,89	10,1	24,1	-14,1	1,23E+19	2,72E+13	1,23E+19	2,23E+13
24,92	10,0	24,2	-14,1	1,24E+19	2,78E+13	1,24E+19	2,29E+13
24,95	10,0	24,2	-14,2	1,25E+19	3,20E+13	1,25E+19	2,53E+13
24,98	10,0	24,2	-14,2	1,25E+19	3,11E+13	1,25E+19	2,20E+13
25,01	9,9	24,1	-14,2	1,26E+19	2,23E+13	1,26E+19	2,06E+13
25,04	9,9	24,2	-14,3	1,27E+19	2,31E+13	1,27E+19	1,73E+13
25,07	9,9	24,1	-14,3	1,28E+19	2,08E+13	1,28E+19	1,59E+13
25,1	9,8	24,2	-14,3	1,28E+19	3,14E+13	1,28E+19	1,42E+13
25,13	9,8	24,2	-14,4	1,29E+19	1,67E+13	1,29E+19	1,22E+13
25,16	9,7	24,2	-14,4	1,30E+19	1,77E+13	1,30E+19	1,29E+13
25,19	9,7	24,1	-14,4	1,31E+19	1,32E+13	1,31E+19	9,82E+12
25,22	9,7	24,2	-14,5	1,31E+19	1,53E+13	1,31E+19	1,16E+13
25,25	9,6	24,1	-14,5	1,32E+19	1,62E+13	1,32E+19	1,52E+13
25,28	9,6	24,2	-14,5	1,33E+19	1,48E+13	1,33E+19	1,03E+13
25,31	9,6	24,1	-14,5	1,34E+19	1,37E+13	1,34E+19	1,15E+13
25,34	9,5	24,1	-14,6	1,34E+19	2,24E+13	1,34E+19	1,04E+13
25,37	9,5	24,2	-14,6	1,35E+19	3,06E+13	1,35E+19	1,20E+13

25,4	9,5	24,1	-14,7	1,36E+19	3,47E+13	1,36E+19	1,68E+13
25,43	9,5	24,1	-14,7	1,37E+19	3,59E+13	1,37E+19	1,77E+13
25,46	9,4	24,2	-14,7	1,37E+19	3,66E+13	1,37E+19	3,43E+13
25,49	9,4	24,1	-14,8	1,38E+19	3,65E+13	1,38E+19	3,40E+13
25,52	9,4	24,1	-14,8	1,39E+19	2,92E+13	1,39E+19	1,33E+13
25,55	9,3	24,1	-14,8	1,40E+19	2,09E+13	1,40E+19	1,54E+13
25,58	9,3	24,1	-14,8	1,40E+19	1,79E+13	1,40E+19	1,52E+13
25,61	9,3	24,1	-14,9	1,41E+19	1,76E+13	1,41E+19	1,05E+13
25,64	9,2	24,1	-14,9	1,42E+19	3,69E+13	1,42E+19	9,77E+12
25,67	9,2	24,1	-14,9	1,43E+19	1,36E+13	1,43E+19	1,02E+13
25,7	9,2	24,1	-15,0	1,43E+19	1,40E+13	1,43E+19	1,12E+13
25,73	9,1	24,1	-15,0	1,44E+19	1,95E+13	1,44E+19	1,42E+13
25,76	9,1	24,1	-15,0	1,45E+19	3,41E+13	1,45E+19	2,41E+13
25,79	9,1	24,1	-15,0	1,46E+19	3,72E+13	1,46E+19	1,17E+13
25,82	9,0	24,1	-15,1	1,46E+19	4,07E+13	1,46E+19	1,40E+13
25,85	9,0	24,1	-15,1	1,47E+19	4,21E+13	1,47E+19	1,84E+13
25,88	9,0	24,0	-15,1	1,48E+19	4,14E+13	1,48E+19	1,71E+13
25,91	8,9	24,1	-15,1	1,49E+19	4,32E+13	1,49E+19	1,50E+13
25,94	8,9	24,1	-15,2	1,49E+19	4,28E+13	1,49E+19	4,08E+13
25,97	8,9	24,0	-15,1	1,50E+19	4,45E+13	1,50E+19	4,26E+13
26	8,8	24,0	-15,2	1,51E+19	4,37E+13	1,51E+19	1,97E+13
26,03	8,8	24,0	-15,2	1,51E+19	4,38E+13	1,51E+19	1,91E+13
26,06	8,8	24,0	-15,2	1,52E+19	4,24E+13	1,52E+19	2,08E+13
26,09	8,8	24,0	-15,3	1,53E+19	4,03E+13	1,53E+19	1,62E+13
26,12	8,7	24,0	-15,3	1,54E+19	4,28E+13	1,54E+19	3,00E+13
26,15	8,7	24,0	-15,3	1,54E+19	3,93E+13	1,54E+19	3,86E+13
26,18	8,7	24,0	-15,3	1,55E+19	3,72E+13	1,55E+19	3,31E+13
26,21	8,6	24,0	-15,4	1,56E+19	3,82E+13	1,56E+19	3,45E+13
26,24	8,6	24,0	-15,4	1,57E+19	3,78E+13	1,57E+19	1,97E+13
26,27	8,6	23,9	-15,4	1,57E+19	3,94E+13	1,57E+19	2,14E+13
26,3	8,5	23,9	-15,4	1,58E+19	3,84E+13	1,58E+19	2,00E+13
26,33	8,5	23,9	-15,4	1,59E+19	3,66E+13	1,59E+19	1,94E+13
26,36	8,5	23,9	-15,4	1,60E+19	3,84E+13	1,60E+19	2,56E+13
26,39	8,5	23,9	-15,5	1,60E+19	3,34E+13	1,60E+19	3,02E+13
26,42	8,4	23,9	-15,5	1,61E+19	3,51E+13	1,61E+19	2,92E+13
26,45	8,4	23,9	-15,5	1,62E+19	3,41E+13	1,62E+19	1,81E+13
26,48	8,4	23,9	-15,5	1,63E+19	3,71E+13	1,63E+19	1,25E+13
26,51	8,3	23,9	-15,5	1,63E+19	3,68E+13	1,63E+19	1,45E+13
26,54	8,3	23,9	-15,6	1,64E+19	3,91E+13	1,64E+19	1,69E+13
26,57	8,3	23,9	-15,6	1,65E+19	3,81E+13	1,65E+19	2,31E+13
26,6	8,3	23,9	-15,6	1,66E+19	4,11E+13	1,66E+19	2,11E+13
26,63	8,2	23,9	-15,6	1,66E+19	4,98E+13	1,66E+19	2,06E+13
26,66	8,2	23,9	-15,7	1,67E+19	4,08E+13	1,67E+19	1,51E+13
26,69	8,2	23,8	-15,7	1,68E+19	4,56E+13	1,68E+19	2,04E+13
26,72	8,1	23,8	-15,7	1,69E+19	4,81E+13	1,69E+19	2,41E+13
26,75	8,1	23,8	-15,7	1,69E+19	4,69E+13	1,69E+19	3,26E+13
26,78	8,1	23,8	-15,7	1,70E+19	5,36E+13	1,70E+19	3,56E+13
26,81	8,1	23,8	-15,8	1,71E+19	5,56E+13	1,71E+19	3,21E+13
26,84	8,0	23,8	-15,8	1,72E+19	5,83E+13	1,72E+19	3,54E+13

26,87	8,0	23,8	-15,8	1,72E+19	5,91E+13	1,72E+19	3,56E+13
26,9	8,0	23,8	-15,9	1,73E+19	5,52E+13	1,73E+19	2,20E+13
26,93	7,9	23,8	-15,8	1,74E+19	5,48E+13	1,74E+19	3,48E+13
26,96	7,9	23,8	-15,9	1,75E+19	5,03E+13	1,75E+19	2,00E+13
26,99	7,9	23,8	-15,9	1,75E+19	4,68E+13	1,75E+19	3,13E+13
27,02	7,9	23,8	-15,9	1,76E+19	5,16E+13	1,76E+19	4,11E+13
27,05	7,8	23,8	-16,0	1,77E+19	4,41E+13	1,77E+19	2,93E+13
27,08	7,8	23,8	-16,0	1,78E+19	3,90E+13	1,78E+19	1,72E+13
27,11	7,8	23,8	-16,0	1,78E+19	3,33E+13	1,78E+19	1,94E+13
27,14	7,8	23,8	-16,0	1,79E+19	2,20E+13	1,79E+19	1,30E+13
27,17	7,7	23,8	-16,1	1,80E+19	2,27E+13	1,80E+19	1,71E+13
27,2	7,7	23,8	-16,1	1,81E+19	2,27E+13	1,81E+19	1,86E+13
27,23	7,7	23,8	-16,1	1,81E+19	3,26E+13	1,81E+19	1,03E+13
27,26	7,7	23,8	-16,1	1,82E+19	3,67E+13	1,82E+19	1,30E+13
27,29	7,6	23,8	-16,2	1,83E+19	3,73E+13	1,83E+19	1,25E+13
27,32	7,6	23,8	-16,2	1,84E+19	4,34E+13	1,84E+19	2,11E+13
27,35	7,6	23,8	-16,2	1,84E+19	4,36E+13	1,84E+19	1,83E+13
27,38	7,5	23,8	-16,2	1,85E+19	4,21E+13	1,85E+19	1,81E+13
27,41	7,5	23,8	-16,3	1,86E+19	4,16E+13	1,86E+19	2,70E+13
27,44	7,5	23,8	-16,3	1,87E+19	3,92E+13	1,87E+19	3,86E+13
27,47	7,5	23,8	-16,3	1,87E+19	4,12E+13	1,87E+19	3,49E+13
27,5	7,4	23,8	-16,3	1,88E+19	3,82E+13	1,88E+19	2,66E+13
27,53	7,4	23,8	-16,4	1,89E+19	3,77E+13	1,89E+19	1,56E+13
27,56	7,4	23,8	-16,4	1,90E+19	3,85E+13	1,90E+19	2,25E+13
27,59	7,4	23,8	-16,4	1,90E+19	3,63E+13	1,90E+19	1,73E+13
27,62	7,3	23,8	-16,5	1,91E+19	3,46E+13	1,91E+19	2,18E+13
27,65	7,3	23,8	-16,5	1,92E+19	3,25E+13	1,92E+19	2,12E+13
27,68	7,3	23,8	-16,5	1,93E+19	2,96E+13	1,93E+19	2,54E+13
27,71	7,3	23,8	-16,5	1,93E+19	2,65E+13	1,93E+19	1,99E+13
27,74	7,2	23,8	-16,6	1,94E+19	2,75E+13	1,94E+19	2,08E+13
27,77	7,2	23,8	-16,6	1,95E+19	2,99E+13	1,95E+19	1,87E+13
27,8	7,2	23,8	-16,6	1,96E+19	3,32E+13	1,96E+19	1,82E+13
27,83	7,2	23,8	-16,7	1,96E+19	3,44E+13	1,96E+19	1,67E+13
27,86	7,1	23,8	-16,7	1,97E+19	3,61E+13	1,97E+19	1,81E+13
27,89	7,1	23,8	-16,7	1,98E+19	3,50E+13	1,98E+19	3,12E+13
27,92	7,1	23,8	-16,7	1,99E+19	3,39E+13	1,99E+19	3,10E+13
27,95	7,1	23,9	-16,8	1,99E+19	3,20E+13	1,99E+19	1,68E+13
27,98	7,0	23,8	-16,8	2,00E+19	3,01E+13	2,00E+19	1,60E+13
28,01	7,0	23,9	-16,9	2,01E+19	2,63E+13	2,01E+19	1,65E+13
28,04	7,0	23,9	-16,9	2,01E+19	2,58E+13	2,01E+19	1,95E+13
28,07	7,0	23,9	-16,9	2,02E+19	2,54E+13	2,02E+19	1,89E+13
28,1	6,9	23,9	-16,9	2,03E+19	2,89E+13	2,03E+19	2,20E+13
28,13	6,9	23,9	-17,0	2,04E+19	2,80E+13	2,04E+19	2,21E+13
28,16	6,9	23,9	-17,0	2,04E+19	2,90E+13	2,04E+19	2,54E+13
28,19	6,9	23,9	-17,0	2,05E+19	2,56E+13	2,05E+19	2,26E+13
28,22	6,9	23,9	-17,1	2,06E+19	2,83E+13	2,06E+19	1,72E+13
28,25	6,8	23,9	-17,1	2,07E+19	2,86E+13	2,07E+19	1,54E+13
28,28	6,8	23,9	-17,1	2,07E+19	2,89E+13	2,07E+19	1,54E+13
28,31	6,8	23,9	-17,2	2,08E+19	2,91E+13	2,08E+19	1,48E+13

28,34	6,8	24,0	-17,2	2,09E+19	2,17E+13	2,09E+19	1,02E+13
28,37	6,7	24,0	-17,2	2,10E+19	1,82E+13	2,10E+19	1,02E+13
28,4	6,7	24,0	-17,2	2,10E+19	2,33E+13	2,10E+19	1,29E+13
28,43	6,7	24,0	-17,3	2,11E+19	1,36E+13	2,11E+19	1,19E+13
28,46	6,7	24,0	-17,3	2,12E+19	1,35E+13	2,12E+19	1,00E+13
28,49	6,6	24,0	-17,3	2,13E+19	1,75E+13	2,13E+19	1,11E+13
28,52	6,6	24,0	-17,4	2,13E+19	1,49E+13	2,13E+19	9,98E+12
28,55	6,6	24,0	-17,4	2,14E+19	1,35E+13	2,14E+19	1,03E+13
28,58	6,6	24,0	-17,4	2,15E+19	1,34E+13	2,15E+19	1,08E+13
28,61	6,5	24,0	-17,5	2,16E+19	2,03E+13	2,16E+19	1,37E+13
28,64	6,5	24,0	-17,5	2,16E+19	2,74E+13	2,16E+19	1,27E+13
28,67	6,5	24,0	-17,5	2,17E+19	2,62E+13	2,17E+19	1,09E+13
28,7	6,5	24,0	-17,5	2,18E+19	2,29E+13	2,18E+19	1,37E+13
28,73	6,5	24,0	-17,6	2,19E+19	1,35E+13	2,19E+19	1,03E+13
28,76	6,4	24,0	-17,6	2,19E+19	1,38E+13	2,19E+19	1,10E+13
28,79	6,4	24,1	-17,6	2,20E+19	2,05E+13	2,20E+19	1,02E+13
28,82	6,4	24,0	-17,6	2,21E+19	1,49E+13	2,21E+19	1,19E+13
28,85	6,4	24,0	-17,7	2,22E+19	1,86E+13	2,22E+19	1,31E+13
28,88	6,3	24,0	-17,7	2,22E+19	1,99E+13	2,22E+19	1,52E+13
28,91	6,3	24,1	-17,7	2,23E+19	2,30E+13	2,23E+19	1,37E+13
28,94	6,3	24,0	-17,7	2,24E+19	2,47E+13	2,24E+19	1,14E+13
28,97	6,3	24,1	-17,8	2,25E+19	2,45E+13	2,25E+19	1,48E+13
29	6,3	24,1	-17,8	2,25E+19	2,65E+13	2,25E+19	1,08E+13
29,03	6,2	24,1	-17,8	2,26E+19	2,74E+13	2,26E+19	1,21E+13
29,06	6,2	24,0	-17,8	2,27E+19	2,92E+13	2,27E+19	2,57E+13
29,09	6,2	24,1	-17,9	2,28E+19	2,76E+13	2,28E+19	1,68E+13
29,12	6,2	24,1	-17,9	2,28E+19	3,00E+13	2,28E+19	1,15E+13
29,15	6,2	24,0	-17,9	2,29E+19	2,88E+13	2,29E+19	1,64E+13
29,18	6,1	24,1	-17,9	2,30E+19	3,12E+13	2,30E+19	1,44E+13
29,21	6,1	24,1	-17,9	2,31E+19	2,91E+13	2,31E+19	1,23E+13
29,24	6,1	24,1	-18,0	2,31E+19	3,12E+13	2,31E+19	2,04E+13
29,27	6,1	24,1	-18,0	2,32E+19	2,97E+13	2,32E+19	2,69E+13
29,3	6,0	24,1	-18,0	2,33E+19	3,13E+13	2,33E+19	1,80E+13
29,33	6,0	24,1	-18,0	2,34E+19	3,03E+13	2,34E+19	1,81E+13
29,36	6,0	24,0	-18,0	2,34E+19	3,22E+13	2,34E+19	1,40E+13
29,39	6,0	24,1	-18,1	2,35E+19	1,60E+13	2,35E+19	1,00E+13
29,42	6,0	24,0	-18,1	2,36E+19	1,35E+13	2,36E+19	1,06E+13
29,45	5,9	24,1	-18,1	2,37E+19	1,40E+13	2,37E+19	9,97E+12
29,48	5,9	24,0	-18,1	2,37E+19	1,79E+13	2,37E+19	1,14E+13
29,51	5,9	24,0	-18,1	2,38E+19	1,48E+13	2,38E+19	9,15E+12
29,54	5,9	24,0	-18,1	2,39E+19	1,69E+13	2,39E+19	1,04E+13
29,57	5,9	24,0	-18,2	2,40E+19	1,91E+13	2,40E+19	1,17E+13
29,6	5,8	24,0	-18,2	2,40E+19	3,57E+13	2,40E+19	1,92E+13
29,63	5,8	24,0	-18,2	2,41E+19	3,66E+13	2,41E+19	2,18E+13
29,66	5,8	24,0	-18,1	2,42E+19	3,43E+13	2,42E+19	1,76E+13
29,69	5,8	24,0	-18,2	2,43E+19	3,36E+13	2,43E+19	1,75E+13
29,72	5,8	24,0	-18,2	2,43E+19	3,35E+13	2,43E+19	2,18E+13
29,75	5,7	24,0	-18,2	2,44E+19	3,32E+13	2,44E+19	2,93E+13
29,78	5,7	24,0	-18,3	2,45E+19	3,24E+13	2,45E+19	2,95E+13

29,81	5,7	24,0	-18,3	2,46E+19	3,31E+13	2,46E+19	2,82E+13
29,84	5,7	24,0	-18,3	2,46E+19	3,19E+13	2,46E+19	2,75E+13
29,87	5,7	24,0	-18,3	2,47E+19	3,11E+13	2,47E+19	2,81E+13
29,9	5,6	24,0	-18,3	2,48E+19	2,41E+13	2,48E+19	2,18E+13
29,93	5,6	23,9	-18,3	2,49E+19	1,77E+13	2,49E+19	1,14E+13
29,96	5,6	24,0	-18,4	2,49E+19	1,29E+13	2,49E+19	9,38E+12
29,99	5,6	23,9	-18,4	2,50E+19	1,43E+13	2,50E+19	1,03E+13
30,02	5,6	23,9	-18,4	2,51E+19	1,85E+13	2,51E+19	1,23E+13

FOTOGRAFIAS EN LOS LUGARES DE LAS PRUEBAS



