

Radiodifusión de baja potencia - Radios Libres

Una Introducción Técnica

Muchas personas todavía piensan que una estación de radiodifusión FM consiste de salas llenas de equipos que cuestan decenas de miles de dólares. El movimiento de Radiodifusión de Baja Potencia [Micropower Broadcasting], o Movimiento de Radios Libres, ha demostrado que esto no es cierto. Las radios libres usan transmisores cuya potencia de salida está en el rango de $\frac{1}{2}$ a 40 vatios [watts], y que tienen un tamaño físico similar a un ladrillo promedio. Combinados con otros equipos, incluyendo mezcladores de audio baratos, reproductores y grabadores corrientes, una fuente de poder, un filtro y una antena, permiten a cualquier comunidad poner su propia voz en el aire, con un costo promedio de US\$ 1000 a 2000. Esto es mucho más asequible que las decenas de miles de dólares que exigen las regulaciones actuales de la FCC.

Todos los aspectos técnicos de la conformación de una estación de radiodifusión de baja potencia se cubren en este material. Es importante hacer notar que el principal argumento de la FCC en contra de las radios libres tiene que ver con las interferencias con otros servicios de radiodifusión. Las interferencias con una crítica válida, pero al usar equipos estables en frecuencia, propiamente regulados con filtros supresores de armónicas, y con procedimientos correctos y estándares de operación, los argumentos de la FCC pueden ser neutralizados en forma efectiva.

Más allá de esto, los aspectos técnicos de la radiodifusión de baja potencia requieren algunos conocimientos sobre electrónica y prácticas de radio. Esperamos que esta introducción pueda transmitirte parte de ese conocimiento. Si uno está inseguro sobre sus habilidades, es bueno tratar de encontrar a alguien con suficiente experiencia técnica para ayudar. Esperamos que en la medida en que este movimiento crezca, se forme una red de personas con destrezas técnicas adecuadas para asistir a las comunidades en sus procesos de llevar al aire su propia voz. Si el lector es una persona con experiencia técnica en el área, por favor contacte a Free Radio Berkeley para formar parte de esta red.

LA BUSQUEDA DE UNA FRECUENCIA

Antes de proseguir, hay que determinar si hay alguna frecuencia disponible en el área geográfica seleccionada. Debido a la congestión de frecuencias en ciudades grandes como Chicago, Boston, Los Angeles, New York, etc., esto puede ser un poco difícil. Para efectuar una búsqueda de frecuencias hacen falta algunas cosas: una lista de todas las estaciones de radio FM dentro de un radio de 80 a 110 kilómetros a la redonda, y un radio con sintonizador digital. Hay algunas bases de datos en el world wide web que pueden ser consultadas para averiguar esta información, de acuerdo a la zona. Algunas están en: www.jagunet.com/~kodis/station.html, y www.airwaves.com/fccdb.html.

El problema más grande es la separación de canales. A cada frecuencia de radiodifusión FM se le asigna un canal de frecuencias de 200 kilohertz de amplitud. Para seguir las buenas prácticas de radio se requiere que al menos un canal de separación exista a cada lado de la frecuencia que se plantea utilizar. En otras palabras, si uno ha seleccionado 90.5 como una frecuencia candidata, entonces 90.3 y 90.7 deben estar libres de cualquier señal de recepción. Es por esto que un sintonizador digital es un ítem importante para la búsqueda de frecuencias.

Una vez que uno ya tiene la lista completa de todas las estaciones FM, hay que buscar una frecuencia con una separación de canales apropiada. Dependiendo de la topografía, la distancia y la potencia de salida de otras estaciones, algunas frecuencias "ocupadas" pueden, de hecho, ser utilizadas. Luego de compilar esta lista de posibilidades, hay que localizar y revisar esas frecuencias a través de un receptor FM digital y una antena externa. Esto debe hacerse en varias ocasiones y desde varios puntos geográficos dentro del área que se plantea cubrir. En muchos casos señales débiles, intermitentes o llenas de estática pueden considerarse utilizables o aptas para proveer separación de canales. Con suerte, se podrá encontrar al menos una o dos frecuencias apropiadas. Si uno vive en un área rural o

alejada de las zonas urbanas, la búsqueda de frecuencias debería ser sencilla. 87.9 puede ser usada como frecuencia bajo dos condiciones: primera, que no haya una estación existente en 88.1, y segunda, que no exista un canal 6 de TV utilizado en el área.

Después de compilar la lista de posibles frecuencias, hay que poner a los amigos a escucharlas en sus receptores de radio. Hacer esto es muy conveniente, ya que una variedad de receptores reflejarán más adecuadamente las condiciones de escucha en el área. Después de todo esto, ya se tendrá una lista de frecuencias aptas para usar.

LOCALIZACION DEL ESTUDIO Y DEL TRANSMISOR

Antes de instalar la emisora, hay que encontrar una ubicación adecuada. Un lugar alto es muy conveniente, ya que la antena estará allí. Lo ideal es la cima de una colina, o algún punto de la ladera con vista hacia la zona de cobertura. Las transmisiones FM son de "línea visual", por lo que las antenas transmisora y receptora deben ser capaces de "verse" mutuamente. Por ello, cualquier obstrucción grande tendrá tendencia a bloquear la señal. Uno debe tener esto en mente cuando selecciona la ubicación. Si el lugar es una edificación de 1 a 3 pisos de altura, será necesario un mástil vertical de unos 9 metros bien sujeto y atado al tejado, o una torre para antena de televisión, para proveer la altura adecuada. Como mínimo se necesita tener la antena al menos 12 o 15 metros sobre la tierra. En algunas áreas se requiere un permiso para atar un mástil o torre a un edificio.

Es una buena práctica mantener el transmisor a alguna distancia del estudio de audio, ya que las emisiones de radiofrecuencia del transmisor pueden afectar y penetrar los equipos de audio y causar ruido y zumbidos. El transmisor debe estar en otro cuarto, ático, etc., tan cerca de la antena como sea posible. Hay que mantener la distancia del transmisor a la antena tan corta como sea posible, para minimizar la pérdida de señal en el cable coaxial que alimenta la antena.

Estos son algunos de las consideraciones básicas que tienen que ver con la selección del lugar. Propietarios, compañeros de cuarto, arriendos, etc., ya son otro problema.

TRANSMISORES FM

FM es una abreviatura para Frecuencia Modulada, o Modulación de Frecuencia. Modulación es cómo se agrega información a una frecuencia de radio dada. En el caso de FM la señal de audio modula lo que se llama la frecuencia portadora (que es la frecuencia de la señal de transmisión) al correrla ligeramente hacia arriba y hacia abajo como respuesta a la señal de audio. Un radio FM recibe esta señal y extrae la información de audio de la frecuencia de radio a través de un proceso llamado demodulación.

La modulación de la señal se produce dentro del transmisor FM. El transmisor consiste de varias secciones diferentes: el oscilador, el PLL [phase locked loop], y etapas de potencia. La generación de la frecuencia portadora de radiodifusión es responsabilidad del oscilador. La sintonización (diferente a modulación), o cambio de frecuencia del oscilador, se efectúa manual o electrónicamente. Para una estación de radio que será operada por más de algunos minutos, es casi esencial que la sintonización se haga en forma electrónica, ya que los osciladores con sintonización manual correrán la frecuencia debido a la temperatura y limitaciones inherentes al diseño. Esta es una consideración importante al seleccionar el transmisor. Como una de las metas a lograr es eliminar las objeciones técnicas de la FCC en relación a la radiodifusión de baja potencia, es crítico que los transmisores permanezcan en frecuencia y no se corran. Esto, por supuesto, elimina la posibilidad de uso de transmisores basados en osciladores sin sintonización digital.

El control de la frecuencia conduce a la siguiente sección. El corrimiento de frecuencia es corregido por un circuito llamado PLL. Esencialmente, compara la frecuencia del oscilador con una frecuencia de

referencia. Cuando la frecuencia comienza a correrse, aplica una corrección de voltaje al oscilador (que se sintoniza por voltaje), manteniéndolo bloqueado a la frecuencia deseada. En un circuito PLL la frecuencia se selecciona al fijar una serie de pequeños interruptores (prendidos o apagados), de acuerdo a la tabla de frecuencias que viene con el transmisor. En algunos casos el grupo de interruptores puede ser reemplazado por 4 diales numerados que forman un número para la frecuencia de transmisión FM, por ejemplo, 100.1 para 100.1 Mhz. Más simple aún, algunas unidades poseen una pantalla como un radio digital, con botones para subir y bajar la frecuencia.

Una parte del oscilador, el circuito de ajuste de voltaje, tiene un propósito dual. Como se describió arriba, permite al oscilador ser sintonizado electrónicamente. Además, es el mecanismo por el cual la frecuencia portadora es modulada por la señal de audio. Cuando la señal de audio se aplica a esta sección, las variaciones de esta señal causarán que la frecuencia del osciladores suba o baje ligeramente. Los corrimientos de frecuencia que se deben a la modulación de audio son ignorados por el controlador PLL gracias al diseño del circuito electrónico. Es importante no sobremodular el transmisor al aplicar una señal de audio cuyo nivel sea muy alto. Muchos transmisores vienen equipados con un control de nivel de entrada, que permite que uno ajuste el nivel de modulación. Mayor control se logra a través de un compresor/limitador, que se discute en la sección de audio.

Al aumentar el nivel de modulación, aumenta también la cantidad de espacio o ancho de banda ocupado por la señal FM. Debe entonces ser mantenida dentro de ciertos límites u ocurrirá interferencias con los canales FM adyacentes. Las regulaciones de la FCC estipulan una amplitud máxima de 75.000 ciclos (75 Khz) centrados en la frecuencia portadora. Cada canal FM es de 200.000 ciclos (hertz) de ancho. Sobremodulación -la extensión de la señal de difusión más allá de estos límites- se conoce como salpicadura [splatter] y debe ser evitado por medio del control del nivel de modulación. Como resultado, la señal estará distorsionada y habrá interferencia con canales adyacentes.

Después de la sección del oscilador, hay una serie de etapas de potencia, que amplifican la señal, dotándola de suficiente fuerza y haciéndola apta para radiodifusión. En muchos casos esta potencia de salida será de $\frac{1}{2}$ o 1 vatios. Este nivel es suficiente para un radio de cobertura de 1,5 a 3 kilómetros, dependiendo de las circunstancias. Para obtener aún más potencia se usa un amplificador separado o una serie de amplificadores. Los amplificadores serán cubiertos en la próxima sección de este documento.

Los transmisores está disponibles como "kits" de una variedad de diferentes fuentes, incluyendo Free Radio Berkeley, Progressive Concepts, Panaxis y Ramsey. El ensamblaje requiere un grado medio de habilidad y conocimientos técnicos. Free Radio Berkeley ofrece un transmisor controlado por PLL de $\frac{1}{2}$ vatio, casi completamente ensamblado. Los kits de Ramsey son bastante discutibles en términos de calidad técnica. Una empresa inglesa llamada Veronica fabrica también algunos kits de buena calidad.

AMPLIFICADORES

Aunque $\frac{1}{2}$ a 1 vatio será una potencia suficiente para cubrir una localidad muy pequeña, como una urbanización, barrio o vecindad, se requerirá mayor potencia para lograr cobertura sobre un pueblo o parte de un área urbana grande. Para incrementar la potencia de salida de un transmisor FM de baja potencia, uno o varios amplificadores se conectan en la salida del transmisor. Los amplificadores también se conocen como "amps", que no debe ser confundido con la unidad de corriente eléctrica denominada también "amp" (amperio).

Los amplificadores son mucho más sencillos en diseño y construcción que un transmisor. Muchos de los amplificadores usados en radiodifusión de baja potencia emplean sólo un componente activo, un transistor de potencia para radiofrecuencia (RF), por etapa de amplificación. Por convención, muchos amplificadores tienen una impedancia de entrada y salida de 50 ohms. Esto es similar a los altoparlantes de audio, que tienen una impedancia entre 4 y 8 ohms. Cuando un amplificador de RF

con un entrada de 50 ohms se conecta a una salida de un transmisor de 50 ohms, la paridad entre ambas impedancias asegura el flujo máximo de energía eléctrica entre las dos unidades.

Una disparidad en la impedancia de cualquiera de los elementos en la cadena transmisor a amplificador a filtro a antena, reducirá la eficiencia del sistema completo y podría resultar en daños si la diferencia es grande. Para entender esto uno debe imaginar un tubo de agua a alta presión de 4 pulgadas de diámetro, siendo forzado a conectarse a otro tubo de ½ pulgada sin reducción de la presión de entrada. En un amplificador de radiofrecuencia, el transistor de potencia de RF se sobrecalentará y se autodestruirá bajo condiciones análogas.

Un amplificador de radiofrecuencia consiste de un transistor de potencia para RF y un grupo de componentes pasivos, usualmente capacitores (condensadores) e inductores (bobinas), que se conectan en una disposición particular que transforma las impedancias de 50 ohms de entrada y salida, en las mucho más bajas impedancias requeridas por el transistor de potencia de RF. En esta introducción no se ofrecerán los detalles técnicos sobre la interacción entre estos componentes, que tienen que ver con tecnología de circuitos.

Los amplificadores pueden ser clasificados como de banda estrecha o de banda ancha. Los de banda estrecha se sintonizan a una frecuencia determinada. Los amplificadores de banda ancha pueden trabajar sobre un rango de frecuencias especificado, sin sintonización. Muchos de los amplificadores que han sido usados en radiodifusión de baja potencia son de este primer tipo. Un amplificador sintonizable puede ser un poco problemático para los que no tienen mucha experiencia. En un amplificador sintonizable habrá típicamente dos capacitores graduables en la etapa de entrada y dos más en la etapa de salida. Si no se ajustan correctamente, el transistor de RF puede producir señales laterales anormales tanto dentro como fuera de la banda FM.

Para hacer más fácil la instalación de una estación de radiodifusión de baja potencia, es preferible un amplificador de banda ancha con una cantidad mínima de etapas de sintonización. Existen varios diseños posibles. Uno muy popular es un amplificador de 20-24 vatios que usa un módulo de amplificación de banda ancha Phillips BGY33. Es un dispositivo bastante robusto que no requiere sintonización y produce una salida de 20-24 vatios a partir de una entrada de 250 milivatios del transmisor. Free Radio Berkeley ofrece un kit basado en este dispositivo. El kit incluye también un filtro de salida, que otros vendedores probablemente no incluyan en los kits. Independientemente de la fuente, el BGY33 no es un componente eficiente y requiere un disipador de calor grande para evitar el sobrecalentamiento, y el uso de un ventilador es altamente recomendable también.

Si uno compra un kit de transmisor o amplificador basado en este componente, hay que determinar del fabricante si el BGY33 está instalado directamente en el disipador de calor, y no en un panel en el chasis con el disipador al otro lado del chasis. El transistor debe estar en contacto directo con el disipador con una capa de pasta termoconductor entre éste y la pestaña de montura del módulo.

Los diseños basados en banda ancha no son comunes debido al grado de experiencia de diseño requerido para crear una unidad funcional. Parece que algunos proveedores de kits están contentos sin optimizar ni mejorar sus diseños de amplificadores. Free Radio Berkeley está ofreciendo actualmente que no requieren sintonización, o que requieren muy poca, para varios rangos de potencia. Algunos diseños de banda ancha pueden ser excesivamente amplios en su cobertura de frecuencias, y amplían también las señales armónicas. Para radiodifusión FM, el ancho de cobertura de frecuencias debe ser de 20-25 Megahertz, lo suficiente para la banda FM.

Seleccionar la cantidad de potencia correcta es también importante, ya que sólo se debe usar potencia suficiente para cubrir el área deseada. Desafortunadamente no hay una respuesta fácil a la pregunta de qué tanta área puede cubrir una determinada cantidad de potencia. La altura de la antena es crítica: 5 vatios a 15 metros no llegarán nunca tan lejos como 5 vatios a 150 metros. Asumiendo que uno no dispone de un edificio de 10 pisos de altura o una colina de 150 metros para instalar la antena y el transmisor, la experiencia en áreas urbanas ha arrojado las siguientes pautas aproximadas. Con la antena a unos 15 metros sobre el suelo, ½ a 1 vatio cubrirán 1 a 5 kilómetros; 5-6 vatios, 1,5-8 kilómetros; 10-15 vatios, hasta 13 kilómetros; 20-24 vatios, 16-19 kilómetros; 30-40 vatios, hasta 24

kilómetros. La cobertura variará dependiendo del terreno, obstáculos, tipo de antena, etc. Si la antena está bastante más alta que la altura indicada (15 metros), los alcances pueden ser mucho mayores. La calidad de los radios receptores son también un factor determinante. Como los niveles de potencia son bastante bajos en comparación con otras estaciones, una antena externa en el receptor es altamente recomendable, especialmente si se instala al aire libre.

Es muy importante proveer enfriamiento adecuado a los amplificadores de RF. Esto significa usar un disipador de calor de buen tamaño y un ventilador externo. Los disipadores tienen aletas metálicas que deben ser colocadas verticalmente. El sobrecalentamiento causará fallas prematuras en el transistor. Un ventilador cuadrado de unos 10 a 13 centímetros de lado ofrecerá seguridad adicional. Se debe instalar de forma tal que el aire fluya sobre las aletas del disipador de calor.

Bajo ninguna circunstancia se debe operar un amplificador/transmisor sin una carga adecuada conectada a la salida. De otro modo se destruirá el transistor de salida. Al comprobar y afinar los circuitos, debe usarse una carga muerta [dummy load] para presentar una carga de 50 ohms al amplificador/transmisor. Es una muy mala práctica calibrar una unidad con una antena conectada. Se debe usar una carga muerta de suficiente capacidad de potencia soportable, de forma que iguale o supere la potencia de salida del transmisor.

Un filtro de salida debe ser usado entre el transmisor/amplificador y la antena. Algunos kits de amplificación vienen con un filtro incluido, como el kit de 20 vatios de Free Radio Berkeley. Estos no necesitan ningún filtro adicional. Más sobre esto en la sección sobre filtros.

Se utiliza alambre grueso aislado (12-16 AGW) para conectar el amplificador a la fuente de poder. Hay que fijarse en la polaridad al hacer la conexión. Una polaridad invertida producirá daños catastróficos en el transmisor. Rojo es positivo, y negro es negativo o tierra.

FUENTES DE PODER

Muchos transmisores usados en transmisión de baja potencia requieren un voltaje de entrada de corriente directa (DC) de 12 a 14 voltios. Amplificadores para potencias mayores (sobre 40 vatios) requieren 24-28 voltios DC. En una estación fija el voltaje es provisto por una fuente de poder, que transforma el voltaje casero de 110 voltios de corriente alterna (AC) al voltaje adecuado DC.

Las fuentes de poder no se miden sólo por su voltaje, sino también por la intensidad de corriente. Un amplificador de alta potencia requerirá una mayor cantidad de corriente de entrada, en comparación con uno de menor potencia. La corriente de salida se mide en amperios (amps). Una fuente de poder adecuada debe proveer un flujo continuo de corriente de salida más alto que la requerida por el amplificador. Las fuentes de poder que operan en su salida máxima en forma continua tienden a sobrecalentarse. Un amplificador que requiera 8 amperios necesitará una fuente de poder de 10 a 12 amperios. Se sugieren los siguientes amperajes para amplificadores que usan 13,8 voltios:

Transmisor de 1-5 vatios	2-3 Amps
Transmisor de 10-15 vatios	5-6 Amps
Unidad de 20-24 vatios basada en BGY33	10 Amps
Transmisor de 40 vatios	12 Amps

Cualquier fuente de poder que se use debe tener una salida de voltaje regulada y circuitería de protección. Algunas marcas de precios razonables son Pyramid, Triplite y Astron. No se debe usar ninguna clase de transformador de pared: esas unidades no son adecuadas para estas aplicaciones. Los transmisores de alta potencia requieren fuentes de poder con un voltaje de salida de 28 voltios. El mejor fabricante de este tipo de fuentes de poder es Astron. Un transmisor de 75 vatios requerirá una fuente de poder con salida de 6-8 Amps y 28 voltios.

Para aplicaciones móviles, el voltaje puede ser sacado del sócate del encendedor de cigarrillos de un carro, con el conector correcto y cableado grueso. Esto puede no funcionar bien con algunos vehículos

nuevos que tengan algún tipo de protector o limitador de corriente en el encendedor de cigarrillos. Uno debe revisar este aspecto con un mecánico si surgen dudas. Los sistemas eléctricos de los carros nuevos son bastante sensibles y pueden dañarse si no son entendidos y utilizados propiamente.

Otro problema con la operación móvil es el agotamiento de la batería. Un transmisor de 20-40 vatios funcionando por 4-5 horas puede descargar la batería hasta el punto en el que el vehículo no arrancará de nuevo. Es mejor tener otra batería conectada en paralelo con el sistema de carga a través de un aislante [isolator]. Los aislantes se consiguen en tiendas de accesorios para automóviles. Se debe usar baterías de alta capacidad que permitan descarga profunda.

Las baterías de plomo y ácido no son muy amigables. El ácido puede botarse y salpicar a las personas, ropas y equipos. Es preferible mantener la batería en un cajón plástico adecuado. Los vapores de la batería se vuelven explosivos en áreas encerradas. Se puede considerar utilizar una batería que no requiera mantenimiento (tipo gel), que es sellada y no puede botarse. Son un poco más costosas, pero tienen muy pocos problemas. Se debe usar un cargador para baterías de gel de buena calidad para asegurar larga vida a la batería.

Las baterías de ácido más pequeñas funcionan realmente bien para hacer andar un transmisor de baja potencia (6 vatios o menos) en una esquina como una demostración pública de las radios libres. En Berkeley, una miniestación de 6 vatios se instala en el mercado de las pulgas local durante los fines de semana, como una muestra de radio comunitaria. Se llama Flea [Pulga] Radio Berkeley. Los transmisores pueden usarse en reuniones, asambleas y marchas, de forma que los motoristas puedan sintonizar sus radios a la frecuencia que se muestra en grandes pancartas cerca de las calles, y escuchar qué es lo que está pasando. Esto ha funcionado muy bien. Hay que usar la imaginación para mostrar cómo las radios de baja potencia pueden insertarse en las comunidades.

FILTROS

Aunque son bastante simples en diseño y construcción, los filtros son de los elementos más importantes en radiodifusión. Sin excepción, siempre se debe usar un filtro entre el transmisor y la antena. El uso de un filtro privará a la FCC de sus argumentos principales contra la radio de baja potencia: la interferencia con otras emisoras.

Un filtro adecuado reduce o elimina las armónicas de la señal que se irradia. Las armónicas son producidas por el transmisor y son múltiplos de la frecuencia fundamental a la que está sintonizado. Por ejemplo, si la señal fundamental es 104.1, se producirán armónicas a 208.2 y (menos probable) a 312.3, y así sucesivamente. Muchos diseños de filtros son del tipo pasa bajo. dejan pasar, y no afectan, a las frecuencias por debajo de una determinada frecuencia. A medida que la frecuencia se incrementa más allá de ese punto, el filtro comienza a atenuar cualquier señal. El grado de atenuación se incrementa con la frecuencia. Cuando se alcanza la frecuencia de la primera armónica, la señal ya está severamente atenuada. Esto es muy importante, ya que la primera armónica de un transmisor FM cae en la parte alta de la banda de TV VHF. Si se descuida la eliminación de armónicas, se causarán interferencias con los receptores de TV de la vecindad.

Uno no quiere provocar reclamos de los vecinos que tienen el odioso hábito de ver televisión. No es suficiente con algunos nobles sentimientos, como decirles que rompan y quiebren su TV si tienen algún problema. Hay que usar un filtro. Los reclamos incrementan la posibilidad de que la FCC toque a la puerta. Uno debe ser un buen radio-vecino y ser valioso para la comunidad. Los armónicos superiores pueden causar interferencia con otros equipos móviles y servicios de emergencia por radio. Nada deseable, tampoco.

Los transmisores con una potencia de salida de menos de 25 vatios requieren como mínimo un filtro de 7 polos. Los de mayor potencia requieren uno de al menos 9 polos. A medida que se incrementa el número de polos, se incrementa el grado de atenuación. Los diseños más representativos están disponibles. Si uno construye alguno, debe ponerlo dentro de un chasis sellado de metal.

Aunque no se relaciona directamente con los filtros, un asunto igual de importante es el uso de frecuencias FM en los extremos inferior y superior de la banda. No se puede usar las frecuencias 87.9 a 88.3 si hay un canal 6 de TV activo en el área geográfica. Los receptores de TV tienen una selectividad particularmente pobre, y la señal de radio se escuchará como portadora de audio del canal 6. Al otro extremo, no hay que pasar de 106 Mhz si hay un aeropuerto cercano. De hecho, hay que hacer todo lo posible estar varios kilómetros alejado incluso de las rutas de vuelo. Aunque los riesgos de interferencia son mínimos no hay que otorgar terreno, ya que la FCC ha proclamado que los aviones caerán del cielo si se permite la operación a las radios libres. Sin embargo, es probable que un ajuste a las políticas corporativas de mantenimiento de las aerolíneas sea más importante para la seguridad pública que las emisoras de baja potencia.

ANTENAS

El propósito primario de una antena es radiar la señal de difusión FM desde el transmisor a los receptores FM de las cercanías. Para ello, hay algunas condiciones que deben satisfacerse. Primero, la antena debe estar sintonizada con la frecuencia que se transmite. Y segundo, debe estar instalada y orientada adecuadamente.

En frecuencias FM, las ondas de radio viajan en línea recta hasta que un obstáculo se atraviesa. Esto se conoce como "transmisión de vista". Si la antena transmisora y la receptora se pueden "ver" una a la otra, y la distancia entre ellas no es tan grande como para atenuar la señal, entonces esa señal puede ser recibida. La fuerza de la señal de radio se basa en la ley de los cuadrados inversos. Al doblar la distancia, la fuerza de la señal será $\frac{1}{4}$ de lo que era.

Como las transmisiones FM son de línea de vista, la altura de la antena es muy importante. Incrementar la altura es más efectivo que duplicar o triplicar la potencia. Debido a la curvatura de la Tierra, a mayor altura, mayor distancia hasta el horizonte. Una buena altura colocará la antena sobre los edificios y obstáculos que podrían bloquear la señal. La antena debe estar al menos a 12-15 metros sobre el suelo. Uno debe considerarse afortunado si puede colocar la antena en una colina o un edificio de diez pisos.

La antena se puede sintonizar en forma aproximada al ajustar la longitud de el o los radiantes de la antena (los elementos que irradian la señal) Muchos diseños de antenas se basan o derivan de lo que se denomina un dipolo, dos radiantes cuya longitud es aproximadamente $\frac{1}{4}$ de la longitud de onda de la frecuencia de transmisión deseada. La longitud de onda, en centímetros, se determina al dividir 300.000 por la frecuencia (en Megahertz). El resultado se divide entre 4 para obtener la longitud de $\frac{1}{4}$ de onda. Un factor de corrección de 0,90 a 0,95, dependiendo del diámetro del radiante, se multiplica a la longitud de $\frac{1}{4}$ de onda para obtener la longitud aproximada de cada elemento.

El ajuste fino de la antena requiere el uso de un medidor de la rata de ondas estacionarias (SWR, abreviatura de [standing wave ratio]). Las ondas estacionarias representan la relación entre la potencia que alimenta a la antena y la que es reflejada por la antena hacia el transmisor. Una antena bien sintonizada debe reflejar muy poca potencia hacia atrás. Más adelante se describe cómo se utiliza un medidor de SWR. Si uno puede invertir US\$ 100, debería adquirir un medidor de dos agujas, que al mismo tiempo muestra la potencia reflejada y la potencia irradiada. Una buena marca es Daiwa.

Un dipolo con puntas para afinación es una de las antenas más fáciles de construir y de sintonizar. Dos dipolos pueden combinarse en un mástil de 3 metros si se colocan verticalmente, se espacian $\frac{3}{4}$ de onda de centro a centro y se alimentan con un arnés de enfasaje. Un arnés de enfasaje consta de 2 piezas de cable coaxial de 75 ohms (RG11) de 1,25 veces la longitud de onda, cortados a una distancia que es el producto de 1,25 veces la longitud de onda por el factor de velocidad del cable (que es suministrado por el fabricante del cable). Un plug PL259 se conecta al extremo de cada cable. Estos se conectan a su vez a un adaptador tipo "T" 259, cuyo sócate central servirá para conectar el cable de alimentación de la señal que viene del transmisor. Los otros extremos van, respectivamente, a cada dipolo. Este tipo de arreglo incrementará la potencia irradiada por la antena hasta en un factor de 2.

Además del dipolo, hay otros diseños de antena que se emplean en la radiodifusión de baja frecuencia. Cada uno tiene un patrón de cobertura característico. Las antenas pueden ser clasificadas en dos tipos básicos: omnidireccionales y direccionales. En la mayor parte de los casos, la antena omnidireccional será la favorita para las radios de baja potencia. La polarización es otro aspecto que se debe considerar, aunque muchas veces no juega el rol principal. La polarización de las antenas pueden ser vertical, horizontal o circular. Muchas antenas para baja potencia tienen polarización vertical. En teoría, una antena receptora orientada verticalmente recibirá mejor si la antena transmisora también está polarizada en forma vertical. Los obstáculos en el entorno de recepción tienen la tendencia a hacer rebotar la señal, así que ésta no estará polarizada exactamente en forma vertical cuando llega a la antena receptora, particularmente si se trata de un carro en movimiento. Las radioemisoras comerciales utilizan la polarización circular, que les ofrece componentes tanto horizontales como verticales a la señal. Se dice que esto es lo mejor para los radios de vehículos. Esto podría ser cierto dado que las horas pico de escucha de las estaciones comerciales son también las horas de mayor manejo de automóviles.

Un único elemento radiante, orientado en forma vertical, tendrá un ángulo de radiación grande, de forma que una buena parte de la señal irá al cielo, a ángulos mayores de 35 grados. Cuando se combinan dos elementos verticales, como dos dipolos, se reduce el ángulo de radiación de forma que la señal se concentra más en el plano horizontal. Esto explica la aparente duplicación de potencia irradiada cuando se usan dos dipolos enfasados entre sí. La potencia de salida de la antena o del conjunto de antenas se conoce como potencia efectiva irradiada (ERP, [effective radiated power]). y usualmente es igual o mayor que la potencia de alimentación.

Algunos modelos de antenas verticales tienen un bajo ángulo de radiación a pesar de que utilizan sólo un elemento. Son los diseños J-pole y Slim-Jim. La Slim-Jim es ideal para ambientes urbanos por su patrón de señal muy comprimido en el plano horizontal. Ambas pueden ser construidas fácilmente con tubos de cobre de $\frac{1}{2}$ pulgada y sus correspondientes adaptadores. Los planos están a la disposición en el web site de Free Radio Berkeley.

Otra clase de antenas son las plano-tierra de $\frac{1}{4}$ y $\frac{5}{8}$ de onda. Una antena comercial plano-tierra de $\frac{5}{8}$ de onda, apta para transmisiones FM, se consigue por unos US\$ 100. Es ideal para quienes quieren una antena fácil de ensamblar y calibrar. El tiempo de instalación es de menos de 15 minutos. Los planos para esas antenas también están disponibles a través de Free Radio Berkeley.

Las antenas direccionales no se usan comúnmente para radios de baja potencia. Si el área que se quiere cubrir está ubicada hacia una dirección en particular, entonces se puede considerar una antena de este tipo. Una forma fácil de construirla es colocando una pantalla reflectora de $\frac{1}{4}$ de onda detrás de un dipolo vertical. La pantalla debe ser un poco más alta que la longitud total de los elementos y de unos 60 a 90 centímetros de ancho. Esto producirá un buen patrón de irradiación con cierta ganancia adicional, de unos 60 a 70 grados de amplitud. Otro tipo de antenas direccionales es la yagi, que tiene un dipolo básico como elemento radiante pero además otros componentes como reflectores y directores. Una yagi puede ser un poco difícil de construir para los no muy duchos en diseño y armado de antenas. La mejor elección, por su simplicidad, es un dipolo con un reflector.

Para los que están esperando un diseño práctico, aquí están las instrucciones para un dipolo básico que se puede construir a partir de las piezas comunes que se consiguen en una ferretería. Utiliza un tubo de agua de cobre de $\frac{1}{2}$ pulgada, acopladores y tubos de aluminio. A una T plástica de $\frac{1}{2}$ pulgada se le enroscan 3 acopladores de cobre de $\frac{1}{2}$ pulgada roscado-liso (uno en cada extremo de la T). Se encaja un tubo de aluminio de $\frac{9}{16}$ pulgadas de diámetro en cada uno de los acopladores de los extremos, y se fijan por medio de 2 tornillos autorroscantes #6 para metal diametralmente opuestos. Estos tubos deben ser de 50 centímetros de largo. Dos tubos de aluminio de 40 centímetros con un diámetro lo suficientemente pequeño como para deslizarse dentro de los tubos de cobre, son usados como elementos de calibración. En cada extremo libre de los tubos de cobre, se practican 4 ranuras longitudinales de 4 centímetros de largo, separadas 90 grados una de otra. Una abrazadera pequeña (de las usadas para mangueras de agua) se ajusta en cada extremo para mantener los tubos internos de aluminio en su lugar. El acoplador de cobre en el centro de la T de plástico se suelda a un extremo de un tubo de cobre

de $\frac{1}{2}$ pulgada de 90 centímetros de largo. Una T de cobre se suelda en el otro extremo, y allí otros dos tubos de $\frac{1}{2}$ pulgada de unos 10 centímetros de largo, que permitirán sujetar fácilmente la antena a cualquier poste o mástil. Un terminal de soldar para cables se conecta a cada elemento de cobre por medio de uno de los tornillos autorroscantes que los mantienen fijos. El cable coaxial se soldará a estos terminales: el conductor central a uno, y la pantalla al otro. Uno puede ser un poco más elegante y fabricar una pequeña base de aluminio para un sócate SO239, que una vez conectado a los elementos de cobre servirá para alimentar a la antena desde el transmisor.

Una vez que todo está ensamblado, es tiempo de sintonizar la antena. Los elementos deben ser ajustados a la longitud de $\frac{1}{4}$ de onda de acuerdo a la fórmula de arriba. Se aprietan las abrazaderas de forma que los tubos de aluminio se puedan deslizar de arriba abajo, con un poco de fuerza. Se hace una marca en estos tubos, justo en la posición de contacto con los tubos de cobre. Se amarra la antena a un mástil con abrazaderas de manguera o en forma de U (perros), de forma que el elemento conectado al blindaje o pantalla del cable coaxial apunte hacia abajo. Todo esta listo después de erguir el mástil, preferiblemente al aire libre.

Se instala el transmisor y se conecta un medidor de potencia y de ondas estacionarias entre la éste y la antena. Se calibra el medidor de acuerdo a las instrucciones del fabricante. El nivel de SWR (ondas estacionarias) es la relación entre la potencia que viene del transmisor y la que se refleja hacia él desde la antena. Una antena bien sintonizada reflejará muy poca potencia, resultando una relación muy baja de SWR. Mientras que mucha potencia reflejada puede dañar el transmisor.

Se enciende el transmisor y se lee el nivel de ondas estacionarias o cantidad de potencia reflejada. Hay que apagar el transmisor de inmediato si el nivel es muy alto, y revisar las conexiones. El ajuste manual de la antena de acuerdo a los cálculos debería bajar los niveles de SWR a valores relativamente bajos. Luego de tomar la medida, se apaga el transmisor y se ajusta cada tubo de calibración de la antena en medio centímetro, hacia arriba o hacia abajo. Se enciende de nuevo el transmisor y se toman las medidas de SWR y potencia reflejada. Si los valores son más bajos que antes, ya se sabe que se está calibrando en la dirección correcta al aumentar o disminuir la longitud total de los tubos. Se apaga el transmisor y se repite el proceso otro medio centímetro en la misma dirección (o en la opuesta si los valores fueron mayores a los iniciales). De esta forma, y asegurándose siempre de apagar el transmisor antes de cualquier ajuste, se llega sucesivamente a un punto en el que los valores de SWR no bajarán más y comenzarán a subir de nuevo. Allí hay que detenerse: la antena está sintonizada.

Este mismo proceso se puede realizar con la antena de dos dipolos que se describió al principio. Cada dipole se pone a punto por separado y luego se conectan con el arnés de enfasaje cuando se instalan en el mástil.

CONECTORES Y CABLES

A los cables de radiofrecuencia se les llama "coax" en forma genérica. Es una forma abreviada de coaxial. Un cable coaxial está formado de un conductor interno dentro de un envoltorio aislante. Esto, a su vez, está rodeado por una lámina o tejido metálico trenzado, llamado blindaje o pantalla. Este blindaje está cubierto por un forro aislante de plástico. Los cables coaxiales se clasifican en términos de su impedancia, que para los efectos de las radios de baja potencia será de 50 ohms excepto en los arneses de enfasaje de los dipolos.

En la categoría de 50 ohms hay una gama de tipos diferentes para seleccionar. La característica más importante del coax es el nivel de atenuación de la señal. Esto depende de la longitud del cable y su respuesta de frecuencia característica. El cable coaxial RG58 tiene un alto grado de atenuación y sólo debería ser usado para conexiones cortas. El RG8X (también llamado mini 8) trabaja bien para distancias menores de 15 metros y, dada su flexibilidad, es apropiado para operación portátil o móvil. El RG8 y sus parientes de alto rendimiento como el 213 y el Belden 9913 son los mejores para instalaciones fijas. El Belden 9913 tiene la menor pérdida para una longitud dada, comparado con

cualquier otra variación del RG8. De hecho, a 100 Mhz tiene tan baja pérdida que se compara bien con los cables coaxiales “duros” usados en radioestaciones comerciales. Es, sin embargo, un cable bastante rígido que debe ser instalado correctamente.

Los cables coaxiales no aceptan un trato brusco ni descuidado, especialmente el 9913. Deben ser enrollados a mano en forma muy cuidadosa, y nunca entre la palma de la mano y el codo como una cuerda. Los nudos deben ser evitados a toda costa. Cuando se instala un cable coaxial, las curvaturas deben ser suaves y hay que mantenerlo lejos de circunstancias como bordes afilados que puedan rasparlo o cortarlo, o puertas que lo puedan aplastar de golpe.

Hay tres tipos de conectores de uso general: BNC, PL259 y N. En la mayoría de los casos se usa el PL259 (plug, macho) y su contraparte, el SO259 (jack, hembra). Todo conector introducirá un pequeño grado de pérdida de la señal. Los conectores N son usados cuando el rendimiento y la confiabilidad son lo más importante.

INSTALACION DEL ESTUDIO

Un estudio típico de radiodifusión consta de un mezclador de audio (los mejores son como los usados por los DJ), uno o más reproductores de CD, uno o más reproductores de casetes (decks), uno o dos tocadiscos, varios micrófonos, y un compresor/limitador. Los elementos opcionales pueden incluir un carrousel y un phone patch.

Los mezcladores de calidad razonable cuestan desde US\$ 200 y de allí hacia arriba. Los mejores son los tipo DJ, ya que tienen un buen número de entradas disponibles y soportan tocadiscos sin necesidad de preamplificadores externos de audio. Todo mezclador debe tener al menos 2 o más entradas para micrófono de baja impedancia. Otras características a buscar son medidores VU (de nivel) grandes y legibles, “faders” (atenuadores graduables) para cada canal, entradas seleccionables por interruptor para cada canal, selector de salida como señal mono o stereo, y una salida auxiliar para un un deck de monitoreo de transmisión.

Los reproductores de CD y cintas (casetes) pueden ser los mismos que se usan domésticamente, dentro del segmento de alta calidad. El uso diario eventualmente deja su huella, por lo que bien vale pagar un adicional por un período extendido de garantía, cuando es ofrecido. Cuando a los 6 meses deje de funcionar, basta con llevarlo a la tienda para que lo reparen o reemplacen.

Los tocadiscos tipo DJ son los mejores para reproducir discos de vinil. Las unidades más baratas no soportarán el uso diario. También hay que seleccionar una aguja de trabajo pesado.

Los micrófonos deben ser de buena calidad, para voces. Pueden ser direccionales u omnidireccionales. Los micrófonos direccionales recogen menos ruido de ambiente, pero necesitan estar alineados con la boca de las personas para recoger bien el sonido. Un micrófono omnidireccional puede ser una mejor elección, ya que muchas personas no prestan atención a si el micrófono está apuntando hacia su boca. Se debe mantener una distancia de 10 centímetros entre el micrófono y la boca. Es muy recomendable colocar un pedazo de gomaespuma sobre cada micrófono. Algunos micrófonos tienen protección incorporada anti-golpes y anti-vibración para evitar que se escuchen los golpes accidentales al micrófono. Es una buena idea usar una base aislada para el micrófono del locutor o radiocontrolador. Una lámpara vieja de brazo articulable puede ser adaptada para sostener un micrófono.

Para los programas que tienen bastante tiempo de lectura de materiales, hay que considerar el uso de un micrófono autoportante con audífonos, ya que mantendrá una distancia uniforme con la boca del locutor. Un punto en contra es que son algo frágiles, sobre todo en manos un poco toscas.

Los audífonos son esenciales para monitorear y corregir los materiales de los programas. Se puede optar por robustas unidades de alta calidad (que son un poco costosas) o planear un reemplazo periódico de equipos baratos cada pocos meses.

Un limitador/compresor es una parte esencial de la cadena de audio. Se utiliza para mantener la señal de audio por debajo de un nivel estándar. Sin esta pieza, el transmisor se sobremodulará, con salpicaduras de señal y distorsión como resultado. Las salpicaduras causarán interferencia con las estaciones de frecuencias adyacentes y la distorsión aumentará a todos los radioescuchas hacia otras partes.

Hay un conjunto de controles común a la mayor parte de los limitadores/compresores: nivel de entrada, nivel de salida, proporción, umbral, ataque y caída. Para ajustar correctamente el mezclador, limitador/compresor y transmisor, hay que comenzar con una fuente de audio estable (un generador de señal, o un CD, casete o disco de tono de prueba). Se ajusta el nivel de entrada y el control maestro de salida hasta que los medidores indiquen cero decibeles (dB). El nivel maestro debe estar en la posición central o media. La salida de audio va del mezclador al limitador/compresor y de allí al transmisor. En este momento el transmisor debe estar apagado.

Muchos limitadores/compresores tienen luces indicadoras o medidores que muestran qué tanta reducción de ganancia está siendo aplicada, y el nivel de salida. Se ajusta el control de proporción hacia infinito, lo cual habilita la función de límite "duro". El ataque y la caída pueden fijarse hacia la posición media. Luego se ajustan el umbral y el nivel de entrada hasta que se observe reducción de ganancia. Y el nivel de salida de forma que las luces indicadores o medidores muestren una salida de cero dB.

Posteriormente se debe bajar completamente el nivel de entrada del transmisor y encenderlo, para monitorear y buscar una señal de radio de buena calidad. Lentamente, se sube el control de nivel hasta que se escuche el tono de prueba. Al comparar el nivel de la señal con el de otras estaciones, debe escucharse ligeramente más bajo, ya que muchas otras operadoras introducen algo más de procesamiento en su señal. Puede ser que haya que hacer ajustes finos en el limitador/compresor para que ajustar la señal con exactitud.

Cuando todo esté calibrado correctamente, cualquier señal de audio que exceda de cero dB será limitada a ese nivel por el compresor/limitador. Habrá que escuchar cuidadosamente la señal para asegurarse que cuando una fuente de audio "caliente" excede este nivel, la señal no se distorsiona o "salpica". Habrá necesidad de ajustar interactivamente entre el nivel de salida y el umbral. Uno no quiere que la señal sea de un nivel tan débil que produzca una transmisión de deficiente calidad de sonido.

Una consideración muy importante es mantener tanta distancia como sea posible entre los equipos del estudio y el transmisor. Las señales de RF (radiofrecuencia) saben cómo entrar dentro de los equipos de audio y producir zumbidos y otras clases de ruido. Se pueden separar las dos áreas usando un cable de baja impedancia entre el limitador/compresor y el transmisor. Esto se puede hacer con un cable de micrófono largo con conectores XLR o con un cable blindado de 2 hilos con conectores XLR. Se puede tener, como máximo, unos 45 metros de cable. Quizá se necesite un convertidor de alta a baja impedancia en uno o ambos extremos del cable, dependiendo de si el limitador/compresor y el transmisor tienen conexiones de baja o alta impedancia. Este tipo de convertidores tienen usualmente un conector XLR hembra en el lado de baja impedancia y un conector telefónico de ¼ de pulgada en el lado de alta impedancia. Si el transmisor tiene una entrada de audio tipo RCA, se necesitará el adaptador apropiado para ir desde el conector telefónico de ¼ de pulgada hasta el conector RCA.

El estudio se debe organizar de forma que exista acceso fácil a todos los controles y equipos, con amplia disponibilidad de espacio en las mesas. Una mesa en forma de L o en herradura funciona bastante bien. Debe haber un área despejada dentro del campo visual del radiocontrolador para dar cabida a micrófonos extras e invitados.

UNA PALABRA FINAL

Aunque aparentemente hay que lidiar con muchas cosas para instalar una radio libre, las tareas se pueden clasificar en tres áreas: estudio, transmisor y antena. No debería ser difícil encontrar a alguien con experiencia en trabajo de estudio que esté dispuesto a colaborar con el proyecto. Los transmisores, especialmente su construcción y sintonización, deben dejarse a una persona experimentada. Si una persona así no está disponible, hay cierta cantidad de gente dispuesta a ensamblar, probar y calibrar un transmisor por una cantidad de dinero. Es mejor seleccionar una antena comercial y fácil de calibrar (como la Comet) si sólo se dispone de habilidades técnicas mínimas. Pueden ser compradas, pre-sintonizadas por un monto adicional, a Free Radio Berkeley y L. D. Brewer. Es mejor dedicar las energías a organizar e instalar la estación.

La experiencia ha mostrado que una vez que las actividades técnicas están cumplidas y los equipos en funcionamiento, se requerirá muy poca intervención excepto por las rutinas de mantenimiento (limpiar los cabezales de los decks, desempolvar, etc.) y el reemplazo ocasional de un reproductor de casetes o de CD.

De todo, lo que requiere más atención y "mantenimiento" es el elemento humano. Se dedicará más tiempo a esto que a cualquier equipo. Una estrategia de supervivencia es involucrar tanta gente de la comunidad como sea posible en la estación de radio. Mientras más voces y más diversidad haya en el aire, mejor. Es mucho más fácil para la FCC acallar una estación de una sola persona, que una iniciativa que sirve a una comunidad entera. La intención es impulsar a las comunidades con sus propias voces colectivas, no crear estaciones de vanidad. Para qué imitar a la radio comercial?

Antes de comprometerse con la primera transmisión, es recomendable conseguir un abogado que apoye el trabajo de la causa. A pesar que puede no conocer los aspectos de la ley relacionados con las radios libres, existe un web-site legal que ofrece todo el material usado en el caso de Free Radio Berkeley. Hay suficientes informes y otros materiales que permiten actualizar rápidamente a un abogado. La dirección web es: www.surf.com/~graham. Un servidor de listas de correo, nlgcdc@agora.rdrop.com, del Comité Gremial Nacional de Abogados por las Comunicaciones Democráticas (National Lawyers Guild Committee on Democratic Communications) es el contacto con el grupo que está trabajando fuertemente en el área legal de las radios libres.